

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ESKİŞEHİR – ERENKÖY BÖLGESİ MANYEZİTLERİNİN OLUŞUM
MEKANİZMALARININ JEOKİMYASAL VE PETROGRAFİK İNCELEMESİ**

DOKTORA TEZİ

**Tahsin Aykan KEPEKLİ
(505042204)**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fikret SUNER

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün numaralı Yüksek Lisans / Doktora Öğrencisi Adı SOYADI, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "TEZ BAŞLIĞI" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Adı SOYADI
~~İstanbul Teknik Üniversitesi~~

Eş Danışman : Prof.Dr. Adı SOYADI
.....
(Varsa) İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Adı SOYADI
.....

Prof. Dr. Adı SOYADI
Boğaziçi Üniversitesi

Prof. Dr. Adı SOYADI
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü

(Varsa) Prof. Dr. Adı SOYADI
Şişli Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi

(Varsa) Prof. Dr. Adı SOYADI
Bilkent Üniversitesi

Teslim Tarihi : 17 Aralık 2014
Savunma Tarihi : 21 Ocak 2015

Eşime ve çocuklarıma,

ÖNSÖZ

Öncelikle doktora tez çalışmam boyunca beni yönlendiren ve araştırma görevlisi olarak akademik hayata adım attığım ilk günden beri benden gerek bilgi ve gerek manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili danışmanım Prof. Dr. Fikret Suner'e teşekkür ve minnetlerimi arz ederim. Aynı şekilde tez izleme jürim bana hiçbir şekilde yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Atasever Gedikoğlu ve Prof. Dr. Mefail Yeniyol'a da teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora tezi kapsamında araştırmalarda bulunmak üzere 6 aylığına ziyaretçi araştırmacı olarak gittiğim Cincinnati Üniversitesi'nde bilgi ve yönlendirme açısından kendisinden son derece faydalandığım ve bana tez konumun özellikle termodinamik kısmında olağanüstü katkı sağlayan ve düşünme ufkumu öteleyen Prof. Dr. Atilla Kılınç'a da sonsuz teşekkürlerimi arz etmekten onur duymaktayım. Aynı zamanda tezimin jeokimya kısmında fikir ve desteğinden yararlandığım Prof. Dr. Barry Maynard, analizler sırasında teknik destek veren Müh. Mike Mennard ve SupCrt92 programını kendi çabaları ile PC ortamına uyarlayıp kullanmama olanak sağlayan Tom Wolery'ye de teşekkürlerimi arz ederim.

Arazi çalışmalarında bana yardımcı olan Sn. Muzaffer Beyazıt'a ve Erenköy köyü sakinlerinden Ahmet Asutay'a da bu vesileyle teşekkürü bir borç bilirim.

Yine arazi çalışmalarında da beraber olduğumuz ve bunca senedir akademik ortamda iyisi ve kötüsüyle pek çok seneyi beraber geride bıraktığımız sevgili arkadaşım Mehmet Maral'a da bu vesileyle tüm katkıları için teşekkürlerimi arz ederim.

Son olarak beni her türlü sıkıntı ve binbir türlü çile altında bugünlere getiren sevgili annem, babam ve aile büyüklerimiz ile doğduğundan beri senelerdir babasını işi ile paylaşmak zorunda kalan kızım Fatma Sıdika ve beni dünyanın en şanslı insanı hissettiren, benim bunca zamandır iyi ve özellikle kötü günlerime büyük bir olgunlukla ortak olup bana azim aşıl原因an eşim Günay'a şükranlarımı arz etmekten onur duyarım. Aslında söyleyebileceğim ya da sunabileceğim hiçbir şey onların hakkını ödemeye yetmez.

Mayıs 2015

Tahsin Aykan Kepekli
(Jeoloji Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Alanının Konumu ve Coğrafi Özellikleri.....	2
1.2 Manyezit Oluşum Sorunları ve Çalışmanın Amacı.....	3
1.3 Yöntem ve Araçlar	5
1.4 Önceki Çalışmalar	6
1.4.1 Bölge jeolojisi ile ilgili çalışmalar	6
1.4.2 Türkiye manyezit oluşumları ile ilgili çalışmalar	8
2. GENEL JEOLJİ.....	13
2.1 Stratigrafi.....	13
2.2 Metamorfizmler	15
2.3 Ofiyolitik Melanj.....	16
2.4 Serpantinleşmiş Peridotit.....	18
2.5 Ilıca Formasyonu.....	19
3. MANYEZİT OLUŞUMLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ.....	21
4. PETROGRAFİK İNCELEMELER.....	37
5. JEOKİMYASAL İNCELEMELER.....	53
5.1 Majör, Minör ve İz Element Jeokimyası	53
5.2 Manyezit Oluşumunda Fizikokimyasal Koşullar	66
5.3 İzotop Jeokimyası.....	73
6. ERENKÖY MANYEZİTLERİNİN OLUŞUMU	81
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR	91
EKLER.....	95
ÖZGEÇMİŞ.....	161

KISALTMALAR

MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
XRD	: X-Ray Difraksiyonu
E-SEM	: Environmental Scanning Electron Microscope
EDS-EDAX	: Energy dispersive X-ray spectroscopy
XRF	: X-Ray Floresans
ICP-ES	: Inductively Coupled Plasma – Emission Spectrometry
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry
NTE	: Nadir toprak elementleri
REE	: Rare earth elements
LREE	: Light rare earth elements
HREE	: Heavy rare earth elements

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : İnceleme alanı manyezit oluşumlarının farklı özellikleri.....	34
Çizelge 4.1 : Mineral oluşumlarının parajenezi.....	38
Çizelge 5.1 : Batı Erenköy manyezitleri majör element içerikleri (%).	54
Çizelge 5.2 : Doğu Erenköy manyezitleri majör element içerikleri (%).	55
Çizelge 5.3 : Erenköy dolomit ve serpantinleri majör element içerikleri (%).	55
Çizelge 5.4 : Batı Erenköy manyezitleri iz element içerikleri (ppm, *Au: ppb).	58
Çizelge 5.5 : Doğu Erenköy manyezitleri iz element içerikleri (ppm, *Au: ppb).	59
Çizelge 5.6 : Erenköy dolomit ve serpantin iz element içerikleri (ppm, *Au: ppb)..	59
Çizelge 5.7 : Batı Erenköy manyezit NTE içerikleri (ppm).	62
Çizelge 5.8 : Doğu Erenköy manyezit NTE içerikleri (ppm).	62
Çizelge 5.9 : Erenköy dolomit ve serpantin NTE içerikleri (ppm).	63
Çizelge 5.10 : Batı Erenköy manyezit oluşumlarının $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri.	74
Çizelge 5.11 : Doğu Erenköy manyezit oluşumlarının $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri.	75
Çizelge 5.12 : Erenköy dolomit oluşumlarının $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri.	75
Çizelge 6.1 : Erenköy manyezit ve dolomit tahmini oluşum sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$).	85
Çizelge 6.2 : Erenköy manyezitleri (hdrmag fazı) tahmini oluşum sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$).	85
Çizelge B.1 : M9 örneği 2 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	138
Çizelge B.2 : M9 örneği 3 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	139
Çizelge B.3 : M9 örneği 4 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	140
Çizelge B.4 : M9 örneği 5 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	141
Çizelge B.5 : M9 örneği 6 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	142
Çizelge B.6 : M9 örneği 7 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	143
Çizelge B.7 : M9 örneği 8 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	144
Çizelge B.8 : M9 örneği 9 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	145
Çizelge B.9 : M9 örneği 10 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	146
Çizelge B.10 : S1 örneği 1 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	147
Çizelge B.11 : S1 örneği 2 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	148
Çizelge B.12 : S1 örneği 3 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	149
Çizelge B.13 : S1 örneği 4 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	150
Çizelge B.14 : S1 örneği 5 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	151
Çizelge B.15 : S1 örneği 6 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	152
Çizelge B.16 : S1 örneği 7 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	153
Çizelge B.17 : S1 örneği 8 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	154
Çizelge B.18 : S1 örneği 9 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	155
Çizelge B.19 : S1 örneği 10 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	156
Çizelge B.20 : S1 örneği 11 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	157
Çizelge B.21 : S1 örneği 12 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	158
Çizelge B.22 : S1 örneği 13 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.	159

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : İnceleme alanının konumu.	2
Şekil 1.2 : İnceleme alanının üç boyutlu haritası.....	3
Şekil 2.1 : İnceleme alanı genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	14
Şekil 2.2 : Türkiye kuzeybatısının tektonik haritası.	16
Şekil 2.3 : İnceleme alanı jeoloji haritası	20
Şekil 3.1 : İnceleme alanı ana manyezit sahaları haritası.	21
Şekil 3.2 : Tektonik etkiler sonucu yan kayaç ve manyezitlerde oluşan son derece çatlaklı ve parçalanmış ezik zonlar.	22
Şekil 3.3 : Birbirini kesen damarcık ve ezik zonda ağsal manyezit oluşumları.	22
Şekil 3.4 : Demir oksit alterasyonu ile beraber bulunan manyezit damarcık-ağları düşey kesiti.....	23
Şekil 3.5 : Demir oksit alterasyon ürünleri ile beraber soğan zarı şeklinde blok silis oluşumları ve çevresini saran manyezit damarları.....	24
Şekil 3.6 : Ultrabazik yan kayaçlarda ezik zonlarda parçalanmış serpantinler ve çevresinde yaygın geliştiği gözlenen silis oluşumları.	24
Şekil 3.7 : Silisleşme ve demir oksit alterasyonu sonucu sert bir şekilde çimentolanmış karnabahar tipi manyezitler.	25
Şekil 3.8 : Birbiri içine geçmiş, birbirini kesen, kıvrımlanmalar ve faylarla ötelenmeler gösteren damar ve ağsal manyezitler.	25
Şekil 3.9 : Birbirini kesen ağsal, damar ve küçük ölçekte mercek şeklinde manyezit oluşumları.	26
Şekil 3.10 : Karnabahar ve silisli, yer yer 1 cm. ve daha ince, yer yer birkaç cm. kalınlığında ağsal manyezitler.....	27
Şekil 3.11 : İnceleme alanında yataklara nispeten uzakta bulunan, silisli-demir oksitli alterasyonun eşlik ettiği ve fay zonunda oluşmuş yerel dolomit zuhuru.....	27
Şekil 3.12 : Serpantinler (S) içerisinde birbirini yer yer kesen ve yer yer paralel olan damarlardan oluşan ağsal manyezit (M) oluşumu.....	28
Şekil 3.13 : Faylanmaların cevher konumlarına etkisi. Kütle halinde karnabahar manyezitler ile ağsal manyezitlerin arada sınır teşkil eden fay ile ani geçişleri.	28
Şekil 3.14 : Kıvrımlanmaların yan kayaç ve manyezitler üzerindeki etkisi.....	29
Şekil 3.15 : Masif manyezit blokları. Bloklar ana yataklanmalara yakın konumlarda bulunmaktadır.	29
Şekil 3.16 : Katmansız ve merceksi yapıda manyezit oluşumu. İlksel mercek kütlesi yoğun faylanmalar sonucu düzenli şeklini yitirmiştir.	31
Şekil 3.17 : Demir oksitli (M1) ve silisli (M2) iki farklı karnabahar manyezit damarı ve aralarındaki ezik zonda ince ağsal oluşum.	31
Şekil 3.18 : Serpantinler içerisinde yer yer boşluklu, gevşek yapıda, çok ince ve sık ağsal manyezit ve beraberinde çok ince talk oluşumları.	32
Şekil 3.19 : Manyezitler ve ultrabazik kayaçlar ile sedimanter birimlerin kontağı... 32	

Şekil 3.20 : Silis oluşumları masif manyezit bloklarını yer yer tamamen sarmıştır. .	33
Şekil 3.21 : K-G doğrultulu ve batıya doğru dalımlı manyezit damarı.	33
Şekil 4.1 : Birbirini kesen demiroksit damarcıkları ve bunları kesen silis ve manyezit damarcığı. Altere olmuş serpantin ve olivin kalıntıları. Manyezitler mikro kıvrımlanma göstermektedir (çift nikol, 20x).	40
Şekil 4.2 : İnce taneli (20-40) mikron arası silis oluşumları (çift nikol, 63x).	41
Şekil 4.3 : Parçalanmış serpantin kalıntısı breşleri ve piroksenler tamamen demiroksite dönüşmüş, çeperlerinde silis oluşumları ve çatlaklarda demiroksit oluşumları (çift nikol, 20x).	41
Şekil 4.4 : Demiroksit ile beraber bulunan silis nodülü çevresinde ışınal silis oluşumları (çift nikol, 40x).	42
Şekil 4.5 : Kuvars ve ışınal silis oluşumları ile beraber opak mineraller, arka planda kalıntı serpantin (çift nikol, 20x).	42
Şekil 4.6 : Sarımsı kahverengi kriptokristalen manyezit kristalleri bir arada büyük kütleler oluşturuyor, kütlelerin kenar çeperlerinde dolomit ve en içte çatlak boşluklarında silis ve demiroksit oluşumları (çift nikol, 10x).	43
Şekil 4.7 : Manyezit yumruları içerisinde kriptokristalen manyezit taneleri ve hafif kırmızımsı demiroksit sıvaması (çift nikol, 63x).	43
Şekil 4.8 : Manyezitler ortasında boşlukta opal oluşumu, manyezitlerin dış çeperinde ince dolomitler (çift nikol, 10x).	44
Şekil 4.9 : Piroksenlerce zengin bir alanın alterasyon geçirmiş hali. Piroksen alterasyonu ile opak mineral oluşumu (manyetit – kromit?)(çift nikol, 10x).	45
Şekil 4.10 : Dışta kuvarslar, içte silis ve en içte elek dokusu şeklinde demiroksit bunu saran ince silis oluşumları (çift nikol, 20x).	45
Şekil 4.11 : Ağsal demiroksit – ince taneli silisli damarcıklar ile mikro kıvrımlanma gösteren silis ve kuvars + manyezit damarları (çift nikol, 10x).	46
Şekil 4.12 : Silis oluşumları ile beraber demiroksit damarcıkları (çift nikol, 40x). ..	46
Şekil 4.13 : Altere serpantin çeperinde sırasıyla ince taneli silis, kalın taneli silis ve kuvars oluşumları (çift nikol, 40x).	47
Şekil 4.14 : Manyezit yumruları arasında çatlaklar ve içerisinde dolomitler. Çatlaklar içerisinde silisli yumrular (çift nikol, 10x).	47
Şekil 4.15 : Öhedral manyezit oluşumu ve boşluklarda silis oluşumları.	48
Şekil 4.16 : Manyezit arası çatlaklarda silis oluşumları (çift nikol, 10x).	49
Şekil 4.17 : Manyezitlerin çeperlerinde öhedral – subhedral dolomitler (çift nikol, 63x).	49
Şekil 4.18 : Manyezitlerin arasındaki boşlukta, kenardan itibaren: 1) bant şekli arz eden ince silisler, 2) bunların kenarından başlayıp içeri doğru silis oluşumları, 3) ortada gelişmeye başlamış silis oluşumları (çift nikol, 20x).	50
Şekil 4.19 : Tektonik faaliyetler sonucu parçalanma, kıvrımlanma, faylanmaların ince kesitlerde görünümü (çift nikol, 20x).	50
Şekil 4.20 : Manyezitlerin çatlaklar boyunca etrafını sarmış dolomit oluşumları (çift nikol, 20x).	51
Şekil 4.21 : Manyezit arasındaki boşlukta silis oluşumları.	51
Şekil 4.22 : Tamamen altere (demiroksit ve silis) peridotit. Olivin, piroksen kalıntıları kısmen seçilebilmektedir (çift nikol, 10x).	52
Şekil 5.1 : Batı Erenköy manyezitleri NTE kondrite normalize diyagramı.	64
Şekil 5.2 : Doğu Erenköy manyezitleri NTE kondrite normalize diyagramı.	64

Şekil 5.3 : Erenköy dolomitleri NTE kondrite normalize diyagramı.	65
Şekil 5.4 : Erenköy temsili serpantin NTE kondrite normalize diyagramı.....	65
Şekil 5.5 : Forsterit ve Serpantin + Manyezitin P, T ve Log fCO ₂ açısından duraylılık alanları.	68
Şekil 5.6 : P = 40 barda forsterit ve manyezit + kuvarsın T ve Log fCO ₂ ya bağlı olarak duraylılık alanları.	69
Şekil 5.7 : Log fCO ₂ = 0 iken serpantin ve manyezit + kuvarsın P, T ve manyezit aktivitesine bağlı olarak duraylılık alanları.	69
Şekil 5.8 : Serpantin ve manyezit + kuvarsın P, T ve Log fCO ₂ açısından duraylılık alanları.	70
Şekil 5.9 : P = 40 barda serpantin ve manyezit + kuvarsın T ve Log fCO ₂ 'ne bağlı olarak duraylılık alanları.	71
Şekil 5.10 : P = 40 barda çözelti CO ₂ ile reaksiyona giren serpantin ve manyezit + kuvarsın T ve Log aCO ₂ (aq)'ne bağlı olarak denge alanları.	71
Şekil 5.11 : P = 40 barda SiO ₂ (aq), kuvars ve opal-ctnin, T ve Log aSiO ₂ (aq) bağlı olarak denge alanları (aktiviteler 1 olarak kabul edilmiştir).	72
Şekil 5.12 : Erenköy manyezitleri $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰) değişim diyagramı.	76
Şekil 5.13 : Erenköy manyezitleri $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (‰) değişim diyagramı.	76
Şekil 5.14 : Çeşitli kayaç ve ortamlardaki $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri.	77
Şekil 5.15 : Çeşitli kayaç ve ortamlardaki $\delta^{13}\text{C}$ içerikleri.	78
Şekil 5.16 : Erenköy manyezit ve dolomit oluşumları, eğilim çizgileri ile birlikte önceki çalışmalardan manyezit – hidromanyezitlerin $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ – $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ verileri diyagramı.	80
Şekil 6.1 : Erenköy manyezit yatakları oluşum modeli.	87
Şekil A.1 : A14-1 örneği XRD Difraktogramı.	96
Şekil A.2 : Y31 örneği XRD Difraktogramı.	96
Şekil A.3 : S107 örneği XRD Difraktogramı.	97
Şekil A.4 : Y10-4 örneği XRD Difraktogramı.	97
Şekil A.5 : S103-3(2) örneği XRD Difraktogramı.	98
Şekil A.6 : A14-2 örneği XRD Difraktogramı.	98
Şekil A.7 : A13-1 örneği XRD Difraktogramı.	99
Şekil A.8 : OILOC1 örneği XRD Difraktogramı.	99
Şekil A.9 : S126(2) örneği XRD Difraktogramı.	100
Şekil A.10 : A14-4 örneği XRD Difraktogramı.	100
Şekil A.11 : DK10 örneği XRD Difraktogramı.	101
Şekil A.12 : DK27-2 örneği XRD Difraktogramı.	101
Şekil A.13 : SY18 örneği XRD Difraktogramı.	102
Şekil A.14 : S55 örneği XRD Difraktogramı.	102
Şekil A.15 : DK21(2) örneği XRD Difraktogramı.	103
Şekil A.16 : S65 örneği XRD Difraktogramı.	103
Şekil A.17 : A14-1(2) örneği XRD Difraktogramı.	104
Şekil A.18 : A14-3 örneği XRD Difraktogramı.	104
Şekil A.19 : A12-4 örneği XRD Difraktogramı.	105
Şekil A.20 : Z25 örneği XRD Difraktogramı.	105
Şekil A.21 : Y37 örneği XRD Difraktogramı.	106
Şekil A.22 : SY15 örneği XRD Difraktogramı.	106
Şekil A.23 : 14A örneği XRD Difraktogramı.	107
Şekil A.24 : S102(2) örneği XRD Difraktogramı.	107
Şekil A.25 : Z21 örneği XRD Difraktogramı.	108
Şekil A.26 : S71 örneği XRD Difraktogramı.	108

Şekil A.27 : S63 örneği XRD Difraktogramı.	109
Şekil A.28 : C62 örneği XRD Difraktogramı.	109
Şekil A.29 : C1-2 örneği XRD Difraktogramı.	110
Şekil A.30 : MY6 örneği XRD Difraktogramı.	110
Şekil A.31 : N101 örneği XRD Difraktogramı.	111
Şekil A.32 : MY2A örneği XRD Difraktogramı.	111
Şekil A.33 : NY100 örneği XRD Difraktogramı.	112
Şekil A.34 : Z4 örneği XRD Difraktogramı.	112
Şekil A.35 : DK10 örneği XRD Difraktogramı.	113
Şekil A.36 : NY1 örneği XRD Difraktogramı.	113
Şekil A.37 : C2 örneği XRD Difraktogramı.	114
Şekil A.38 : DK5 örneği XRD Difraktogramı.	114
Şekil A.39 : M3 örneği XRD Difraktogramı.	115
Şekil A.40 : C2-2 örneği XRD Difraktogramı.	115
Şekil A.41 : C1 örneği XRD Difraktogramı.	116
Şekil A.42 : TUZ-106 örneği XRD Difraktogramı.	116
Şekil A.43 : TUZ-7 örneği XRD Difraktogramı.	117
Şekil A.44 : DK20-1 örneği XRD Difraktogramı.	117
Şekil A.45 : A12-1 örneği XRD Difraktogramı.	118
Şekil A.46 : Y14 örneği XRD Difraktogramı.	118
Şekil A.47 : S20 örneği XRD Difraktogramı.	119
Şekil A.48 : OILOC2 örneği XRD Difraktogramı.	119
Şekil A.49 : DK27-4 örneği XRD Difraktogramı.	120
Şekil A.50 : DK27-5 örneği XRD Difraktogramı.	120
Şekil A.51 : Y12-1 örneği XRD Difraktogramı.	121
Şekil A.52 : Y30-2 örneği XRD Difraktogramı.	121
Şekil A.53 : Y30-1 örneği XRD Difraktogramı.	122
Şekil A.54 : Y10-1 örneği XRD Difraktogramı.	122
Şekil A.55 : Y30-1(2) örneği XRD Difraktogramı.	123
Şekil A.56 : Y10-1(2) örneği XRD Difraktogramı.	123
Şekil A.57 : Y33 örneği XRD Difraktogramı.	124
Şekil A.58 : Y38 örneği XRD Difraktogramı.	124
Şekil A.59 : Y32 örneği XRD Difraktogramı.	125
Şekil A.60 : SY9 örneği XRD Difraktogramı.	125
Şekil A.61 : A13-2 örneği XRD Difraktogramı.	126
Şekil A.62 : A11 örneği XRD Difraktogramı.	126
Şekil A.63 : A12-2 örneği XRD Difraktogramı.	127
Şekil A.64 : DK5 örneği XRD Difraktogramı.	127
Şekil A.65 : S58 örneği XRD Difraktogramı.	128
Şekil A.66 : S19 örneği XRD Difraktogramı.	128
Şekil A.67 : D27-3-1 örneği XRD Difraktogramı.	129
Şekil A.68 : YTEPE-YOT örneği XRD Difraktogramı.	129
Şekil A.69 : S66 örneği XRD Difraktogramı.	130
Şekil A.70 : SY13 örneği XRD Difraktogramı.	130
Şekil A.71 : S66 örneği XRD Difraktogramı.	131
Şekil A.72 : S69 örneği XRD Difraktogramı.	131
Şekil A.73 : A15-1 örneği XRD Difraktogramı.	132
Şekil A.74 : A15-2 örneği XRD Difraktogramı.	132
Şekil A.75 : OILOC2-A örneği XRD Difraktogramı.	133
Şekil A.76 : OILOC2-S örneği XRD Difraktogramı.	133

Şekil A.77 : SY12 örneği XRD Difraktogramı.	134
Şekil A.78 : Y13 örneği XRD Difraktogramı.....	134
Şekil A.79 : S102 örneği XRD Difraktogramı.	135
Şekil A.80 : BA2 örneği XRD Difraktogramı.....	135
Şekil A.81 : Z21 örneği XRD Difraktogramı.	136
Şekil A.82 : BA7 örneği XRD Difraktogramı.	136
Şekil A.83 : S73 örneği XRD Difraktogramı.	137
Şekil A.84 : SY11 örneği XRD Difraktogramı.	137
Şekil B.1 : M9 örneği 2 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	138
Şekil B.2 : M9 örneği 3 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	139
Şekil B.3 : M9 örneği 4 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	140
Şekil B.4 : M9 örneği 5 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	141
Şekil B.5 : M9 örneği 6 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	142
Şekil B.6 : M9 örneği 7 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	143
Şekil B.7 : M9 örneği 8 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	144
Şekil B.8 : M9 örneği 9 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	145
Şekil B.9 : M9 örneği 10 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	146
Şekil B.10 : S1 örneği 1 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	147
Şekil B.11 : S1 örneği 2 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	148
Şekil B.12 : S1 örneği 3 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	149
Şekil B.13 : S1 örneği 4 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	150
Şekil B.14 : S1 örneği 5 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	151
Şekil B.15 : S1 örneği 6 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	152
Şekil B.16 : S1 örneği 7 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	153
Şekil B.17 : S1 örneği 8 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	154
Şekil B.18 : S1 örneği 9 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	155
Şekil B.19 : S1 örneği 10 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	156
Şekil B.20 : S1 örneği 11 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	157
Şekil B.21 : S1 örneği 12 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	158
Şekil B.22 : S1 örneği 13 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.	159

ESKİŞEHİR – ERENKÖY BÖLGESİ MANYEZİTLERİNİN OLUŞUM MEKANİZMALARININ JEOKİMYASAL VE PETROGRAFİK İNCELEMESİ

ÖZET

Eskişehir – Bilecik sınırında Erenköy civarında gözlenen manyezit oluşumları kriptokristalen tane boylarında olup, yaygın ayrışma ve alterasyon geçirmiş ultrabazik kayaçlar ile ilişkili olarak genellikle süreksizlik düzlemlerine bağlı olarak yataklanmışlardır. Bölge jeolojisinin Geç Kretase döneminde Neo-Tetis okyanusunun kapanması ile gelişen İzmir-Ankara suture zonu oluşumu çerçevesinde oluştuğu düşünülmektedir. Bu bölge Türkiye'nin manyezit yataklarının yaygın olduğu üç manyezit provensinden biri olan Kütahya – Eskişehir bölgesi sınırları içerisinde olup Türkiye'nin işletilen en önemli yatakları bu bölgede yer almaktadır.

Merkezinde Erenköy'ün yer aldığı inceleme alanı kuzeybatı Türkiye'de Eskişehir ve Bilecik il sınırları içerisinde yer almaktadır. Bölgesel jeoloji tabanda mavişist fasiyesine ait metamorfikler, bunları üzerleyen serpantin, peridotitlerin oluşturduğu ofiyolitik kayaçlar, radyolaritli çört, pelajik kireçtaşı, bazalt, mavişist metamorfik kayaçlarının karışımından oluşan ofiyolitik melanj birimi ve bunların hepsini üzerleyen neojen yaşlı kumtaşı – kıltaşı ardalanmasından oluşan sedimanter birimlerden oluşur.

İnceleme alanında tektonizma etkileri son derece yaygın gözlenmektedir. Manyezit ve yan kayaç oluşumları yer yer son derece çatlaklı ve parçalanmış bir yapı sergilemektedir. Tektonik unsurlar çok çeşitli doğrultularda gelişmiş ve buna bağlı olarak da manyezit unsurları genellikle birbirini kesen veya birbiri ile iç içe girmiş damar, ağ, bloklar halinde saçınım, bozulmuş lens ve katmanlar halinde yerleşim sergilemektedirler.

Manyezit oluşumları makro örneklerde çeşitli tiplerde gözükmektedir, a) Çok sert silis ve demir oksit çimentolanması ile beraber bulunan karnabahar (yumru) manyezit oluşumları, b) dağılğan manyezit oluşumları, c) karnabahar tipinde manyezit oluşumları, d) çoğunlukla konsantrik ve konkoidal kırılmalı olarak gözükken masif manyezit oluşumları. Sondajlarda manyezitlerin 30 metre kadar derine devam ettiği görülmektedir. Arazide yaygın görülen demir oksit alterasyon ürünleri ve silis oluşumları manyezit oluşumlarına eşlik etmektedir.

Geçmiş araştırmalarda görüldüğü üzere, manyezit oluşumları genel olarak dört ana grupta sınıflandırılmaktadır. Bunlar; a) karbonatlarla ilişkili iri taneli manyezitlerin tanımladığı “Veitsch tipi”, b) ultramafik kayaçlarla ilişkili kriptokristalen tane boylu manyezitlerin tanımladığı “Kraubath tipi”, c) genellikle ultramafik kayaçların çevresinde konuşlanmış olan tatlı su gölsel sedimanter birimler ile ilişkili kriptokristalen – mikrokristalen tane boylu manyezitlerin tanımladığı “Bela Stena tipi” ve d) yüksek Mg içeriğine sahip metamorfizma geçirmiş ultramafik kayaçlarla ilişkili manyezitlerin tanımladığı “Greiner tipi” olarak sınıflandırılabilir.

İnceleme alanında Erenköy civarında gözlenen manyezit yatakları bu sınıflamalardan Kraubath tipine dahildir. Kraubath tipi manyezit oluşumlarının; CO₂ içerikli sıcak suların süreksizlikler vasıtasıyla ultramafik kayaların içerisinde dolaşarak, kayalardan magnezyumu çözmesi ve böylece çözeltilerin Mg karbonatları açısından süpersatüre olması ve ardından karbonatların uygun boşluklarda çökmesi şeklinde gerçekleştiği öne sürülmüştür. Bu tip yatakların oluşumu hakkında oluşuma sebep olan çözeltilerdeki CO₂'in kökeni tartışmalıdır. Aynı zamanda bu tip manyezit oluşumlarından sorumlu olduğu düşünülen kimyasal reaksiyonların fizikokimyasal koşullar açısından gerçekleşebileceği sınırların da tespit edilmesi ve analizlerden elde edilen veriler ile karşılaştırılması önemlidir.

Saha çalışmaları ve polarizan mikroskop çalışmaları ile beraber XRD ve E-SEM ve bağılı EDAX ünitesi analizleri ile beraber inceleme alanının jeolojisi ve petrografisi ortaya konmuştur. Böylece mineral parajenezi ve mineral ilişkileri tespit edilmiş ve minerallerin mikro ölçekteki kimyasal bileşimleri saptanmıştır. Bu sayede minerallerdeki atomik yer değiştirmelerin oranı tespit edilebilmiştir. Tetkikler sırasında bölge mineral oluşumlarının zengin bir parajeneze sahip olduğu görülmüştür. Bu parajenez başlıca manyezit, dolomit, kalsit, krizotil, lizardit, kuvars, opal-ct ve talk minerallerini içermektedir. Ana kayalar genellikle elek dokusunun hakim olduğu serpantin ve iç içe geçmiş ağlar ve ince damarcıklar halinde görülen manyezit ve dolomit minerallerinden oluşmaktadır. Manyezit ve dolomitin yanı sıra kuvars, opal-ct minerallerinin de özellikle ana kaya içerisindeki çatlaklı yüzeylerde varlığı tespit edilmiştir. Silis mineralleri bazı örneklerde manyezit ve dolomit oluşumlarının etrafını sarar şekilde bulunmaktadır. Fakat tam tersi şekilde silisin manyezit ve dolomit tarafından çevrelendiği örnekler de bulunmaktadır. Bölgede manyezite eşlik eden en yaygın karbonat minerali dolomittir. Kalsit nadiren rastlanmaktadır. Ana kayalar serpantin oldukça yaygın olarak ayrılmıştır. Elek dokusu oluşturacak şekilde çatlaklar içerisinde gelişen ayrışma ve alterasyona ek olarak genellikle dış çeperde gelişen demir oksit mineralleri ve paligorskit gibi kil mineralleri oluşumu şeklinde gelişen alterasyon da bölgede mevcuttur.

Manyezit ve yan kayalar örneklerinin majör, minör ve iz elementler açısından jeokimyasal incelemesi ICP-ES, ICP-MS ve XRF yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Mg, Ca, Si gibi ana elementlerin yanı sıra Cu, Ni, Cr, Co, B, Hg, Fe, Mn, NTE, Ba ve Sr elementleri özellikle manyezitlerin jeokimyasal açısından incelenmesi açısından önem arz etmektedirler. Bu elementlerin varlığı ya da yokluğu mineral oluşumlarında değişik sonuçlara işaret etmektedir. Genellikle bu elementlerden manyezit atomik kafes yapısı içerisinde yer alabilmekte olanlar daha zengin olarak bulunmaktadır. NTE ve diğer iz elementler ise diğer jeolojik formasyonlardaki oranlarla karşılaştırılarak mineral oluşumuna sebep olan çözeltilerin kökenine yönelik ipucu teşkil etmektedirler.

Analiz sonuçlarında ilk dikkat çeken unsur, manyezit oluşumlarında yer yer silis oluşumlarına işaret eden SiO₂ içeriğinin MgO içeriğinin çok üzerinde değerler sergilediğidir. Bu arazideki silisik alterasyonun yaygınlığını kanıtlar nitelikte bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Fe₂O₃ içeriği ise yer yer %1'in üzerine çıkan rakamlara ulaşmaktadır. Bu da arazide manyezit oluşumları ile beraber sık sık görülen demir oksit ürünleri açısından zengin ayrışma zonlarının varlığını destekler niteliktedir. Al₂O₃ içeriği nispeten düşük gözükmektedir. Manyezitlerin ana kayacı ultrabazikler olduğundan dolayı içerisinde minör miktarda Cr ve Ni element içeriği mevcuttur. İz elementlerinde Ba, Sr ve Co içeriği dikkat çekmektedir. Sr ve Ba atomlarının Mg ile yer atomik yer değiştirme kabiliyeti olmadığından dolayı bu

elementlerin manyezit içerisindeki diğer ikincil Ba ve Sr karbonat ve sülfat mineral fazlarına işaret ettiği düşünülmektedir. Mineral oluşumlarında sürekli çökme, çözülme ve taşınmanın iz element içeriği üzerinde düzenli bir azalışa sebep olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla birincil mineral oluşumlarından uzaklaşıp yüzeye yaklaştıkça mineral oluşumuna eşlik eden çözeltilerin iz elementler açısından daha fakir olduğu görülmektedir. NTE içeriği Kraubath tipi yataklarda genellikle çok düşük (çoğunlukla analiz yönteminin en düşük tespit sınırının altında) olup, Erenköy yataklanmalarında da bu şekilde olmakla birlikte bazı örneklerde Al_2O_3 oranı ile beraber yüksek nispeten daha yüksek seviyelerde içeriğe sahip olması bu örneklerde sepiyolit, paligorskit gibi kil minerali oluşumlarına işaret edebilir. Bununla beraber manyezitler La – Pr serisini ve dolomitler ise tüm NTE serisinin davranışlarını sergilemektedirler. Özellikle Ce ve Eu elementlerinin davranışları manyezit ve dolomitleri oluşturan çözeltilerin kökeni ve oluşum öncesi taşınmaya yönelik önemli bulgular sunmaktadır. W içeriği beklenilenden yüksek çıkmış olup olası bir derin kontak metamorfik olaya işaret ettiği düşünülmektedir. Bunu destekler şekilde inceleme alanında yer yer lokal olarak Si, Fe, Mn, Cr gibi elementler zengin içerik sunmaktadırlar.

Önceki çalışmalarda oluşum sıcaklığı olarak öne sürülen 80 °C’de reaksiyonlar değişik Log fCO₂ değerleri açısından test edilmiştir. R1 reaksiyonun gerçekleşmesi için en düşük Log fCO₂ değeri -10 olup R2 için -3,1 ve R3 için -1,15’tir. Bu bilgilerin ışığında olivin alterasyonu sonucu manyezit oluşabilmesi için nispeten düşük CO₂ fugasitesine, manyezitin serpantin alterasyonu ile oluşabilmesi için ise daha yüksek fugasiteye ihtiyaç vardır. İnceleme alanında gerek makro gerekse mikroskobik gözlemlerde serpantin son derece yaygın bir yan faz olarak görülmekte fakat olivine çok nadiren rastlanmaktadır. Bu verilerin ışığında serpantinlerin ilk olarak CO₂ içeriği düşük bir evrede oluştuğu ve manyezitlerin daha sonra serpantinlerin ve kalıntı peridotitlerin alterasyonu ile oluştuğu öne sürülmüştür. Bunun yanında inceleme alanında silisli minerallerden yaygın olarak bulunan opal-ct’nin oluşumu için -2,2 civarında Log aSiO_{2(aq)} değerleri gerekmektedir. Bu değer güncel kuzeybatı Anadolu termal suların en üst seviyedeki değeri olan -2,2’den daha yüksektir. Bu da, manyezitlerin oluşum yaşı olan Geç Kretase – Neojen döneminde bölgedeki termal sular vasıtası ile silis getiriminin güncelden daha yüksek olduğuna işaret eder. Bunun sebebi bölgede tektonik faaliyetlerin yaygın olması sonucu gelişen ileri derecede ayrışma ve alterasyon olayları olarak düşünülmektedir.

$\delta^{13}C$ ve $\delta^{18}O$ içerikleri son derece ilginç sonuçlar vermiştir. Buna göre Erenköyün batısında bulunan oluşumlarda +5-8 ‰ içerik tespit edilmiştir. Bu Kraubath tipi manyezit oluşumları için yeni bir bulgudur. Oksijen izotop verileri ise yüksek değerlerde olup düşük sıcaklıkta oluşumu temsil eder. Genel olarak atmosferik kaynaklı meteorik kökenli suların derine hareketi ile gelen ve derinlerden yukarı doğru çıkarken denizel karbonatlı sedimanları kontak metamorfizmaya uğratarak ağır karbon içeriğine kavuştuğu düşünülen iki farklı kökenli çözeltilerin yüzey koşullarında karışıp manyezitlerin oluşumundan sorumlu oldukları hipotezi tarafımızdan öne sürülmektedir.

FORMATION MECHANISMS OF ESKISEHIR – ERENKOY REGION MAGNESITES: A GEOCHEMICAL AND PETROGRAPHICAL INVESTIGATION

SUMMARY

Magnesite formations that reside in the border of Eskisehir and Bilecik districts in northwestern Turkey are usually cryptocrystalline sized and are associated with extensively weathered and altered ultrabasic rocks. They have been formed spatially concordant with the discontinuities. Regional geology is thought to have formed by the closing of Neo-Tethys ocean and formation of the Izmir – Ankara suture zone as a result of it during Late Cretaceous era. This location is in Kutahya – Eskisehir region, which is one of the three provinces where magnesite formations are commonly located in Turkey. The most important deposits that are mined in Turkey are located in this region.

Regional geology consists of metamorphites of blueschist facies in the base; ophiolitic rocks that consist of serpentinites and peridotites, ophiolitic mélange that consist of an arrangement of radiolaritic cherts, basalt, pelagic limestone and metamorphic rocks of blueschist facies overly the base. Neogene aged sedimentary rocks that consist of a sequence of sandstone and claystone lie on top of these units.

Tectonic effects have developed extensively and are observed with many faults, cracked and fractured zones in the magnesite deposits and wall rocks. Tectonic units like faults and crack zones are found in varied strike and dip values and therefore magnesite formations are spatially located in concordance with these discontinuities intersecting each other, one within the other as veins, veinlettes, stockworks, irregularly placed blocks, deformed lenses and bands.

Macro samples of magnesite are found in several forms: a) very hard cauliflower shaped magnesite formations that are associated and cemented with silica and iron oxides, b) highly weathered and disintegrated magnesites, c) cauliflower magnesites that sometimes include impurities of silica, iron oxide or serpentine residues, d) concentrated and conchoidal fractured massive magnesite formations that are usually seen as part of large blocks. Drilling reports show that magnesites in the field can be found as much as 30 m. deep. Silica and iron oxide formations associate to magnesites and are the main form of alteration in the field.

According to previous studies of different researchers, magnesite formations are classified into several types. These can be explained basically as; the “Veitsch” type: coarse grained magnesites associated with carbonate rocks, the “Kraubath” type: cryptocrystalline magnesites associated with ultramafic rocks, the “Bela Stena” type: microcrystalline to granular magnesites associated with lacustrine freshwater sediments that are also near ultramafic rocks, the “Greiner” type: magnesites associated with metamorphosed ultramafites with high Mg content.

The magnesite deposits of Erenkoy are classified as “Kraubath” type mineralizations. In Kraubath type deposits magnesite is believed to have formed by percolating of thermal fluids, loaded with CO₂, in ultramafic rocks through the discontinuities, leaching Mg from these rocks and therefore the solutions become supersaturated in terms of Mg carbonates which precipitate in voids. Previous studies propose two different models of genesis for Kraubath type mineralizations in terms of the origin of thermal waters. These are the “ascendant” and “descendant” theories. The ascendant theory suggests hydrothermal waters originating from a deep magma are the source of mineralizing fluids. However according to descendant theory the source of fluids are meteoric waters that descend into earth and percolate in ultramafic rocks. In the mean time, chemical reactions that cause the formation of magnesites have also been noted to be of importance and were tested via thermodynamic calculations for different physicochemical properties to determine their conditions of formation, in order to compare with the analytical data gathered from the samples.

The field geological studies are followed by petrographical studies which include thin sections of minerals and rocks analyzed with polarized microscope in order to determine petrographical features and paragenesis of magnesite mineralizations and host rocks that are mainly serpentinites. Paragenesis of the mineralizations is a vital point in this study as it helps us determine the sequence and order of mineral forming reactions through time. XRD analyses were made to determine types of minerals in the mineralizations. These analyses help us better determine the paragenesis of minerals in the samples. E-SEM – EDAX analyses in order to investigate micro scale mineral formation, micro mineralogical features and micro chemical change in the specimens will be made. Through this data is gathered on micro phases of different mineralizations and individual chemistry of minerals. This method enables to chemically analyze individual crystals and therefore gather exact chemical data about different types of minerals. The chemical data on magnesites such as the ratio of atomic substitution with this method were used in thermodynamic calculations.

Results of petrographical analyses show a rich paragenesis in the study area. This consist mainly the magnesite, dolomite, calcite, chrysotile, lizardite, quartz, opal-ct and talc minerals. The main wall rock is the serpentinites with common sieve texture that are seen as stockworks and webs of very thin veinlettes of magnesite and dolomite one in another intersecting each other. In addition to these minerals, quartz, opal-ct minerals were also found in heavily fractured rocks, especially rocks that are fractured by several different intersecting faults and crack systems. Silica formations are sometimes found to encircle magnesites, however just the opposite they are sometimes found to be encircled by magnesites and dolomites. Dolomite is common and is the main carbonate mineral associated to the magnesite. Calcite is found rarely. Serpentinites are very extensively weathered. In addition to sieve texture, outward bounds were gradually altered to iron oxide formations and clay minerals like palygorskite.

Major, minor and trace element analyses of magnesites, host rocks and different formations of local geology by ICP-ES, ICP-MS and XRF methods were carried out. Certain elements like Cu, Ni, Cr, Co, B, Hg, Fe, Mn, REE and Sr are important in investigating the geochemistry of magnesites. Through these the aim is to develop a geochemical model for different mineralizations located in the study area. In general, elements that can substitute in the crystal lattice of the magnesite would be expected in higher proportions than normal. Other minor and trace elements like REE can indicate to a source when compared to data from other geological formations. The

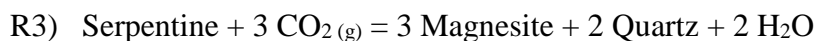
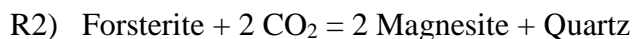
abundance or depletion of such elements may indicate to different results about mineralizations.

In the results of chemical analysis, the first thing that strikes attention is that the SiO₂ content is much higher than MgO in some samples which indicates the abundance of silica in the samples. The abundance of CaO almost in the levels of MgO in some samples indicates to dolomite formations. Also Fe₂O₃ content is around %1 and sometimes above. This is an indication of alteration zones rich with iron oxide formations that are seen with magnesites in the field. Al₂O₃ is usually low, however in some samples it is found in higher quantities, which indicates clay formations like palygorskite. As the ultrabasic rocks are the main wall rocks of magnesite formations, there are minor amounts of Cr and Ni elements present in magnesites. Ba and Sr contents are also noteworthy. As Sr and Ba atoms do not have the capability to substitute with Mg in the lattice of magnesite, these elements are thought to be present as secondary carbonate and sulphate mineral phases. It is known that process of precipitation, re-decomposition, relocation and re-precipitation cause the content of trace elements to fall. The content of REE can be regarded in this context that typical of Kraubath type deposits, which include constant relocation, such that the later phases are far away up to the surface, REE content are usually very low to such degree that they cannot be detected even with analysis methods with very low detection limit. Same is true for Erenkoy deposits. However in some samples that have higher Al₂O₃ content it is above detection limits. This may be explained by the formation of clay minerals like palygorskite which are known to have comparably higher contents of REE.

The source of Mg²⁺ of magnesites associated with ultrabasic rocks is clearly the Mg²⁺ bearing minerals that are present in the ultrabasics themselves. About the source of CO₂ that are being carried by the fluids; geological and geochemical methods point out to some facts that may indicate to origin of the fluids: a) hydrothermal originated fluids usually show a high content of Hg, which is not the situation with Erenkoy depositions, b) there are no known surfaced or deep magmatic rock body near the deposits, which may indicate to lack of hydrothermal – magmatic originated activity c) previous studies indicate that observations of hydrothermal originated mineralizations are usually formed in concordance with deep and large discontinuities forming large regular lenses and veins. However in Erenkoy deposits are usually dominated by small scales of stockworks that are located with small webs of irregular discontinuities.

Physicochemical aspects of mineralizations were determined using thermodynamics calculation software SupCrt92 which is written mainly for geological applications. Different magnesite forming chemical reactions were tested with SupCrt92. Through these tests the range for the stability fields for the reactants and products (i.e. magnesite and other formed minerals) in terms of temperature, pressure, X CO₂, pH were calculated. To calculate the stability fields of magnesite forming reactions chemical analysis data from the E-SEM EDAX analyses of individual magnesite crystals were used to determine the exact activity of magnesite products (from the ratio of Mg and other substituted cations to total amount) in thermodynamic calculations of reactions. This enables to better predict the stability fields of physicochemical conditions that the reactions have taken place. Determination of stability fields better enable to understand the formation conditions, origins and which reactions are more likely to have been responsible for the formation of magnesite and other products.

The reported formation temperature in previous studies is around 80 °C and reported formation depths are as deep as 300 m. which indicates to pressure amounts of around 80 bars. For these conditions the reported magnesite forming reactions were tested for different Log $f\text{CO}_2$ values. The key reactions that are considered are;



About the reaction R1 the minimum Log $f\text{CO}_2$ value for it to proceed forward is found out to be -10 while it is -3.1 for R2 and -1.15 for R3. Present day atmospheric Log $f\text{CO}_2$ values are around -3 and in the soil around -2. Therefore it is expected for present day underground waters to have a value that are in between -2 and -3. It is known that during Late Cretaceous era, these values were not much different than today. In light of these data it is clear that although reactions which involve magnesite forming from alteration of olivine satisfy the CO_2 fugacity conditions, serpentine originated reactions do not. However in the field, as serpentine is mainly observed and olivine is nearly nonexistent in large amounts, it can be assumed that it was reactions R1 and R2 that were mainly responsible for the formation of magnesite and forming large amounts of serpentine and depleting olivine along with it in the study area. The paragenesis of mineralizations show moderate amounts of opal-ct formations in addition to other forms of silica and quartz. In order for opal-ct to form, the Log $a\text{SiO}_2(\text{aq})$ amount should be a minimum of -2.2. This value is higher than present day thermal water values in western Anatolia. Therefore it can be assumed during Late Cretaceous, silica uptake was higher in thermal waters. The reason for this is thought to be extensive alteration activity due to tectonic activities.

1. GİRİŞ

Kimyasal bileşimi $MgCO_3$ olan manyezit, dünyada değişik jeolojik koşullar altında oluşmuştur. Bu geniş dağılım, manyezitin karbonat çökelişi, Mg içeren kayaların ayrışma ve alterasyonu gibi pek çok doğal işlemlerle ürün olarak ortaya çıkması sonucudur. Manyezit genellikle saf beyaz renklidir, trigonal kristal sisteminde olup, sertliği 3,5 – 4,5 arasındadır. Genellikle masif ve böbreğimsi (karnabahar) habitüs sergiler. Konkoidal kırılma göstermesi manyezitin en belirgin ayırt edici özelliklerinden biridir.

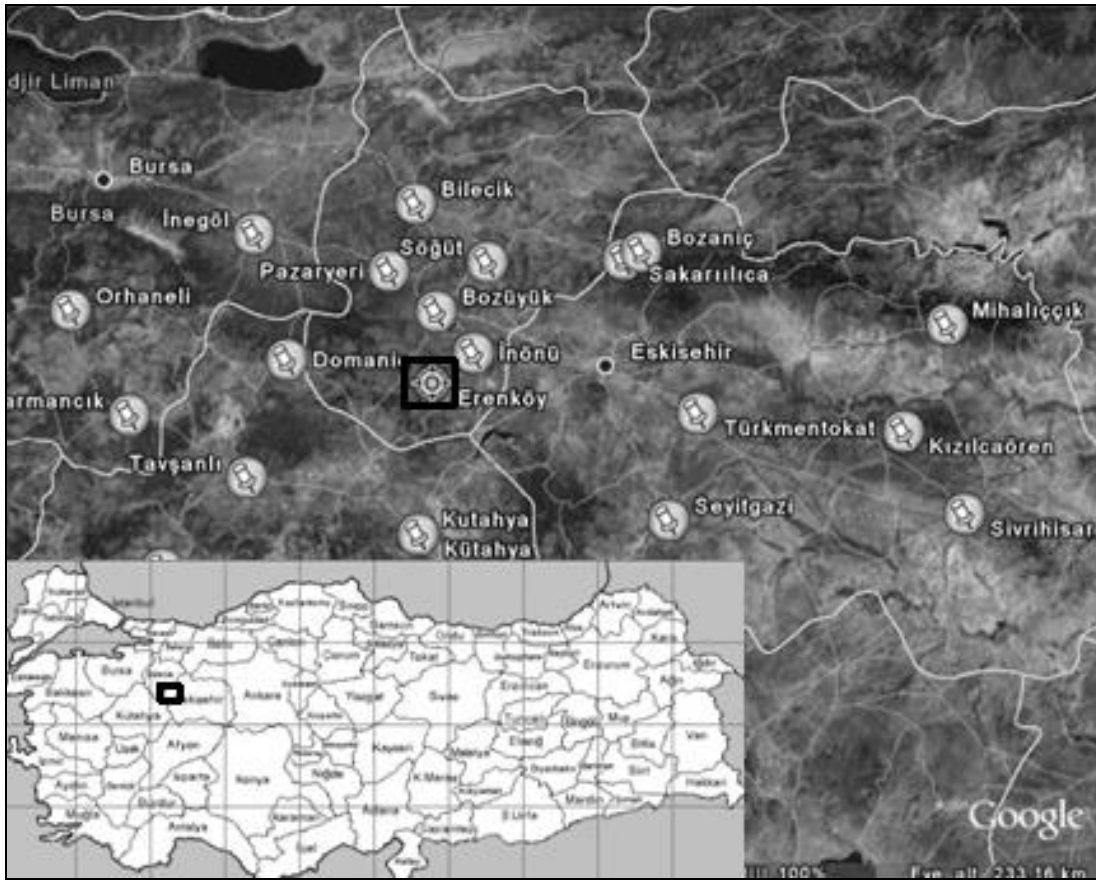
Gübre ve kimya gibi çeşitli sektörlerde kullanımı olan manyezitin en yaygın kullanımı sinterlenerek çok yaygın kullanılan bir refrakter hammadde olan periklas (MgO) üretimidir. Ülkemizdeki toplam görünür + muhtemel rezervi MTA verilerine göre 106.673.833 ton olan manyezitin DPT 9. kalkınma planı madencilik özel ihtisas komisyonu raporuna göre 2005 yılında 4.000.000 ton ve 213.143.000 TL. değerinde üretimi olmuş ve 42,2 milyon dolar değerinde ihraç edilmiştir.

Eskişehir – Bilecik sınırında Erenköy civarında gözlenen manyezit oluşumları kriptokristalen tane boylarında olup, yaygın ayrışma ve alterasyon geçirmiş ultrabazik kayalar ile ilişkili olarak genellikle süreksizlik düzlemlerine bağlı olarak yataklanmışlardır. Bölge jeolojisinin Geç Kretase döneminde Neo-Tetis okyanusunun kapanması ile gelişen İzmir-Ankara suture zonu oluşumu çerçevesinde oluştuğu düşünülmektedir. Bu bölge Türkiye'nin manyezit yataklarının yaygın olduğu üç manyezit provensinden biri olan Kütahya – Eskişehir bölgesi sınırları içerisinde olup Türkiye'nin işletilen en önemli yatakları bu bölgede yer almaktadır.

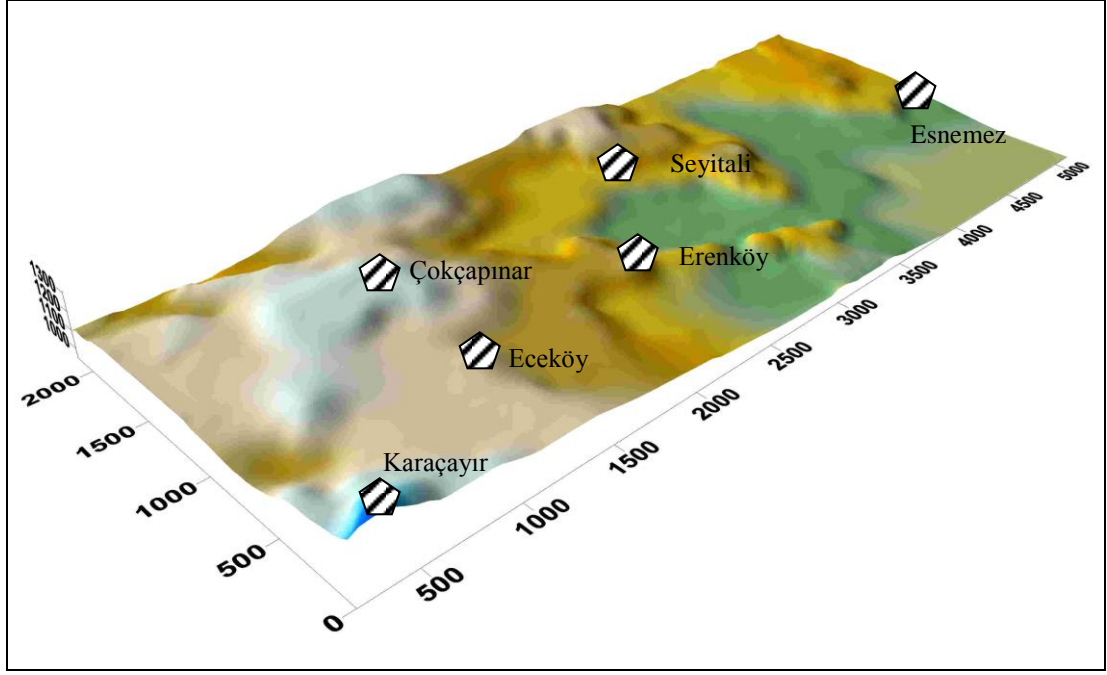
Bu çalışmanın amacı Erenköy manyezit oluşumlarının mekanizmalarını ve kökenini jeolojik, petrografik ve jeokimyasal ve fizikokimyasal yöntemlerle inceleyerek oluşum koşullarını ortaya koymaktır.

1.1 Çalışma Alanının Konumu ve Coğrafi Özellikleri

Çalışma alanı Eskişehir – İnönü ve Bilecik – Bözyük ilçeleri içinde, HGK 1/25.000lik Eskişehir İ24 a4, d1 ve Kütahya İ23 b3, c2 paftalarının sınırları içerisinde yer almaktadır. Bölgede yer alan yerleşim birimleri, Erenköy, Seyitalı, Esnemez, Eceköy, Karaçayır ve Çokçapınar köyleridir. Bölge nispeten düz bir topografya sergilemekte olup, kısmen açık alan, kısmen ormanlıktır. Bitki örtüsü genellikle ormanlarda karaçam, kayın, meşe, kızılçamdır. Açık alanlar otsu bitkiler ve çalılıklardan oluşmaktadır. İnceleme alanı içindeki önemli yükseltiler Taştepe (1242 m.), Düzmeşe Tepesidir (1233 m.).



Şekil 1.1 : İnceleme alanının konumu.



Şekil 1.2 : İnceleme alanının üç boyutlu haritası.

Eskişehir ve Bilecik yöresinde yer alan manyezit oluşumlarını petrografik ve jeokimyasal açıdan incelenmesi, ayrıca manyezit oluşumlarının ayrışma ve alterasyon olayları ile olan ilişkilerinin irdelenmesi planlanmaktadır. Yapılan arazi çalışmaları ve analizlerden elde edilen verilerin ışığında manyezit oluşumlarının kökenlerine yönelik bulgulara ulaşılması, olası yeni manyezit sahalarının da açığa çıkarılması hedeflenmiştir.

1.2 Manyezit Oluşum Sorunları ve Çalışmanın Amacı

İnceleme alanında ilk dikkatimizi çeken husus, Erenköy doğusu ve batısında yer alan ve birbirlerine sadece birkaç km. kadar uzak olan manyezit yataklanmalarının arazi gözlemlerinde belli olacak kadar oldukça farklı özellikler ortaya koymasıydı. Manyezitlerin habitüsleri, eşlik eden gang mineraller, yataklanma tipleri gibi farklılıklar bu dar alanda iki farklı kökende ve mekanizmalı oluşum modeli sözkonusu olabileceğini akla getirdi. Böylece inceleme alanı manyezit oluşumları üzerinde kökene yönelik araştırmanın ilk temelleri atıldı.

Geçmiş araştırmalarda görüldüğü üzere, manyezit oluşumları genel olarak dört ana grupta sınıflandırılmaktadır. Bunlar; a) karbonatlarla ilişkili iri taneli manyezitlerin tanımladığı “Veitsch tipi”, b) ultramafik kayalarla ilişkili kriptokristalen tane boylu manyezitlerin tanımladığı “Kraubath tipi”, c) genellikle ultramafik kayaların

çevresinde konuşlanmış olan tatlı su gölsel sedimanter birimler ile ilişkili kriptokristalen – mikrokristalen tane boylu manyezitlerin tanımladığı “Bela Stena tipi” ve d) yüksek Mg içeriğine sahip metamorfizma geçirmiş ultramafik kayalarla ilişkili manyezitlerin tanımladığı “Greiner tipi” olarak sıralanabilir (Pohl, 1989).

İnceleme alanında Erenköy civarında gözlenen manyezit yatakları bu sınıflamalardan Kraubath tipine dahildir. Kraubath tipi manyezit oluşumlarının; CO₂ içerikli sıcak suların süresizlikler vasıtasıyla ultramafik kayaların içerisinde dolaşarak, kayalardan Mg’u çözmesi ve böylece çözeltilerin Mg karbonatları açısından süpersatüre olması ve ardından karbonatların uygun boşluklarda çökmesi şeklinde gerçekleştiği öne sürülmüştür.

Önceki araştırmalarda Kraubath tipi yataklanmalarda sıcak suların kökeni hakkında iki farklı görüş ortaya koyulmuştur, bunlar; a) derin bir magma kütle kökenli hidrotermal suların yükselerek mineral oluşumuna sebep olan çözeltilere kaynak teşkil ettiği “ascendant” teorisi ve b) mineral oluşumuna sebep olan çözeltilerin kaynağının yağış ile yeraltına sızarak süresizlikler vasıtasıyla kayalar içerisinde dolaşıma giren meteorik sular olduğu “descendant” teorisi olarak sıralanabilir (Zachmann ve Johannes, 1989; Pohl, 1990). Önceki araştırmalar arasında her iki teoriyi destekler nitelikte çalışmalar mevcuttur.

Manyezitin oluşum sıcaklığı ve mineral oluşum sırası konusunda önceki çalışmalarda kesin bir görüş birliği bulunmamaktadır. Bir görüşe göre manyezitin direk olarak ultrabaziklerin alterasyonu ile değil fakat ilk başta oluşan hidromanyezitin dehidrasyonu ile oluştuğu öne sürülmekle beraber, daha sonraki çalışmalar bu durumun her zaman geçerli olmayıp manyezitin ilk olarak da oluşabileceğini öne sürmüşlerdir.

Çalışma kapsamında, yukarıda belirtilen manyezitin oluşumu ile alakalı bu sorunlara odaklanılarak ilerlenecek bir plan ve yöntemler bütünlüğü seçilmiş ve bu sayede inceleme alanı manyezitlerinin genel özelliklerinin ortaya konulması yanı sıra, farklı oluşumların nedeninin ve mekanizmalarının, Kraubath tipi manyezit oluşumlarının sorunlarına çözüm üreterek, daha iyi anlaşılabilmesi amaçlanmıştır.

1.3 Yöntem ve Araçlar

Çalışma kapsamında manyezit oluşumlarının özelliklerini ortaya koymak ve sorunlara çözüm bulmak maksadıyla aşağıdaki yöntemler uygulanmıştır;

- 1) Saha çalışmaları gerçekleştirilmiş, inceleme alanı jeolojisi çalışılmış, manyezit oluşumları ve yan kayaçların sahadaki ilişkileri ve jeolojik özellikleri ortaya konmuş ve haritalanmıştır. Saha çalışmaları kapsamında aynı zamanda petrografik ve jeokimyasal analizler için el örnekleri alınmıştır.
- 2) Polarizan mikroskopla ince kesitler incelenmiş, manyezit ve yan kayaçların temel petrografik özellikleri ve mineral birliktelikleri ve ilişkileri çalışılmıştır.
- 3) Aynı amaçla toz haline getirilmiş örneklerden ve ince kesitlerden XRD analizi gerçekleştirilmiştir. Böylece minereal parajenezleri daha iyi anlaşılmıştır.
- 4) Mineral oluşumlarının mikro ölçekte özellikleri ve ilişkilerini ortaya koymak amacıyla E-SEM ve bağlı EDAX (EDS) ünitelerinde toz haline getirilmiş manyezit örnekleri analiz edilmiştir. Bu çalışmalarda en önemli amaç, mikro ölçekte mineral oluşumlarındaki kimyasal değişiklikleri saptamaktır. Böylece mineral içerisindeki safsızlıklar ve atomik yerdeğişiklikler tespit edilebilmesi amaçlanmıştır.
- 5) Manyezit ve yan kayaç örneklerinin majör, minör ve iz elementler açısından jeokimyasal incelemesi ICP-ES, ICP-MS ve XRF yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Mg, Ca, Si gibi ana elementlerin yanı sıra Cu, Ni, Cr, Co, B, Hg, Fe, Mn, NTE, Ba ve Sr elementleri özellikle manyezitlerin jeokimyasal açısından incelenmesi açısından önem arz etmektedirler. Bu elementlerin varlığı ya da yokluğu mineral oluşumlarında değişik sonuçlara işaret etmektedir. Genellikle bu elementlerden manyezit atomik kafes yapısı içerisinde yer alabilmekte olanlar daha zengin olarak bulunmaktadırlar. NTE ve diğer iz elementler ise diğer jeolojik formasyonlardaki oranlarla karşılaştırılarak mineral oluşumuna sebep olan çözeltilerin kökenine yönelik ipucu teşkil etmektedirler.
- 6) Toz haline getirilmiş manyezit ve dolomit örneklerinden $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ duraylı izotop analizleri yapılmıştır. Bunun başlıca amacı mineral oluşumuna sebep CO_2 içeren çözeltilerin ortamsal kökenini ortaya koymaktır. Bu yöntemle çözeltilerin meteorik ya da hidrotermal kökenden hangisine sahip oldukları tespit edilmiştir

Aynı zamanda olası oluşum sıcaklığı da oksijen izotop değerleri yardımıyla hesaplanmıştır.

- 7) Manyezit oluşumundan sorumlu olan reaksiyonlar ve bunların sırasını anlamak ve manyezitin oluşumunda söz konusu fizikokimyasal koşulları belirleyebilmek için, esasen bu tarz jeolojik uygulamalar için yazılmış bir termodinamik hesaplama programı olan SupCrt92 kullanılmıştır. Bu program ile önceki çalışmalarda öne sürülmüş çeşitli reaksiyonlar test edilmiş ve eşlik eden olası fizikokimyasal oluşum koşulları (sıcaklık, basınç, X_{CO_2} , pH, mineral ve çözelti aktiviteleri, vb...), denge sabitleri ve mineral duraylılık alanları belirlenmiştir.

1.4 Önceki Çalışmalar

1.4.1 Bölge jeolojisi ile ilgili çalışmalar

OKAY (1982): Tavşanlı kuzeydoğusundaki peridotit ve volkanosedimanter birimleri çalışmıştır. Türkiye kuzeybatısında oldukça kalın bir bazik volkanit, çört ve şeyl seviyesinin mavişist fasiyesinde metamorfizma geçirdiğini belirtmiş ve üç ayrı metamorfik zon tanımlamıştır. Metamorfizmanın başlangıç aşamalarının incelendiği çalışmada pumpelit, aragonit, lavsonit, albit ve sodik piroksenden oluşan mineralojik bileşim ve ojitlerin metasomatizma ile sodik piroksenlere dönüştüğü belirtilmiştir. Bunların altında tektonik kontakla lavsonit zonu mavişistleri yer almakta olup diğer bir metamorfik zon olarak glokofan – lavsonit zonu belirtilmiştir. Bu zonda şistozitenin çok yaygın geliştiği ve ilksel volkanik petrografik özelliklerin bütünüyle yitirildiği; bu zonda görülen kalıntı sodik piroksenler görüldüğü ve bu zon kayaların metamorfizma aşamalarında bir önceki lavzonit zonundan geçmiş olduğu bu çalışmada öne sürülmüştür.

ASUTAY, KÜÇÜKAYMAN, GÖZLER (1989): Eskişehirin kuzeyinde Dağköplü civarında görülen ofiyolit kabuğuna ait istifini incelemişlerdir. Buna göre istifin alttan üste doğru ofiyolitli melanaj, mafik – ultramafik kümülatlar ve tektonitler şeklinde bir dizilim göstermekte olduğu ve kümülatların ise altta gabrolar ile başlayıp üste doğru dünit arakatlılı piroksenlere geçmekte olduğunu gözlemiş ve petrografik incelemesini yapmışlardır. Yapısal olarak volkanitlerin altta ve kümülatların ve tektonitlerin üstte yer alması ile istifin devrik olduğunu ve melanaj içerisindeki

Globotruncana fosillerinden yola çıkarak ofiyolit napının kıtaya yerleşme yaşının üst Kretase olduğunu öne sürmüşlerdir.

HARRIS, KELLEY, OKAY (1994): Orhaneli, Keles bölgesinde yer alan Orhaneli, Topuk, Göynükbelen granodiyoritleri, Uludağ graniti ve bölgedeki metamorfitlelerinden iz element analizi ve $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayinleri yapmışlardır. Plütonlardan $52,6\pm 0,4$ – $47,8\pm 0,4$; mavişistten $108,1\pm 3,7$ ve grönalı amfibolitlerden $101,1\pm 3,8$ yaşları bu çalışmada elde edilmiştir. Genel olarak kıta – kıta çarpışması sonrası oluşmuş olan magmatizma ile yüksek basınç – düşük sıcaklık fasiyesli metamorfitle ilişkilerinin gelişimini yorumlamışlardır. Orhaneli ve Topuk granodiyoritlerinin benzer şekilde aktif kıta kenarında oluşan ortaç bileşimli magmalardan kaynaklandığı öne sürmüşlerdir.

GÖZLER, CEVHER, ASUTAY (1997): Orta Sakarya bölgesinde yer alan stratigrafik birimleri incelemişlerdir. Ayrımlanan ve gözlemlenen ve incelenen birimler; Sömdiken metamorfitle, Sivrihisar metamorfitle, Eskişehir metamorfitle, İnönü metamorfitle, Mihaliççik metamorfitle, Karkın formasyonu ve alt üyeleri (metadetritikler, bazik lav, kireçtaşı ve kireçtaşı blokları), Ofiyolitik Melanj ve Ultramafitler, Zeyköy formasyonu, Orbucak sırtı formasyonu, Değirmendere formasyonu, Mamuca formasyonu, Höyükü formasyonu, Porsuk formasyonu, Ilıca formasyonu, Akçak formasyonu, inrüzif ve volkanik kayalar olarak sıralanabilir. Ayrıca bölgenin tektonizması, ekonomik jeolojisi ve metamorfik geçmişi de genel hatlarıyla bu çalışmada incelenmiştir.

ALTUNEL ve BARKA (1998): Uludağ ve Kaymaz arasında BKB-DGD doğrultuda uzanan Eskişehir fay zonunun neotektonik aktivitesini incelemişlerdir. Fay zonunun 20 yy. da büyüklüğü 4 ve üzerinde çok sayıda meydana getirdiği ve aktivitesinin devam ettiği belirtilmiştir. 20 Şubat 1956'da meydana gelen büyüklüğü 6,4 olan depremin BKB-DGD 10 km. uzunluğundaki segment üzerinde meydana geldiği ve hatta son 10.000 yılda zonda yakın büyüklükte birkaç başka deprem olmuş olabileceği öne sürülmüş ve fay düzlemi çözümlemesi ile Eskişehir fay zonunun transtansiyonal karakterde bir fay zonu olduğu belirtilmiştir.

OKAY, HARRIS, KELLEY (1998): Bursa – Eskişehir hattında görülen mavişist metamorfik kayaların yaklaşık 85 my. önce metamorfizmanın gerçekleştiği ~60 km. derinlikten; yaklaşık 54 my. önce Eosende granodiyoritlerin mavişistlerin içine

sokulum yaptığı ~10 km. derinliğe yükselme mekanizmalarını incelemektedir. İnceleme alanındaki jadeitşistlerde fenjitlerden Ar lazer yaş tayinleri yapılmış ve $92\pm6 - 82\pm6$ my. arası yaşlar bulunmuştur. Mavişistlerin yükselme mekanizması olarak dalma-batma sırasında kıtasal kabuğun içine daldığı mantodan daha düşük yoğunluğa sahip olması sebebi ile yüzmesi ve yükselmesi ile beraber mavişistlerin D-B yönlü gerilme rejimi sonucu oluşan sıyrıma fayları ile bağlı buldukları litosferik kıtasal kabuktan ayrılarak yükselmesi öne sürülmüştür.

SHERLOCK, KELLEY, INGER, HARRIS, OKAY (1999): Yüksek basınç, düşük sıcaklık metamorfizmasının jeokronolojisi ve yüzeylenmeleri üzerine çalışmışlardır. Tavşanlı zonunda glokofan ve fenjitlerden Rb-Sr; sadece fenjitlerden ise Ar-Ar yaş tayinleri gerçekleştirmişlerdir. Rb-Sr sonuçları 79,7 – 82,8 my. aralıkta ve Ar-Ar yaşları ise 60 – 175 my. aralıkta bulunmuş olup, sonradan ilave argon varlığı bu yolla doğrulanmıştır. Araştırmacılar dalma-batma sırasında kabuğun dalması ve mavişistlerin yüzeylenmesinin eş zamanlı olarak gerçekleştirdiğini yaklaşık 1,5 mm/y hızda bir yüzeye çıkış hızının söz konusu olduğunu öne sürmüşlerdir.

1.4.2 Türkiye manyezit oluşumları ile ilgili çalışmalar

YENİYOL (1979): Konya ili Yunak ilçesi dolayında yer alan manyezit yataklarının oluşum ile yataklanma sorunları ve ekonomik olarak değerlendirilmesi konusunda çalışmıştır. Ofiyolit yerleşimi ile özellikle bindirme olayı ile ilgili metamorfizmanın varlığı ilk kez tespit edilen jadeit, glokofan / krossit, lavsonit, prehnit ve zeolit gibi indeks minerallerle temsil edildiğini bulmuştur. Manyezitlerin ofiyolit yerleşimi ve metamorfizma ile eş zamanlı olarak birbirini izleyen çeşitli evrelerde oluştuğu; yitim sonunda başlayıp yerleşimin bitimine kadar sürdüğü öne sürülmüştür. Bu çalışmada manyezit oluşumunun yüksek basınç ve sıcaklıkların çok üstündeki P – T değerlerinde, başlıca metamorfik kökenli ve çok düşük değerlerde CO₂ içeren çözeltilerin serpantiniti metasomatize etmesiyle sağlandığı ortaya konulmaktadır. Tektoniğin denetiminde olduğu saptanan manyezitlerde, cevherleşme doğrultuları izlenerek bilinenler dışında yeni yataklar da ortaya konmuş olup incelenen alandaki manyezitlerin görünür, muhtemel ve mümkün rezerv değerleri belirlenmiştir.

SARIİZ (1990): Eskişehir Türkmentokat – Karatepe manyezit yataklarının oluşunu çalışmıştır. Manyezit cevherinin, tamamıyla serpantinlerin yapısal denetimi altında gelişen D-B yönündeki tansiyon çatlak ve yarıkları içine dolgu biçiminde yerleştiği,

damar ve merceksel yataklanmalara ilave olarak düzensiz ve ağsal yataklanmalara geçiş gösterdiği belirlenmiştir. İki farklı mineral topluluğunun varlığı gözlenmiştir: manyezit ve kuvarşın birincil oluşumları ile kalsit ve dolomitin oluşturduğu ikincil oluşumlar. Manyezitlerin, konsantrik ve kolloform yapıları ile katmerli dokularda bulunuşu jel halinde koloidal bir ortamda ritmik çökmeyi yansıttıklarından CO₂ içeren çözeltilerin fizikokimyasal davranışları incelenmiş olup, birincil oluşumların MgO – SiO₂ – CO₂ – H₂O sisteminin ürünleri olduğu ve 2000 bar sıvı basıncı, 150 °C sıcaklıkta ve değişik X CO₂ değerlerinde oluştuğu bulunmuştur. MgO – CO₂ – H₂O sisteminde değerlendirildiğinde ise manyezitlerin önceki brusit ve hidromanyezit minerallerinden oluştuğu düşünülmüştür. Manyezit oluşumlarının hidrotermal ve infiltrasyon (jel manyezit) olmak üzere iki farklı kökenli olduğu öne sürülmektedir.

TUNCAY (2000): Konya Çayırbağı – Meram bölgesi manyezitlerinin kökeni üzerine çalışılmıştır. Manyezitler birincil ve bunları kesen ikincil oluşumlar olarak iki farklı grupta sınıflandırılmışlardır. Birincil manyezitler daha sert ve genellikle konkoidal kırıklı iken, ikincil olanlar silis içermediklerinden daha yumuşaktır. Üçüncü bir tip ise, yüzeysel koşullarda Neojen çökelleri içerisinde Miyosende oluşmuş manyezittir. Ofiyolitlerin, üzerlediği karbonatlı kayalardan ısı artışı sonucu CO₂ çıkışı söz konusu olmuştur. Bunun haricinde yüzeysel kökenli CO₂ içeren meteorik sular da manyezit oluşumunda etkili olmuşlardır. Manyezit oluşumlarına kaynak olarak serpantin alterasyonu öne sürülmüştür.

ZEDEF (2000): Türkiye güneybatısı manyezit provensindeki çeşitli manyezit ve hidromanyezit yataklanmalarının kökeni üzerine karbon ve oksijen izotop analizlerine dayanan bir çalışma yapmıştır. Salda Gölü ve Akgöl hidromanyezitleri ve Helvacıbaşa, Koyakçı, Hırsızdere, Arapömer Deresi manyezitleri izotopik bileşimleri ile Pamukkale, Kocabaşa, Salda, Midos, Bozkır, Ardıçlı, Loras, Çaltepe, Seydişir traverten ve kiteçtaşlarından alınan örneklerin izotopik bileşimleri; Yunanistan, eski Yugoslavya ve Polonya'daki verilerle karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır. Buna göre manyezit oluşumunda rol oynayan CO₂ içeren çözeltilerin karbon ve oksijen izotopik veriler sonucu; atmosferik ve toprak, organik malzeme açısından zengin sedimanlar ve karbonatlı kayalar kaynaklı olabileceği ya da bunların karışımından oluşan bir kökene sahip olabileceği öne sürülmüştür.

SUNER, ESENLİ, UZ, vd. (2001): Bursa Orhaneli yöresindeki sparitik manyezit oluşumları incelenmiştir. Değişik manyezit türlerindeki NTE dağılım düzeni oluşuma yönelik etkilerini yorumlamak amacıyla çalışılmıştır. Örnekler; masif, merceksel ve ağsal olmak üzere üç ayrı grupta sınıflandırılmıştır. Her grup Eu, Ce ve Yb anomalileri açısından belirgin farklı NTE dağılım düzeni göstermektedir; 1) belirgin bir Ce, Eu ve Yb anomalisi yok fakat yüksek LREE/HREE oranı, 2) benzer LREE ve HREE oranı ve kısmen yüksek ya da Eu ve Ce anomalileri ve 3) yüksek Eu, düşük Ce ve kısmen düşük Yb oranına eşlik eden düşük REE içeriği. Birincil mineral oluşumlarına sebep olan redoks koşullarının değişip ardından oluşumların taşınma ve tekrar kristalleşmeye maruz kalması söz konusu olduğu öne sürülmüştür. Manyezitlerin düşük sıcaklıklı bir ortamda oluştuğu ve taşınma ve tekrar kristalleşmeye yan kayaç ile etkileşime giren NTE açısından fakir çözeltilerin sebep olduğu öne sürülmüştür.

ECE, MATSUBAYA, ÇOBAN (2005): Kütahya – Eskişehir bölgesindeki ofiyolitlerle ilişkili hidrotermal ağsal tipte iki manyezit yataklanmasının (Nemli ve Margı yatakları) oluşumunu C ve O duraylı izotop analizleri yardımıyla incelemiştir. KBB - GDD yönlü Eskişehir fay zonu boyunca yan kayacın alterasyona uğrayıp bazı serpantin parçaları saracak şekilde iğnecikler halinde manyezit oluşumu gerçekleştiğini öne sürmüştür. Manyezit örneklerinin $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ değerleri ‰ -9,1 ve -13,7 arasında değişmekte olup $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ değerleri ise ‰ +25,6 ve +28,0 arasında değişmektedir. Bu veriler mineral oluşumlarına sebep olan çözeltilerin ileri derece evaporasyon geçirmiş Miyosen gölsel suları olduğunu belirtmektedir. Bu sular yakındaki volkanik kayaç ve sıcak dayklar yardımıyla ısınarak kireçtaşları içerisinden yol almış ve çatlaklar vasıtasıyla yüzeye çıkmıştır. Manyezitlerin CO_2 kaynağı; 1) şeyl ve organik maddece zengin fillitlerin dekarboksilasyonu, 2) yüzeyden 2 km. derindeki kireçtaşlarının çözünmesi olarak öne sürülmüştür. Veriler CO_2 açısından zengin 65-80 °C sıcaklıklı jeotermal suların serpantini manyezit ve opal-ct'ye altere ettiğini göstermektedir. Bu olayların Tetis suture zonu ile paralellik gösteren D-B yönlü ana fay sistemi boyunca oluşan aşırı çatlaklı damar zonlarında gerçekleştiği belirtilmiştir.

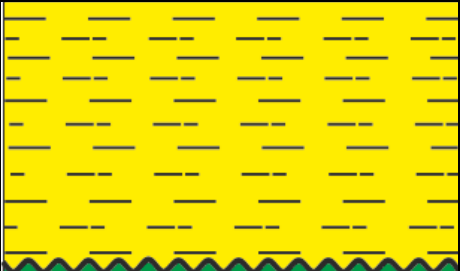
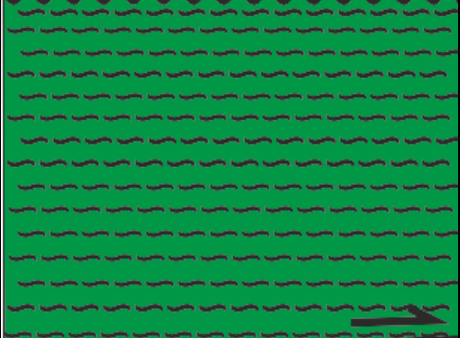
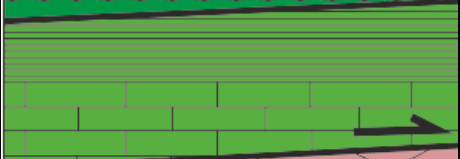

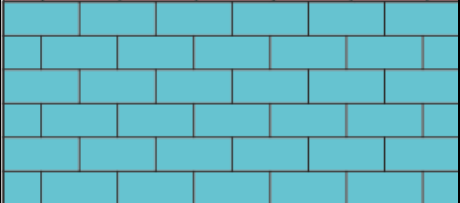
YILMAZ ve KUŞÇU (2008): Eskişehir doğusunda Süleymaniye manyezit oluşumlarının kökenini karbon ve oksijen izotop verilerine dayanarak incelemiştir. Bulunan sonuçlar Zedef, 2000 sonuçları ile karşılaştırılmış buna göre manyezit

oluşumlarından sorumlu olan çözeltilerin meteorik ve organikçe zengin sedimanlar kökenli suların karışımından oluştuğunu öne sürmüş ve manyezit oluşumunun yaklaşık 70 °C sıcaklıkta gerçekleştiğini belirtmiştir.

2. GENEL JEOLojİ

2.1 Stratigrafi

İnceleme alanı tektonik açıdan kuzeyindeki Sakarya Zonu ile İzmir-Ankara Sütur Zonu ile ayrılan Tavşanlı Zonu (Okay, 1984) içerisinde yer almaktadır (şekil 2.2). Tavşanlı zonu kayaçlarından tabandan tavana doğru sırasıyla Metamorfitle, Ofiyolitik Melanj, Serpantinleşmiş peridotit ve bunları kesen gabro – diyabaz daykları, Neojen yaşlı sedimanter birimler ve Alüvyon inceleme alanında yer almaktadır. İnceleme alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit şekil 2.1de ve jeolojik harita şekil 2.3te verilmiştir.

YAŞ	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA	LİTOSTRATİ GRAFİ
Pliyosen		Marn, Kumtaşı, Çakıltası	İlica Formasyonu
Üst Kretase		Serpantinleşmiş Peridotitler	Serpantinleşmiş Peridotit
Üst Kretase		Lisvenit, Pelajik kireçtaşları, Radyolaritli Çört	Ofiyolitik Melanj
Üst Kretase		Metabazit - Metapellitler	Metamorfit
Kretase		Mermer	Eskişehir Mermerleri

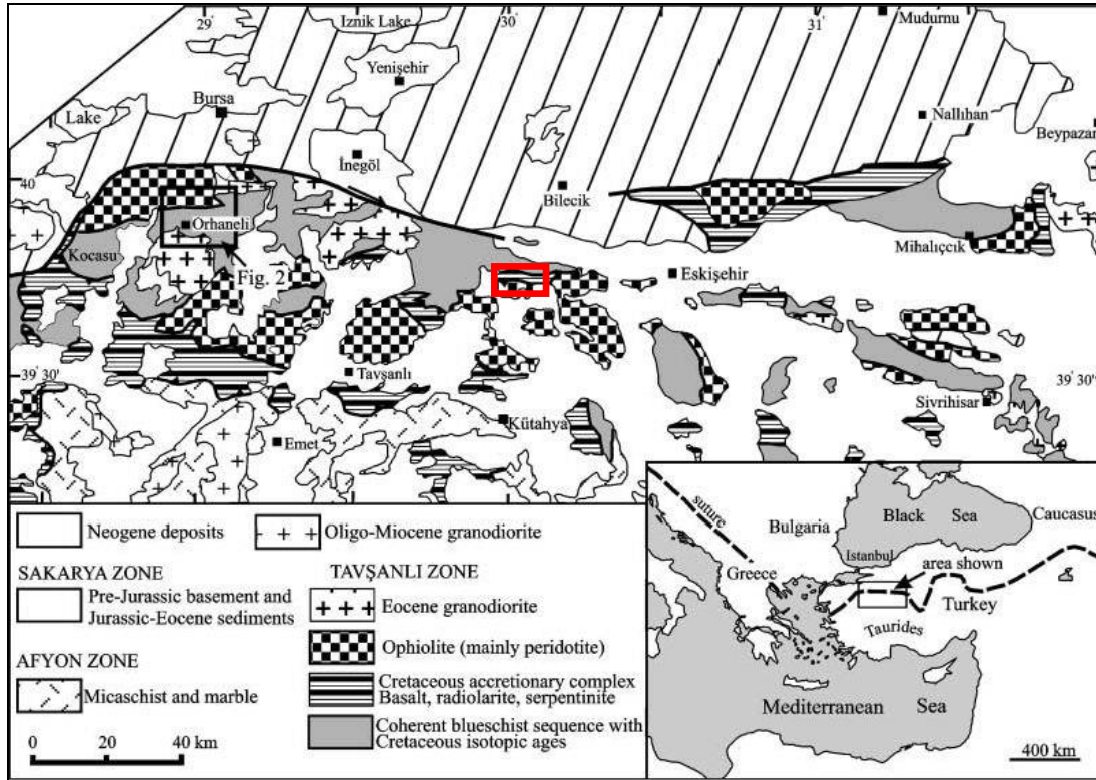
Şekil 2.1 : İnceleme alanı genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (yaşlıdan gence doğru: Mesozoik yaşlı mavişist metamorfik serisine ait mermer ve şistler; Kretase yaşlı ofiyolitik melanja ait çört ve kireçtaşları; Kretase yaşlı ofiyolitlere ait serpantinleşmiş peridotitler; Pliyosen yaşlı gösel çökeller).

2.2 Metamorfitletler

İnceleme alanı kuzeyinde ve doğusunda yaygın olarak mavişist fasiyesinde metamorfize olmuş lavsonit ve glokofanlı şistler, yeşil – açık yeşil renkte klorit, epidot ve muskovitli yeşilşist fasiyesinde metamorfize olmuş şistler ve orta tabakalanmalı beyaz renkli mermerler şeklinde görülürler. Mermerler bol çatlaklı olup fosil izlerine rastlanılmamıştır. Mermerler aralarında sık sık kalkşist bantlarına rastlanmaktadır. İnceleme alanında şistlerin foliasyon düzlemlerinin genellikle KD-K-KB eğim yönlerinde olduğu görülmüştür.

Metamorfitletler stratigrafik olarak bütün birimlerin altında yer almaktadırlar. İnceleme alanının da içerisinde yer aldığı Tavşanlı zonunun kuzey kısımlarında 50 km. kalınlığında bir kuşak şeklinde mavişistlerin temsil ettiği metamorfitletler görülmektedir (Okay vd., 1998). Ofiyolitik melanj birimleri tarafından tektonik dokanakla üzerlenmişlerdir. Mermerler inceleme alanı doğusunda bir tektonik pencere ile dom şeklinde yüzeylemekte olup önceki araştırmacılar tarafından Eskişehir Mermerleri adı altında incelenmiştir (Gözler vd., 1997). Mavişistler inceleme alanının en kuzeyinde yaygın olarak yer almakta olup, ofiyolitik melanj ve ofiyolit birimlerinin hemen kuzeyinde ise daha dar bir alanda yeşilşistler, mavişistler ve mermerler karmaşık olarak birbirleriyle iç içe bir şekilde yer almaktadırlar. İnceleme alanında görülmemekle birlikte Tavşanlı zonu batı kısımlarında mavişistler Eosen yaşlı granodiyoritik plütonlar tarafından kesilmektedirler (Okay vd., 1998). Mavişistler okyanus kabuğu üzerlemesi sonucu yaklaşık 60 km. derinlikte Santonian – Maastrichtian'da metamorfize geçirmiş olup, Üst Kretase – Eosen arasında 60 km. derinlikten yaklaşık 10 km. derinliğe (Eosen plütonlarının tahmini oluşum derinliği) kadar yükselmişlerdir, bununla beraber daha Üst Campanian – Paleosende Sakarya Zonu klastikleri içinde mavişist çakılları yer alması (Norman vd., 1971 ve Batman, 1978) bize Tavşanlı metamorfitletlerinin bir kısmının Eosenden çok önce yüzeylendiğini göstermektedir (Okay vd., 1998). Tavşanlı metamorfitletlerinin yüzeyleme mekanizmaları hakkında; Tavşanlı zonu kıtasal kabuğunun okyanus kabuğu altına dalarken aynı zamanda izostatik olarak yükseldiği ve D-B yönlü gerilme rejimi sonucu oluşan K-G doğrultulu sıyrıma faylanmaları sonucu ayrılan metamorfitlet zonlarının yoğunluk farkıyla yukarı yüzmüş olduğu görüşü (Okay vd., 1998) bütün bu bulguları tatmin eder nitelikte öne çıkmaktadır.

Mavişist metamorfizma koşulları Tavşanlı zonu Kocasu’da yaklaşık 20 kbar ve 400-450 °C (Okay vd., 1994) ve Orhaneli’nde yaklaşık 23 kbar ve 400-450 °C (Okay, 2002) altında gerçekleşmiştir. Önceki çalışmalarda metamorfitlerden yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayinlerinde Tavşanlı bölgesi için: $118\pm3 - 75\pm6$ my., Orhaneli bölgesi için: $124\pm6 - 84\pm6$ my., Sivrihisar bölgesi için: $109\pm3 - 73\pm5$ my. ve en genç yaşların bulunduğu Akçakaya bölgesinde ise $63\pm9 - 59\pm5$ my. yaşları bulunmuştur (Sherlock vd., 1999). Yine aynı araştırmada yapılan $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ yaş tayinlerinden ise $82,8\pm 1,7 - 79,7 \pm 1,6$ my. yaşları elde edilmiş olup, mineral parajenez kronometresi 72-53 my. metamorfitlerin yüzeylenme zaman aralığı için yaklaşık yüzeye çıkış hızı 1,5 mm/y. öne sürülmüştür (Sherlock vd., 1999).



Şekil 2.2 : Türkiye kuzeybatısının tektonik haritası (Okay, 2002), kırmızı çerçeve inceleme alanını göstermektedir.

2.3 Ofiyolitik Melanj

İnceleme alanının kuzey kısımlarında yüzeylenen birim yoğun olarak lisvenitler, yer yer radyolaritli çört ve yer yer pelajik kireçtaşı karmaşığı şeklinde görülmektedir. Birim metamorfitlerin üzerinde ve Serpantinleşmiş Peridotit kayaçlarının altında yer almakta olup bu formasyonlarla dokanakları tektonik karakterlidir. Birim Şentürk ve

Karaköse, 1979 tarafından adlandırılan Dağküplü Karmaşığı istifinde en alt seviyede yer almaktadır.

Lisvenitler inceleme alanında genellikle koyu kırmızı – kahverengi renkte boşluklu demirli silis oluşumları şeklinde görülmektedir. Boşluklarda yer yer birkaç santimetre boylarına varan kalsedon mineralleri oluşmuştur. Lisvenitlerin; güneyinde yer alan serpantinleşmiş peridotit birimi ile geçiş zonunda iri boşluklu, dağınık sarı – kahverengi renkte oluşumlar yaygın görülmektedir.

Pelajik kireçtaşları inceleme alanında daha nadir rastlanmış olup, bej – pembemsi bej renkte ve mikritik karakterlidirler. Genellikle lisvenitlerle iç içe şekilde konumlanmışlardır. İnceleme alanı dışında bu kireçtaşlarında aynı zamanda birkaç farklı fazda aragonitleşme tespit edilmiştir (Topuz vd., 2006).

Önceki çalışmalarda bu litolojilere ek olarak bazalt, serpantin, grovak, şeyl kayaçlarının da bu formasyon litolojileri kapsamında tespit edildiği belirtilmiş olup (Okay, 1982 ve Okay, 1986) inceleme alanında kalan Ofiyolitik Melanj birimleri içinde bu oluşumlarına rastlanmamıştır. Ofiyolitik Melanj birimleri tip kesiti inceleme alanının dışında ve kuzeydoğusunda yer alan Dağküplü bölgesinde izlenmekte olup, istif birimlerinin dikey konumlanmalarının tipik ofiyolit istife göre tam tersi olması bütün istifin tersine dönecek şekilde sonradan devrildiğini göstermektedir (Asutay vd., 1989)

İnceleme alanı dışında Dağküplü – Emremsultan bölgelerinde birim içerisindeki radyolaritli çörtlerde *Crucella* sp., *Angulobracchia* sp. Cf. A. (?), *portmanni* Baumgartner s.l., *Godia nodocentrum* Dumitrica, *Pantanellium masirahense* Dumitrica, *Thanarla brouweri* (Tan) sensu O’Dogherty, *Pseudoeucyrtis hanni* (Tan) sensu O’Dogherty, *Svinitzium mizutanii* Dumitrica, *Mirifusus dianae* s.l. (Karrer), *Tethysetta boesii* (Parona), *Thanarla pulchra* (Squinabol) sensu O’Dogherty, *Novixitus mclaughlini* Pessagno, *Pseudodictyomitra pseudomacrocephala* (Squinabol), *Pseudodictyomitra tiara* (Holmes) sensu O’Dogherty, *Stichomitra communis* (Squinabol) fosilleri tespit edilmiş olup, bu fosillerinden yola çıkarak birim için Geç Carnian, Berriasian – erken Hauterivian ve Cenomanian yaşları tespit edilmiştir (Göncüoğlu vd., 2006 ve Tekin vd., 2002).

2.4 Serpantinleşmiş Peridotit

İleri derecede serpantinleşmiş, açık yeşil – kahverengi renkte, çoğunlukla dünit ve yer yer gözle seçilebilen piroksen mineralleri içeren harzburjit şeklinde görülen peridotitlerden oluşmaktadır. Birimin litolojisi genel olarak okyanus kabuğu istifinin alt kısımlarını temsil etmekte olup, daha üst kesimler inceleme alanı içerisinde yer almamaktadır. Birim yer yer gabro ve diyabaz daykları ile kesilmiştir.

Birim içerisinde serpantinleşme çok yaygın görülmektedir. Bunun yanında yer yer talk oluşumlarına ve sarı – kırmızı – kahverenkli demiroksit alterasyon oluşumlarına da yaygın olarak rastlanmaktadır. İnceleme alanındaki diğer birimleri gibi bu formasyon da tektonik etkenler sonucu yaygın bir şekilde faylanmış ve çatlaklanmıştır. Ezik zonların sık görüldüğü bu alanlar hemen hemen bütünüyle parçalanmış, yer yer dağılgan serpantinlerden oluşmaktadır.

İnceleme alanında manyezitlerin bağlı olarak geliştiği birim Ofiyolitik Serpantinleşmiş Peridotitlerdir. Birim ofiyolitik melanj üzerine allokton olarak naplar halinde yerleşmiştir. Kınık Ofiyoliti kayaçları Neojen yaşlı sedimanter kayaçlar tarafından uyumsuz dokanakla üzerlenirler. Birim muhtemelen Dağköplü Karmaşığı istifi içerisinde en üst seviyede yer alan ve kümülat bazik – ultrabazik birimleri üzerleyen tektonit (Asutay vd., 1989) olarak adlandırılan birimlere denk gelmektedir. Tipik bir ofiyolit istifinde en alt konumda yer alması gereken peridotitlerin inceleme alanı sınırları içinde ve Tavşanlı zonu genelinde en üstte yer alması; kümülat ve okyanusal volkanosedimanterleri temsil eden ofiyolitik melanjları üzerlemesi istifin devrikliğini göstermektedir (Asutay vd., 1989).

Önceki çalışmalarda Tavşanlı zonu ofiyolitlerinde yapılmış yaş tayinleri mevcuttur. Ofiyolitler içindeki gabro dayklarından $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini yapılmış ve 94 ± 13 my. (Önen vd., 1993) ve 79 ± 9 my. (Önen, 2003) sonuçları bulunmuş olup bu oluşum yaşını ifade etmektedir. Ofiyolitlerin taban seviyelerinde yer alan ve tektonik olarak yerleşme sırasında oluştuğu tahmin edilen (Önen ve Hall, 2000) amfibolit ve grönalı amfibolitlerde (inceleme alanında görülmemektedir) yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayinlerinden ise 101 ± 4 my. (Harris vd., 1994), 90 ± 2 my. (Önen, 2003) ve 93 ± 2 my. (Önen ve Hall, 1993 ve Önen, 2003) sonuçları elde edilmiştir.

2.5 Ilıca Formasyonu

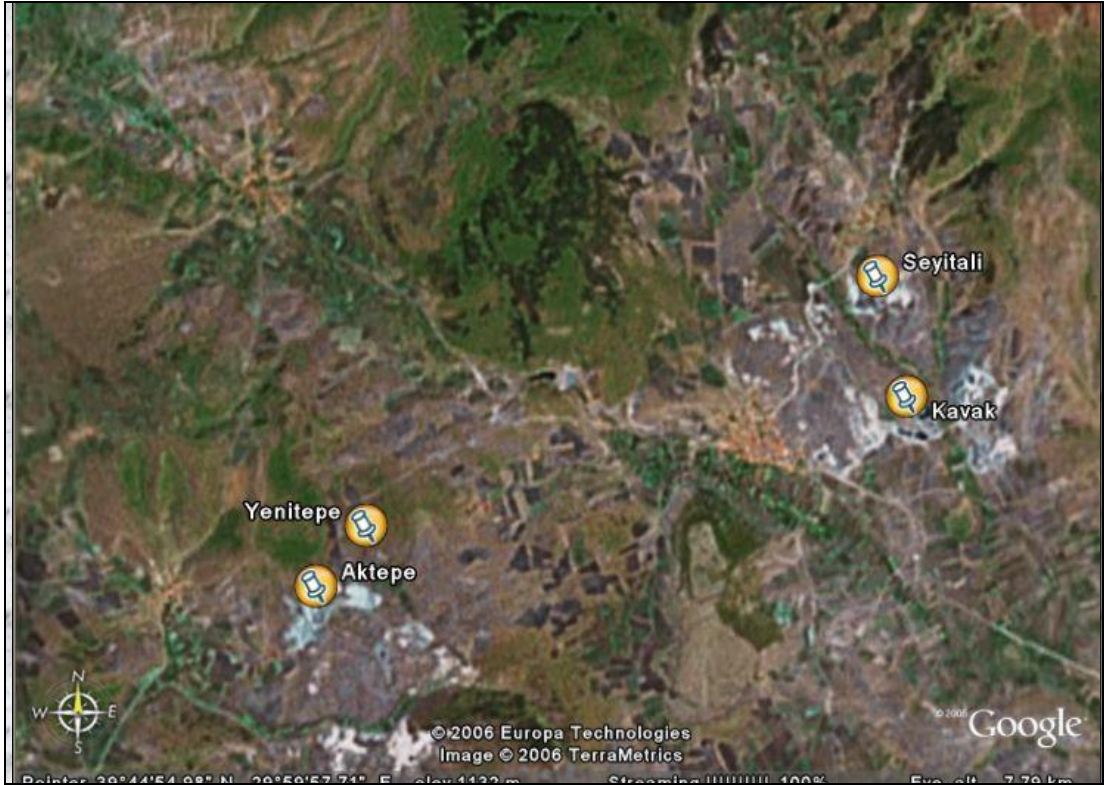
İnceleme alanının güney kısımlarında görülmekte olan bu birim Serpantinleşmiş Peridotitler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Birim tabanda çoğunlukla serpentinleşmiş peridotit ve manyezit kökenli beyaz – yeşil – koyu yeşil renkli, genellikle köşeli ve kötü boylanmalı çakıllar ile başlar. Bunun üzerinde bej – gri renkli kumtaşı – marn ile beyaz renkli kil seviyeleri ardalanmaları şeklinde devam eden bir sedimanter istif yer alır. Formasyonu 50-400 m civarında değişen kalınlıklarda görmek mümkündür (Gözler vd., 1997). Formasyonun adlandırılmasının da aynı çalışmada yapıldığı Ilıca formasyonu birimleri arasında kireçtaşı, tüfit ve bazalt – andezit seviyeleri belirtilmiş olup (Gözler vd., 1997) bunlar inceleme alanında görülmemektedir. Pliyosen yaşlı olduğu düşünülen formasyonun içerisinde fosile rastlanmamış olup, görsel bir ortamda çökeldiği düşünülmektedir (Gözler vd., 1997).



Şekil 2.3 : İnceleme alanı jeoloji haritası.

3. MANYEZİT OLUŞUMLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada ileride izotop jeokimyası başlığında da anlaşılacağı üzere kökensele farklılıklar dolayısıyla inceleme alanı manyezit oluşumları Doğu Erenköy ve Batı Erenköy adları altında iki ayrı grupta (Şekil 3.1) incelenecektir.



Şekil 3.1 : İnceleme alanı ana manyezit sahaları haritası.

Doğu Erenköy oluşumları Erenköy köyünün hemen doğusunda yer alan Dere-Kavak ve kuzeydoğusundaki Seyitali köyü yataklanmalarını kapsar. Batı Erenköy oluşumları ise, Erenköy'ün batısında Aktepe ve Yenitepe mevkiilerindeki yataklanmaları kapsamaktadır. Batı ve Doğu oluşumları birbirlerine yakın olup, birkaç km. uzaklıktadırlar. Saha gözlemleri resimleri Şekil 3.2-21'de verilmiştir.

Genel olarak manyezit oluşumları bölgesel tektonik faaliyetler sonucu yaygın şekilde kırık ve çatlaklanan ultramafik kayaların, bu boşluklarda dolaşan sıcak suların da etkisiyle alterasyona uğraması ile gelişmişlerdir. Ultramafik kayalar çok ileri aşamada serpantinleşmiş peridotitlerdir (dünit ve harzburjit).



Şekil 3.2 : Tektonik etkiler sonucu yan kayaç ve manyezitlerde oluşan son derece çatlaklı ve parçalanmış ezik zonlar.



Şekil 3.3 : Birbirini kesen damarcık ve ezik zonda ağsal manyezit oluşumları.



Şekil 3.4 : Demir oksit alterasyonu ile beraber bulunan manyezit damarcık-ağları düşey kesiti.



Şekil 3.5 : Demir oksit alterasyon ürünleri ile beraber soğan zarı şeklinde blok silis oluşumları ve çevresini saran manyezit damarları.



Şekil 3.6 : Ultrabazik yan kayalarda ezik zonlarda parçalanmış serpantinler ve çevresinde yaygın geliştiği gözlenen silis oluşumları.



Şekil 3.7 : Silisleşme ve demir oksit alterasyonu sonucu sert bir şekilde çimentolanmış karnabahar tipi manyezitler.



Şekil 3.8 : Birbiri içine geçmiş, birbirini kesen, kıvrımlanmalar ve faylarla ötelenmeler gösteren damar ve ağsal manyezitler.

İnceleme alanında tektonik etkiler son derece yaygın görülmektedir. Faylar ve çatlaklanmalar çok çeşitli doğrultularda gelişmiş ve boyutlarda gelişmiş ve buna bağlı olarak da manyezit unsurları genellikle birbirini kesen veya birbiri ile içiçe girmiş damar, ağsal (stokverk) oluşumlar şeklindedir. Ayrıca düzensiz bloklar, faylanmalar ile ilksel şeklini kaybetmiş lens ve katmanlar halinde yerleşim de görülmektedir.

Manyezit damar ve ağsal yapılarında kalınlık genel olarak birkaç cm. ile en fazla 10-30 cm. civarında olup, Türkiye'nin kuzeybatısında diğer manyezit oluşumlarında izlenen uzun ve kalın devamlı damarlar inceleme alanımızda görülmemektedir. Mercıklar genel faylanma sebebiyle olarak ilksel şeklini kaybetmişlerdir ve 40-50 cm. gibi küçük ölçeklerde olabildiği gibi, birkaç yüz metre boyunda ve 10-20 m. kalınlıkta olabilmektedirler. Bloklar konsantrik çatlaklanma gösterirler. Yuvarlaklıklarını kısmen kaybetmiş kısmen korumuşlardır ve boyutları 50 cm. ile yaklaşık 1 metre arası değişmektedir.



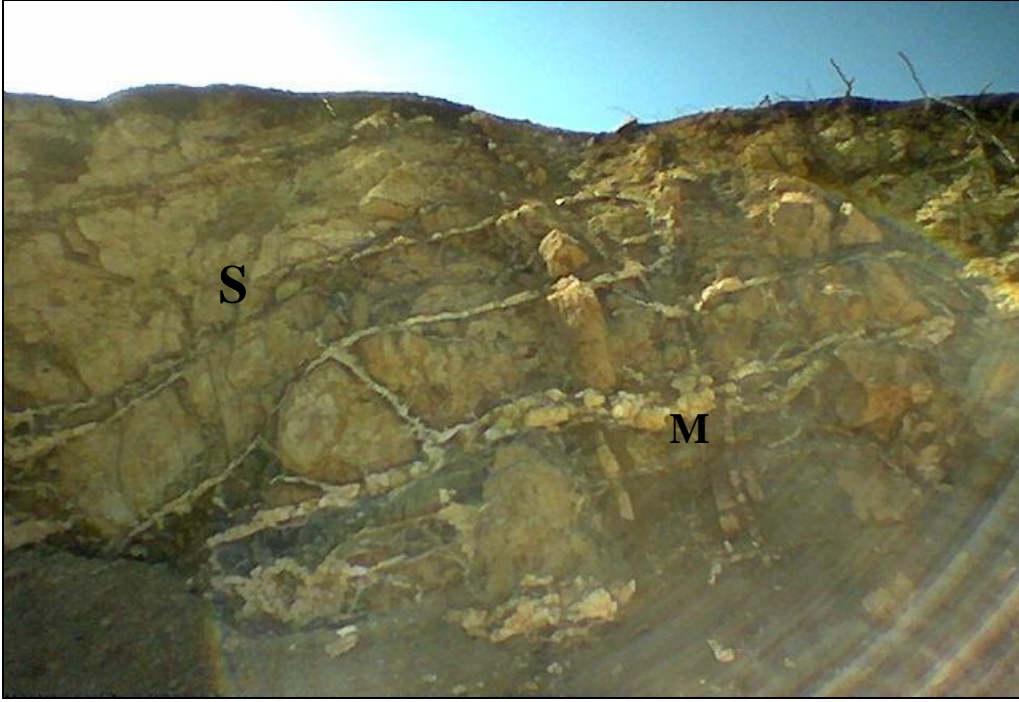
Şekil 3.9 : Birbirini kesen ağsal, damar ve küçük ölçekte mercik şeklinde manyezit oluşumları.



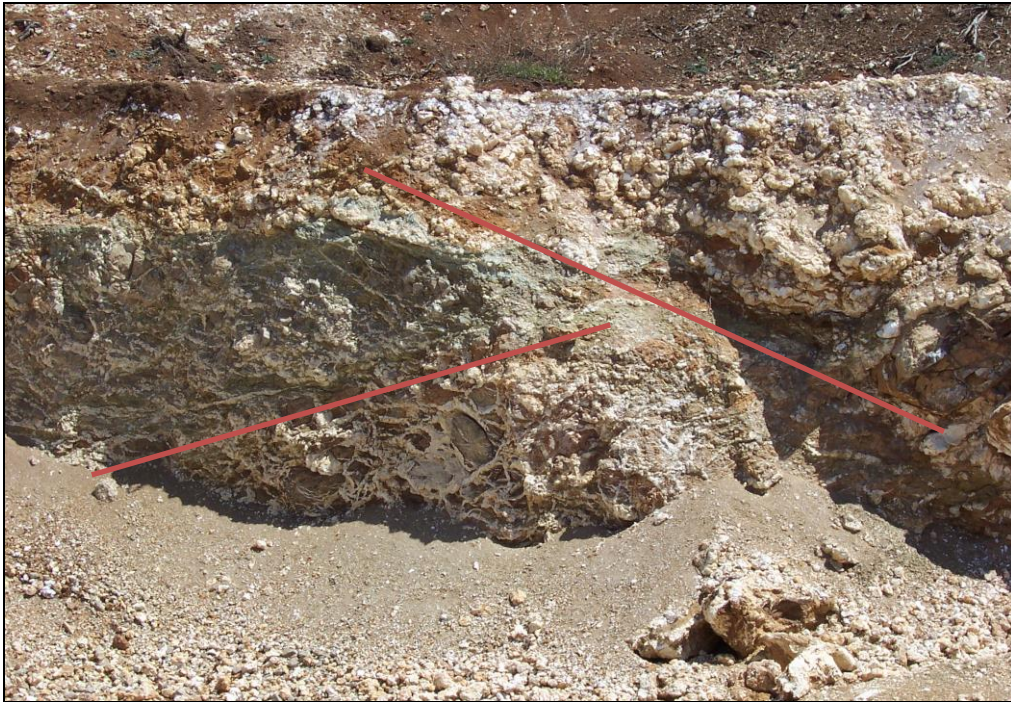
Şekil 3.10 : Karnabahar ve silisli, yer yer 1 cm. ve daha ince, yer yer birkaç cm. kalınlığında ağsal manyezitler.



Şekil 3.11 : İnceleme alanında yataklara nispeten uzakta bulunan Erenöy'e yakın, silisli-demir oksitli alterasyonun eşlik ettiği ve fay zonunda oluşmuş yerel dolomit zuhuru.



Şekil 3.12 : Serpantinitler (S) içerisinde birbirini yer yer kesen ve yer yer paralel olan damarlardan oluşan ağsal manyezit (M) oluşumu.



Şekil 3.13 : Faylanmaların cevher konumlarına etkisi. Kütle halinde karnabahar manyezitler ile ağsal manyezitlerin arada sınır teşkil eden fay ile ani geçişleri. Aynı zamanda bir başka fay ile altere olmuş ve taze serpantinitlerin birbirlerine ani geçişi.



Şekil 3.14 : Kıvrımlanmaların yan kayaç ve manyezitler üzerindeki etkisi.



Şekil 3.15 : Masif manyezit blokları. Bloklar ana yataklanmalara yakın konumlarda bulunmaktadır.

Manyezit oluşumları makro örneklerinde farklı iki ana habitüs görülmektedir;

- 1) Karnabahar (Blumenkohl) tipi manyezit oluşumları: Böbreğimsi, nadiren saf, genellikle demiroksitlerce boyanmış, yer yer dağınık tozsu hale gelecek şekilde ayrılmış, bezen çok sert silis ve demiroksit çimentolanması ile beraber kızılımsı – kahverengi renklerde bulunan manyezit oluşumları.
- 2) Masif manyezit oluşumları: Genellikle saf, masif, iyi konkoidal kırılanma gösteren, yaygın silisifiye manyezit oluşumları. Konsantrik çatlaklanma gösteren bloklardaki esas manyezit türüdür.

İnceleme alanında ayrışma ve silisifiye ile demiroksit oluşumlarının gözlemlendiği alterasyon son derece yaygın olarak gelişmiştir. Bu alterasyonlar inceleme alanında sadece manyezit oluşumları ile değil aynı zamanda ultrabazik ana kayada da yaygın olarak görülmektedir. Silisifiye zonların özellikle birbirini kesen iki veya daha fazla fay ve çatlak düzlemlerinin yoğunlaştığı bölgelerde iyi geliştiği gözlenmiştir. Demiroksit oluşumları yer yer 10-30 cm. boylarında bloklar halinde görülmektedir. Bu bloklar ve manyezit bloklarının çevreleri yer yer soğan zarı şeklinde silis oluşumları ile sarılı olup silisler bazen akma izleri gösterirler.

İnceleme alanında tektonik etkiler sonucu faylanma ve çatlaklanma çok karmaşık ve birbirini kesen düzlemlerde konumlanmalarda görülmektedir. Fay aynaları nadiren tipik olarak gözlenmekte, genellikle düzlemler (bazen 5-10 m. kalınlıklarda gözlenen) ezik zonlar, manyezit – kuvars – silis – dolomit oluşumlarının geliştiği zonlar ya da yüzeyde izlenen doğrusal kırık izleri şeklinde kendini belli etmektedirler. Bölgede özellikle Üst Kretase – Paleojen döneminde K-G yönlü sıkışma rejiminin hakim olduğu bilinmektedir. Buna bağlı olarak gelişen D-B yönlü ve kuzeye düşük eğimli bindirme karakterli faylanmalarda gelişen ezik zon ve parçalanmış breşleşmiş manyezitler görülmektedir. Ayrıca yine sıkışma rejimine bağlı olarak gelişen D-B yönlü gerilme ile ilişkili K-G doğrultulu ve düşük B eğimli sıyrılmaya faylarına da inceleme alanında rastlanmakta olup, aynı bindirmeler gibi manyezit oluşumlarına ev sahipliği yapmaktadırlar. Sıkışma rejiminin bir sonucu olarak manyezit oluşumlarında mikro ölçekte kıvrımlanmalar görülmektedir. İnceleme alanında ayrıca KD-GB ve KB-GD doğrultulu fay ve çatlaklanmalar mevcuttur. Bu düzlemler yaygın olarak birbirini kesmektedir ve manyezit oluşumları ile doldurulmuşlardır. Manyezit oluşumları tektonik hatlara ve bunlara bağlı gelişmiş

ezik zonlarına bağlı olarak birbirini zaman zaman kesen damar ve bunlara bağlı stokverk yapıları şeklinde görölmektedir. İnceleme alanında yapılmış sondajlarda manyezitlerin >30 m. derinliklere kadar devam ettiği belli olmaktadır.



şekil 3.16 : Katmansı ve merceksi yapıda manyezit oluşumu. İksel mercecek kütlesi yoğun faylanmalar sonucu düzenli şeklini yitirmiştir.



şekil 3.17 : Demir oksitli (M1) ve silisli (M2) iki farklı karnabahar manyezit damarı ve aralarındaki ezik zonda ince ağsal oluşum.



Şekil 3.18 : Serpantinler içerisinde yer yer boşluklu, gevşek yapıda, çok ince ve sık ağsal manyezit ve beraberinde çok ince talk oluşumları.



Şekil 3.19 : Manyezitler ve ultrabazik kayalar ile sedimanter birimlerin kontağı.



Şekil 3.20 : Silis oluşumları masif manyezit bloklarını yer yer tamamen sarmıştır.



Şekil 3.21 : K-G doğrultulu ve batıya doğru dalımlı manyezit damarı.

Çalışmamızın giriş kısmında belirttiğimiz gibi inceleme alanı manyezit oluşumları gözlemlenen belirli farklar dolayısıyla Doğu ve Batı Erenköy oluşumları olarak iki ayrı grupta incelenmiştir. Aşağıdaki tabloda bu farklar belirtilmektedir;

Çizelge 3.1 : İnceleme alanı manyezit oluşumlarının farklı özellikleri.

Batı Erenköy	Doğu Erenköy
Hemen hemen tamamen ağsal, yer yer birbirini kesen ince damarlar şeklinde yataklanma görülmektedir.	Ağsal oluşumlar ile beraber merceksi (ilksel şeklini faylanmalar ile kaybetmiş), birbirini kesen damarlar, bloklar çok daha yaygın olarak görülmektedir.
Genellikle karnabahar türü manyezitler görülmektedir.	Masif manyezit habitüsü daha yaygın olarak görülmektedir.
Dolomite gang mineralleri arasında rastlanmamaktadır. Buna bağlı olarak CaO ve bazı iz elementlerin oranı daha düşüktür.	Dolomite sık rastlanmaktadır ve CaO ve bazı iz elementlerin oranı daha yüksektir.
Demiroksit alterasyonu ve sıvamaları yaygındır. Fe ₂ O ₃ oranı daha yüksektir.	Manyezitler çoğunlukla saf olup, demiroksit sıvamaları görülmemektedir, Fe ₂ O ₃ oranı daha düşüktür.
Konum genelinde SiO ₂ içeriği doğuya nazaran daha düşüktür. Fakat manyezit SiO ₂ içerikleri doğu ile hemen hemen aynıdır.	Konum genelinde SiO ₂ içeriği batıda olduğundan daha yüksektir. Fakat manyezit SiO ₂ içerikleri batı ile hemen hemen aynıdır.
δ ¹³ C oranı doğudan çok daha yüksektir, δ ¹⁸ O oranı ise doğu ile benzerdir. Türkiye ultramafiklere bağlı ağsal manyezitlerinde ilk defa bu kadar ağır karbon oranı tespit edilmiştir.	δ ¹³ C oranı batıdan çok daha düşüktür, δ ¹⁸ O oranı ise batı ile benzerdir. Karbon izotop oranları Türkiye'nin diğer ultramafiklere bağlı ağsal – damarsal manyezit oluşumları ile benzerlik göstermektedir.

Birbirine yakın olan ve arazide gözlemlenen yataklanma karakteristiklerindeki farklar sonucu ilk defa ilgamızı çeken yataklarda yapılan detay petrografik,

jeokimyasal ve izotop jeokimyası çalışmaları sonuçları ile tescil edildiği üzere bu iki yataklanmanın oluşum mekanizmaları yani; oluşuma kaynak teşkil eden sıcak suların kökenleri ve muhtemelen oluşum yaşları farklıdır.

Özellikle karnabahar tip manyezit oluşumlarında gözüken mikro kıvrımlanmalar bu yatakların bölgedeki tektonizma ile eş zamanlı (sintektonik) oluştuğunu düşündürmektedir. Masif manyezit blokları, yuvarlak ve kısmen de yamulmuş ve kırılmış ama halen yuvarlak şekillerini korur vaziyette bulunmaktadır. Bu blokların inceleme alanındaki diğer tektonik etkilerden yoğun olarak etkilenmiş damar ve mercekler çevresinde ve yakınında görülmesi, bu kütlelerin ilksel şekillerini kaybedip blok parçaların kopmasına ve tektonik etkiler sonucu taşınmasına yol açtığını düşündürmektedir.

Buna karşın bölgede aynı zamanda yer yer, nadiren, çok büyük ölçekli olmasa da kıvrımlanma veya bozulma sergilemeyen damar şeklinde oluşumlar da söz konusudur. Bu manyezit oluşumlarının tektonizmanın bitimine yakın veya bittikten sonraki evrelerde de devam ettiğini göstermektedir. Fakat bu oluşum türü belirtildiği gibi nadiren görülmektedir.

İnceleme alanında silis oluşumları gerek masif gerekse karnabahar türde manyezit oluşumlarıyla ve hatta serpantinleşmiş peridotitlerle birlikte görülmektedir. Yaygın tektonizma sonucu oluşan ezik zonları ve kesişen fay zonları gibi lokasyonlarda daha yaygın rastlanmaktadır. Silis oluşumları özellikle masif manyezit bloklarının çevresini tamamen sarmasıyla dikkat çekmektedir. Bu oluşumlarda akma yapıları da görülmektedir. Jel halindeki bu silis oluşumlarının blokları tamamen sarması çok yoğun silis getirimine ve bu getirimin tektonizma sonrasında da devam ettiğine işaret edebilir niteliktedir.

Manyezit oluşumlarına serpantinleşmiş ultramafiklerin kontağındaki diğer formasyonlarda rastlanmamakta yalnızca ofiyolitleri diskordan bir dokanakla üzerleyen Pliyosen yaşlı Ilıca formasyonu taban çakılları içerisinde köşeli çakılları bulunmaktadır.

4. PETROGRAFİK İNCELEMELER

Petrografik incelemeler polarizan mikroskop, XRD ve E-SEM analizlerini kapsamaktadır. Tetkikler sırasında bölge mineral oluşumlarının zengin bir parajenez sahip olduğu görülmüştür. Bu parajenez başlıca manyezit, dolomit, kalsit, krizotil, lizardit, kuvars, opal-ct ve talk minerallerini içermektedir.

Ana kayaçlar genellikle elek dokusunun hakim olduğu serpantin ve iç içe geçmiş ağlar ve ince damarcıklar halinde görülen manyezit ve dolomit minerallerinden oluşmaktadır. Manyezit mineralleri mikroskopta genellikle kriptokristalin boylu ve üçgenler şeklinde pinolit doku göstermektedir. E-SEM çalışmalarında (EK B.) hem manyezit hem dolomitlerin yarı özşekilli – özşekilsiz olarak yer yer rombohedron şekilli görünüm sergilediği izlenmiştir. Manyezit ve dolomitin yanı sıra kuvars ve silis minerallerinin de özellikle ana kaya içerisindeki çatlaklı yüzeylerde varlığı tespit edilmiştir. Silis mineralleri bazı örneklerde manyezit ve dolomit oluşumlarının etrafını sarar şekilde bulunmaktadır. Fakat tam tersi şekilde silisin manyezit ve dolomit tarafından çevrelendiği örnekler de bulunmaktadır. Bölgede manyezite eşlik eden en yaygın karbonat minerali dolomittir. Kalsit nadiren rastlanmaktadır. Ana kayaç serpantinit oldukça yaygın olarak ayrılmış olup ince kesitlerde tamamen parçalanmış kalıntılar halinde kataklastik doku sergilemektedir. Elek dokusu oluşturacak şekilde çatlaklar içerisinde gelişen ayrışma ve alterasyona ek olarak genellikle dış çeperde gelişen demir oksit mineralleri ve paligorskit gibi kil mineralleri oluşumu şeklinde gelişen alterasyon da bölgede mevcuttur. El örneklerinin XRD yöntemiyle mineral içerikleri (EK A.) özeti çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Mineral oluşumlarının parajenezi (*Mag*: Manyezit, *Dolo*: Dolomit, *Calc*: Kalsit, *Chry*: Krizotil, *Liz*: Lizardit, *Anti*: Antigorit, *Qtz*: Kuvars, *Opl*: Opal-CT, *Talc*: Talk, *Paly*: Paligorskit).

	Mag	Dolo	Calc	Chry	Liz	Anti	Qtz	Chal	Opl	Talc	Paly
001		X		X			X				
002	X	X							X		
003	X										
004	X										
005				X	X						
006	X	X		X							
007	X	X									
008	X						X				
009	X						X				
010	X						X		X		
011	X						X		X		
012	X										
013	X								X		
014	X										
015	X								X		
016	X			X					X		
017	X										
018	X										
019	X										
020	X						X		X		
021	X	X									
022	X	X		X			X				
023	X	X	X								
024	X	X		X							
025	X								X		
026		X	X								
027	X										
028		X		X			X				
029	X						X				
030	X								X		
031	X	X									
032		X		X							
033	X			X					X		
034	X										
035	X	X	X	X							
036		X	X	X			X			X	
037		X	X								X
038		X									
039		X		X							
040	X										

Çizelge 4.1 (devam): Mineral oluşumlarının parajenezi (*Mag*: Manyezit, *Dolo*: Dolomit, *Calc*: Kalsit, *Chry*: Krizotil, *Liz*: Lizardit, *Anti*: Antigorit, *Qtz*: Kuvars, *Opl*: Opal-CT, *Talc*: Talk, *Paly*: Paligorskit).

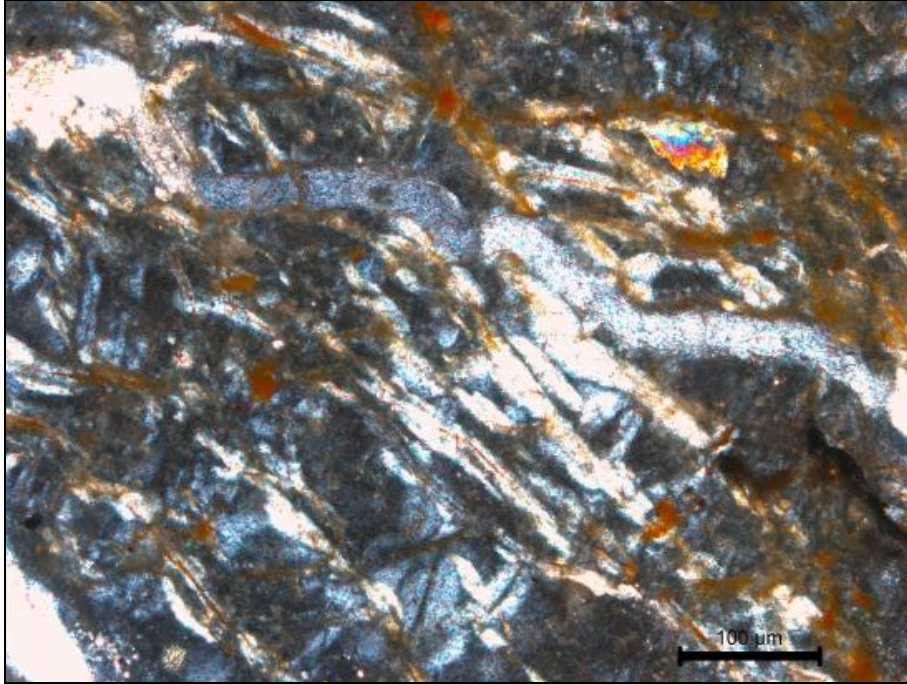
	Mag	Dolo	Calc	Serp	Chry	Liz	Anti	Qtz	Chal	Opl	Talc	Paly
041	X											
042	X											
043	X	X								X		
044	X				X							
045	X											
046	X	X	X		X							
047												
048	X							X				
049		X	X									
050	X	X		X								
051		X										
052	X	X										
053	X											
054		X										
055	X			X						X		
056	X											
057	X											
058		X										
059	X									X		
060	X											
061	X											
062	X											
063	X	X		X				X				
064	X	X	X									
065	X									X		
066	X									X		
067	X											
068		X										
069	X			X								
070				X	X	X						
071								X				
072								X				
073												
074												
075	X	X										

İnce kesit İncelemeleri

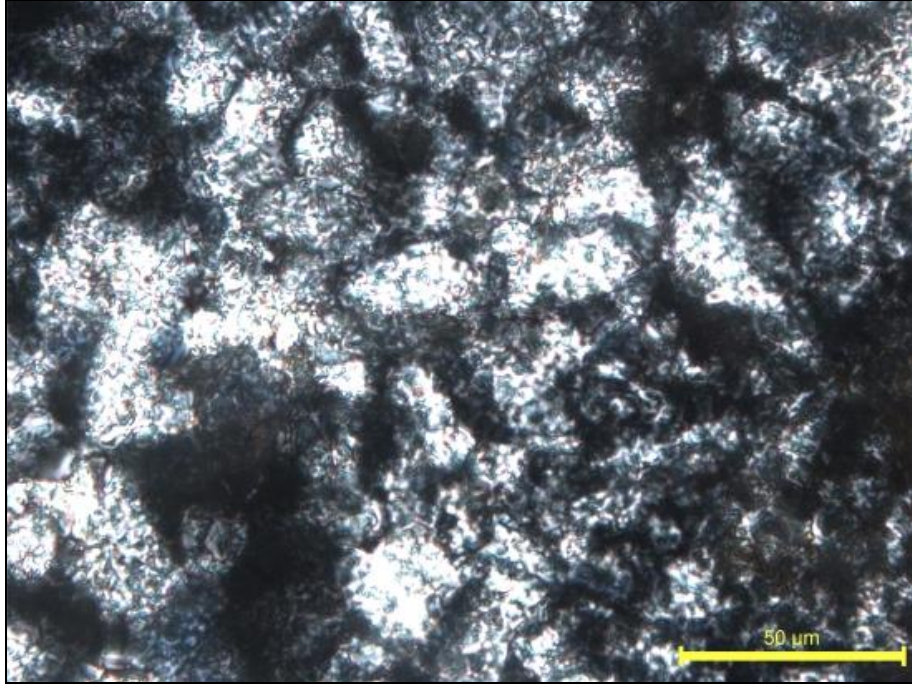
İnce kesitler İTÜ Maden Fakültesi ince kesit atölyesinde hazırlanmış olup, İTÜ Mikroskop ve Gemolojik Araştırma Laboratuvarında Leica DM-4500 araştırma mikroskobu ile incelenmiş ve fotoğraflanmıştır.

XRD ile kesin olarak tayin edilen minerallerin ince kesit incelemeleriyle mikro ölçekte bulunuşları, konumları ve parajenezlerini saptamak amaçlanmıştır. İnce kesit fotoğrafları şekil 4.1-22’de verilmiştir.

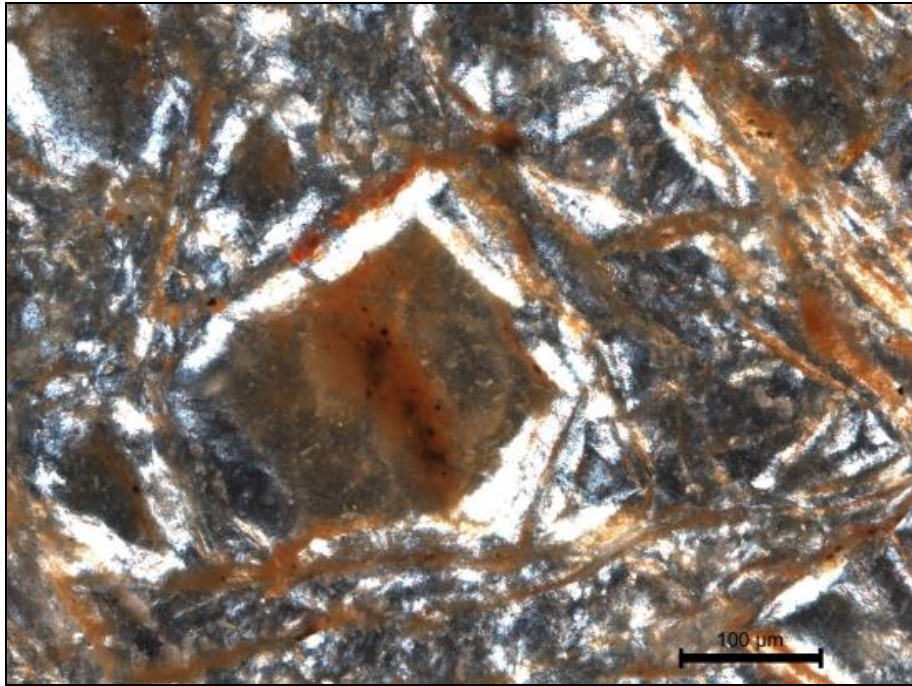
İnce kesitlerde manyezit genellikle çift nikol altında sarımsı – kahverengi kriptokristalen tane boylu, düşük büyütmelede matrix şeklinde görülen, parajenez itibarıyla dolomit, kuvars, silis oluşumları ve serpantin kalıntılarıyla beraber olan bir yapı arz eder. Dolomitler genellikle manyezitlerin çeperlerinde iri taneli olarak görülürler, kısmen subhedral – öhedral romboedrik şekillerde görülürler. Genellikle manyezitlerin oluşum evresinde ön sırada yer aldığı dolomitlerin sonradan oluştuğu şeklinde görünüm izlenmiştir.



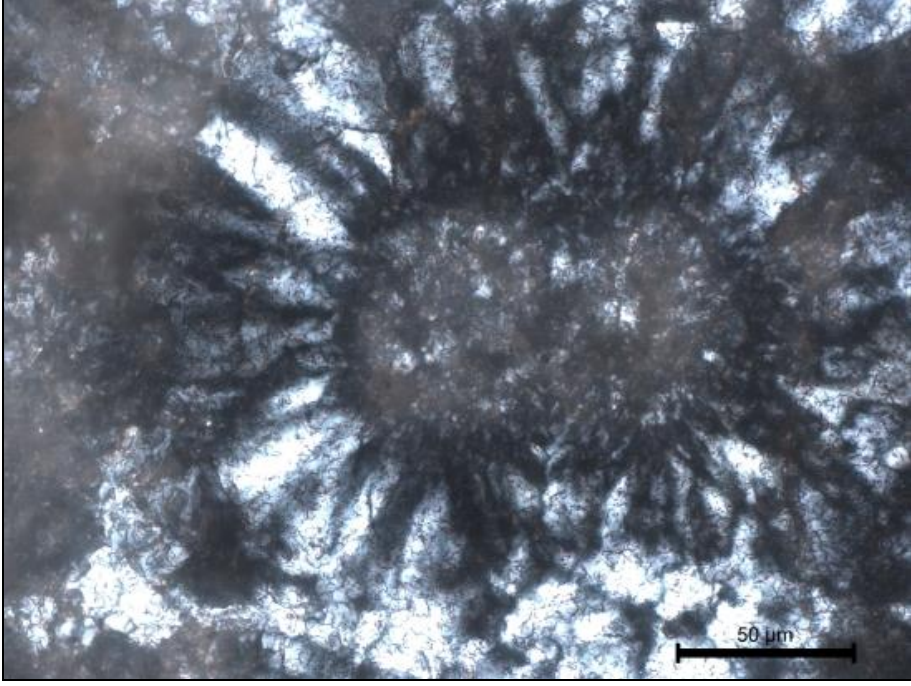
Şekil 4.1 : Birbirini kesen demiroksit damarcıkları ve bunları kesen silis ve manyezit damarcığı. Altere olmuş serpantin ve olivin kalıntıları. Manyezitler mikro kıvrımlanma göstermektedir (çift nikol, 20x).



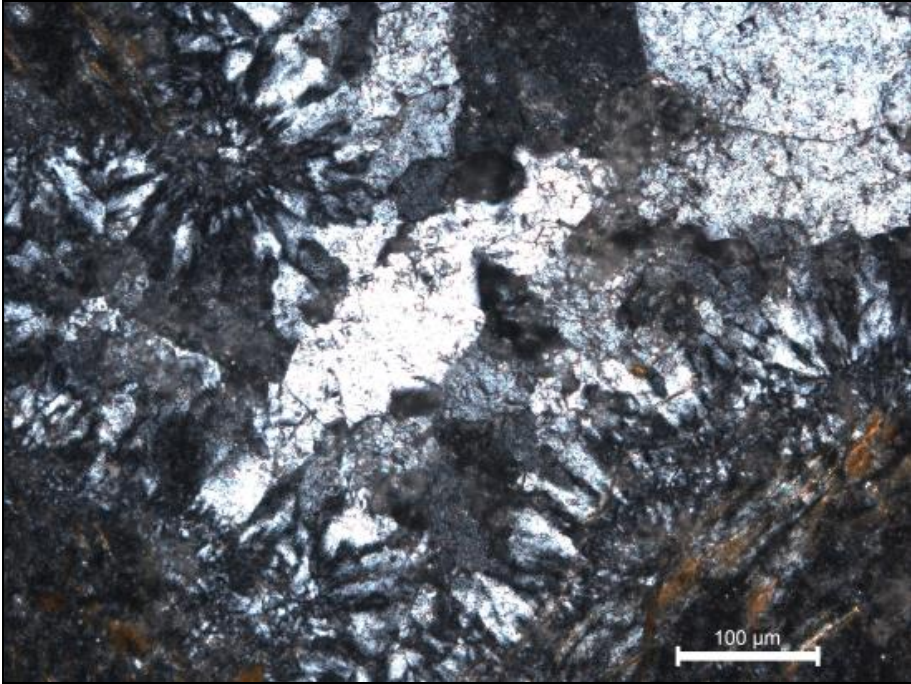
Şekil 4.2 : İnce taneli (20-40) mikron arası silis oluşumları (çift nikol, 63x).



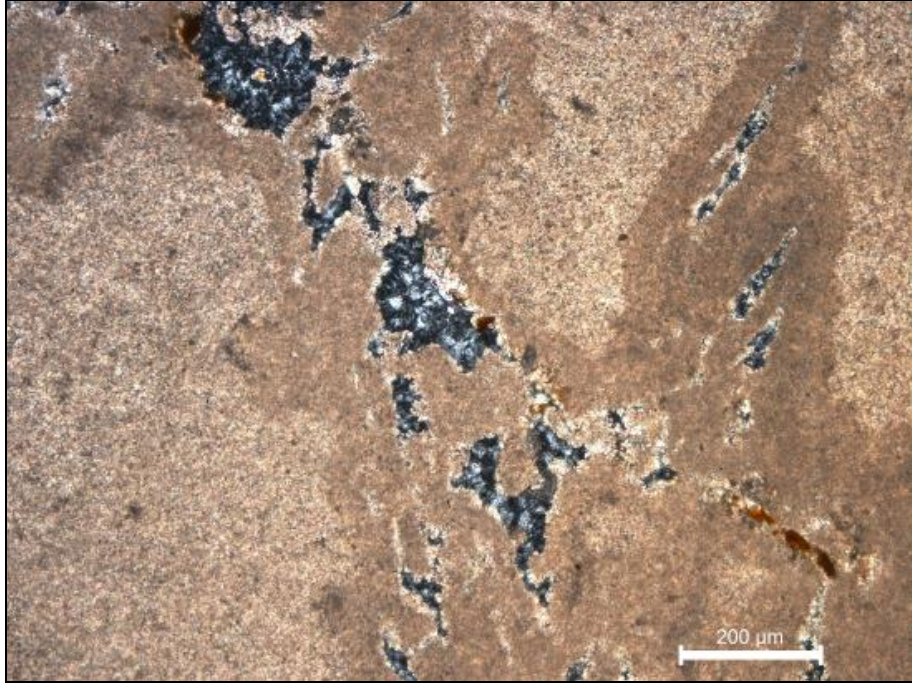
Şekil 4.3 : Parçalanmış serpantin kalıntısı breşleri ve piroksenler tamamen demiroksite dönüşmüş, çeperlerinde silis oluşumları ve çatlaklarda demiroksit oluşumları (çift nikol, 20x).



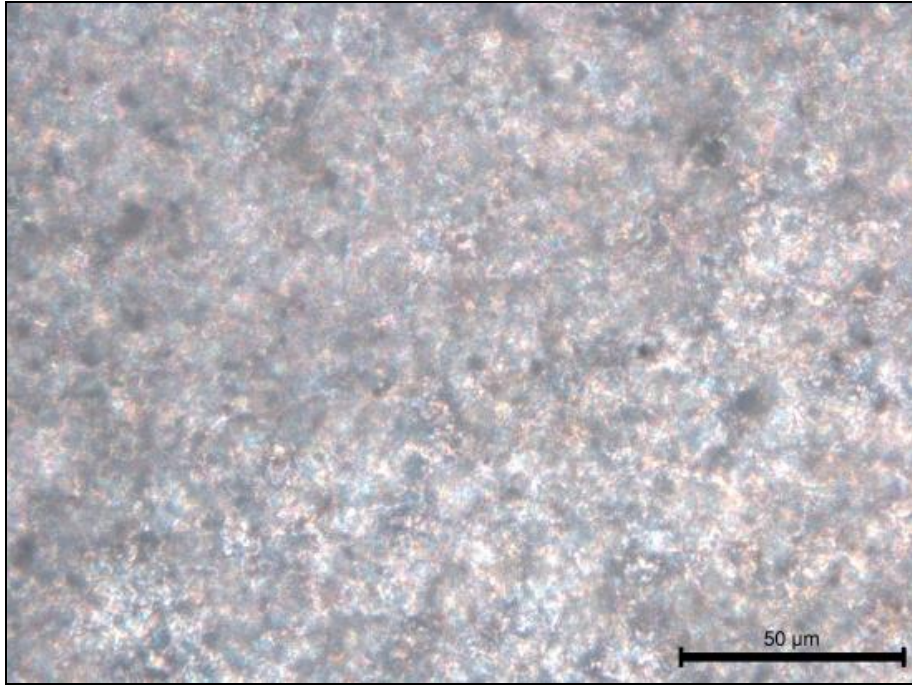
Şekil 4.4 : Demiroksit ile beraber bulunan silis nodülü çevresinde ışınsal silis oluşumları (çift nikol, 40x).



Şekil 4.5 : Kuvars ve ışınsal silis oluşumları ile beraber opak mineraller, arka planda kalıntı serpantin (çift nikol, 20x).



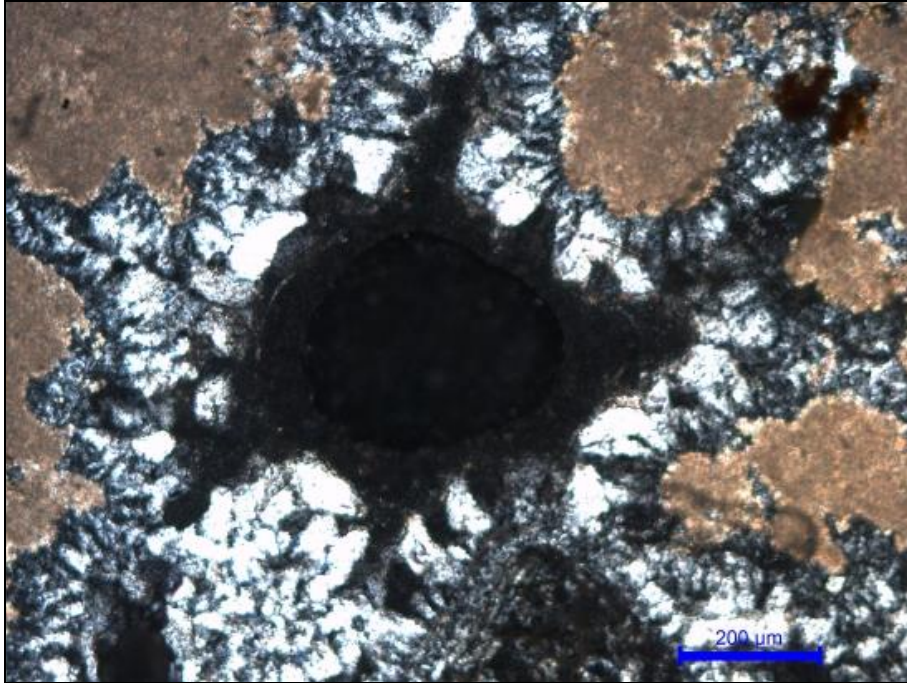
Şekil 4.6 : Sarımsı kahverengi kriptokristalen manyezit kristalleri bir arada büyük kütleler oluşturuyor, kütlelerin kenar çeperlerinde dolomit ve en içte çatlak boşluklarında silis ve demiroksit oluşumları (çift nikol, 10x).



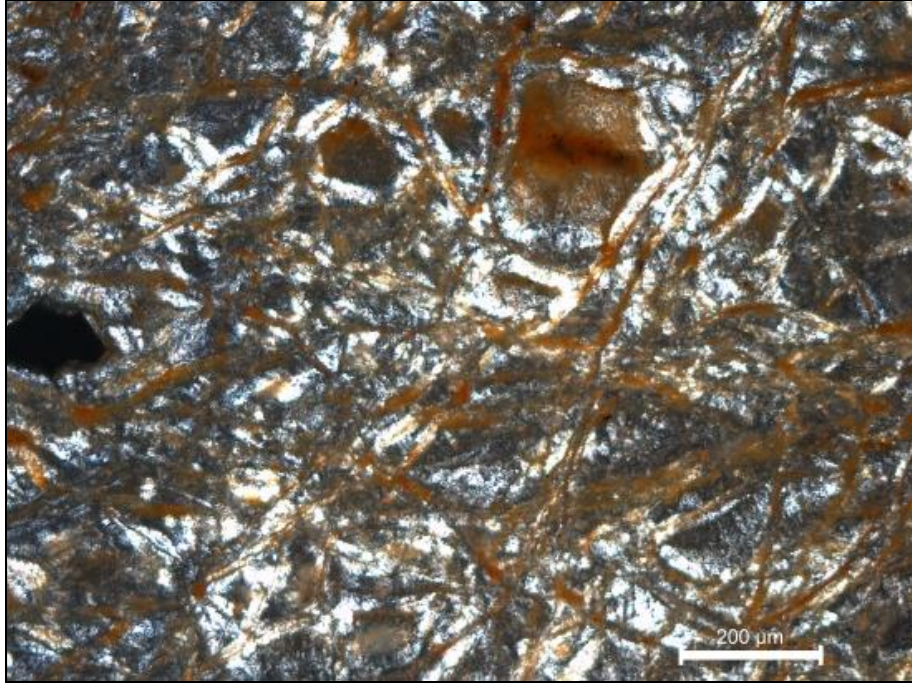
Şekil 4.7 : Manyezit yumruları içerisinde kriptokristalen manyezit taneleri ve hafif kırmızımsı demiroksit sıvaması (çift nikol, 63x).

Serpantinler genellikle tamamen paramparça kataklastik doku gösterirler. Bazı durumlarda serpantin kalıntısının ana hatları seçilebilmektedir. Bazen ise neredeyse tamamen ikincil mineral oluşumları tarafından altere olmuş şekilde bulunmaktadır. Çift nikolde genelde yeşil – sarımsı renkte yer yer lifsi (krizotil) şekilde görülmektedirler. Kalıntı serpantin içi boşluklarında yer yer ince damarcıklar şeklinde silis çökelimleri yer yer de düzensiz altere zonlar gözükmemektedir. Aşırı çatlaklı bir yapı sergileyip, bu çatlaklarda kırmızı – kahverengi renkte çok ince demiroksit mineralleri gelişmiştir.

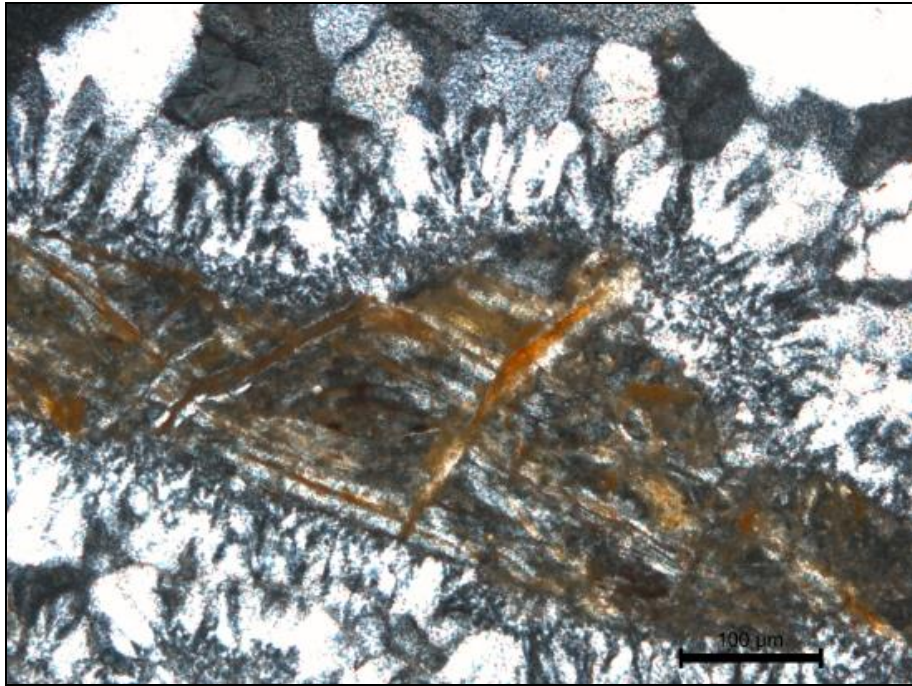
Piroksenler içten başlayan bir alterasyon ile içi boşaltılmış ve tamamen demiroksit ile silisle ornatılmış bir holoalteromorf görüntüsü sunmaktadırlar. Bu alterasyonun ardından piroksen çeperlerinde ince silis zonları gelişmiştir. Aşırı çatlaklanma ile elek dokusu şeklinde demiroksit mineralleri gelişimi de gözlenmektedir.



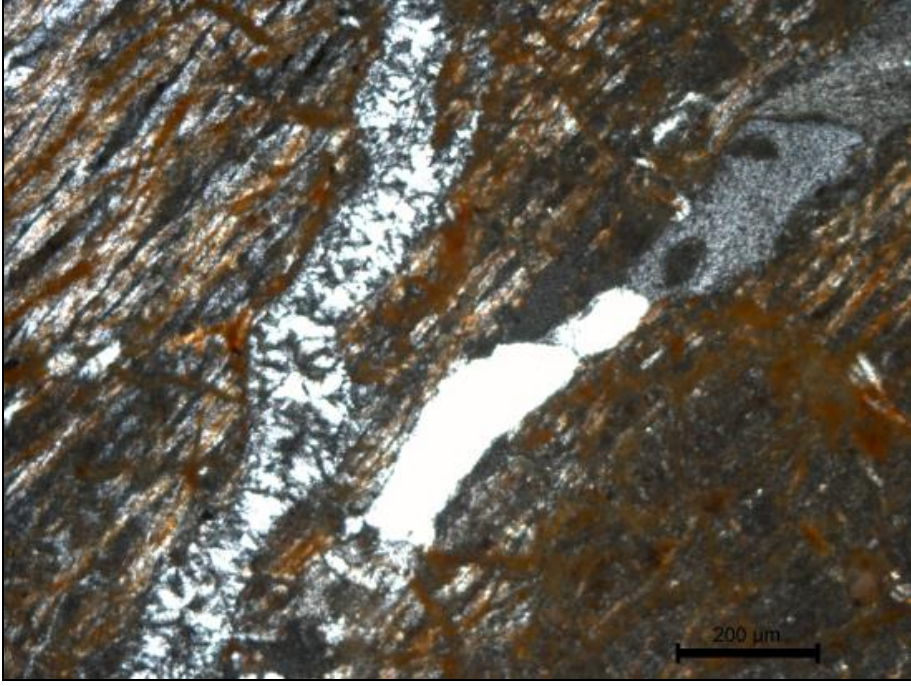
Şekil 4.8 : Manyezitler ortasında boşlukta opal oluşumu, manyezitlerin dış çeperinde ince dolomitler (çift nikol, 10x).



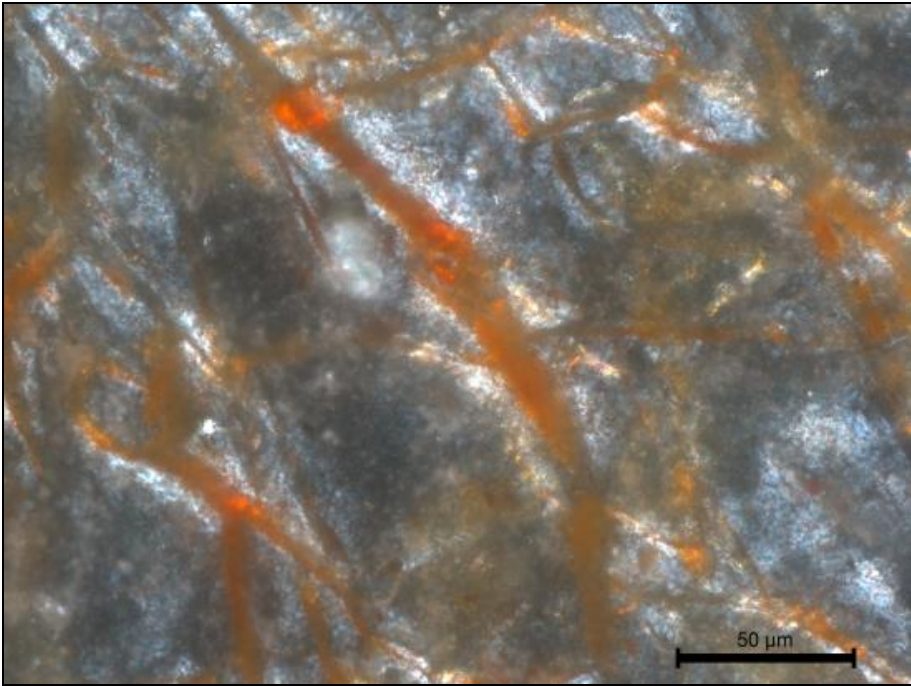
Şekil 4.9 : Piroksenlerce zengin bir alanın alterasyon geçirmiş hali. Piroksen alterasyonu ile opak mineral oluşumu (manyetit – kromit?)(çift nikol, 10x).



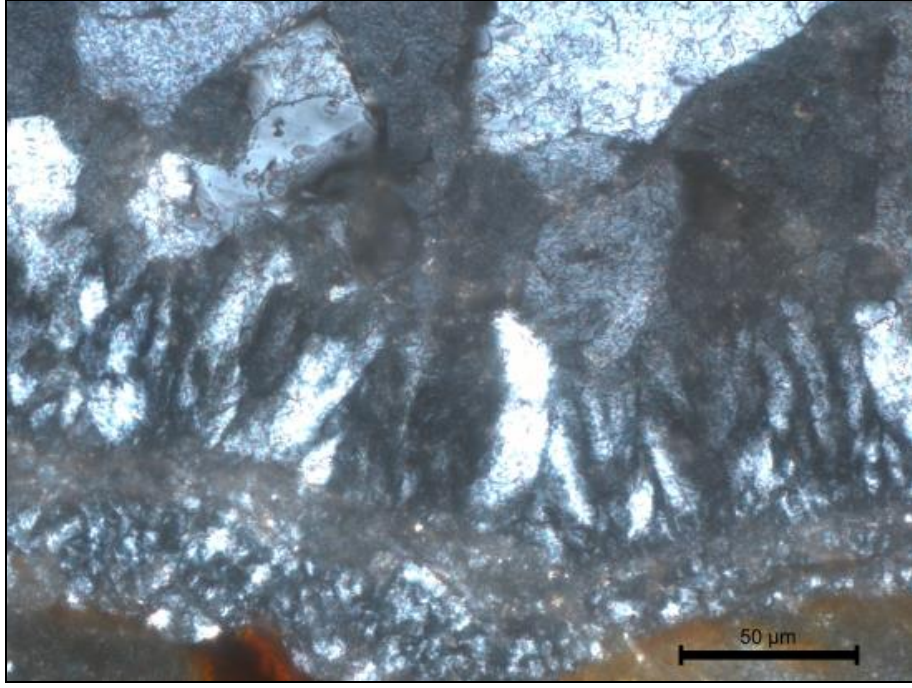
Şekil 4.10 : Dışta kuvarslar, içte silis ve en içte elek dokusu şeklinde demiroksit ve bunu saran ince silis oluşumları (çift nikol, 20x).



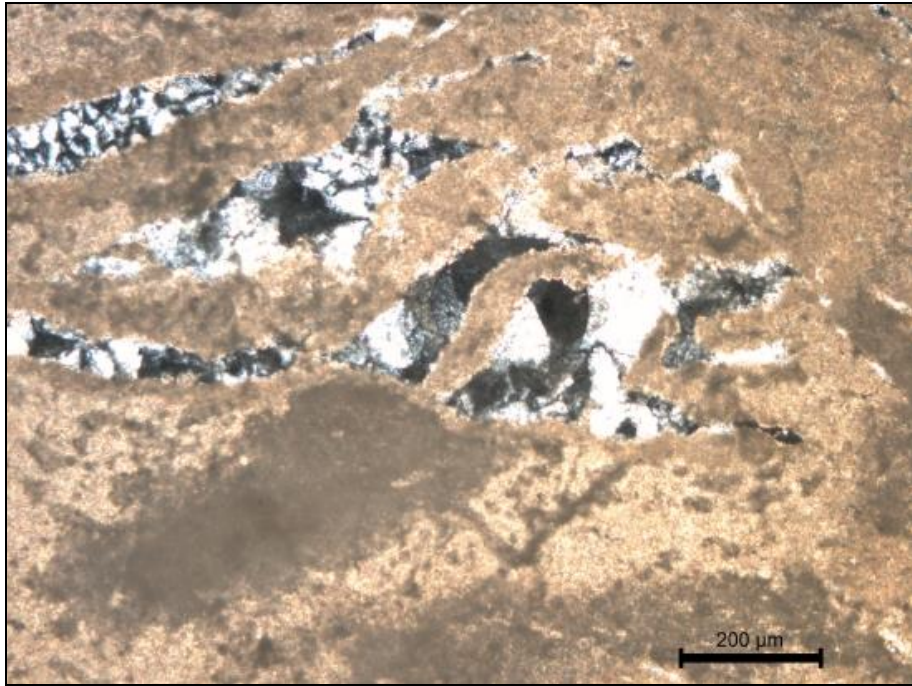
Şekil 4.11 : Ağsal demiroksit – ince taneli silisli damarcıklar ile mikro kıvrımlanma gösteren silis ve kuvars + manyezit damarları (çift nikol, 10x).



Şekil 4.12 : Silis oluşumları ile beraber demiroksit damarcıkları (çift nikol, 40x).



Şekil 4.13 : Altere serpantin çeperinde sırasıyla ince taneli silis, kalın taneli silis ve kuvars oluşumları (çift nikol, 40x).



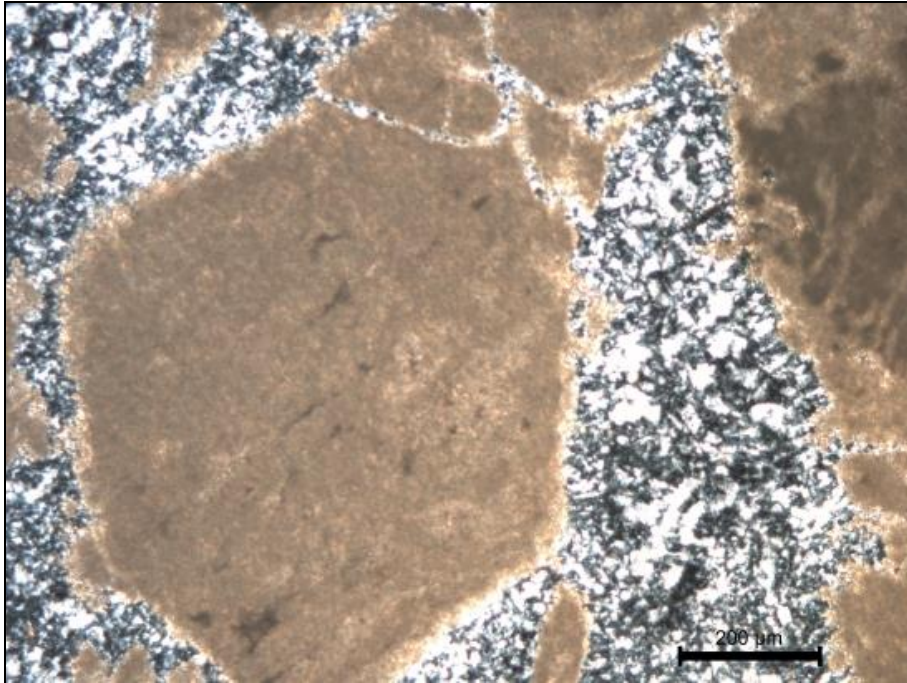
Şekil 4.14 : Manyezit yumruları arasında çatlaklar ve içerisinde dolomitler. Çatlaklar içerisinde silisli yumrular (çift nikol, 10x).

Kuvars ve silisler ince kesitlerde çift nikolde çok parlak beyaz renkte gözükp pleokroizma gösterirler. Silis oluşumları hafif dalgalı denize benzer bir topografya sunmaktadır. Bazen de ışınsal, ince çubuksu, çatlak kenarlarında bantlar şeklinde yapılar da göstermektedirler. Çatlak boşluklarında merkezlerinde opal oluştuğu gözlenmiştir. Genelde koyu gri – siyah renkte ve farklı rölyef ile kendini belli eder.

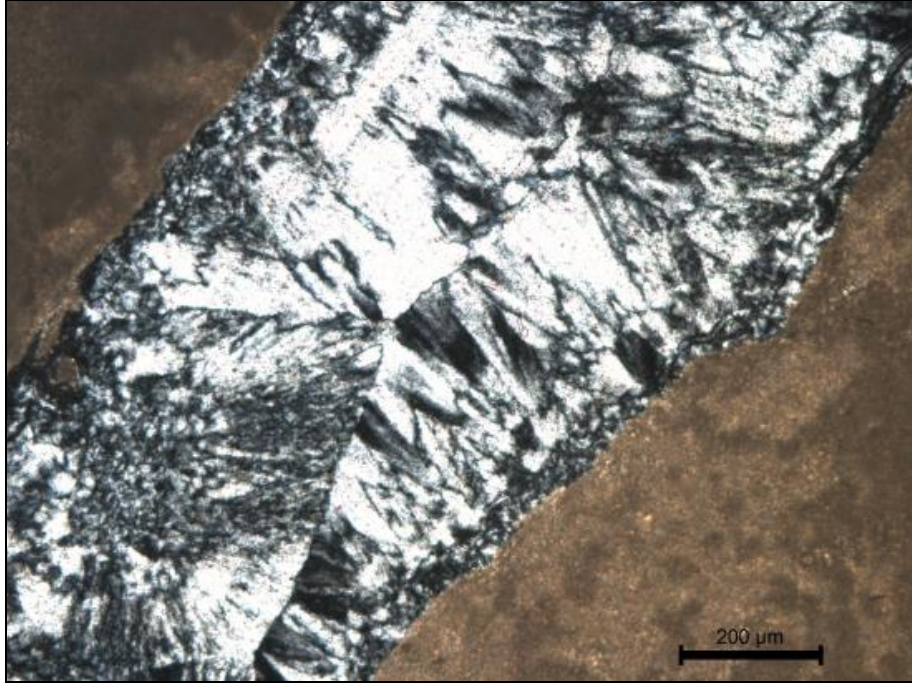
Alterasyon son derece yaygın gelişmiş olup, demiroksit ve silisik alterasyon şeklinde gelişmiştir. Peridotitler, serpantinler, piroksenler ve olivinlerin altere olup sadece izi kalacak kadar kalıntı seviyede bozunduğu görülmüştür. Yerlerini tamamen demiroksit, silis ve kuvars almıştır.

Pek çok örnekte mikro kıvrımlanmalı yapılar gözükmektedir. Bu mineral oluşumunun tektonik faaliyetler devam ederken gerçekleştiğini göstermektedir. Mineral oluşumlarında gözlenen aşırı çatlaklı yapı ve kataklastik dokular, tektonik faaliyetlerin mineral oluşumlarının tamamlanmasından sonra da devam ettiğini göstermektedir.

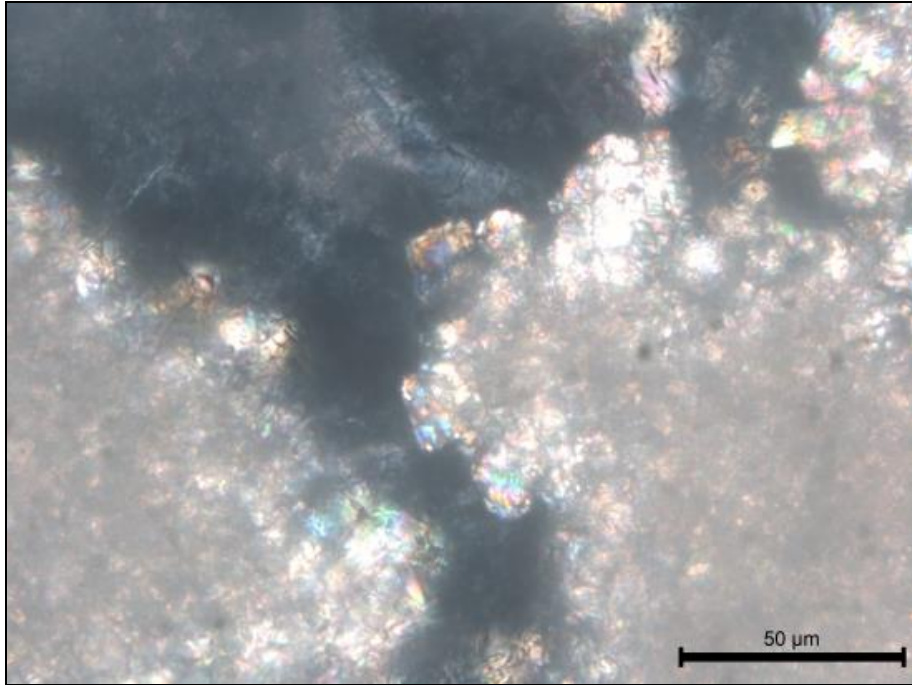
Bulgular genel olarak, geniş bir zaman aralığında, birden fazla evreli mineral oluşumu ve tektonizmaya işaret etmekte olup, arazi gözlemleri ile örtüşmektedir.



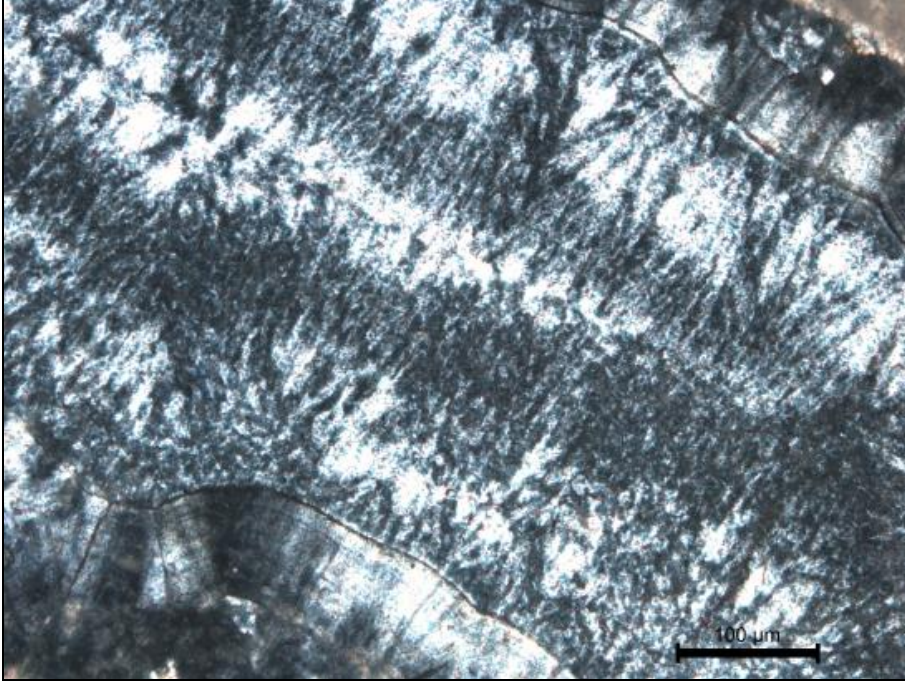
Şekil 4.15 : Öhedral manyezit oluşumu ve boşluklarda silis oluşumları.



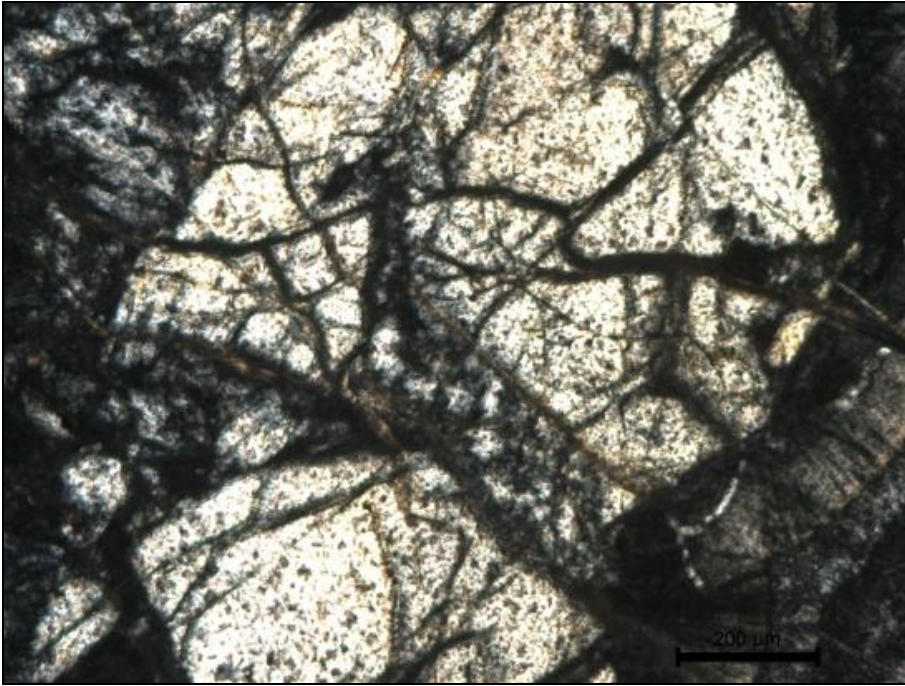
Şekil 4.16 : Manyezit arası çatlaklarda silis oluşumları (çift nikol, 10x).



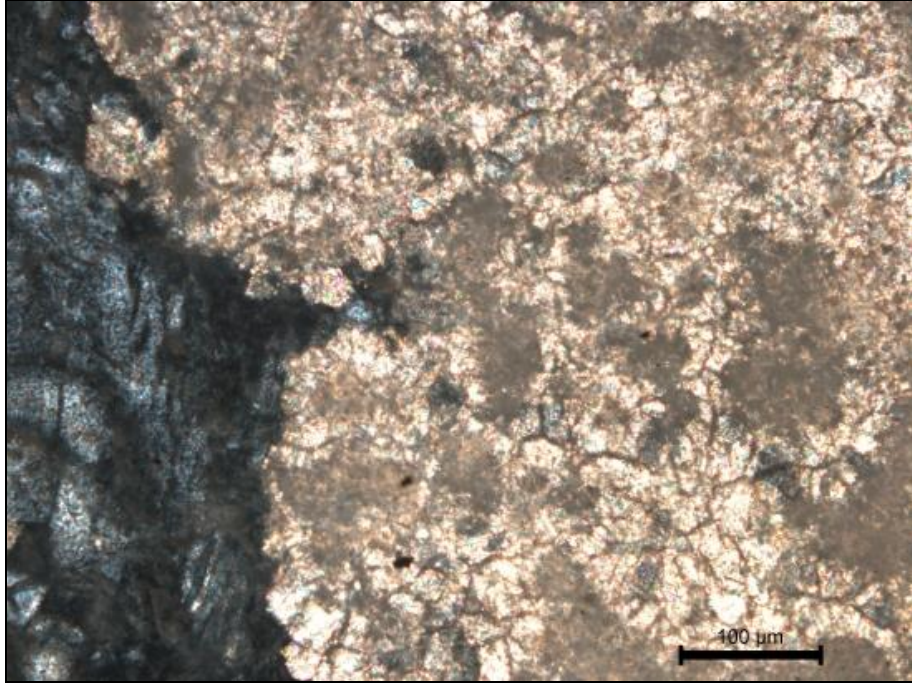
Şekil 4.17 : Manyezitlerin çeperlerinde öhedral – subhedral dolomitler (çift nikol, 63x).



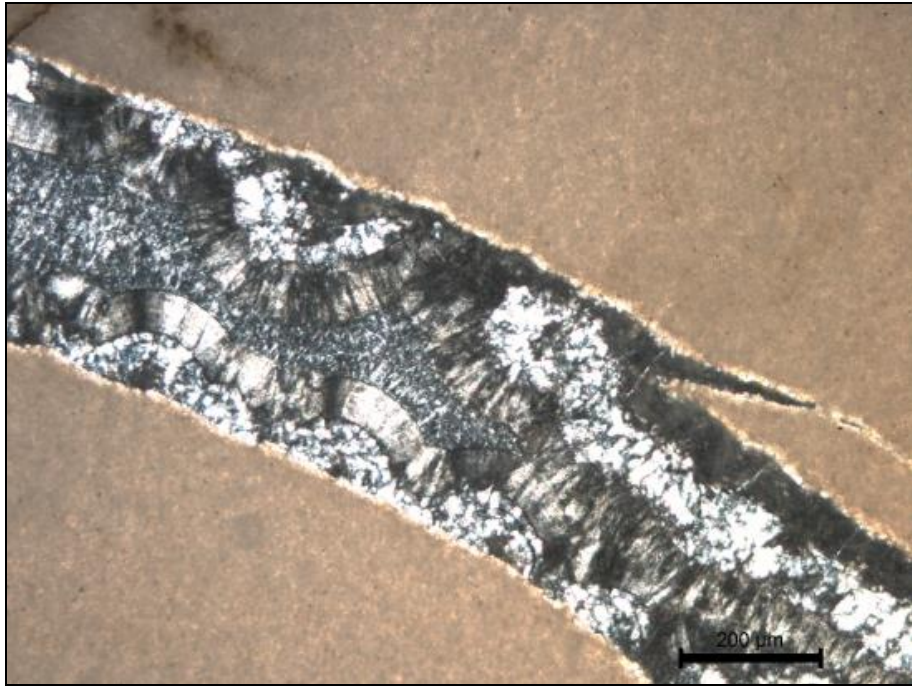
Şekil 4.18 : Manyezitlerin arasındaki boşlukta, kenardan itibaren: 1) bant şekli arz eden ince silisler, 2) bunların kenarından başlayıp içeri doğru silis oluşumları, 3) ortada gelişmeye başlamış silis oluşumları (çift nikol, 20x).



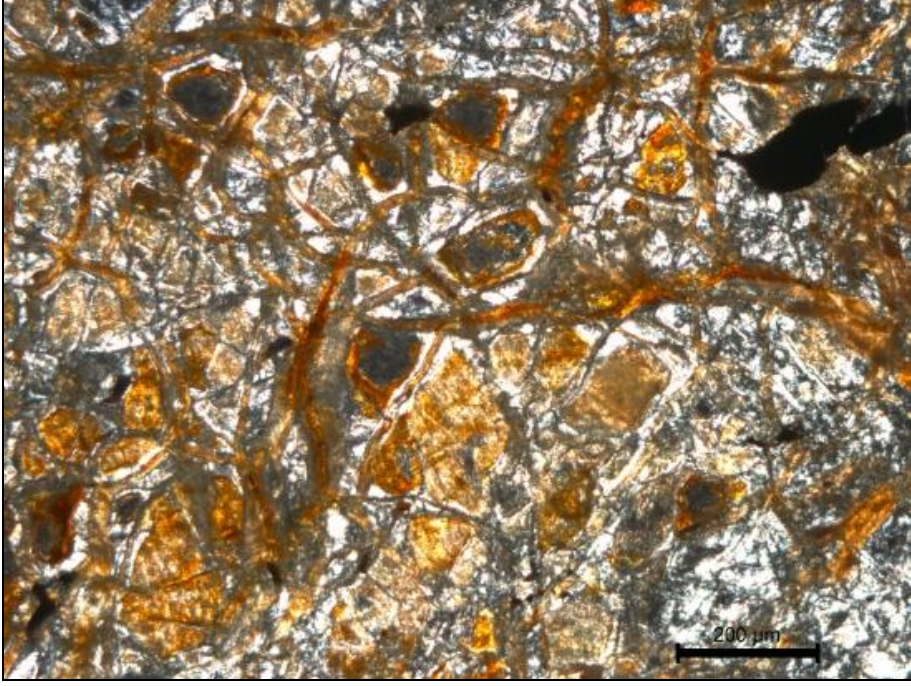
Şekil 4.19 : Tektonik faaliyetler sonucu parçalanma, kıvrımlanma, faylanmaların ince kesitlerde görünümü (çift nikol, 20x).



Şekil 4.20 : Manyezitlerin çatlaklar boyunca etrafını sarmış dolomit oluşumları (çift nikol, 20x).



Şekil 4.21 : Manyezit arasındaki boşlukta silis oluşumları.



Şekil 4.22 : Tamamen altere (demiroksit ve silis) peridotit. Olivin, piroksen kalıntıları kısmen seçilebilmektedir (çift nikol, 10x).

5. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

Petrografik verilerle beraber irdelenip oluşum mekanizmalarına yönelik belirtilerin elde edilmesi amaçlanan jeokimyasal incelemeler maden yatakları ve mineral oluşumlarının incelendiği araştırmalarda çok büyük önem arz eder. İncelememiz kapsamında ele aldığımız mineral ve kayaçların kimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılması, çalışmamızın amacına yönelik en önemli etmendir. İnceleme alanından alınan manyezit, dolomit ve serpantin makro kayaç örnekleri İTÜ Jeokimya Laboratuvarlarında kırılıp öğütülmüş ve 110 °C sıcaklıkta etüvde kurutulmuştur. Bu işlemlerin ardından örnekler değişik zaman dilimlerinde majör, minör ve iz element içeriklerinin tayini için ACME Labs. (Kanada) ve karbon – oksijen duraylı izotop içeriklerinin tayini için Geochron Labs. (A.B.D.) gönderilmiştir.

5.1 Majör, Minör ve İz Element Jeokimyası

İnceleme alanındaki manyezit oluşumlarından saha çalışmaları kapsamında manyezit örnekleme yapılmıştır. Buna göre alınan el örnekleri sırasıyla, kırıcıdan geçirilmiş ve ardından öğütücüden geçirilip toz haline getirilmiştir.

Öğütülen örnekler Kanada ACME laboratuvarlarına analiz için gönderilmiştir. Örnekler üzerinde ACME standart Grup 4A + 4B ve Grup 1DX analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemler; Grup 4A: majör elementlerin tayini için örneğin LiBO₂ füzyonu ile hazırlanıp ICP-ES yöntemi ile analizi; Grup 4B: LiBO₂ – Li₂B₄O₇ füzyonu örneğin hazırlanması ve ICP-MS yöntemi ile analizi (iz ve Nadir Toprak Elementlerinin tespiti 4B ile mümkün olmaktadır) ve Grup 1DX: metal ve kıymetli metallerin tayini için örneğin HCl – HNO₃ – H₂O ile çözülüp seyreltilip ICP-MS yöntemi ile analizi olarak özetlenebilir. Toplam C ve S analizleri ise LECO ile yapılmıştır.

Element içeriklerine ve yorumlarına geçmeden önce bu elementlerin manyezit ile beraberlik ilişkisinin anlaşılmasında yarar vardır. Bilindiği gibi elementler atom yarıçapları, yükleri ve kimyasal bağ tiplerinin benzerliğine göre birbirleri yerine geçme eğilimi gösterirler. Mg⁺²; Mn⁺², Ni⁺², Cu⁺², Zn⁺², Co⁺², Sc⁺³, Cu⁺¹, Fe⁺² ile yer

değiştirebilir (Möller, 1989). İkinci durum ise element içeriklerinin manyezitler içerisinde hapsolmuş ya da yüzeyine sıvanmış fazlar şeklinde bulunabileceğidir. Manyezitlerde görülen Ti^{+4} , Cr^{+3} , V^{+3} , Ca^{+2} , Na^{+} , Lu^{+3} , La^{+3} , Sr^{+2} , Ba^{+2} ve borat, sülfat, fosfat anyonları içerikleri bu kapsamda değerlendirilebilir; fakat bunlar arasından bazı ağır NTE, V^{+3} ve Cr^{+3} fazla yükleri ve dolayısıyla daha düşük yarıçapları sebebiyle bazen manyezit kafes yapısında yer alabilirler (Möller, 1989). Ayrıca mineral oluşumlarında sürekli çökelme, çözülme ve taşınmanın iz element içeriği üzerinde düzenli bir azalışa sebep olduğu bilinmektedir; dolayısıyla birincil mineral oluşumlarından uzaklaşıp yüzeye yaklaştıkça mineral oluşumuna eşlik eden çözeltilerin iz elementler açısından daha fakir olduğu görülmektedir (Morteani vd., 1982).

Majör Element Jeokimyası

Batı, doğu Erenköy manyezitleri ile dolomitlerinin majör element içerikleri Çizelge 5.1, 5.2 ve 5.3'te verilmiştir. Analiz sonuçlarında boş hücreler ölçüm yapılamamış ya da dedeksiyon limiti (DL) altında kalan değerleri temsil etmektedir.

Çizelge 5.1 : Batı Erenköy manyezitleri majör element içerikleri (%).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	e ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Top.C	Top.S	AZ	Top.
DL	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,02	0,02		
B1	4,82			0,39	45,49			0,02			0,007	13,91		49,1	99,94
B2	19,75		0,04	0,08	37,40			0,01			0,006	11,81		42,6	99,95
B3	17,8	0,02	0,03	0,34	39,16	0,01						11,98		42,99	100,36
B4	0,37			1,36	47,48						0,001	14,15		50,7	99,95
B5	0,93		0,11	0,29	46,96			0,02			0,005	14,15		51,3	99,66
B6	0,1		0,04	0,4	47,52			0,02				14,76		52,06	100,16
B7												6,34			
B8	0,8	0,03	0,09	0,74	46,9		0,01		0,01			14,45		51,53	100,15
B9	8,78		0,22	0,33	43,32			0,01			0,008	13,31		47,2	99,96
B10	0,4	0,01	0,14	0,52	46,95		0,01	0,02	0,01			14,16		51,86	99,92
B11	9,1	0,02	0,16	0,45	43,45			0,02				13,1		47,42	100,62
B12	9,5	0,01	0,3	0,42	43,05			0,02				13,05		47,07	100,41
B13	3	0,05	0,46	0,36	46,48			0,04	0,02			13,02		50,26	100,67
B14	5,90		0,04	0,24	44,25			0,04			0,005	13,80		49,4	99,94
B15	1,35	0,04	0,74	0,35	45,99	0,01		0,12		0,02	0,019	14,27	0,01	51,0	99,93
B16	50,56		1,96	0,35	21,18	0,01		0,03		0,01	0,089	7,13	0,01	25,6	99,92
B17	38,64		1,20	0,63	27,25	0,01		0,03		0,02	0,056	9,04	0,01	32,0	99,94
B18	7,25	0,06	1,39	0,15	42,42			0,04			0,076	12,90		48,4	99,95
B19	1,97	0,06	0,25	0,84	45,51			0,02		0,01	0,007	14,12	0,01	51,2	99,96
B20	0,23		0,06	0,30	47,40			0,01			0,002	14,44		51,9	99,96

Çizelge 5.2 : Doğu Erenköy manyezitleri majör element içerikleri (%).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Top.C	Top.S	AZ	Top.
DL	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,02	0,02		
D1	0,6		0,05	2,47	45,18			0,02				14,38		51,48	99,77
D2	1,4		0,04	0,84	46,55			0,02				14,37		51,28	100,11
D3	0,06			0,79	47,58							14,68		51,5	99,96
D4	3	0,04	0,45	3,79	43,55			0,02				13,54		49,1	99,91
D5	0,99		0,09	3,17	44,52						0,006	13,98	0,01	51,1	99,92
D6	0,3		0,02	8,51	40,53							14,05		50,84	100,15
D7	0,67		0,05	25,22	25,83	0,01				0,01	0,006	13,48		48,1	99,91
D8			0,01	1,28	46,79							14,67		52,02	100,14
D9				1,01	47,2							14,54		52,16	100,43
D10	0,94	0,03	0,10	2,29	45,54	0,01					0,007	14,18	0,01	51,0	99,94
D11				1,15	46,61							14,57		52	99,86
D12	28,2		0,42	0,49	33,22			0,01			0,028	10,92	0,02	37,6	99,95
D13	0,2	0,02	0,02	0,75	47,05							14,88		52,03	100,04
D14	57,8	0,03	0,98	0,93	18,87			0,01				5,07		21,35	100,03
D15	3		0,06	12,06	36,18			0,01		0,02		13,71		48,79	100,09
D16	22	0,02	0,41	1,18	36,49			0,01				11,3		40,55	100,63
D17	0,49		0,16	0,77	46,84			0,01			0,006	14,32		51,5	99,80
D18	1,83		0,19	0,95	46,46					0,01	0,008	14,14		50,4	99,89
D19	1,4	0,03	0,26	1,44	46,12			0,02	0,01			14,31		50,93	100,26
D20	15,5	0,02	0,71	8,55	33,44			0,02				11,69		42,08	100,34
D21	11,2		0,07	0,51	41,72							12,88		46,41	99,9
D22	1,41	0,37	0,21	2,94	44,84			0,01			0,012	14,21		50,1	99,93

Çizelge 5.3 : Erenköy dolomit ve serpantinleri majör element içerikleri (%).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Top.C	Top.S	AZ	Top.
DL	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,02	0,02		
O1	7,3	0,1	1,4	23,16	26,62			0,03				11,12		42,05	100,69
O2	3,5	0,07	0,59	26,27	24,57			0,03		0,01		12,2		45	100,06
O3	2	0,06	0,38	38,5	14,87			0,03		0,03		12,77		44,99	100,85
O4	6,1	0,64	0,95	26,12	21,42	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02		12,17		44,77	100,11
O5	18,6	0,21	4,34	14,6	29,2			0,08				7,42		33,01	100
O6	17,5	0,21	3,6	16,43	29,31	0,02	0,02	0,07				7,61		32,99	100,2
O7	5,6	0,24	0,69	34,66	15,28	0,01	0,01	0,01		0,04		11,64		43,64	100,15
O8	4,3	0,07	0,52	39,26	12,07			0,14		0,02		11,35		43,63	100,03
O9	23,3	0,44	4,25	13,62	29,42	0,02		0,06				5,91		29,19	100,26
O10	5,05	0,09	1,23	27,97	21,17			0,09		0,03		12,34		44,9	100,49
O11	6,5	0,52	0,53	26,79	21,45	0,02	0,02	0,01		0,09		11,78		44,43	100,37
O12	10,8	0,7	1,53	33,77	12,49		0,01	0,02	0,04	0,02		10,61		40,69	100,1
O13	5,1	0,92	0,85	28,19	20,36	0,01	0,06		0,05	0,03		12,2		45	100,53
O14	14,9	0,16	1,82	26,4	19,44			0,08	0,03			10		37,49	100,35
O15	2,3	0,13	1,07	29,85	20,97			0,03		0,01		12,32		46,01	100,37
S1	39,4	0,46	8,37	0,21	37,08		0,01	0,08				0,1		14,09	99,66

Erenköy manyezitleri SiO₂ içerikleri batıda % 0,1 – 50,56 arasında değişmektedir. %10'dan daha küçük içeriğe sahip örneklerin (örneklerden sadece ikisi %10-20 aralığında olup ikisi de %30'dan büyük içeriğe sahiptir) SiO₂ içeriği ortalaması % 3,63 ve genel ortalaması %9,54'tür. Doğuda ise SiO₂ içeriği % <0,1 – 57,8 arasında değişmekte olup, %10'dan küçük SiO₂ ortalaması (örneklerin sadece altısı %10dan yüksek değerler sunmaktadır) %1,16 ve genel ortalaması %8,96'dır. Genel ortalama itibariyle batıda SiO₂ ortalaması kısmen daha yüksektir. Buna karşın SiO₂ oranı doğuda da batıda da; kuzeye gittikçe daha da artmaktadır. Dolomitlerde ise SiO₂ oranı %2 – 39,4 arasında değişmekte ve %10'dan daha küçük içeriğe sahip örneklerin ortalaması %4,8 olup, genel ortalaması %8,62'dir.

Al_2O_3 oranı batıda ortalama %0,03 ve doğuda ortalama %0,07dir. Bu artış tek başına D22 örneğinden kaynaklanmaktadır. Bu değer muhtemelen eşlik eden kil minerali oluşumlarından ileri gelmektedir. Dolomitlerde ise ortalama %0,29 civarı manyezitlere kıyasla oldukça yüksek oranda içerik görülmektedir.

Fe_2O_3 içeriği yine inceleme alanında ilginç dağılım göstermektedir. Batıda ortalama %0,43 ve doğuda ise %0,24tür. Dolomitlerde ise bu oran %1,56 olup bu artışın sebebi olarak dolomitlerin genel olarak altere serpantinerlerle beraber bulunması öne sürülebilir. Batı Erenköyde ise birbirine yakın konumdaki birkaç noktada SiO_2 , Cr_2O_3 ve Ni ile beraber zenginleşme göstermektedirler. Bu muhtemelen formasyon dışı kökenli hidrotermal çözeltilerin etkisiyle lokal olarak şiddetli alterasyon ya da silis ve Fe^{+2} getirimi ile açıklanabilir.

CaO içeriği genellikle kalsiyumlu karbonat fazları (dolomit ve kalsit) ifade eder; beklendiği gibi dolomitlerde bu oran %27,1 ile en yüksek değerdedir. Batı Erenköy manyezitleri ortalama %0,45 ve doğu manyezitleri ortalama %3,55 orana sahiptir. Bunun nedeni dolomit ve kalsit fazlarının petrografik incelemelerde gözlemlendiği üzere doğu Erenköyde yaygın olarak yer alması fakat batıda hemen hemen hiç bulunmamasıdır.

Manyezitin ana katyonik bileşeni olan MgO ortalama içeriği batıda %42,53 ve doğuda %41,06 olup, dolomitlerde bu oran %21,24tür (kalsitli örneklerde bu oran %12-15 civarındadır). Doğuda MgO'nun düşük içeriği dolomitin nispeten daha yaygın olması ile açıklanabilir.

Na_2O ve K_2O genellikle ortaç ve asidik bileşenli kayalarda ve bunlardan türeyen mineral oluşumlarında daha yüksek olup ultrabaziklere bağlı manyezit ve dolomitlerde doğal olarak çok düşük değerler almakta; nadiren dedeksiyon limitinin üzerinde gözükümlerdir. Sadece bir dolomit örneğinde bu içerik %0,06 gibi ortalama kıyasla yüksek bir değerde görülmektedir. Bu örneğin inceleme alanının kuzeyinde ve mavişist metamorfiteğine yani fenjitli şistlere yakın bir konumda bulunması, fenjitlerden çözeltiler vasıtasıyla gelen hafif bir içeriğe işaret edebilir.

MnO ortalama oranları batıda %0,03, doğuda %0,01 ve dolomitlerde %0,05tir. Mn gerek Fe, gerek Mg ile yer değiştirebilme kabiliyeti sebebiyle önemli bir elementtir. Her örnekte olmamakla birlikte genel olarak Fe oranı yüksek örneklerde Mn oranı da

bağlı olarak yüksek gözükmektedir. Fe oranının daha yüksek olduğu batı manyezitlerinde de yine Mn oranı doğuya nazaran daha yüksektir.

TiO₂ oranı çoğunlukla dedeksiyon limitinin altındadır, fakat konum itibarıyla yataklanmalardan uzakta, ultramafiklerin kenar uç bölgelerinde yer alan üç örnekte bu oran %0,03-0,05 aralığında gözükmektedir. Bu içeriğin sebebinin büyük ihtimalle formasyon dışı kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Manyezitler içerisinde görülen az miktarda Ti ise muhtemelen oksit fazlarıyla yer almaktadır.

P₂O₅ manyezitlerde nadiren dedeksiyon limiti üzerinde değer almaktadır. Dolomitlerde ise ortalama %0,03 içeriğe sahiptir. Tek bir örnekte içerik %0,09 gibi nispeten yüksek bir değerde görülmektedir. İlk bakışta P₂O₅ ile diğer elementer içerikler arasında anlamlı bir korelasyon gözlenememiştir. Dolayısıyla bu tek içeriği lokal organik kökenli olabileceği düşünülebilir.

Cr₂O₃ içeriği batı manyezitlerinde ~20-890 ppm arasında değişmekte olup ortalama ~230 ppm orana sahiptir. Doğu manyezitleri içerikleri ise ~60-280 ppm arasında değişmekte ve ortalama ~125 ppm değer almaktadırlar. Buna karşın bu zenginleşmeler konum açısından yakın birkaç örnekten ileri gelmektedir. Bu örnekler hesaba katılmadan her iki yatakta ortalama ~70 ppm içeriğe sahiptir. Dolomitlerde Cr₂O₃ içeriği dedeksiyon limitinin altındadır. Batıdaki daha yüksek demir oranı dolayısıyla krom içeriğinin batıda daha yüksek bulunması açıklanabilir. Önceki çalışmalarda kromun çoğunlukla manyezit içerisinde krom spinel fazları halinde bulunduğu (Martiny ve Rojkovic, 1977) bildirilmiştir.

Toplam C içeriği bağlı olarak CO₂ içeriğini ifade etmektedir. Manyezit, dolomit ve kalsitlerin karbonat içeriği toplam C içeriğine katkıda bulunur. Oran silisli ve serpantin kalıntılı örneklerde haliyle düşük çıkmaktadır.

Toplam S içeriği ise hem manyezitlerde hem dolomitlerde neredeyse tamamen dedeksiyon limitlerinin altındadır. Bu sülfat ya da sülfat fazlarının yokluğuna işaret etmekte olup, inceleme alanı karbonat oluşumunda olası volkanik – hidrotermal faaliyetlerle etkileşimin minimum oranda olduğuna işaret etmektedir.

İz Element Jeokimyası

Manyezit, dolomit ve serpentine ait Nadir Toprak Elementleri hariç diğer iz element içerikleri çizelge 5.4, 5.5 ve 5.6da verilmiştir.

Çizelge 5.4 : Batı Erenköy manyezitleri iz element içerikleri (ppm, *Au: ppb).

	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se	Sc					
DL	1	1	0,2	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	1	0,5	0,1	0,2	0,1	8	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	*0,5	0,01	0,1	0,5	1					
B1	4,8		18,5							1,9			0,2		0,8	0,9	0,1	0,2	3,8	17,8	16	611,9		0,1	0,1			7,4									
B2	1,5		9,6		0,5					1,0			0,1	5	0,7	0,8		0,1	1,2	2,9	4	391,7															
B3	1		5,6				0,4	0,2		3,3	0,2		0,1		37,3	0,1				1,5	1	59,9	1,7					2,1									
B4	3,0		3,5							7,4		0,1			0,5		0,3		1,5	1,1	2	160			0,1												
B5	3,6		5,2							2,2		0,1			0,8	1,3	0,1	0,1	1,8	2,1	5	174,9															
B6	2		22,6		0,7		0,5	0,2		1,5	0,5				29,1	0,4			2,7	0,5	2	610,8	4					2,4	0,02								
B7	2		27,7					0,1		1	0,1				188,9	0,4	0,1		5,3	0,4	3	373,3						6,6									
B8	4		6,6					0,1		5,6					24	0,6	0,2	0,1	3,7	13,8	2	176,4	4,3					5,4									
B9	1,8	1	4,3							1,2			0,1		0,3	0,5	0,1	0,1	1,3	0,6	3	452						1,4									
B10	3		7,4							2,2					5,7	0,3	0,1		1,2	0,2	1	182,2	4,6					1,5									
B11	3		10				0,1			1,7					19,3	0,9			1,3	1,2	2	361	4,5					2,2									
B12	9		22,4							3,1					33,6	0,4			1,1	1,1	3	376,9	4,2					1,8									
B13	4		19,4							2,2					12,7	0,9	0,2		2,9	0,5	3	367,4	4,5					0,9									
B14	1,9		22,8							1,7		0,1	0,2		0,2	0,8	0,1	0,1	1,6	1,5	3	465															
B15	3,2		86,2							1,7		0,1			0,3	0,5	0,1	0,1	6,9	1,5	16	1944,4						0,7								1	
B16	7,9		37,9	0,1				0,5		3,9		0,1	0,2	24	3,7	1,3	0,1	0,6	3,7	2,6	9	798,8	2,4		0,1			1,1								1	
B17	5,9		32	0,2				0,7		4,9			0,1	7	1,5	2,6		0,2	2	1,2	6	645,2	0,5													1	
B18	6,8		29,3							2,7		0,1		7	0,3	1,3	0,1	0,1	2,8	1,6	8	1006,1						0,6								1	
B19	2,1		7,4							5,2					0,1			0,2		3,1	1,1	4	566,1					1,9									
B20	2,7		10,2							0,8					0,2	0,6		0,1	1,1	3	5	366,7		0,1				3,4									

Çizelge 5.5 : Doğu Erenköy manyezitleri iz element içerikleri (ppm, *Au: ppb).

	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se	Sc	
DL	1	1	0,2	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	1	0,5	0,1	0,2	0,1	8	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	*0,5	0,01	0,1	0,5	1	
D1	13		5,3							36,5					8,2	0,2	0,4		4,5	0,9	1	119,2	3,3		1,3								
D2	28		6							5,4					20,9	0,4			2,2	7,4	1	80	4,6		0,4								
D3	2,9		0,5							5,1					0,3		0,1		1,5	2,3	2	85,5											
D4	6		10,8							55,5					13,4	0,5			1,7	0,6	2	266,9	2,8						0,9				
D5	6,0		2,3							34,3		0,2			0,3	1,2	0,1		1,9	3,9	5	114,2						0,9					
D6	13		5,3							232,1					21,7	0,2			1,2	1,7	1	120,9	4,5					4,4					
D7	20,7		2,4							209,5		0,2			2,6	0,8	0,6	0,1	1,4	2,3	5	49,1			0,1								
D8	6		4,8							5,9	0,2				21	0,3			0,5	0,4	5	86,3	1,5					0,6	0,02				
D9	3		1,5							3,2					7,2	0,3			1,7	2,3		151,3	2										
D10	12,2		0,5	0,1				0,5		8,4		0,1	0,1	7	3,4	2,1	0,1		1,2	5,5	5	50,3						1,1	0,01				
D11	16		2,5					0,4		4,1	0,2				11,1	0,3			0,3			69,1	0,7					1,1					
D12	8,6		6							10,8		0,1			2,7	0,5		0,6	3	2,9	5	223,2	0,5		0,1			0,7					
D13	4		1,8		0,5		0,4	0,3		3,5					8,6	0,1	0,2		0,7	2,4	1	89,5	4,5					2,3					
D14	8		19,9		0,6		0,3	0,5		5,3			0,6		56,2	0,5			2,6	12	5	248,5	1,6					0,5					
D15	40		4,4							122,3			0,2		25,1	0,5	0,2		3,3	0,3	4	71,4	2,2					3,8	0,25				
D16	3		10,9		0,5		0,1			18,9					51	0,7	0,1		1	1,9	4	243,2	3,3					0,5	0,03				
D17	12,2		5							9,7					4,1			0,1				145,2	1,5	1,1	0,2		0,3	5,5	0,01				
D18	3,9	1	4,2							4,2					0,1	0,5			2,9	1,6	10	172,5											
D19	7		10,6		0,9		0,3	0,3		12			0,1		28	0,4			1,4	0,6	2	172,4	4,3					3,2	0,01				
D20	14		31,2							78,9			0,3		68,1	0,2	0,1		0,7	0,6	5	189,9	1,2					2,6					
D21	4		4,2				0,1			12,5					24,7	0,4			0,9	5,3	2	50,5	3,3					0,6					
D22	7,0	1	4,1							42,3		0,1			0,1	0,8	0,9		2,8	1,5	4	164,2											

Çizelge 5.6 : Erenköy dolomit ve serpantin iz element içerikleri (ppm, *Au: ppb).

	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se	Sc		
DL	1	1	0,2	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	1	0,5	0,1	0,2	0,1	8	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	*0,5	0,01	0,1	0,5	1		
O1	31		34,3		0,6		0,1	0,2	4	421,7			0,4		104,7	0,6	0,2		2,7	1,6	13	420,6	1,3					27,2						
O2	38		42,1				0,3			237,5					79,7	0,7	0,5		2,7	1	5	203,7	3,3					3,5						
O3	72		12,7							467			0,3		33,8	0,7	1,1		0,3	1	2	141,9	1,2					2,3	0,04					
O4	83		12,6	0,2	0,6	0,1	0,4	1,9		515,6		0,8	0,3		31,5	5,7	1,9		6,5	3,9	6	215,3	1,9						0,01					
O5	62		86,4	0,2	1,2					193,2			0,5	18	9,2	1	0,5		7,4	9,1	12	1496,7	1,3						0,03					
O6	43		56,9				0,2			271,4			1	14	57,6	0,6		0,1	3,8	1,3	21	1039,8	0,8					3,4	0,03					
O7	80		10,3	0,2	0,7		0,2	0,8		317			1,4		23,5	2,5	0,5		4,7	1,3	6	156,9	2,5					0,6	0,06					
O8	245		14		0,8					228,1			0,4	12	35,1	0,6	1,7	0,3	7,4	0,6	16	184,5	3,4					1,1	0,54					
O9	16		45,1		0,8			0,1		122,2			0,4	24	10,7	0,8	0,6		18	0,4	16	940,1	0,7					1,1						
O10	135		38,4	0,2	1,1		0,2	0,5		372,4	0,2		0,8	10	30,35	0,5	3,3		4,7	5	6,5	317,9	2,1					1,5	0,05					
O11	92		9,1	0,4	1,4		0,7	3,2		460,8		0,4	6,1		39,6	2,5	4,8		7,8	1,2	10	273,4	4,4					2,8	0,76					
O12	37		19,9	0,2	2	0,1	1,2	1,8		179,9	0,2	0,6	0,2		82,9	7,7	2,2		5,9	1,6	9	415,4	2,2				6	0,07						
O13	108		4,4	0,7	1,5	0,3	1,3	5,6		263,1	0,1	1,7	0,2		16,5	12,3	3,2		7,5	6,1	6	114,7	3,2				1,2							
O14	60		28,6		0,7		0,1			199,2				14	34	0,8	1,8	0,2	2	0,6	5	339	13,4						0,09					
O15	20		22,6	0,2						111,4					17,2	0,2	0,2		2,6	0,5	4	345	3,4						0,02					
S1	13		80,1		1		0,1	0,2		3,9			2,8	35	30,5	0,4			6,4	1,7	27	2335,3	2					8,2						

İz elementler arasında görüldüğü gibi en zengin olan ultramafik yan kayaçlarda da bol oranda bulunması itibariyle nikeldir. Ni batı manyezitlerinde 60 – 1944 ppm arasında ve ortalama 505 ppm, doğu manyezitlerinde 49 – 267 ppm arasında ve ortalama 139 ppm içeriğe sahiptir. Dolomitler inceleme alanında genellikle serpantinlerle beraber bulunurlar; saf ya da serpantin içermeyen örneklerdeki Ni içerikleri, 115-345 ppm ve ortalama 241 ppm değer almaktadır. Taze ve dolomitlerle karışmış serpantinlerde ise 940 – 2335 ppm aralığında ve ortalama 1426 ppm Ni içeriği gözlenmektedir. Önceki çalışmalarda yüzey ayrışma zonu manyezitlerinde yüksek ve damar tipi manyezitlerde düşük Ni içeriği gözlemlendiği belirtilmiştir (Maksimovic ve Dangic, 1974). İnceleme alanında nikel doğu manyezitlerinde ve serpantin içermeyen dolomitlerde düşüktür. Serpantinlerde doğal olarak direk peridotitlerden altere olduğu için yüksektir. Nikel içeriğinin batı manyezitlerinde bu kadar yüksek çıkması; burada görülen nispeten yüksek Fe₂O₃ oranı ve serpantin kalıntılarının çok daha az bulunmaması ile beraber ele alındığında, Batı Erenköy manyezitlerinin serpantinleri tamamen yok edecek kadar ileri aşamalı bir alterasyonun ürünleri olduğu savını akla getirmektedir. Dolayısıyla Ni⁺² için alterasyonla beraber oluşan manyezitlerin kafes yapısında da rahatça yer alabildiği söylenebilir.

Kobalt da aynı şekilde ultramafiklerden dolayı nispeten yüksek değerlerde görülmektedir. Batı Erenköy kobalt ortalaması 19 ppm, Doğu Erenköy 7 ppm ve dolomitlerde kobalt ortalama içeriği 30 ppm olarak bulunmuştur. Dolomitlerdeki yüksek değerler muhtemelen beraberinde bulunan serpantin oranının daha fazla olmasından dolayıdır. Bununla beraber Co manyezitlerde bazı konumlarda diğer elementlerle beraber kısmen zenginleşme göstermektedir.

Sr ve Ba karbonatları aragonit kristal sisteminde oluşurlar, dolayısıyla manyezit içerisinde yer almaları beklenmez (Möller, 1989). İnceleme alanında da Sr ve Ba beklendiği gibi dolomitlerde zenginleşmekte ve dolomitlerle beraber bulunan manyezitlerde de nispeten yüksek değerlerde bulunmaktadır. Manyezit içerisindeki Sr ve Ba içeriğinin bu elementlerin karbonat fazları olarak yer aldığı düşünülmektedir.

W içeriği oldukça ilginç bir tablo arz etmektedir. Taze serpantinlerde W içeriği 30 ppm civarındadır. W ortalama değerleri dolomitlerde 40 ppm, doğu ve batı

manyezitlerinde genel olarak 17-18 ppm civarındadır. Fakat W içeriği bazı noktalarda nispeten çok yüksek artış göstermektedir. Batıda 188, doğuda 68, 56 ve dolomitlerde 104, 58, 83, 42 ppm gibi W içeriğine sahip örnekler bulunmaktadır. Ultramafiklerde W zenginleşmesi ile ilgili bir veri bulunmamaktadır. Buna bağlı olarak önceki manyezit çalışmalarında da bu yönde bir veri bulunmamaktadır. Lokal W içeriklerindeki zenginlik akla derindeki olası bir kontak metamorfik oluşumdan malzeme getiren çözeltileri getirmektedir. İleride manyezit yataklarının oluşumu bölümünde bu konu daha ayrıntılı tartışılacaktır.

Majör ve iz elementlere genel bir bakışta, bazı element içeriklerinin lokal olarak beraber zenginleşmeleri dikkat çekmektedir. Özellikle batıda bir alanda SiO₂, Fe₂O₃, Cr₂O₃ artışı buna örnek verilebilir. Bu birlikteliklere bazı örneklerde kısmen az miktarda da olsa MnO, Ni, Co, S, Rb, V, Zn artışları da eşlik ettiği görülmektedir. SiO₂ içeriği bu aşamada % >50 değerlerine varacak kadar artmaktadır. Bunun işaret ettiği çözelti getirmesine bağlı olarak oluşan silis (kalsedon, opal) ve kuvars oluşumları özellikle Batı Erenköy manyezitlerinde çok yaygın olarak beraber görülmektedir. Yüksek demir içeriği ile beraber silis; manyezitlerin çok sert, kahverengi – kırmızı çimentolu bir hal almasına sebep olmuştur. Ayrıca artan çözelti aktivitesi ile beraber ayrışma ve alteasyonda artış olacağı da aşıkardır. Bu alanlarda artan Si, Fe, Ni, Co ve Mn içeriklerinin aynı zamanda serpantinlerin ileri derecede alterasyonuna da işaret ettiği düşünülmektedir. Batı Erenköy manyezitleri ile beraber kalıntı serpantin çok az bulunması da buna işaret eder niteliktedir.

Nadir Toprak Elementleri Jeokimyası

İnceleme alanı manyezit, dolomit ve serpantinlerine ait NTE içerikleri çizelge 5.7, 5.8 ve 5.9da verilmiştir.

Nadir Toprak Elementleri (NTE) +3 yükleri ile Ca karbonatlar ile atomik yer değiştirme kabiliyeti olmasına rağmen Mg ile atomik yarıçapları farklılıkları sebebiyle bu gerçekleşmemektedir (Möller, 1989). Dolayısıyla ultrabazik kayalarda ve türevleri olan serpantin ve manyezit gibi alterasyon minerallerinde NTE içeriği çok düşüktür (Möller, 1989). Ultramafik kayalar ve bağlı minerallerine ait pek çok çalışmada yapılan analizlerde NTE içeriği genellikle dedeksiyon limitinin altında çıkmıştır (Möller, 1989).

Çizelge 5.7 : Batı Erenköy manyezit NTE içerikleri (ppm).

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
DL	0,1	0,1	0,02	0,3	0,05	0,02	0,05	0,01	0,05	0,02	0,03	0,01	0,05	0,01
B1			0,02											
B2														
B3	0,3	0,3	0,03											
B4			0,02					0,01						
B5			0,04											
B6	0,1													
B7	0,2													
B8	0,3	0,2									0,04			
B9			0,02					0,01						
B10	0,4	0,1												
B11	0,6	0,1												
B12	0,3													
B13	0,3	0,2									0,03			
B14														
B15								0,01						
B16			0,04											
B17														
B18			0,02											
B19									0,07		0,06			0,01
B20	0,8		0,04											

Çizelge 5.8 : Doğu Erenköy manyezit NTE içerikleri (ppm).

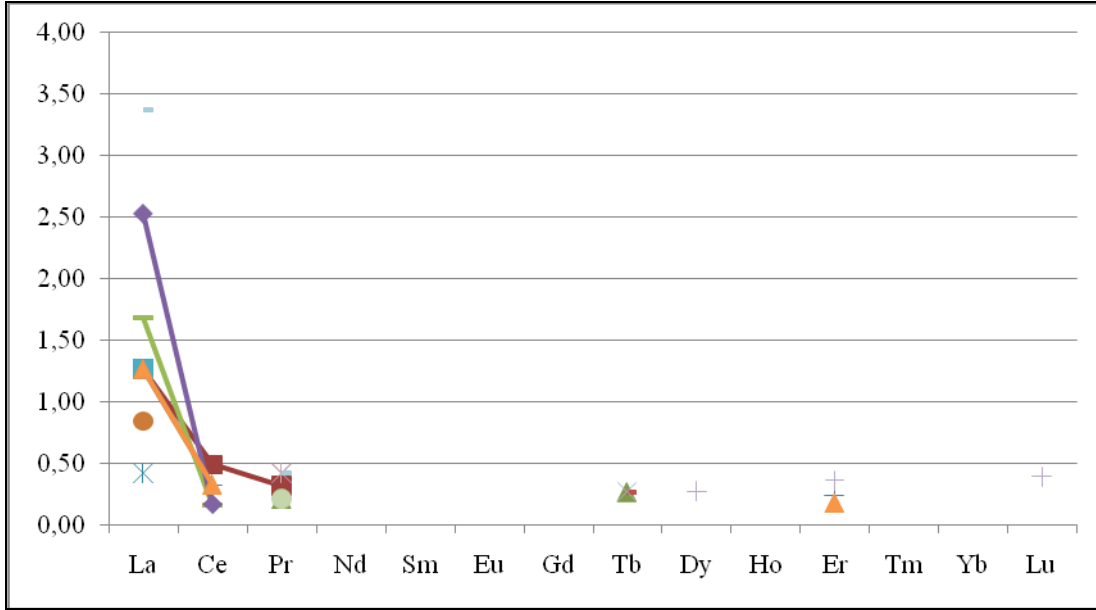
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
DL	0,1	0,1	0,02	0,3	0,05	0,02	0,05	0,01	0,05	0,02	0,03	0,01	0,05	0,01
D1	0,3	0,1	0,02								0,05			
D2	0,2													
D3														
D4	0,1	0,1												
D5			0,02					0,01						
D6	0,1													
D7			0,02					0,01	0,08					
D8	0,4	0,2												
D9	0,2													
D10			0,05											
D11	0,3	0,1	0,02		0,06			0,01						
D12														
D13														
D14	0,1	0,2	0,02											
D15	0,2	0,1												
D16	0,4	0,2	0,02											
D17														
D18														
D19	0,2													
D20	0,3	0,1												
D21	0,4	0,2												
D22			0,10	0,4	0,1		0,11	0,02	0,13		0,12			

Çizelge 5.9 : Erenköy dolomit ve serpantin NTE içerikleri (ppm).

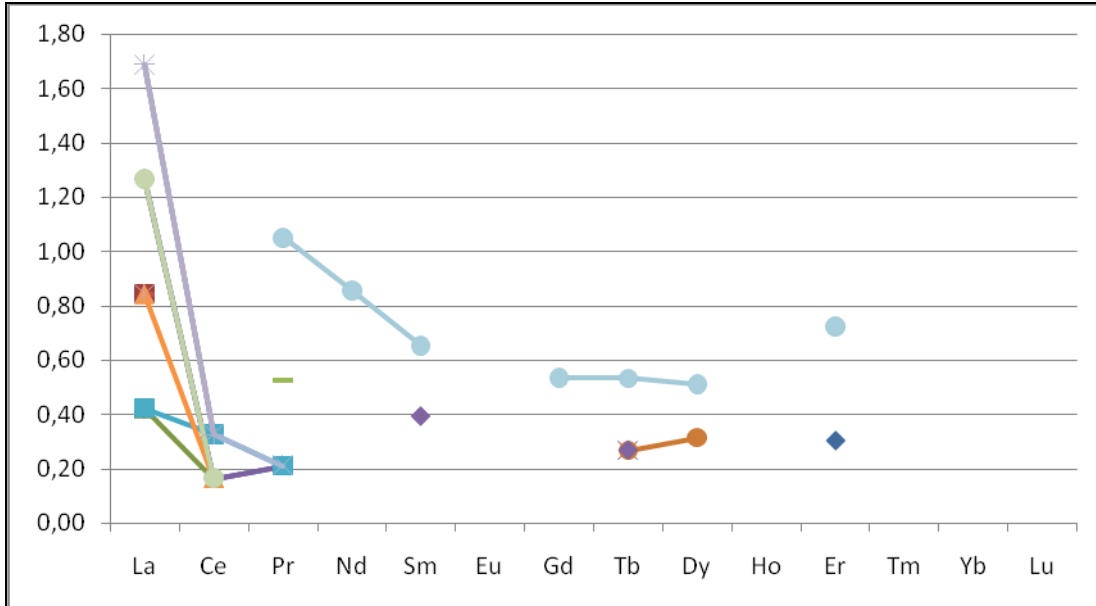
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
DL	0,1	0,1	0,02	0,3	0,05	0,02	0,05	0,01	0,05	0,02	0,03	0,01	0,05	0,01
O1	0,6	0,2	0,04											
O2	0,2	0,2									0,06			
O3	0,4	0,2	0,03	0,3	0,06		0,08	0,01	0,13	0,04	0,13	0,01	0,12	
O4	2,2	3	0,43	1,8	0,33	0,07	0,33	0,05	0,29	0,05	0,22	0,02	0,18	0,03
O5	0,7	0,4	0,03				0,05				0,06			
O6	0,3													
O7	0,8	0,8	0,12	0,4	0,12	0,03	0,09	0,01	0,09		0,08			
O8	0,4	0,3	0,04			0,03	0,12	0,02	0,17	0,05	0,16	0,02	0,17	0,02
O9	0,4	0,2	0,02						0,1		0,07		0,06	
O10	0,85	0,2	0,13	0,95	0,13	0,05	0,23	0,03	0,16	0,06	0,26	0,04	0,17	0,03
O11	2,6	1,2	0,56	2	0,46	0,11	0,54	0,09	0,61	0,12	0,46	0,07	0,47	0,08
O12	2,4	3,3	0,58	2,3	0,41	0,11	0,42	0,06	0,29	0,07	0,19	0,02	0,2	0,02
O13	3,2	2,5	0,6	2	0,43	0,1	0,47	0,07	0,43	0,12	0,26	0,04	0,27	0,05
O14	2,5	2,7	0,35	1,3	0,27	0,13	0,28	0,04	0,31	0,05	0,16	0,02	0,12	0,02
O15	0,5	0,1												
S1	0,4	0,2	0,03											

Möller (1989) ultramafiklere bağlı manyezitlerdeki NTE içeriği hakkında iki noktaya dikkat edilmesini önermektedir; a) NTE ikincil olarak oluşabilecek bazı kil minerallerine bağlı olabilir; b) mineral bileşiminde olabilecek kalsit ve dolomitler iyi incelenmelidir, zira bu iki mineralin NTE'ni yapılarında bulundurma kabiliyetleri daha fazladır. Kil mineralleri genellikle yapılarında yüksek miktarlarda NTE ihtiva edebilmektedirler; böyle bir durumda Rb ve Cs içerikleri kil oluşumlarına belirteç olabilir (Möller, 1989).

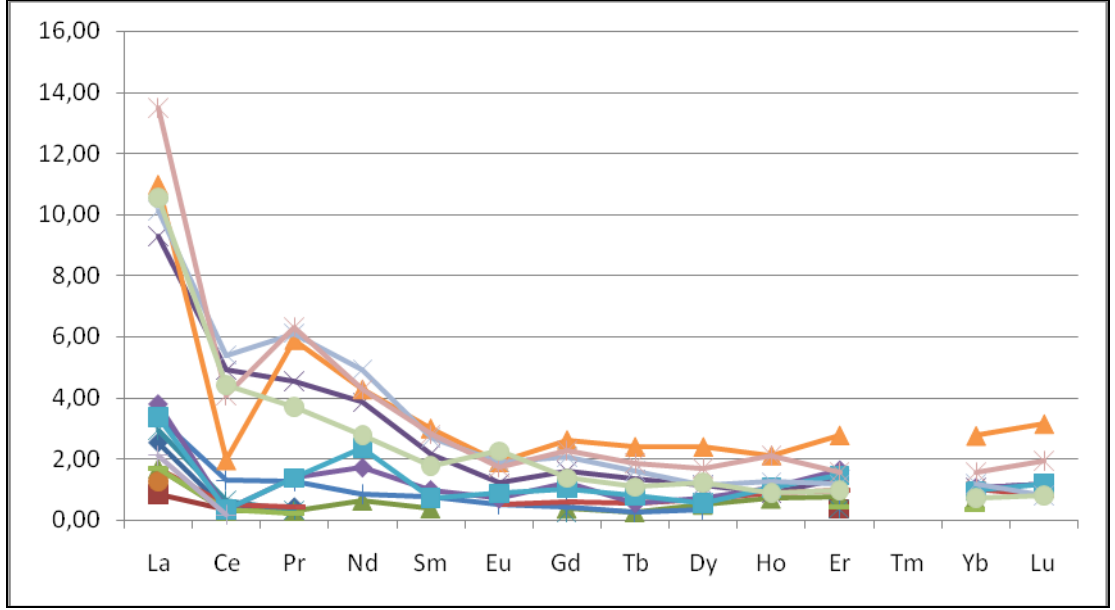
Erenköy manyezit, dolomit ve serpantin oluşumları için NTE içerikleri kondrite göre normalize edilmiş verilerinin diyagramları şekil 5.1, 5.2, 5.3 ve 5.4te verilmiştir. Kondrite normatif değerleri Sun ve McDonough (1989)'dan (Cl kondrit) alınmıştır. Her ne kadar bu çalışmadan daha sonra daha sağlıklı karşılaştırma yapmaya olanak tanıyacak yeni kondrit NTE içerikleri çeşitli çalışmalarda bildirilmiş ise de; genel olarak manyezit NTE çalışmalarında Sun ve McDonough (1989) değerleri kullanıldığından bu yönde tercih kullanılmıştır.



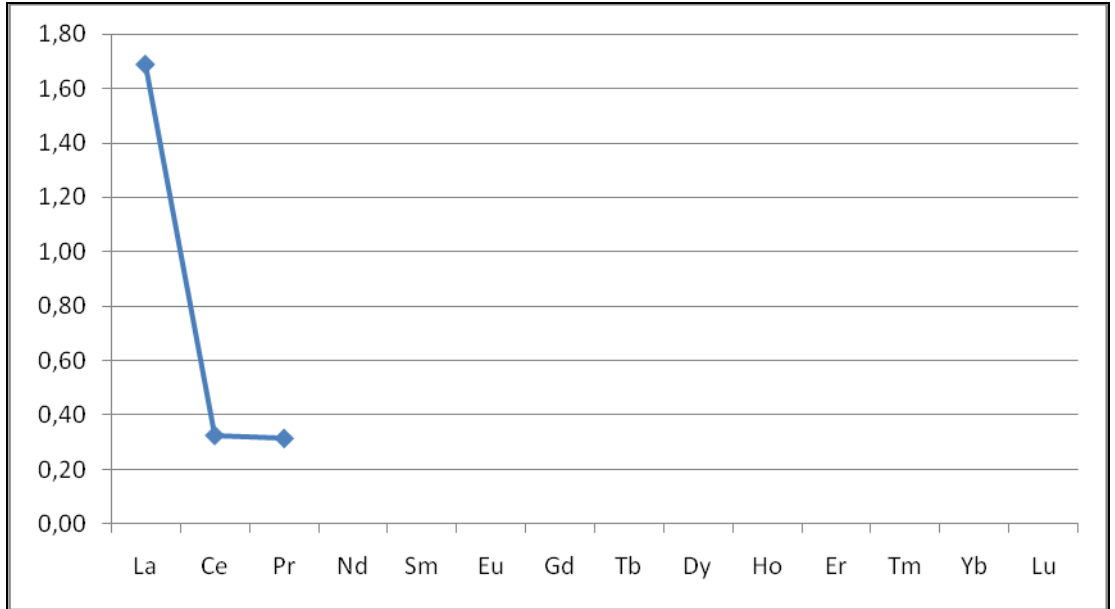
Şekil 5.1 : Batı Erenköy manyezitleri NTE kondrite normalize diyagramı.



Şekil 5.2 : Doğu Erenköy manyezitleri NTE kondrite normalize diyagramı.



Şekil 5.3 : Erenköy dolomitleri NTE kondrite normalize diyagramı.



Şekil 5.4 : Erenköy temsil serpantin NTE kondrite normalize diyagramı.

İnceleme alanında ana kayacı temsil edecek derecede taze tek serpantin örneği NTE normalize diyagramı aynı zamanda altere olmuş ana kayaç peridotitlerdeki NTE davranışını anlatmaktadır. Ana kayalar, manyezitler ve dolomitlerin ilk üç hafif NTE (LREE), özellikle La açısından yüksek içeriğe sahip olduğu görülmektedir. Manyezitler serpantinlerle benzer La içeriğine sahip olmakla beraber (batıda kısmen biraz daha yüksek) dolomitlerde bu oran maksimum 7 katına kadar çıkmaktadır. Dolomitlerdeki bu bağlı zenginleşme bahsedildiği gibi NTE'nin dolomit kafes yapısı içerisinde yer alabilme kabiliyeti ile alakalıdır. Ayrıca manyezit ve serpantinde ilk 3

hafif NTE haricinde davranış izlenemezken, dolomitlerde ağır NTEler (HREE) de dahil olmak üzere bütün seri davranışı izlenebilmektedir.

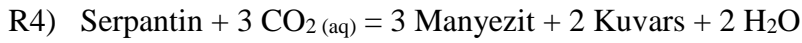
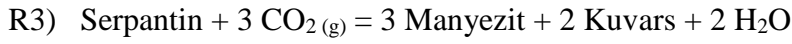
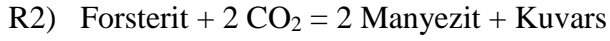
Manyezit ve serpantinler La'dan başlayarak Ce'a bir düşüş ve sabit seyirde Pr'a geçiş şeklinde bir ize sahiptirler. Bu tipik iz ile de zaten belli olduğu üzere manyezitlerin serpantinlerden ve dolayısıyla kaynak altere peridotitlerden türediği bir veri ile daha desteklenmiş olmaktadır. Doğu Erenköy yataklarındaki diğer düzensiz yönelimler bu bölgede beraber bulunan dolomit fazlarından ileri gelmektedir. NTE incelemesinden esas dolomit oluşumları fayda sağlamakta olup, dolomitlerin NTE davranışı diyagramda açık bir şekilde görülmektedir. Buna göre Ce düğüm noktasına bakıldığında ilk başta 4-6 arası ve 0-2 olmak üzere iki ana gruplaşma görülmektedir. Bununla beraber bu gruplar kendi içlerinde de pek çok değişik şekilde davranırlar. Buradan inceleme alanında petrografik verileri de destekler şekilde birden fazla dolomit fazının yer aldığını öne sürebiliriz (bu ilerde izotop jeokimyasında görüleceği üzere dolomitlerin nispeten geniş bir aralıkta değişen $\delta^{13}\text{C}$ verileri sunması ile de desteklenmektedir). İnceleme alanının karbonatlardaki yer yer çok keskin olan Ce (-) anomalileri mineral oluşumlarının denizsuyu veya sedimanlarla temas etmiş ve okside etmiş hidrotermal çözeltiler tarafından gerçekleştiğini göstermektedir (Morteani vd., 1982). Deniz suyu Erenköy oluşumları için söz konusu olamayacağından diğer ihtimal bizim için önem kazanmaktadır. Bu da aynı şekilde ileride görüleceği üzere duraylı izotop verilerini destekler niteliktedir. Eu NTEler arasında önem arz etmektedir ve genellikle diğer NTElere bağlı olmayan bir davranış sergilemekte olup (+) anomalileri (kökeni feldspat olduğu var sayılarak) tekrar hareketlenme – taşınmayı ifade eder (Morteani vd., 1982). Manyezit veya serpantinlerde bunu tespit etmek diyagramlarda görüldüğü üzere mümkün değildir. Dolomitlerde ise Eu +1 ve +2 olmak üzere iki merkezde toplanmıştır. Bir örnek (+) anomali sergilemektedir fakat genel olarak dolomitlerin çok fazla taşınma geçirmediğini öne sürebiliriz. Eu içeriğinin +1 ve +2 değerlerde yükselen bir eğilim sergilemesi ise çeşitli çözeltilerce bölgeye magmatik ya da volkanik kayaç kökenli getirimler olduğunu ifade edebilir.

5.2 Manyezit Oluşumunda Fizikokimyasal Koşullar

Mineral oluşumlarının gerçekleştiği jeolojik koşulları daha iyi anlamak amacıyla manyezit ve ilişkili diğer mineralleri oluşturan kimyasal reaksiyonlar çeşitli

fizikokimyasal değişkenlere göre incelenmiştir. Termodinamik yoluyla veri elde edebileceğimiz en önemli parametreler basınç (jeobarometriye bağlı olarak oluşum derinliğine işaret eder), sıcaklık (jeotermometri ile ilişkili olarak oluşum sırasında termal çözeltilerin varlığı konusunda fikir verir), ürün ve reaktanların aktivite ve fūgasitesidir.

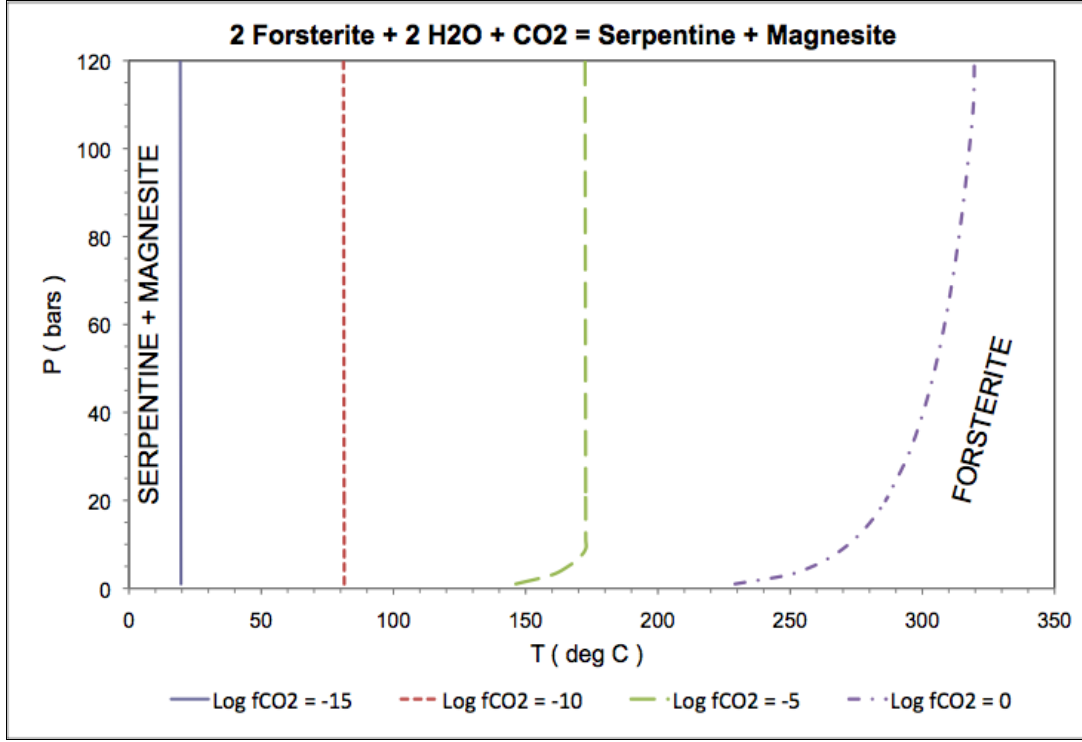
Manyezit oluşumları genellikle olivin ve serpantin gibi ultramafik kayaç minerallerinin alterasyonu sonucu oluşurlar. Bu alterasyon reaksiyonlarının hemen hepsi CO₂ ve HCO₃ içerir. Bu çalışma ultramafik kayaç minerallerinin CO₂ ile olan reaksiyonlarını kapsamaktadır. Bu amaçla aşağıda listelenmiş manyezit oluşturan reaksiyonlar, termodinamik verileri elde etmek amacıyla SUPCRT92 (Johnson, v.d., 1991) yazılımı ile analiz edilmiştir;



SUPCRT92 termodinamik hesaplamalarda hem tekdeğişkenli (değişken basınç ve LogK değerlerine bağlı olarak sıcaklığı hesaplar) hemde çokdeğişkenli (değişken sıcaklık ve basınç değerlerine göre LogK değerlerini hesaplar) eğri yöntemleriyle (univariant curve mode, non-univariant curve mode) çalışabilmektedir. Bu hesaplama aşamalarında basınç aralığı iki safhalı olarak ayarlanmıştır; a) 1-20 bar arasında ikişer aralıklı seri, b) 20-120 bar arasında onar aralıklı seri. Hesaplamalarda iki farklı seri kullanılmasının sebebi düşük basınçta denge sıcaklığının hızlı değişim geçirmesi dolayısıyla daha yüksek bir hesaplama hassasiyeti yakalayabilmek içindir. 120 bar basınç jeobarometrik gradyana göre (0,265 bar/m.) yaklaşık 450 m. derinliği temsil etmektedir. Bu derinlik değeri önceki çalışmalarda manyezit mineral oluşumları için belirtilen 300 m. derinlik göz önüne alınarak, kapsamlı incelemek amacıyla bir buçuk katı alınarak kararlaştırılmıştır.

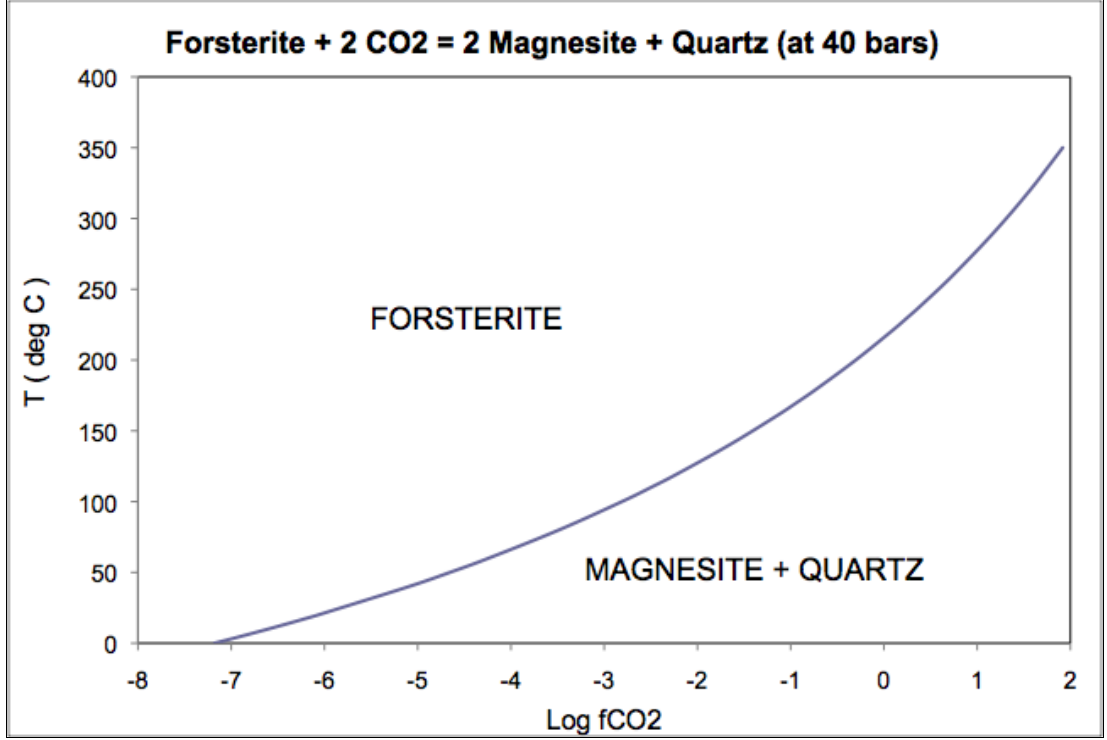
Serpantinle beraber olivinden manyezit oluşum reaksiyonu (R1) değişik CO₂ fūgasite değerlerine bağlı olarak geniş bir basınç ve sıcaklık aralığında oluşur (şekil 5.5). Fūgasitenin artışıyla manyezit ve serpantinin duraylılık alanı artıyor olması dikkat çekicidir. Düşük sıcaklık ve CO₂ fūgasite seviyelerinde basınç değişiminin reaksiyonun dengesine herhangi bir etkisi olmadığını gözlemlenmekle birlikte bu parametrelerin daha yüksek seviyelerinde basınç artışının manyezit ve serpantin

duraylılık alanlarının genişlediği görülmektedir. Fakat olivinden manyezit ve kuvarsin oluştuğu reaksiyon R2’de durum böyle değildir (şekil 5.6). Bu reaksiyonda tüm sıcaklık ve CO₂ fūgasite aralığında basınç artışının dengeye bir etkisi olmadığı gözlemlenmektedir. CO₂ fūgasitesinin artışı ile manyezit ve kuvarsin duraylılık alanı artmakta diğer yandan artan sıcaklık ise bu minerallerin duraylılık alanını azaltmaktadır.

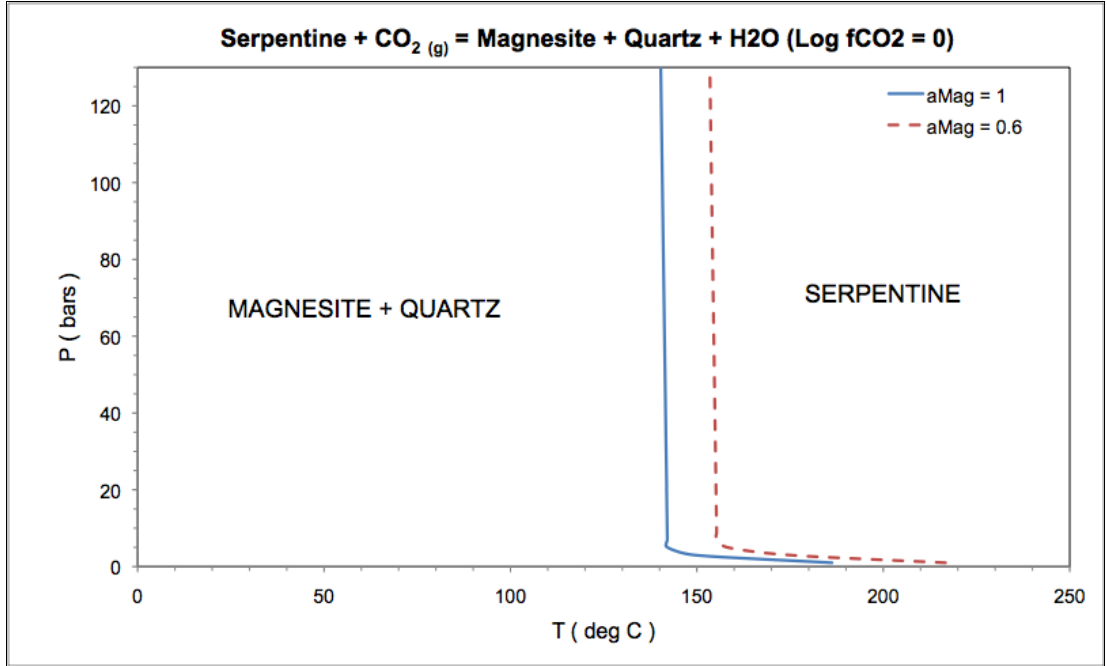


Şekil 5.5 : Forsterit ve Serpantin + Manyezitin P, T ve Log fCO₂ açısından duraylılık alanları.

En çok karşılaşılan ana kayaç minerali olan serpantin CO₂ ile manyezit ve kuvarsin ve diğer SiO₂ polimorfları oluşturan reaksiyonları oldukça önemlidir. ESEM analizlerinde tek tek incelenen manyezit minerallerinde katyonlar açısından Mg⁺²’nin her zaman baskın olmadığı ve Ca, Fe ve Mn gibi elementlerin Mg⁺² ile yer değiştirdiği görülmüştür. Termodinamik hesaplamalarda manyezit aktivitesi kimyasal analizler sonucunda elde edilen manyezit mol fraksiyonuyla ilişkilendirilebilir. Saf manyezitin aktivitesi 1dir. Bu yolla manyezit minerallerinde tespit edilen en düşük aktivite 0,6 olarak tespit edilmiştir. Serpantin ve CO₂ reaksiyonuyla manyezit ve kuvarsin oluşumunu temsil eden R3 reaksiyonu da bu şekilde işleminden geçmiştir (şekil 5.7). Görüldüğü gibi manyezit aktivitesi düştükçe, manyezit ve kuvarsin duraylılık alanları artmaktadır.



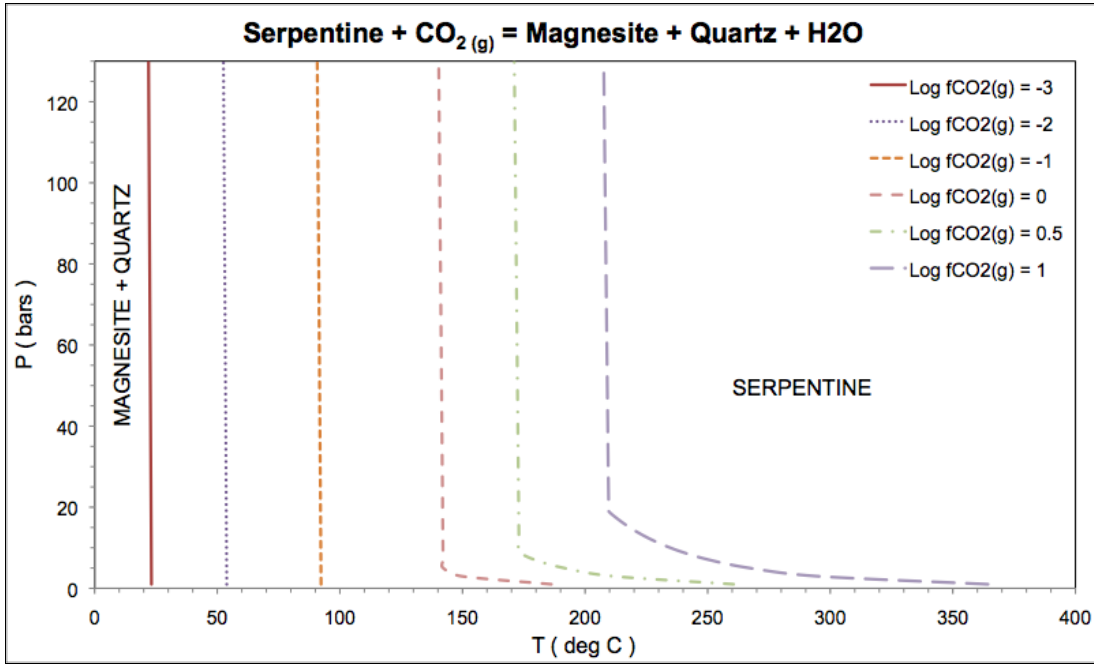
Şekil 5.6 : P = 40 barda forsterit ve manyezit + kuvarsın T ve Log fCO₂ya bağlı olarak duraylılık alanları.



Şekil 5.7 : Log fCO₂ = 0 iken serpantin ve manyezit + kuvarsın P, T ve manyezit aktivitesine bağlı olarak duraylılık alanları.

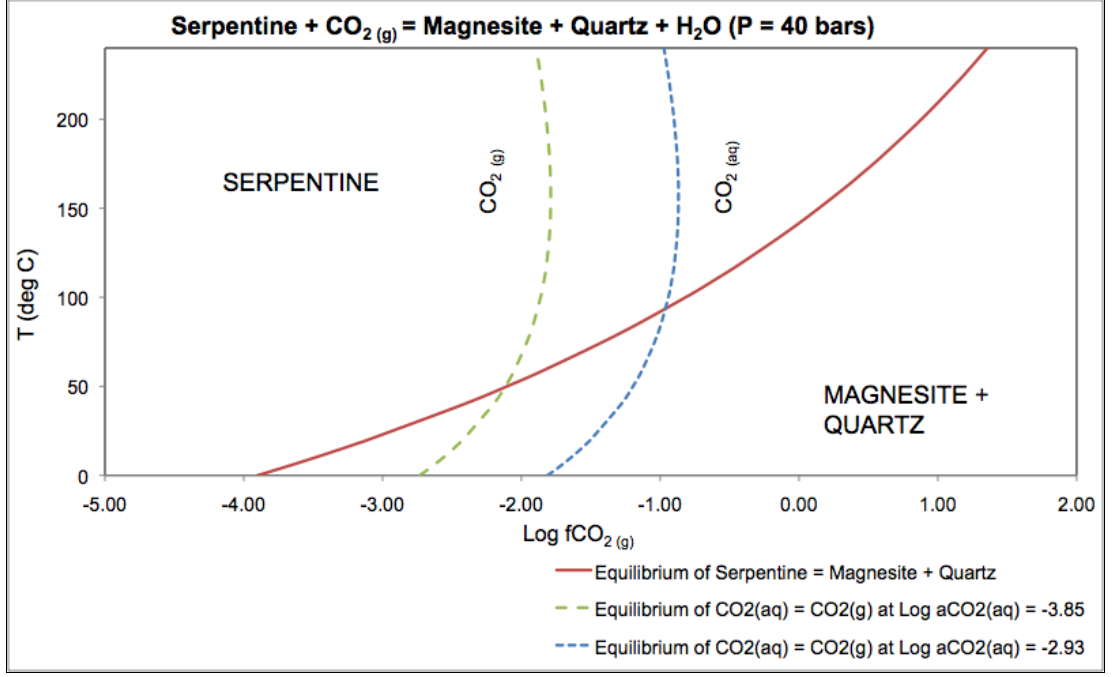
Serpantin reaksiyonlarında basıncın CO₂ fugasitesine göre değişimi de, olivin reaksiyonlarındaki karakteristiğinin tam tersi olarak gözlemlenmiştir (şekil 5.8). Yüksek sıcaklıklarda basınç ve sıcaklık artışı manyezit ve kuvarsın duraylılık

alanlarında düşüşe eşlik etmekte fakat CO₂ fugasite artışı ise bu minerallerin duraylılık alanlarını genişletmektedir.

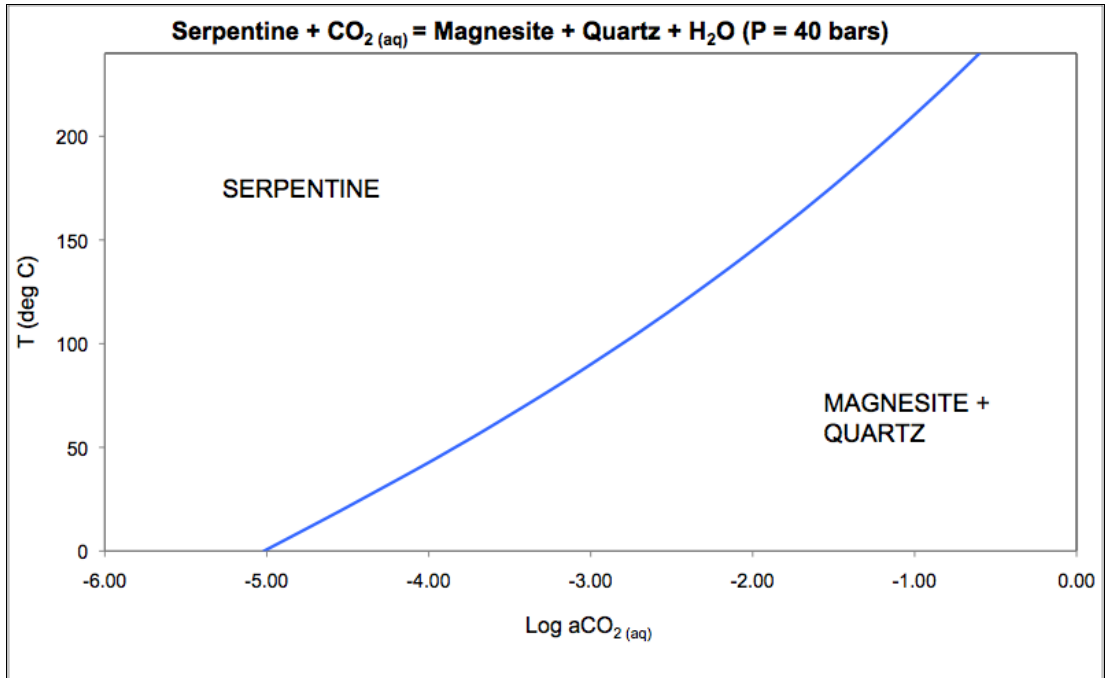


Şekil 5.8 : Serpantin ve manyezit + kuvarsın P, T ve Log fCO₂ açısından duraylılık alanları.

Serpantinin çözelti CO₂ ile reaksiyonu (R4) da ayrıca değerlendirilmiştir (şekil 5.10). Güncel kuzeybatı Anadolu termal sularının CO₂ aktivite değerleri Mutlu ve Güleç (1998)'den alınmıştır. Güncel HCO₃⁻ değerleri 194 – 1647 ppm arasında değişmektedir. Bu değerlerden çözelti CO₂ seviyeleri hesaplanarak Log aCO_{2(aq)} değerleri -3.85 ila -2.93 olarak tespit edilmiştir. Şekil 5.9'te CO_{2(g)} ve CO_{2(aq)} dengesi bu değerlere göre hesaplanmıştır.

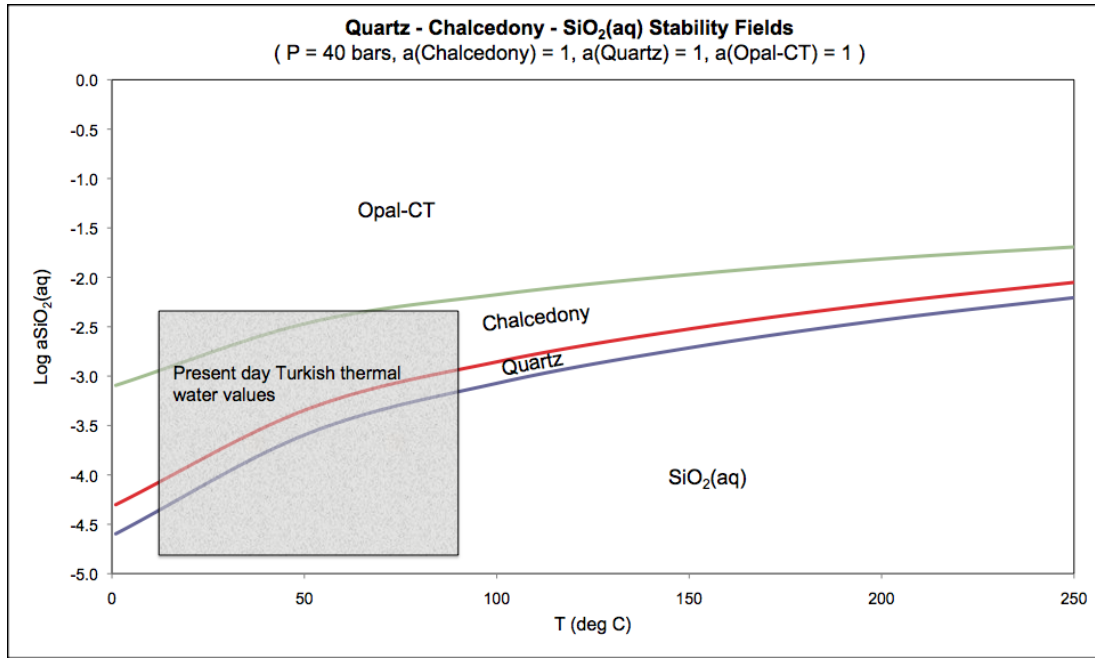


Şekil 5.9 : P = 40 barda serpantin ve manyezit + kuvarsın T ve Log fCO₂'ne bağlı olarak duraylılık alanları.



Şekil 5.10 : P = 40 barda çözelti CO₂ ile reaksiyona giren serpantin ve manyezit + kuvarsın T ve Log aCO₂(aq)'ne bağlı olarak denge alanları.

Kuvars, kalsendon ve opal-ctnin çözelti SiO₂ ile reaksiyonu sonucu denge alanları ile güncel kuzeydoğu Anadolu termal suları değerleri şekil 5.11'da karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.11 : P = 40 barda $\text{SiO}_2(\text{aq})$, kuvars, kalsedon ve opal-ctnin, T ve Log $a\text{SiO}_2(\text{aq})$ 'ne bağlı olarak denge alanları (minerallerin aktiviteyi 1 olarak kabul edilmiştir).

Genel olarak manyezit duraylılığı düşük sıcaklık karakterli geniş bir alanı kapsamakta ve CO_2 fūgasitesine (çözelti CO_2 etkileşiminde ise aktivitesi) bağlı olarak değişmektedir. CO_2 fūgasitesindeki artış duraylılığı arttırmakta fakat sıcaklık artışı azaltmaktadır.

Manyezitin serpantinlerle beraber alterasyon ürünü olarak yaygın bulunması da düşük sıcaklık ve nispeten yüksek CO_2 fūgasitesinin hakim olduğu oluşum koşullarına işaret etmektedir. Bu bulgu Pohl (1989) tarafından oksijen izotop verilerinden elde edilen 80 °C sıcaklıkla uyusmaktadır.

Basıncın bu düşük sıcaklık koşullarında duraylılığa etkisi gözükmemesine rağmen, Kraubath tipi oluşumların genel olarak en fazla 300 m. derinliğe ulaşabildiği görülmüştür. Bu derinliği control eden başka bir etkenin varlığına işaret etmektedir. Bu oluşumların yüzey ve yüzeye yakın koşullarda 80 °C sıcaklıkta, jeotermal gradyanın işaret ettiği sıcaklıktan çok daha yüksek bir sıcaklıkta var olması, jeotermal suların belirtilen sıcaklığa ulaşmasında derin bir ısı kaynağının varlığına işaret etmektedir.

Oluşum sıcaklığı olarak varsayılan 80 °C'de reaksiyonlar değişik Log $f\text{CO}_2$ değerleri açısından test edilmiştir. R1 reaksiyonun gerçekleşmesi için en düşük Log $f\text{CO}_2$ değeri -10 olup R2 için -3,1 ve R3 için -1,15tir. İnceleme alanında gerek makro

gerekse mikroskopik gözlemlerde serpantin son derece yaygın bir yan faz olarak görülmekte fakat olivine çok nadiren rastlanmaktadır. Bu verilerin ışığında serpantinlerin düşük CO₂ içerikli bir rejimde ilksel olarak peridotitlerden altere oldukları ve sonrasında manyezitlerin serpantin ve kalıntı peridotitleri altere ettiği düşünülebilir. Dolayısıyla eğer oluşum sıcaklığı 80 °C olarak ele alırsak manyezit oluşumları ve serpantinlerin genel olarak alterasyonu sırasında CO₂ fugasitesinin 0,1 ya da daha yüksek değerlerde olduğu söylenebilir. Bu derinden gelen çözeltilerin yüzeye çıkarken aniden içeriklerindeki CO₂'in gaz fazına geçmesi olayıyla alakalı olabilir.

Bunun yanında inceleme alanında silisli minerallerden yaygın olarak bulunan opalct'nin oluşumu için -2,2 civarında Log aSiO_{2(aq)} değerleri gerekmektedir. Bu değer güncel kuzeybatı Anadolu termal suların en üst seviyedeki değeri olan -2,2'den daha yüksektir (Mutlu ve Güleç, 1998). Bu da, manyezitlerin oluşum yaşı olan Geç Kretase – Neojen döneminde bölgedeki termal sular vasıtası ile silis getiriminin daha yüksek olduğuna işaret eder. Bunun sebebi bölgede tektonik faaliyetlerin yaygın olması sonucu gelişen ileri derecede ayrışma ve alterasyon olayları olarak düşünülmektedir.

5.3 İzotop Jeokimyası

Manyezit oluşumu direk olarak serpantin'in CO₂ içeren suların etkisiyle alterasyonu ya da yine serpantin'den çözülen Mg⁺² iyonlarının çatlak ve boşluklarda CO₂ ile reaksiyona girerek çökmesi ile gerçekleşmektedir. Dolomit ise yine benzer şekilde Ca⁺² iyonlarının CO₂ ile reaksiyonu ile çatlak ve fay boşluklarında çökeltmektedir. Termodinamik hesaplamalarda da görüldüğü gibi manyezit oluşumunu kontrol eden en önemli faktör ortamdaki CO₂'in yeterli içerikte bulunmasıdır.

Karbonat minerallerinin oluşumunda rol oynayan CO₂'in ve dolayısıyla CO₂ içeren suların kökenini, yani geldiği ortamı tespit etmek, mineralizasyonların jeolojik evriminin anlaşılmasında temel noktadır. Bu sebeple karbonat minerallerinde δ¹³C ve δ¹⁸O duraylı izotop içeriklerinin saptanması oldukça sık kullanılan ve kökene yönelik kesine yakın sonuçların alındığı, diğer mineralojik ve jeokimyasal bulguları da destekleyen bir yöntemdir.

İnceleme alanından alınan manyezit örnekleri İTÜ Jeokimya Laboratuvarlarında kırılıp, öğütülüp, 120 °C’de etüvde kurutulmuş ve Geochron Labs (Massachusetts – A.B.D.) firmasına $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ tayini için gönderilmiştir.

Toplam 20 örnek, Doğu Erenköy (7 adet), Batı Erenköy (8 adet) ve Erenköy Dolomitleri (5 adet) olmak üzere üç farklı gruptan seçilmiştir. Değişik habitüs tiplerinin kökene yönelik olası bağlantısını araştırmak amacıyla, örnekler mümkün olduğunca masif ve karnabahar karışık olarak seçilmiştir. Gönderilen manyezit örnekleri majör oksit element analizleri ve/veya XRD analizleri yapılmış numunelerden seçilmiştir. Manyezit örneklerinde dolomit ve kalsit; dolomit örneklerinde ise manyezit ve kalsit gibi diğer karbonat fazlarının bulunmamasına ya da sadece eser miktarda bulunmasına önem gösterilmiş böylece tayin sırasında $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ karışması ile gerçek dışı sonuçların alınması ihtimalinden kaçınılmıştır.

Analizde sonuçlarında kullanılan standartlar; $\delta^{13}\text{C}$ için PDB (Pee Dee Belemnite) ve $\delta^{18}\text{O}$ için SMOW’dur (Standart Mean Ocean Water). Örnekler vakumda 95 °C’de 100% fosforik asitte çözündürülmüş ve CO_2 serbest kalmıştır. Yakalanan CO_2 çift girişli, üç kolektörlü bir izotop kütle spektrometresiyle analiz edilmiş ve izotop oranları bulunmuştur. Oksijen izotop oranı, asit çözündürmesindeki fraksiyonlaşma için standart fraksiyonlaşma faktörü ($\text{CO}_2/\text{manyezit} = 1,0047$) kullanılarak düzeltilmiştir. Sonuçların hesaplanmasında aşağıdaki genel formül kullanılmaktadır;

$$\delta R_{\text{örnek}} (\text{‰}) = [(R_{\text{örnek}}/R_{\text{standart}})-1] \times 1000 \quad (R: \text{oran})$$

Analiz sonuçları; Batı Erenköy çizelge 5.10, Doğu Erenköy çizelge 5.11 ve Erenköy Dolomitleri çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.10 : Batı Erenköy manyezit oluşumlarının $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri

	$\delta^{13}\text{C} - \text{PDB} (\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O} - \text{SMOW} (\text{‰})$
MB1	7,9	30,3
MB2	7,6	32,5
MB3	5,7	32,2
MB4	6,7	29,6
MB5	8,0	31,8
MB6	6,1	32,4
MB7	5,1	32,4
MB8	6,5	31,3
<i>Ort.</i>	6,7	31,6

Batı Erenköy manyezit oluşumları $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} (\text{‰})$ sonuçları +5,1-8,0 arasında değişmekte olup ortalama +6,7 değere sahip ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} (\text{‰})$ sonuçları +29,6-32,5

arasında değişmekte olup ortalama +31,6 değere sahiptir. Doğu Erenköy yatakları ise batıdan çok farklı $\delta^{13}\text{C}$ fakat benzer $\delta^{18}\text{O}$ içeriğine sahiptir. $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰) sonuçları -9,1 ile -7,7 arasında değişmekte olup ortalama -8,4 ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (‰) sonuçları +31,1-32,7 arasında değişmekte olup ortalama +31,9 değere sahiptir.

Çizelge 5.11 : Doğu Erenköy manyezit oluşumlarının $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri

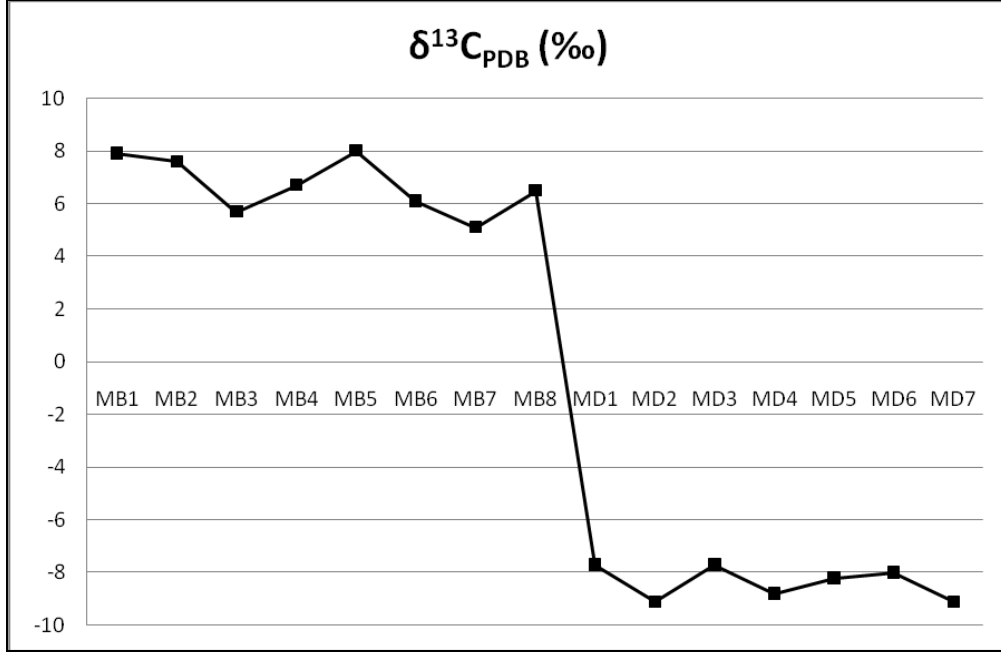
	$\delta^{13}\text{C} - \text{PDB} (\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O} - \text{SMOW} (\text{‰})$
MD1	-7,7	32,7
MD2	-9,1	32,1
MD3	-7,7	32,0
MD4	-8,8	31,1
MD5	-8,2	31,9
MD6	-8,0	31,8
MD7	-9,1	31,9
<i>Ort.</i>	-8,4	31,9

Erenköy dolomitleri duraylı izotop içerikleri manyezitlerden farklılık sergilemektedirler. $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰) değerleri -7,2 ile -4,8 arasında değişmekte olup ortalama -6,4 değere sahip ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (‰) sonuçları +25,7-27,9 arasında değişmekte olup ortalama +26,7 değere sahiptir.

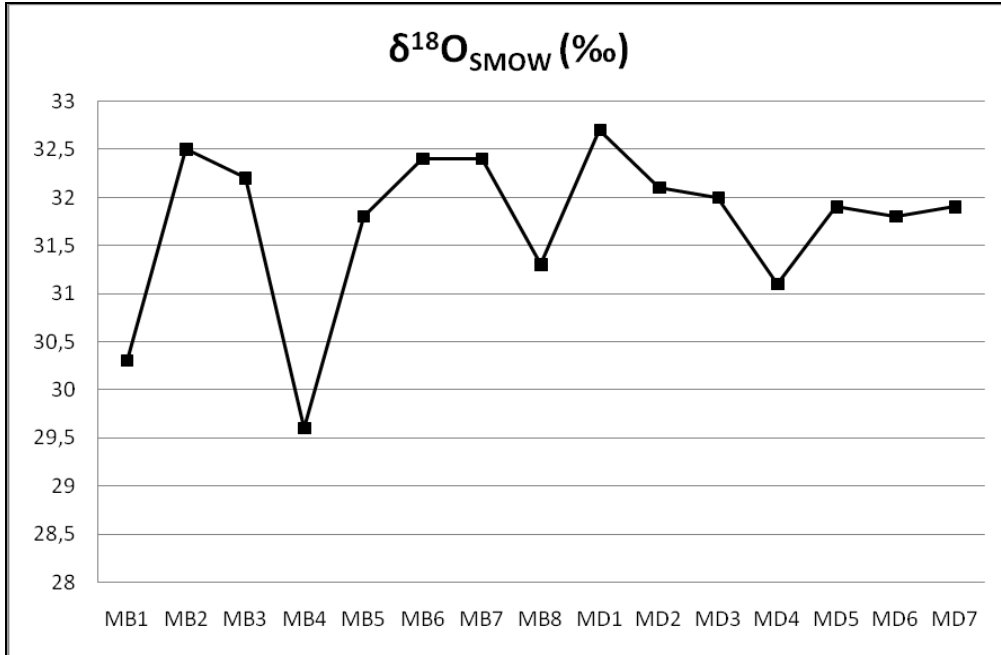
Çizelge 5.12 : Erenköy dolomit oluşumlarının $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri

	$\delta^{13}\text{C} - \text{PDB} (\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O} - \text{SMOW} (\text{‰})$
D1	-6,7	27,9
D2	-7,2	25,7
D3	-6,9	26,0
D4	-4,8	27,2
D5	-6,4	26,8
<i>Ort.</i>	-6,4	26,7

Erenköy manyezitlerinin $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰) ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (‰) değişim diyagramları şekil 5.12 ve 5.13'te verilmiştir. Aynı ayrı yataklara ait $\delta^{13}\text{C}$ değerleri kendi aralarında yakınlık göstermelerine ve belli dar aralıklarda toplanmalarına rağmen iki yatak değerleri arasındaki yüksek fark belirgindir. $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ise genellikle tüm Erenköy manyezitleri için benzer olup bazı noktalarda düşük değerler vermektedirler.



Şekil 5.12 : Erenköy manyezitleri $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰) değişim diyagramı.

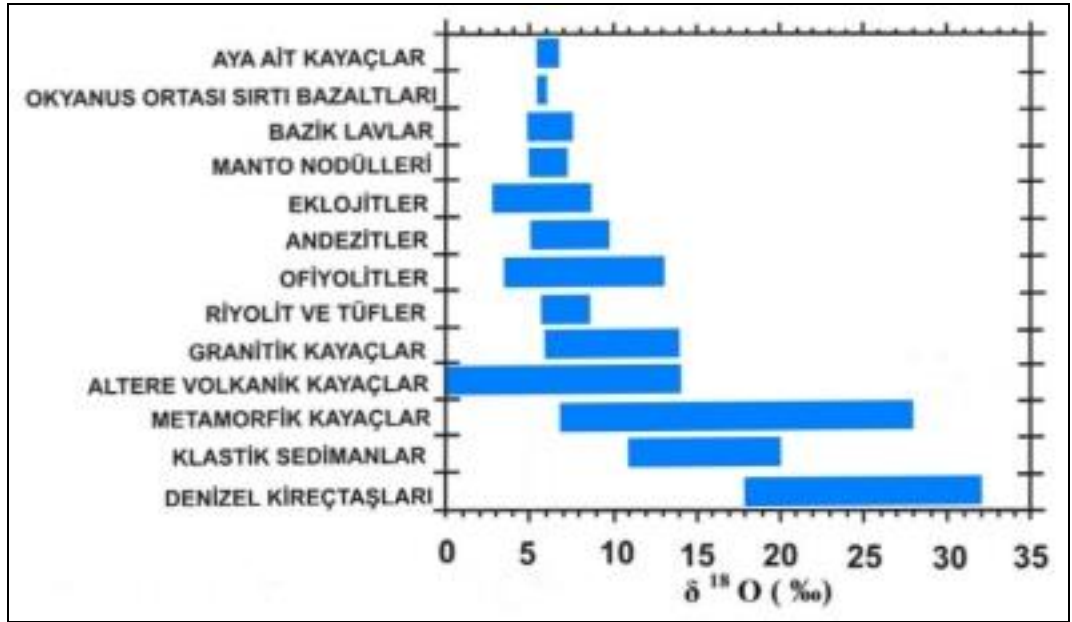


Şekil 5.13 : Erenköy manyezitleri $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (‰) değişim diyagramı.

İzotop Jeokimyası Verilerinin Yorumlanması

Analiz sonuçlarında ilk dikkat çeken husus Doğu ve Batı Erenköy manyezit oluşumları arasındaki karbon izotop içerik farkıdır. Batı Erenköy manyezitleri oldukça ağır karbon içermektedir. Türkiye ultrabaziklere bağlı ağsal – damar tipi manyezitlerinde bu kadar ağır karbon içeriği ilk defa bu çalışmada tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda ağsal tipte manyezitlerde en ağır karbon içeriği Burdur – Arapömer deresi'nde -0,4 – +1,4 olarak görülmektedir (Zedef vd., 2000).

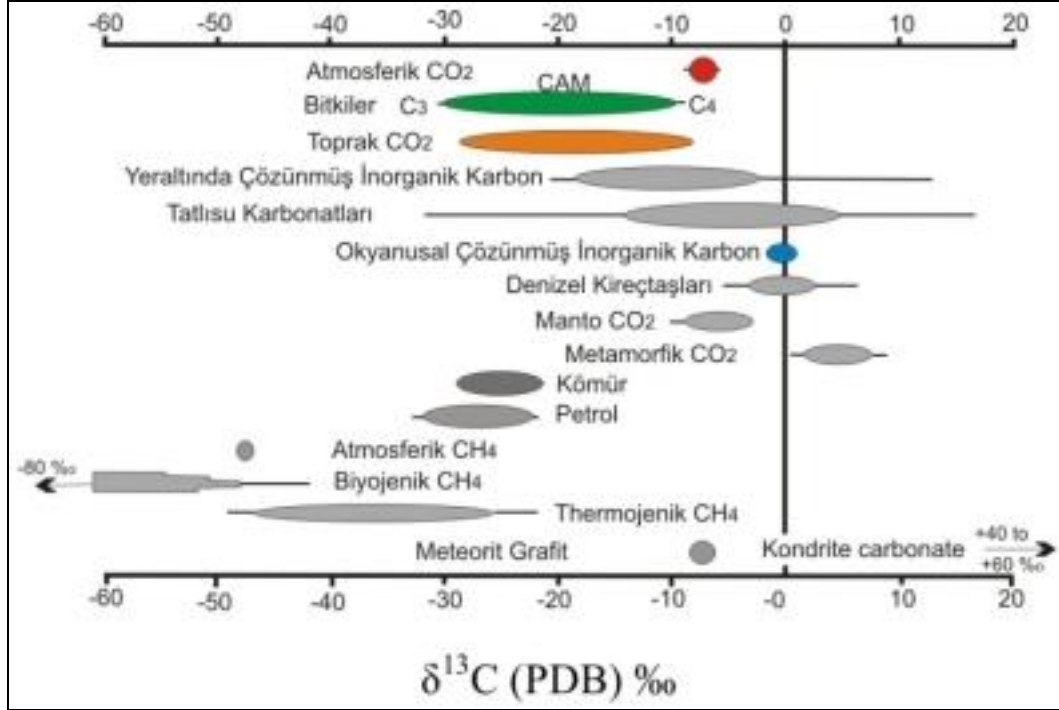
Değişik ortamlarda oluşan kayalardaki $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri şekil 5.14'te verilmiştir (Criss, 1999). Güncel okyanus suları ortalama değeri (SMOW) standart değer 0 olarak kabul edilmiştir. Bununla beraber evaporasyonun hakim olduğu göllerde ve atmosferik etkilerle bu değer daha da yükselebilmektedir. Genel olarak karbonatlı kayaların $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri; kaynak çözeltinin izotopik değeri ve kayacın oluşum sıcaklığına bağlı olarak çözelti – kayaç arasındaki izotopik fraksiyonlaşma derecesine göre değişim gösterirler. Bu prensipten yararlanılarak kayaların oluşum sıcaklığı tahmin edilebilir. Buna göre $\delta^{18}\text{O}$ değerlerindeki değişimler aynı zamanda çökeltme koşulları içerisinde yaz – kış ayları ayrımı ya da sıcak – soğuk dönemlerin ayrımına da işaret edebilmektedir (O'Neil ve Barnes, 1971).



Şekil 5.14 : Çeşitli kayaç ve ortamlardaki $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri (Criss, 1999)

Bitki, organikler ve bunlardan türeyen, organik malzemece zengin kayalarda genellikle ^{12}C oranı nispeten daha yüksek ve ^{13}C oranı daha düşüktür. İnorganik malzeme oranı arttıkça ^{13}C oranı da artar. Okyanusal çözünmüş inorganik $\delta^{13}\text{C}$ içeriği PDB standartına göre ~ 0 'a denk gelmektedir (Şekil 5.15) (Clark ve Fritz, 1997), Pee Dee Belemniti (PDB) $\delta^{13}\text{C}$ analizlerinde uluslararası standart = 0 noktası olarak kabul edilmiştir. Denizel karbonatlı kayaçlar yaklaşık $-4 - +4$ arası $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine sahiptirler. Genel olarak metasomatizma ve evaporasyon ile ^{13}C oranının daha da arttığı bilinmektedir. Buna karşın artan metamorfizma derecesi ^{13}C içeriğinin tükenmesine yol açmaktadır (Schroll, 2002). Şekilde görülmeyen önemli bir veri; anaerobik fermentasyon sonucu ortaya çıkan metana ait olan yaklaşık $+15 \delta^{13}\text{C}$

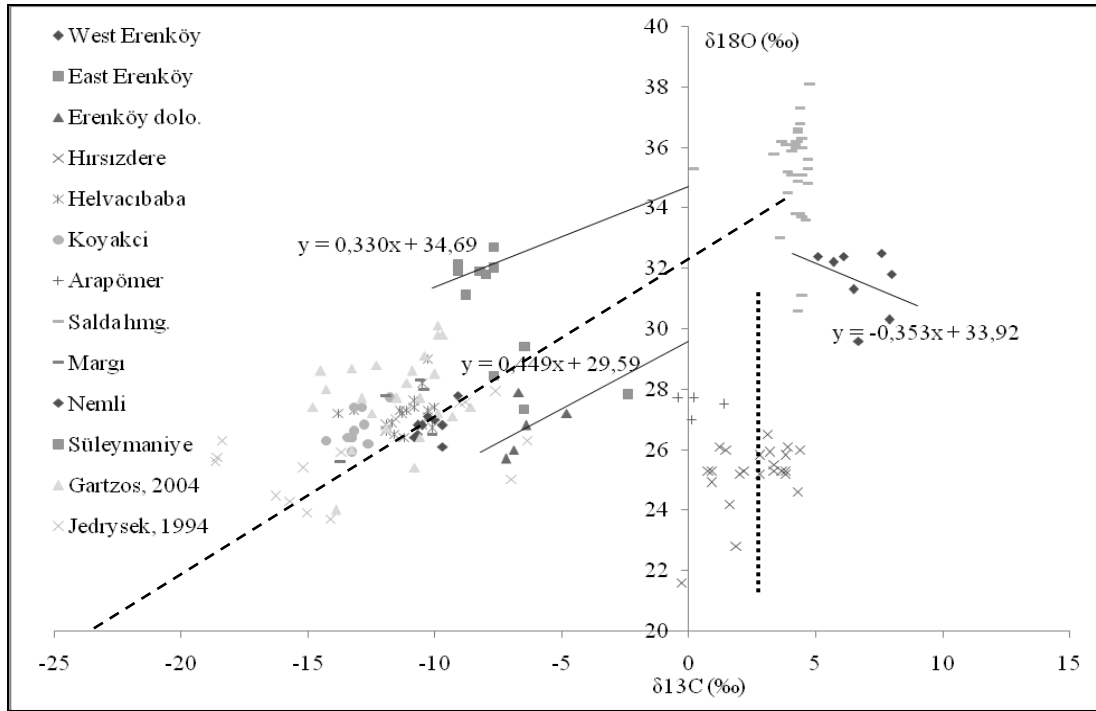
içeriğidir (Schroll, 2002). Metasomatik kökenli sparitik manyezitler ve evaporitlerde oluşan ince taneli manyezitler de oldukça ağır karbon içeriğine sahiptirler (Kralik vd., 1989).



Şekil 5.15 : Çeşitli kayaç ve ortamlardaki $\delta^{13}\text{C}$ içerikleri (Clark ve Fritz, 1997)

Türkiye’de bilinen en ağır karbon oranları +0,2-4,8 ile Salda hidromanyezitleri, +0,8-4,3 ile Hırsızdere manyezitleri (sedimanter), +5,3-7,2 ile Pamukkale travertenleri ve -0,2 – +5,2 ile Kocabaş travertenlerine aittir (Zedef vd., 2000). Capedri vd. (2004) Akdeniz bölgesi ülkelerinde çeşitli mermerlerden $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleri yapmıştır. Buna göre inceleme alanına yakın bölgelerden, Balıkesir – Kocasu’da +4,02-4,14, Balıkesir-Manyas’da 3,62-3,92, Afyon’da +1,75 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ değerleri elde edilmiş olup çalışmada Akdeniz çevresi genelinde en yüksek $\delta^{13}\text{C}$ oranı +4,73-5,20 ile Paros adasına aittir (Capedri vd., 2004). Ayrıca Likya napılarında yapılan bir diğer çalışmada alloktan rekristalize kireçtaşlarından +1,5-3,6 ve ağsal kalsit damarları ile kesilmiş ofiyolitik melanjdan ~ -9 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ sonuçları bulunmuştur (Mucchez vd., 2003). Yunanistan Servia Basın gölsel karbonatları $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ değerleri de +0,3-10,0 arasında olup oldukça yüksektir (Zachmann, 1989). Metasedimanlara bağlı sparitik manyezitler ise -6 – +7 arasında ^{13}C içeriklerine sahiptirler (Schroll, 2002). Ultramafiklere bağlı dikkat çeken bir diğer örnek Oshve – Bosna Hersek’te dasit daykı ile kesilmiş manyezitler olup +3 (‰) ^{13}C içmektedirler (Fallick, 1991).

Türkiye manyezitleri ve diğer magnezyum karbonatları – karbonatlı kayaçlarında en detaylı duraylı izotop çalışması Zedef vd. (2000) tarafından yapılmıştır. Zedef vd. (2000) Konya ve çevresi manyezit provensine ait ultramafiklere bağlı sedimanter ve ağısal oluşumlarda çalışmışlar ve manyezitlerin olası kökenine yönelik; üç farklı ve belirgin duraylı izotop içeriğine ait köken olduğunu öne sürmüştür; a) *Atmosferik CO₂*: Atmosferde -7 olan CO₂ δ¹³C_{PDB} içeriği fraksiyonlaşma sonucu 20 °C sıcaklıktaki bir gölsel karbonatta ‰ +4 olacaktır (O'Neil ve Barnes, 1971; Zedef vd., 2000), ~ +4 ‰ δ¹³C ve ~ +35 ‰ δ¹⁸O içeriğiyle Salda Gölü hidromanyezitleri bu merkezde yer almaktadır; b) *Organikçe Zengin Sedimanların Dekarboksilasyonu*: Tipik merkez noktası -20 δ¹³C_{PDB} ve +22 δ¹⁸O_{SMOW} olan (Fallick (1991) tarafından Türkiye ve eski Yugoslavya manyezit duraylı izotop verilerinin regresyon eğrisi üzerinde iz düşürülmesiyle tahmin edilmiştir) bu tip yataklarda organikçe zengin sedimanların yer altı suları vasıtasıyla çözülmesi ile mineral oluşumundan sorumlu çözeltiler hafif karbon açısından zenginleşir. Türkiye, eski Yugoslavya Cumhuriyetleri, Yunanistan, Polonya gibi Alpin orojenez kuşağındaki ülkelerin ultramafiklere bağlı kriptokristalen ağısal ve damar tipinde manyezit yatakları bu regresyon eğrisine uyumlu şekilde yer almaktadır; c) *Karbonatlı Kayaçlardan Çözünen CO₂*: Derindeki kireçtaşı, mermer gibi denizel karbonatlı kayaçların muhtemelen kontak metamorfizma gibi olaylar sonucu dekarboksilasyonu ve açığa çıkan bu CO₂'in çözeltilerle yukarı taşınması ile oluşum (Zedef vd., 2000). Bununla beraber pek çok yatak atmosferik CO₂ ile organikçe zengin sedimanların dekarboksilasyonu ile ortaya çıkan CO₂ karışması ve yine atmosferik CO₂ ile karbonatlardan gelen CO₂'in karışması sonucu bu uç merkezlerin aralarındaki alanlarda yer almaktadırlar (Zedef vd., 2000). Önceki çalışmalara ait ve bu çalışmada bulununan duraylı izotop değerleri Şekil 5.16'da verilmiştir.



Şekil 5.16 : Erenköy manyezit ve dolomit oluşumları, eğilim çizgileri ile birlikte önceki çalışmalardan manyezit – hidromanyezitlerin $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ verileri diyagramı (Hırsızdere, Helvacıibaba, Koyakçı, Arapömer, Salda hidromanyezitleri : Zedef vd., 2000; Margı, Nemli : Ece vd., 2005; Süleymaniye : Yılmaz ve Kuşçu, 2008; Yunanistan verileri : Gartzos, 2004; Polonya verileri: Jedrysek, 1994; eski Yugoslavya – Türkiye manyezitleri regresyon eğrisi (atmosferik ve organikçe zengin sedimanlar kaynaklı CO_2 karışımını ifade eder (kesikli çizgi)): Fallick, 1991; Atmosferik ve kireçtaşları kaynaklı CO_2 karışımını ifade eden dik eğilim hattı (noktalı çizgi): Zedef vd., 2000).

Şekilde 5.16’da görüldüğü gibi Doğu Erenköy manyezitleri ve dolomitler Fallick (1991) regresyon eğrisine uymaktadırlar, yalnızca manyezitlerde $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ içeriği daha yüksektir. Bu oluşum sıcaklığının daha düşük olduğunu ifade eder. $\delta^{18}\text{O}$ içeriklerinde gözlenen yer yer düşük değerler, oluşumdan sorumlu çözeltilerin daha sıcak olması ile alakalıdır. Buna karşın Batı Erenköy manyezit değerleri tamamen farklı bir konumda yer alıp, farklı bir yönelime sahiptir. Her ne kadar örnek sayısı arttırılırsa yönelimin tipik bir dik eğimli; atmosferik ve karbonatlı sedimanlar kaynaklı CO_2 karışımı regresyonuna (Zedef vd., 2000) dönme ihtimali olsa da daha yüksek $\delta^{13}\text{C}$ kaynaklı bir çözeltilinin oluşumunda söz konusu olduğu ihtimali de göz ardı edilmemelidir.

6. ERENKÖY MANYEZİTLERİNİN OLUŞUMU

Genel olarak Erenköy çevresinde oluşan manyezitler Kraubath sınıfı diye tabir edilen diğer kriptokristalen ultramafiklere bağlı manyezit oluşumları ile benzerlik gösterebilir bazı farklılıklar mevcuttur. Manyezitler ağsal yapıların hakim olmasından ve ince kesitlerdeki kriptokristalen tane boylarından anlaşılacağı gibi yüzey ya da yüzeye çok yakın koşullar altında çok düşük sıcaklıkta oluşmuşlardır. Özellikle $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ içeriğinin genel kabul yönünden yüksek ve sedimanter manyezit – hidromanyezitlerde görülen değerlerde olması oldukça düşük bir oluşum sıcaklığını ifade etmektedir.

Yapısal Jeolojik açıdan manyezitler inceleme alanında 3 ya da daha fazla doğrultuda yoğunlaşmış fay ve çatlak sistemlerinin kesiştiği bölgelerde oluşmuştur. Bu aynı zamanda bölgedeki eşlik eden diğer gang mineral oluşumlarında da söz sahibidir. Burada söz konusu, K-G yönlü sıkışma rejimi ile oluşan D-B doğrultulu bindirmeler ve K-G yönlü sıyrılmaya fayları (Okay, 1998) ve muhtemelen Batı Anadolu'nun Neojenden itibaren K-G yönlü gerilmesine ve BGB yönlü hareketine bağlı olarak oluşan pek çok KB-GD ve KD-GB yönlü faylanmalardır. İnce kesitlerde dahi görülen mikro ölçekte kıvrımlanmalar özellikle tektonizma devam ederken oluşuma kanıt teşkil etmektedirler.

Manyezitler çok ileri derecede serpantinleşmiş ultramafiklere bağlı olarak bulunurlar. Serpantinleşmenin daha ofiyolit bindirme – üzerleme evresinin ilk aşamalarında olası olarak daha deniz altındayken oluştuğu düşünülmektedir. Bu aşamada $\text{Olivin} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Serpantin} + \text{Manyezit}$ reaksiyonu pek uygun gözükmemektedir, çünkü jeolojik veriler bütün bölgede manyezit ve serpantin homojen olarak eş oluşum gösterdiği ve iç içe beraber bulunduğu bir tablo sunmamaktadır. Bunun yerine serpantinleşme muhtemelen düşük CO_2 içerikli suların etkisiyle Olivinlerin ayrışması ile olmuştur. Bölgedeki manyezit, dolomitler ve serpantinlerin oluşumunda söz konusu Mg^{+2} kaynağı çok açık bir şekilde peridotitler ve serpantinleşmiş peridotitlerdir.

Duraylı izotop verilerinden yola çıkarak Doğu Erenköy manyezit oluşumlarının Türkiye'deki diğer ultramafiklere bağlı kriptokristalen ağsal – damar tipi yataklarla benzer kökene sahip olduğu öne sürülmektedir. Oluşumda atmosferik CO₂ ve organikçe zengin sedimanların çözünmesiyle çözeltilere karışan CO₂'in karıştığı çözeltiler söz konusu olmuştur.

Doğu Erenköy yataklarında ise; ağır karbon içeriği dolayısıyla aşağıdaki olasılıklardan biri veya birkaçı sonucu ile açıklanabilir;

- 1) Derinde yer alan karbonatlı kayaçların yüksek sıcaklıklı sular ile çözünmesi ve CO₂ açığa çıkması ve bu CO₂'in çatlak ve kırık hatları ile yüzeye çıkması.
- 2) Derindeki veya civardaki bir olası linyit ya da bitümlü şist oluşumunda anaerobik fermentasyon sonucu yüzeye çıkan ağır karbon içeren metanın a) atmosfere çıkıp atmosferik CO₂ ile dengeye ulaşması, b) manyezit oluşumundan sorumlu çözeltilere rastlayıp çözeltilerdeki CO₂ ile dengeye ulaşması.
- 3) Bölgede Eosen'de gerçekleşen magmatik ve Miyosen'de gerçekleşen volkanik faaliyetlerin derindeki karbonatlar ile temas etmesi sonucu kontak metamorfizma ile yoğun CO₂ açığa çıkışına sebep olması.
- 4) Bölgede önceden oluşmuş ve sonra izleri tamamen silinmiş bir evaporatik hidromanyezit ve/veya diğer magnezyum karbonatları ihtiva eden yatağın mevcut oluşumlar için bir kaynak teşkil etmesi ve jeolojik evrimde bir önceki safhada yer alması.
- 5) Kaynağın atmosferik olması, oluşan ilk fazın yarı duraylı hidromanyezit olması ve sonradan suyunu kaybederek manyezite dönüşmesi.

Zedef (2000) ağır karbon içeriği olan Arapömer Deresi ağsal manyezit yatağı kökeni için a) derindeki denizel karbonatların sıcak sular vasıtasıyla veya kontak metamorfizma sonucu çözünmesi ve bu safhada Neojen volkanik faaliyetlerinin de olası katkısı ya da; b) geçmişte oluşmuş ve sonradan izleri yok olmuş Salda ve Akgöl benzeri gölsel hidromanyezit oluşumlarının ya da direk çatlaklarda oluşan hidromanyezitlerin sonradan dönüşerek Arapömer manyezitlerine bir ön aşama teşkil edebileceği ihtimallerini öne sürmüştür.

Metanojenik bakterilerin faaliyeti sonucu oluşan metan genellikle çok yüksek $\delta^{13}\text{C}$ içeriğine sahiptir ($\sim +15$), ayrıca Yunanistan ve Sırbistandaki gölsel sedimanter

yataklardaki aşırı yüksek ağır karbon içeriği de (+2-10) bu şekilde açıklanmaktadır (Kralik vd., 1989; Schroll, 2002). Bölge stratigrafik kesitinde manyezitlerin altında linyit gibi organik sedimanlar ya da bunu içerebilecek sedimanter kayalar yer almamaktadır. En yakın linyit yatağı ise 20 km. uzaklıktaki Seyitömer'dir. İki lokasyon arasındaki deniz seviyesi yüksekliğinin hemen hemen aynı olması, uzun mesafe ve tektonik olarak son derece aktif ve hareketli Batı Anadolu'nun faylı, çatlaklı yapısı göz önüne alındığında olası bir metan çıkışı ile kesişen suların 20 km. boyunca taşınmalarını destekleyebilecek bir veri elimizde yoktur. Atmosfere karışıp dengeye ulaşması ise bütün bölgeyi etkileyeceğinden; dolayısıyla tüm Neojen karbon içeren oluşumlarında izini göstermesi bekleneceğinden ve henüz bu yönde bir veri olmadığından yine oldukça iddialı ve düşük ihtimallidir. Aynı şekilde, bölgedeki önceki bir gölsel sedimanter yataklanmayı işaret edebilecek gölsel çökellerin olduğu izler de yer almamaktadır.

Buna karşın, manyezitlerin ikinci faz olarak önceki bir hidromanyezit fazından türediği fikri ilgi çekmektedir. Bunu destekler nitelikte Batı Erenköy sahasında bazı örneklerde kuruma çatlakları tespit edilmiştir. Fakat petrografik incelemelerde hidromanyezite rastlanmamıştır. Ayrıca bu tarz bir oluşumun yoğun olarak atmosferik kökenli CO₂'ten besleneceği ve tipik Salda Gölü hidromanyezitlerine benzer özellikler ve duraylı izotop bileşimlerine sahip olacağı düşünüldüğünde daha ağır olan karbon içeriği bir sorun teşkil etmekte ve bu oluşum modelini de tek başına yeterli bırakmamaktadır.

Derindeki bir karbonatlı kayacın CO₂ kaynağı olabilmesi, bölgenin jeolojisi de düşünüldüğünde oldukça yüksek ihtimallidir. Özellikle inceleme alanının merkezine çok yakın konumda gerek bir tektonik pencere ile yüzeylenmiş mavişistlere ait rekristalize kireçtaşlarının gerekse ofiyolitik melanja ait mikritik kireçtaşlarının varlığı bu ihtimali desteklemektedir. Bununla beraber önceki çalışmalarda Batı Anadolu karbonatlı kayaları $\delta^{13}\text{C}$ içeriği maksimum $\sim +4-5$ civarında olarak tespit edilmiştir. Sadece Pamukkale travertenleri bunun üzerinde maksimum +7,2 değer vermektedir (Zedef vd., 2000). Türkiye manyezit oluşumları geneli için konuşulursa; travertenler güncel oluşum oldukları dolayısıyla herhangi bir mineralizasyon için kaynak olarak düşünülemezler, fakat beslendikleri kaynak sıcak sularının yüksek ^{13}C içerikleri dolayısıyla konumuz açısından ilgi çekmektedirler. Zira Batı Erenköy $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değerleri +5-8 arasında değişmektedir. 4 ila 5 temel alınır 5-8 arası

değerlerde karbonun dengeye ulaşabilmesi için bundan daha yüksek içerikli bir kaynağın var olması gerekmektedir. Bu anaerobik fermentasyonla metan oluşumu ile mümkün olsa da önceden bahsedilen jeolojik nedenlerden dolayı olası değildir. Geriye kalan diğer ihtimal bu kireçtaşlarının muhtemelen Eosen ve Neojende yaygın olan magmatik ve volkanik faaliyetler sonucu derinde olası bir kontak metamorfizma geçirmiş olduğudur. Böyle bir durumda kayaç içerisinde ^{13}C tüketilecek ve açığa çıkan ağır karbon çatlak ve boşluklarda hareket eden çözeltilerle beraber yüzeye çıkacaktır. Buna karşın, çok düşük sıcaklıktaki oluşumu ifade eden yüksek $\delta^{18}\text{O}$ içeriği bu teoriye karşıt olmaktadır. Zira kontak metamorfizma koşullarından beslenen çözeltilerin yüksek sıcaklıkta olması beklenir.

NTE elementlerinden özellikle Ce ve Eu davranışı ve lokal olarak yüksek Si, Fe, W getirimine işaret eden jeokimyasal veriler de bu savı desteklemektedirler. Bu anomaliler çok kuvvetli değildir fakat bağıl olarak (+) yönlü değişimi simgelemektedirler, bu da hidrotermal kaynaklı çözeltilerin oluşumunda söz sahibi olması halinde yine de baskın rol oynayamayacağını ortaya koymaktadır.

Mevcut seçenekler göz önüne alındığında en uygun açıklama; esas olarak atmosferik kaynaklı derine inen meteorik sular ve kireçtaşlarından çözünen CO_2 'nin karıştığı derinden gelen çözeltilerce yüzeye çok yakın koşullarda ve muhtemelen (ya da kısmen bazı zaman – konumlar için geçerli olarak) bir ilk hidromanyezit ara fazının oluşup sonradan manyezitin oluştuğu ve bu arada kireçtaşlarının magmatik etkilerle olası bir kontak metamorfizması ile lokal olarak aşırı ağır karbon içerikli CO_2 çıkışı olup bunun da yine yüzeye çıkan sular vasıtasıyla manyezitin içeriğine eklendiği bir oluşum modeli olarak karşımıza çıkmaktadır. Sıcak suların yüzeye kadar sıcaklıklarını yitirmeleri gerektiğinden muhtemelen kontak metamorfizmanın derin koşullarda magmatik kütlelerin etkisi ile gerçekleştiği öne sürülebilir.

Mineral oluşumundan sorumlu çözeltilerin sıcaklığı oluşumundan sorumlu çözeltinin ve oluşan minerealin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri bilindiği takdirde aşağıdaki formül ile yaklaşık olarak hesaplanabilir;

$$10^3 \ln \alpha \sim \delta^{18}\text{O}_m - \delta^{18}\text{O}_s = A(10^6 T^{-2}) + B \quad (\text{m: mineral, s: su, T: sıcaklık (Kelvin)})$$

Burada A ve B sabitleri her mineral için ayrı olup önceki çalışmalarda değişik mineraller için hesaplanmışlardır. Manyezitler için Aharon (1988) çalışmasında

(A=3,53 ve B=-3,58) ve hidromanyezitler için ise O'Neil ve Barnes (1971) çalışmasında bulunan (A=2,74 ve B=0,83) A ve B değerleri kullanılmıştır.

Çözelti suların $\delta^{18}\text{O}$ içeriği konusunda Zedef (2000) çalışma bölgesindeki meteorik suların içeriklerinin -5 ‰ olduğunu belirtmiş ve Salda Gölü sularından yaptığı analizle +2 ‰ değerini bulup bu değeri kullanmıştır. Ece vd. (2005) ise Miyosen yaşlı olduğunu öne sürdüğü Eskişehir manyezit oluşumları için kaynak olarak Miyosen göl sularının derinlere hareketi ve organikçe zengin sedimanların dekarboksilasyonu ile açığa çıkan sularla karışmasını göstermiştir. Gölsel jipslerin oluşum esnasında göl suyu ile izotopik dengede olması koşulu ile manyezit oluşumundan sorumlu göl sularının $\delta^{18}\text{O}$ içeriğinin +1 ‰ olduğunu öne sürmüştür (Ece vd., 2005). Fallick vd. (1991) ise eski Yugoslavya ağsal manyezitlerinin oluşumunda söz konusu suların $\delta^{18}\text{O}$ içeriklerinin -2 ‰ olduğunu var saymıştır.

Bölgedeki manyezit oluşumları güncel oluşumlar olmadıklarından güncel meteorik veya gölsel suların $\delta^{18}\text{O}$ içeriklerini tespit edip manyezit oluşum sıcaklığında köken çözeltilerin yerine kullanmak isabetli bir yöntem olmayıp yanıltıcı sonuçlar verebileceğinden tarafımızca tercih edilmemiştir. Bunun yerine -2 ‰ (Fallick vd., 1991) ile +1 ‰ (Ece vd., 2005) değerleri kullanılarak iki ayrı senaryoda sıcaklıkların tespit edilmesi yoluna gidilmiştir (çizelge 6.1). Ayrıca manyezitlerin olası bir hidromanyezit ilksel fazdan türediği ihtimali de göz önüne alınarak oluşum sıcaklıkları bu durum için de hesaplanmıştır (çizelge 6.2).

Çizelge 6.1 : Erenköy manyezit ve dolomit tahmini oluşum sıcaklıkları (°C).

	Batı Erenköy manyezitleri			Doğu Erenköy manyezitleri			Erenköy dolomitleri		
	<i>Maks.</i>	<i>Min.</i>	<i>Ort.</i>	<i>Maks.</i>	<i>Min.</i>	<i>Ort.</i>	<i>Maks.</i>	<i>Min.</i>	<i>Ort.</i>
$\delta^{18}\text{O}_s = -2$	43,8	31,5	35,1	37,2	29,1	33,9	73,9	62,2	68,4
$\delta^{18}\text{O}_s = +1$	58,2	44,2	48,4	50,7	41,5	47,0	92,1	78,5	85,6

Çizelge 6.2 : Erenköy manyezitleri (olası ilksel hidromanyezit fazı türevi) tahmini oluşum sıcaklıkları (°C).

	Batı Erenköy manyezitleri			Doğu Erenköy manyezitleri		
	<i>Maks.</i>	<i>Min.</i>	<i>Ort.</i>	<i>Maks.</i>	<i>Min.</i>	<i>Ort.</i>
$\delta^{18}\text{O}_s = -2$	25,4	12,3	16,2	18,4	9,8	14,8
$\delta^{18}\text{O}_s = +1$	41,1	25,9	30,4	33,0	23,0	28,9

Oluşumdan sorumlu çözeltilerin oksijen izotop verilerinin isabetli olması koşuluyla Manyezit oluşum sıcaklıkları Doğu Erenköy için yaklaşık 29-51 °C ve Batı Erenköy için 32-58 °C olduğu öne sürülebilir. Eğer ilksel bir hidromanyezit fazından türeme durumu mevcut ise oluşum sıcaklıkları daha da düşük olacaktır.

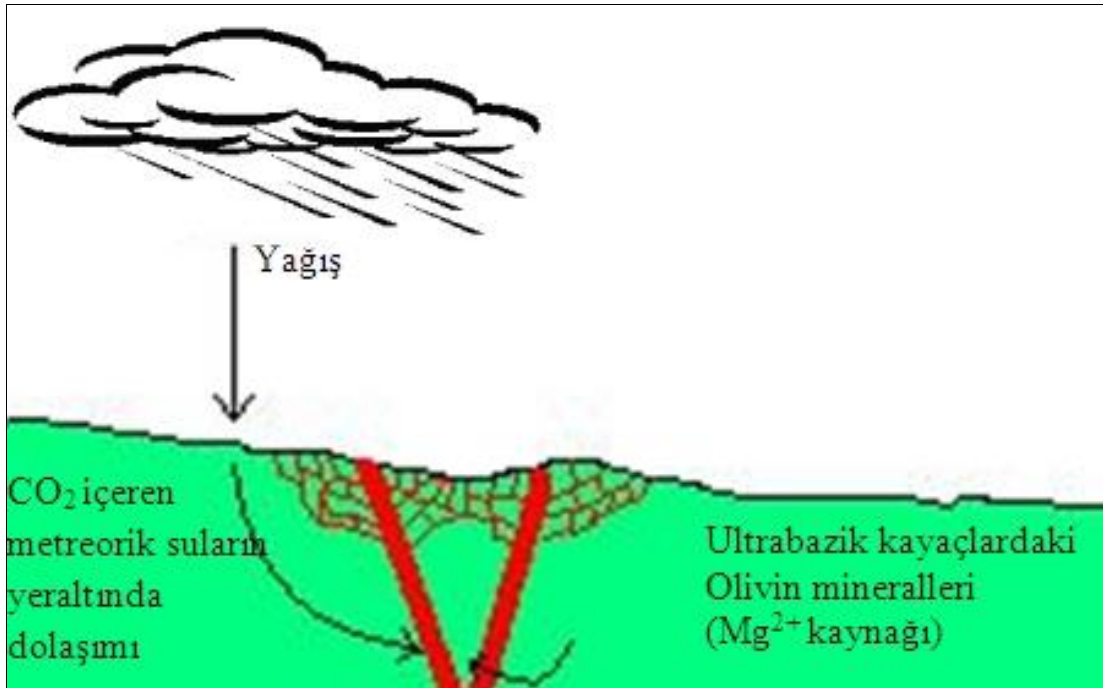
Genel olarak manyezitler ve diğer karbonatlar nispeten bazik çözeltilerde çökelme koşullarını sağlarlar, bunun sebebi, artan pH ile karbonat çözünürlüğünün düşmesidir. Yüzeğe yaklaşan sulara, CO₂ daha düşük atmosferik pCO₂ dolayısıyla gaz fazına geçer ve çözeltilerde pH dolayısıyla artar (Bialkowski, 2004). Burada çökelme ile beraber açığa çıkan CO₂'in su ile beraber serpantin ve eski peridotit kalıntılarını altere etmesi de söz konusu olur. Manyezitlerin her iki şekilde de oluşumu ince kesitlerde izlenmektedir. Termodinamik verilerden yola çıkıldığında manyezitlerin serpantin alterasyonu ile oluşabileceği görüldüğü gibi olivin alterasyonu ile oluşması da mümkün gözükmektedir. Önceki çalışmalarda genel olarak manyezitlerin serpantinlere bağlı olması dolayısıyla manyezitlerin serpantin alterasyonu ile oluştuğu öne sürülmüş ise de tarafımızca bu ifade gerçeği tamamen yansıtmamaktadır, zira manyezitler petrografik incelemelerde görüldüğü ve termodinamik verilerle de desteklendiği üzere kalıntı peridotitlere ait olivinlerin alterasyonu ile de oluşabilmektedirler. Dolayısıyla manyezitlerin serpantinlerle beraber kalıntı peridotitlerin de alterasyonu ile oluştuğunu öne süren bir ifade tarafımızca daha doğru olacaktır. Burada kilit nokta, serpantinleşmenin tektonik evrimin ilk aşamalarında başlaması dolayısıyla erken evrede formasyondaki baskın litoloji konumuna geçtiğidir (bu evrede XCO₂ çok düşüktür); eğer bu olay gerçekleşmeden peridotitler bol çatlaklı ve faylanmış olarak taze kalabilirdi, o zaman manyezitler taze peridotitlere bağlı oluşmuş şekilde bulunacaklardı.

Bölgede Üst Miyosen ve Pliyosen yaşlı görsel çökellerde ultramafik ve manyezitli taban çakıllarına rastlanmaktadır. Genel olarak manyezit oluşumlarının bu dönemden önce ya da en geç bu dönemde olduğu kabul edilebilir ve bu evre bölge olası manyezit oluşum zaman aralığının sonu olarak alınabilir. Olası başlangıç evresi olarak ise ofiyolit istifinin Torid – Anatolid platformunu üzerlediği Erken – Geç Kretase (101,1 ± 3,8 ofiyolit tabanı amfibolit yaşları (Okay vd., 1998)) devresi alınabilir. Bu evreden itibaren ofiyolit istifi kıta üzerinde güneye doğru harekete başlamıştır ve sıkışma rejimi sonucu çok yoğun bir şekilde deforme olmaktadır. Bu deformasyon ofiyolit istifinin ters dönüp devrilmesine sebep olacak kadar (Asutay vd., 1989) ileri aşamalarda gerçekleşmiştir. Devamen Geç Kretasede mavişist metamorfizması olmuş ve Campanian – Maastrichtianda D-B yönlü sıyrılmaya başlamıştır (Okay vd., 1998). Bu nokta manyezit oluşumu açısından önem arz etmektedir zira esas olarak çözeltilerin yoğun hareketine ve

mineralleşmelere olanak tanıyacak boşluklar gerilme sonucu oluşan deformasyonlar ile oluşmaktadır. Devamen Paleosende kıta-kıta çarpışması gerçekleşmiş ve Eosende plütonik aktivite başlamıştır, bu aşamada mavişistler ve içlerine sokulan plütonlar yaklaşık 10 km. derindedirler (Okay vd., 1998).

Bu bağlamda Eosen devri gerek tektonik aktivitelerin halen devam etmesi (kıta – kıta çarpışması sonucu sıkışma rejiminin son evreleri), gerek plütonik sokulumların mavişistler ve dolayısıyla denizel metakarbonatlar içerisine sokulması ile (kontak metamorfizma açısından) önem kazanmaktadır. Şu ana kadar ki jeolojik evrimde tam bu aşamada oluşum için gerekli koşullar sağlanmıştır, dolayısıyla özellikle Batı Erenköy oluşumları için Eosen başlangıç olarak verilebilir, oluşum süreci muhtemelen Miyosende de devam etmiştir. Doğu Erenköy yataklanmaları için ise Üst Kretase (Campanian – Maastrichtian) – Miyosen arası devreler görülen jeolojik, petrografik ve jeokimyasal bulguları sağlamaktadır.

Bölgede manyezit yataklarının oluşumunu gösteren bir oluşum modeli hazırlanmıştır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 : Erenköy manyezit yatakları oluşum modeli.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Eskişehir ve Bilecik illeri arasında kalan inceleme alanındaki, merkezinde bulunan Erenköy'ün adıyla anılan manyezit yatakları ve zuhurları jeolojik, petrografik ve jeokimyasal yöntemlerle incelenmiştir.

İnceleme alanında 2004-2011 seneleri arasında yaz dönemlerinde arazi çalışmaları yapılmış başlıca bölgenin jeolojisi incelenmiş, petrografik – jeokimyasal incelemeler için örnek alımı yapılmıştır.

Bölgenin 1/25:000 harita üzerinde jeolojik haritası çıkartılmıştır. Daha sonraki aşamalarda harita dijital ortamda CorelDraw programı ile sayısal hale getirilmiştir.

Polarizan mikroskop çalışmaları ile bölge manyezitlerinin ve yan kayaçlarının mineral parajenezleri ve oluşum ilişkileri tayin edilmiştir.

Jeokimyasal analizler iki aşamada gerçekleştirilmiş olup ilk aşamada 21 ve ikinci aşamada 40 örnek Kanada ACME Laboratuvarlarına majör, minör ve iz element tayini için gönderilmiştir.

Örneklerin mineral tayini amaçlı XRD çalışmaları A.B.D. Cincinnati Üniversitesi'nde yapılmıştır. Ayrıca E-SEM çalışmaları da yine burada gerçekleştirilmiş ve örneklerin mikrobeyutlardaki petrografisi incelenmiş ve yarı-kantitatif mineral bileşim tayinleri yapılmıştır.

Yine Cincinnati Üniversitesi'nde mineral oluşum reaksiyonları SUPCRT92 programı yardımıyla test edilmiş ve mineral oluşumlarından sorumlu reaksiyonların tayini ve fizikokimyasal oluşum koşulları hakkında önemli verilere ulaşılmıştır.

Çalışmanın temel diğeriğini teşkil eden duraylı karbon ve oksijen izotopları ABD Geochron Laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

Bütün bu işlemlerin sonucunda Erenköy manyezit oluşumlarının kökenine yönelik sayısal ve analitik verilerle de desteklenen yorumlar yapılmış ve model oluşturulmuştur.

Özellikle bu çalışmada ultrabaziklere bağlı ağsal manyezitler için oldukça ağır karbon içerikleri ilk defa bulunmuştur. Bu yönü ile Erenköy manyezit oluşumları Kraubath tipi yatakların bir alt sınıfı olarak tanımlanabilecek belirgin özelliklere sahiptir; bu nedenle de, bu özelliklerinin tespit edilmiş olması yönü ile yeni bir yataklanma türü olarak adlandırılabilir. Bu yönüyle çalışma Türkiye manyezit oluşumları ve Kraubath tipi manyezit oluşumları hakkındaki bilgilere önemli bir katkı sağlamakta olup, detaylandırılmasıyla ileride bilgiyi ileri götürebilecek yeni olası araştırma konularına da kapı açmıştır. Bunlardan ilk akla gelen Türkiye Orhaneli – Sivirhisar ofiyolit kuşağı çevresinde bulunan diğer sedimanter karbonatlı kayaların duraylı izotop çalışması ile bölge jeolojik evrimine ve manyezit oluşumları kökenine yönelik katkı sağlayacak bir çalışmadır.

Özetle ülkemizin önemli bir endüstriyel hammaddesi olan manyezit, daha uzun yıllar boyunca önemini koruyacaktır. Jeoloji bilimi açısından manyezit araştırmaları uzun yıllardan beri hız kesmeden devam etmekte ve günümüzde halen yeni araştırmalarla bu konuda bilgimiz sürekli artmaktadır. Bu kadar değişik ortamda değişik davranışlar sergileyip, değişik oluşumlarda bulunan bu mineralin daha uzun seneler araştırılıp yeni bilgiler sunacağı açıktır.

KAYNAKLAR

- Aharon, P.** (1988) A stable isotope study of magnesites from the Rum Jungle uranium fields, Australia: implications for the origin of Strata-Bound massive magnesites, *Chemical Geology*, 69, 127-145.
- Altunel, E., Barka, A.** (1998). Eskişehir fay zonunun İnönü-Sultandere arasında neotektonik aktivitesi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41-2, 41-52.
- Asutay, H.J., Küçükyanan, A., Gözler, M.Z.** (1989). Dağköplü (Eskişehir kuzeyi) ofiyolit karmaşığının stratigrafisi, yapısal konumu ve kümülatlara petrografisi, *MTA Dergisi*, 109, 1-8.
- Batman, B.** (1978). Geological evolution of the region north of Haymana and the investigation of melange, *Yerbilimleri*, 4, 95-124.
- Bialkowski, S.E.** (2004). Use of Acid Distributions in Solubility Problems. *Class notes prepared for Quantitative Analysis course.*
- Capedri, S., Venturelli, G., Photiades, A.** (2004). Accessory minerals and $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ of marbles from the Mediterranean area, *Journal of Cultural Heritage*, 5, 27-47.
- Clark, I.D., Fritz, P.** (1997). *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. Lewis Publishers, Boca Raton, N.Y.
- Criss, R.E.** (1999). *Principles of Stable Isotope Distribution*. Oxford University Press, New York.
- Devlet Planlama Teşkilatı.** (2006). 9. *Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.
- Ece Ö.I.** (1998). Diagenetic transformation of magnesite pebbles and cobbles to sepiolite (meerschaum) in the Miocene eskisehir lacustrine basin, Turkey. *Clays And Clay Minerals*, 46 (4), 436-445.
- Ece Ö.I., Matsubaya O., Coban F.** (2005). Genesis of hydrothermal stockwork-type magnesite deposits associated with ophiolite complexes in the Kutahya-Eskisehir region, Turkey, *Neues Jahrbuch Fur Mineralogie-Abhandlungen*, 181 (2), 191-205.
- Fallick, A.E., Ilich, M., Russell, M.J.** (1991). A stable isotope study of the magnesite deposits associated with the Alpine type ultramafic rocks of Yugoslavia, *Economic Geology*, 86, 847-861.
- Gartzos, E.** (2004). Comparative stable isotopes study of the magnesite deposits of Greece, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 36, 196-203.
- Göncüoğlu, M.C., Yalınz, M.K., Tekin, U.K.** (2006). Geochemistry, Tectono-Magmatic Discrimination and Radiolarian Ages of Basic Extrusives Within the Izmir-Ankara Suture Belt (NW Turkey): Time Constraints for the Neothethyan Evolution. *Ofioliti*, 31 (1), 25-38.

- Gözler, M., Cevher, F., Ergül, E., Asutay, H.J.** (1997). Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi. Ankara: MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Raporu.
- Harris, N.B.W., Kelley, S., Okay, A.I.** (1994). Post-collision magmatism and tectonics in northwest Anatolia, *Contributions to Mineralogy and Petrography*, 117, 241-252.
- Jedrysek, M.O., Sachanbinski, M.** (1994). Stable isotope and trace element studies of vein ophicarbonates at Gogolow-Jordanow serpentinite massif (Poland): A contribution to the origin of ophiaragonite and ophimagnesite, *Geochemical Journal*, 28, 341-350.
- Johnson, W., Oelkers, E.H., Helgeson, H.C.** (1992). Supcrt92: A software package for calculating the standard molal thermodynamic properties of minerals, gases, aqueous species and reactions from 1 to (5000) bar and 0 to (1000)°C, *Computers & Geosciences*, 18-7, 899-947.
- Kralik, M., Aharon, P., Schroll, E., Zachmann, D.** (1989). Carbon and oxygen isotope systematics of magnesite: a review, *Monograph Series on Mineral Deposits*, 28 – Magnesite, 197-223.
- Maksimovic, Z., Dangic, A.** (1974). *The study of trace elements in magnesite deposits of different genetic types*, In: Bogdanov, B. ed. Problems of Ore Deposition. -Fourth Lagod Symposiom, Varna, 2, 387-394.
- Martiny, E., Rojkovic, I.** (1977). Trace elements in magnesites of Slovakia (Central West Carpathians), *Geol. Zbor. Geol. Carpath.*, 28, 311-322.
- Morteani, G.** (1982). The rare earth element contents and the origin of the sparry magnesite mineralizations of Tux-Lanersbach, Entachen Alm, Spiessnagel and Hochfilzen, Austria and the lacustrine magnesite deposits of Aiani-Kozani, Greece and Bela-Stena, Yugoslavia, *Economic Geology*, 77, 617-631.
- Möller, P.** (1989). Minor and trace elements in magnesite, *Monograph Series on Mineral Deposits*, 28 – Magnesite, 173-195.
- Muchez, P., Nollet, S., Sintubin, M., Lens, S., Joachimski, M.** (2003). Fluid flow, alteration and mineralisation associated with the emplacement of the Lycian nappes (SW Turkey), *Journal of Geochemical Exploration*, 78-79, 99-103.
- Mutlu, H., Güleç, N.** (1998). Hydrogeochemical outline of thermal waters and geothermometry applications in Anatolia (Turkey), *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 495-515.
- Norman, T.N., Rad, M.R.** (1971). Changes in heavy mineral compositions and textural parameters in the Harhor Formation in the region of Çayraz (Haymana), *T.J.K. Bülteni*, 14, 205-225.
- O'Neil, J.R., Barnes, I.** (1971). C¹³ and O¹⁸ compositions in some fresh-water carbonates associated with ultramafic rocks and serpentinites- western United States, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 35, 687-697.
- Okay, A.I.** (1982). Incipient blueschist metamorphism and metasomatism in the Tavsanlı region, northwest Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 79, 361-367.

- Okay, A.I.** (1986). High pressure/low temperature metamorphic rocks of Turkey. In: Evans, B.W. & Brown, E.H. eds. Blueschists and Eclogites, *Geological Society of America Memoir*, 164, 333-348.
- Okay, A.I.** (2002). Jadeite,-chloritoid-glaucophane-lawsonite blueschists in north-west Turkey: unusually high P/T ratios in continental crust, *Journal of Metamorphic Geology*, 20, 757-768.
- Okay, A.I., Harris, N.B.W., Kelley, S.P.** (1998). Exhumation of blueschists along a Tethyan suture in northwest Turkey, *Tectonophysics*, 285, 275-299.
- Okay, A.I., Kelley, S.** (1994). Jadeite and chloritoid schists from northwest Turkey: tectonic setting, petrology and geochronology, *Journal of Metamorphic Geology*, 12, 455-466.
- Okay, A.İ.** (1984). *Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschist*, Robertson A.H.F. ve Dixon J.E. ed. The geological evolution of the eastern Mediterranean, Geological Society of London, 297-308.
- Önen, A.P.** (2003). Neotethyan ophiolitic rocks of the Anatolides of NW Turkey and comparison with Tauride ophiolites, *Journal of Geological Society, London*, 160, 947-962
- Önen, A.P., Hall, R.** (1993). Ophiolites and related metamorphic rocks from Kütahya region, NW Turkey, *Geological Journal*, 28, 399-412.
- Önen, A.P., Hall, R.** (2000). Sub-ophiolite metamorphic rocks from NW Anatolia, Turkey, *Journal of Metamorphic Geology*, 18, 483-495.
- Pohl, W.** (1989). Comparative geology of magnesite deposits and occurrences, *Monograph Series on Mineral Deposits*, 28 – Magnesite, 1-13.
- Pohl, W.** (1990). Genesis of magnesite deposits – models and trends, *Geologische Rundschau*, 79/2, 291-299.
- Sarıız, K.** (1990). Türkmentokat – Karatepe (Eskişehir) manyezit yataklarının oluşumu, *MTA Dergisi*, 110, 77-96.
- Schroll, E.** (2002). Genesis of magnesite deposits in the view of isotope geochemistry, *Boletim Paranaense de Geociencias*, 50, 59-68.
- Sherlock, S., Kelley, S., Inger, S., Harris, N., Okay, A.** (1999). ^{40}Ar - ^{39}Ar and Rb-Sr geochronology of high-pressure metamorphism and exhumation history of the Tavsanli Zone, NW Turkey, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 137, 46-58.
- Sun, S.S., McDonough, W.F.** (1989). *Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes*, In: Saunders, A.D., Norry, M.J. Eds., Magmatism in Ocean Basins, Geol. Soc. Spec. Publ., London, 313–345.
- Suner, F., Esenli, F., Uz, B., Esenli, V., Gültekin, A.H.** (2001). Significance of REE study for origin of sparry magnesite in Orhaneli region, Turkey, *Journal Geological Society of India*, 58, 231-237.
- Şentürk, K., Karaköse, C.** (1979). Orta Sakarya dolaylarının temel jeolojisi, MTA (Rapor No. 6642) (yayımlanmamış). Ankara : MTA Kurumsal Raporu.

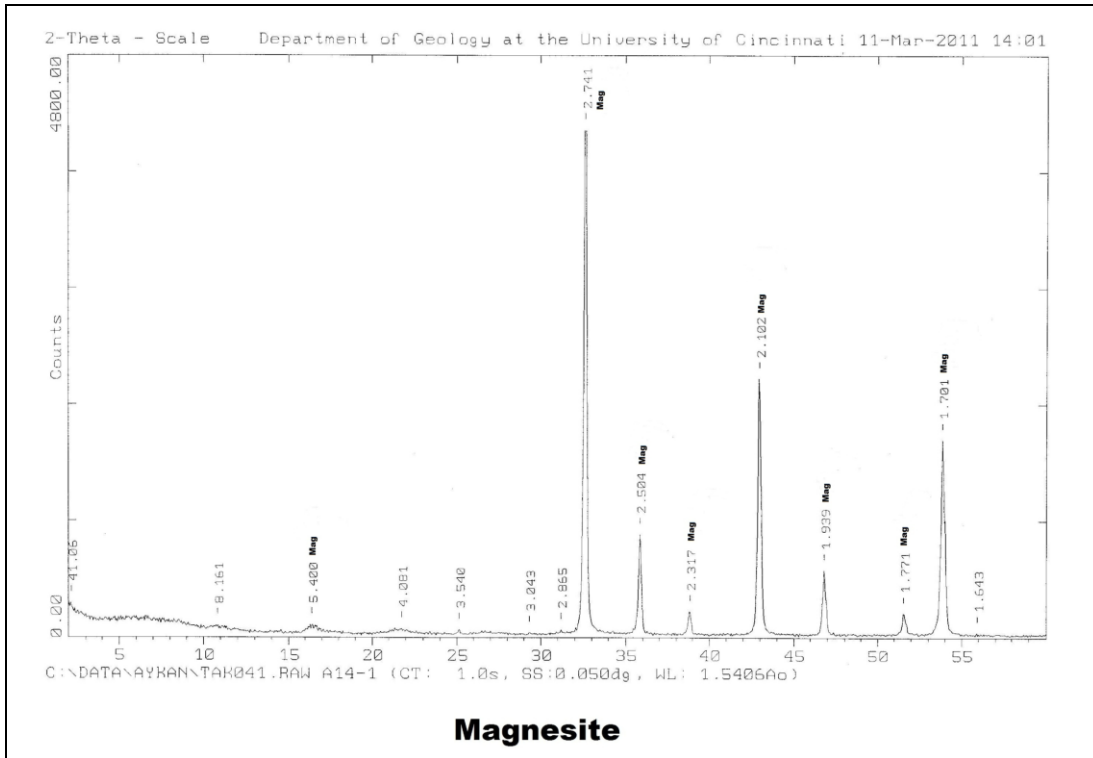
- Tekin, U.K., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N.** (2002). First evidence of Late Carnian radiolarians from the Izmir-Ankara suture complex, central Sakarya, Turkey: implications for the opening age of Izmir-Ankara branch of Neo-Tethys, *Geobios*, 35, 127-135.
- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Meyer, H.P., Nasdala, L.** (2006). Partial high-pressure aragonitization of micritic limestones in an accretionary complex, Tavşanlı Zone, NW Turkey. *Journal of Metamorphic Geology*, 224, 603-613.
- Tuncay, A.** (2000). Çayırbağı-Meram (Konya) manyezitlerinin kökeni üzerine, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 43-2, 21-31.
- Yeniyol, M.** (1979). *Yunak (Konya) Magnezitlerinin Oluşum Sorunları, Değerlendirmeleri ve Yöre Kayaçlarının Petrojenezi.* (Doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, A., Kuşçu, M.** (2008). Süleymaniye (Mihallıçık-Eskişehir) bölgesindeki manyezit oluşumlarının kökeni, *MTA Dergisi*, 136, 19-29.
- Zachmann, D.W.** (1989). Mg-carbonate deposits in freshwater environment, *Monograph Series on Mineral Deposits*, 28 – *Magnesite*, 61-93.
- Zachmann, D.W., Johannes, W.** (1989). Cryptocrystalline magnesite, *Monograph Series on Mineral Deposits*, 28 – *Magnesite*, 15-27.
- Zedef V., Russell M.J., Fallick A.E., Hall A.J.** (2000). Genesis of vein stockwork and sedimentary magnesite and hydromagnesite deposits in the ultramafic terranes of southwestern Turkey: A stable isotope study, *Economic Geology And The Bulletin Of The Society Of Economic Geologists*, 95 (2), 429-445.

EKLER

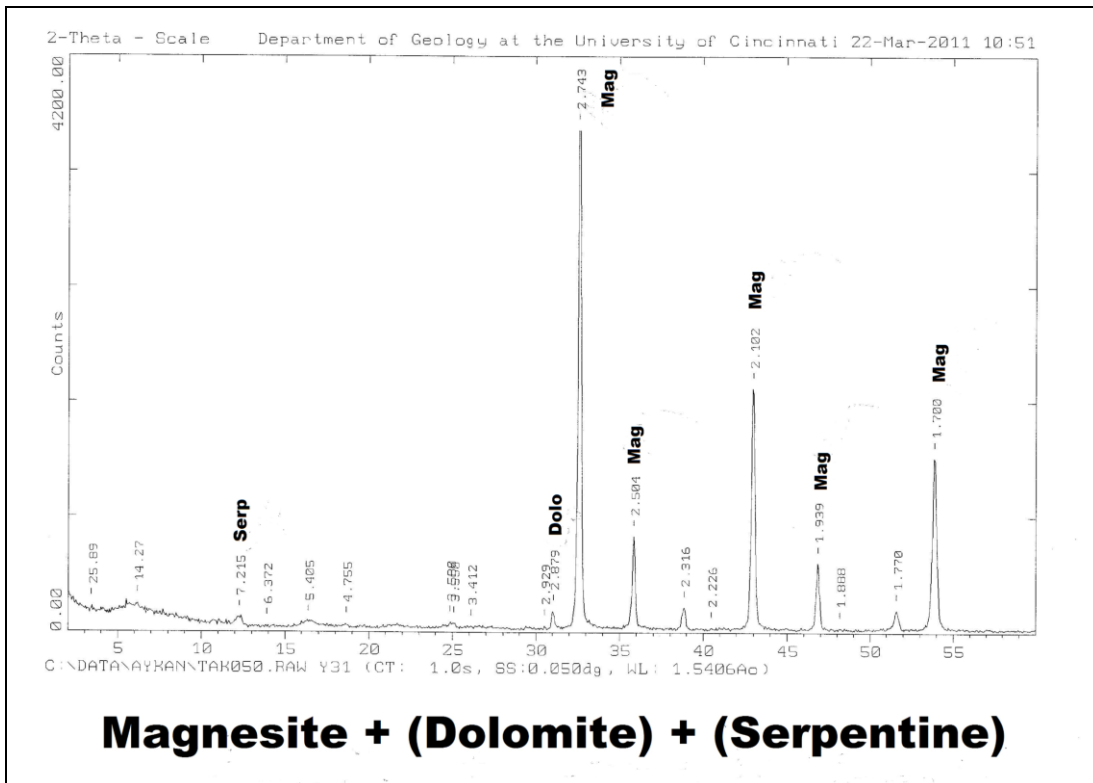
EK A: XRD Difraktogramları

EK B: ESEM İncelemeleri

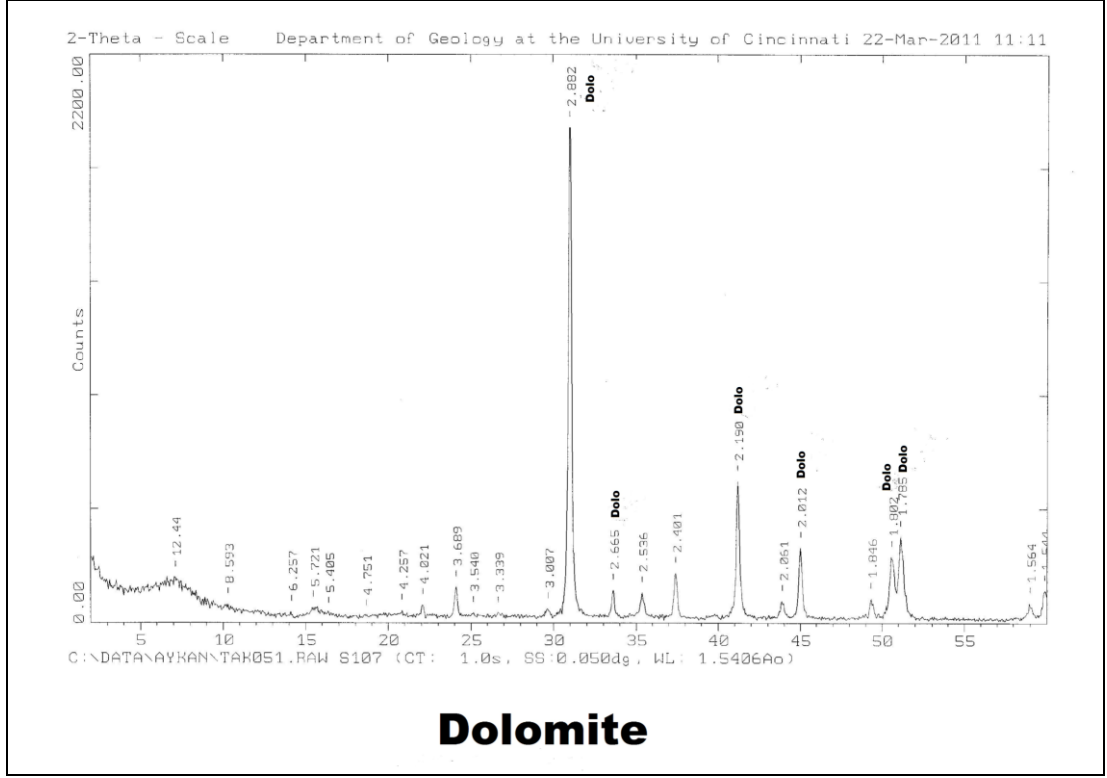
EKA



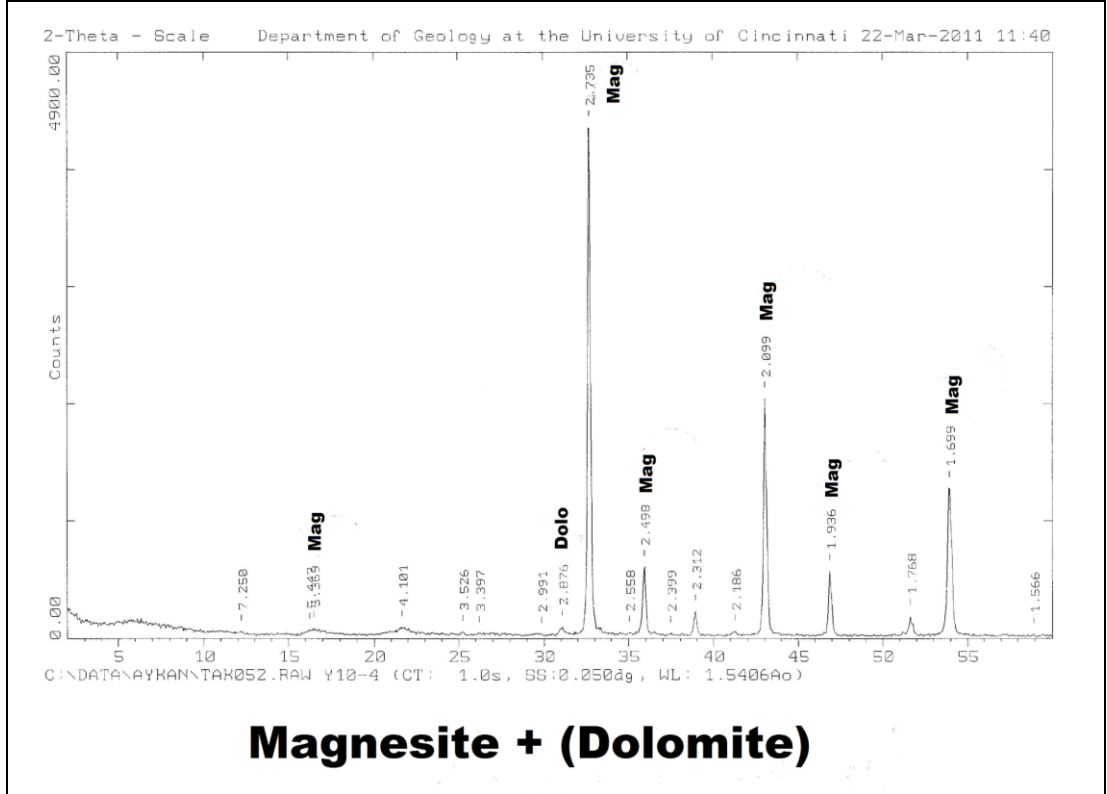
Şekil A.1 : A14-1 örneği XRD Difraktogramı.



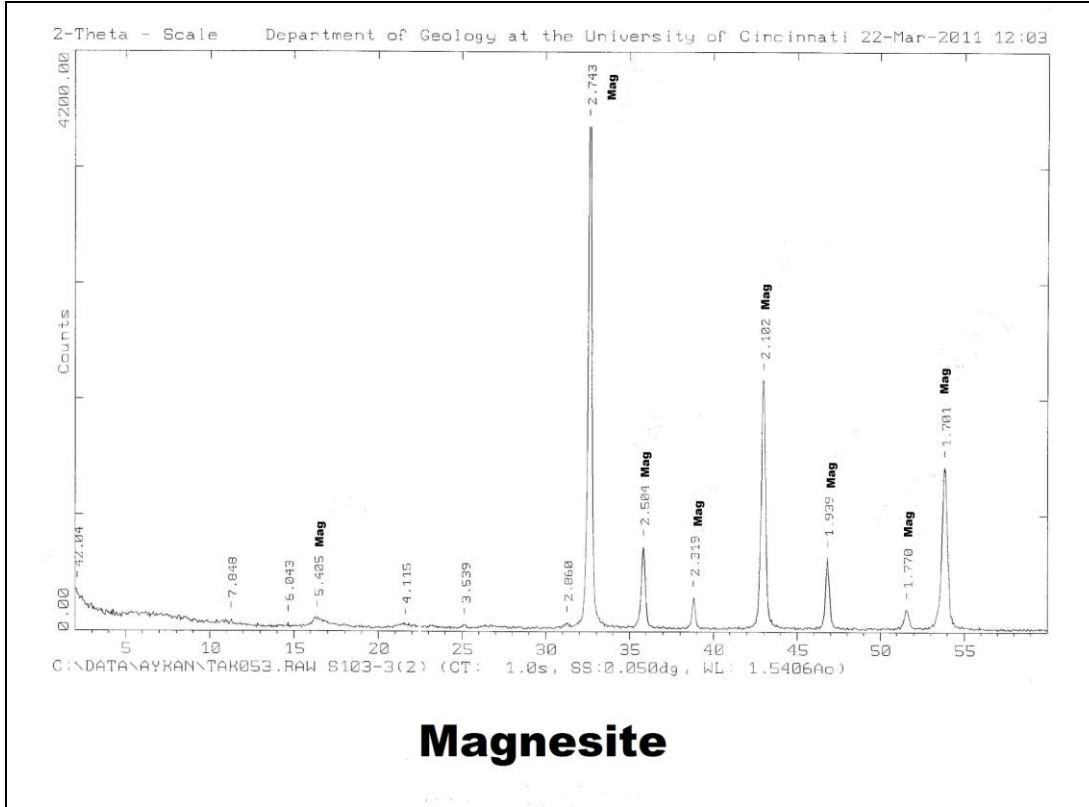
Şekil A.2 : Y31 örneği XRD Difraktogramı.



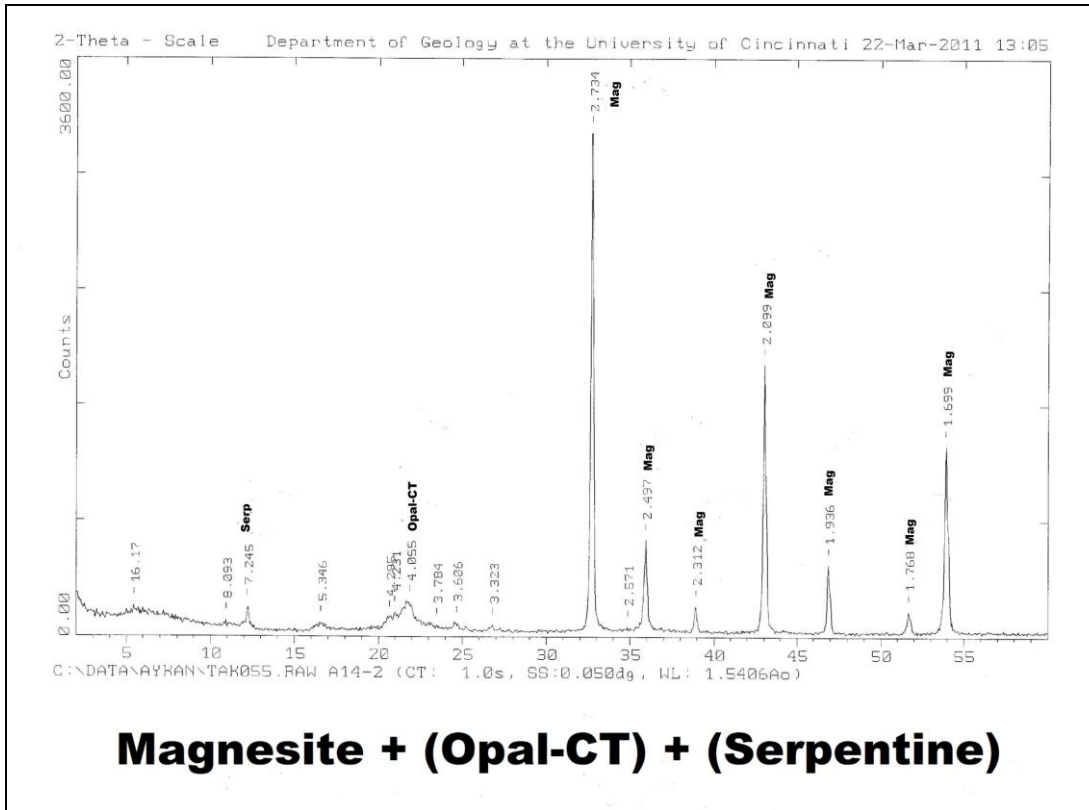
Şekil A.3 : S107 örneği XRD Difraktogramı.



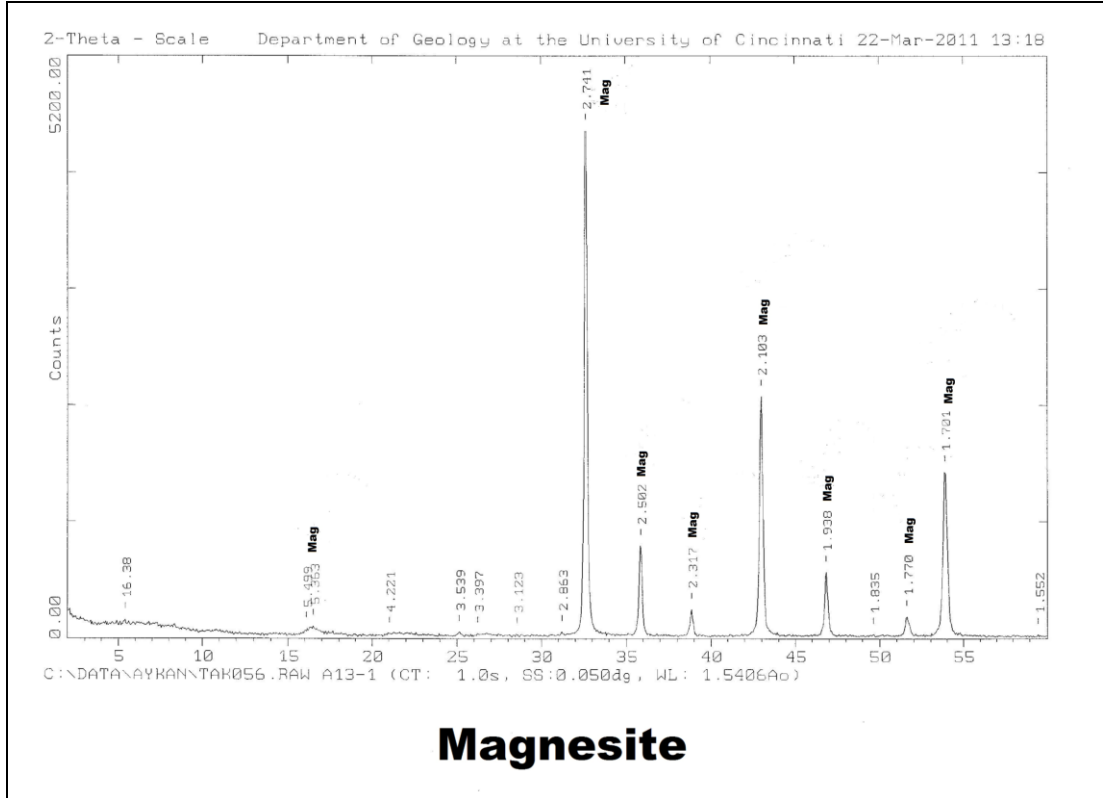
Şekil A.4 : Y10-4 örneği XRD Difraktogramı.



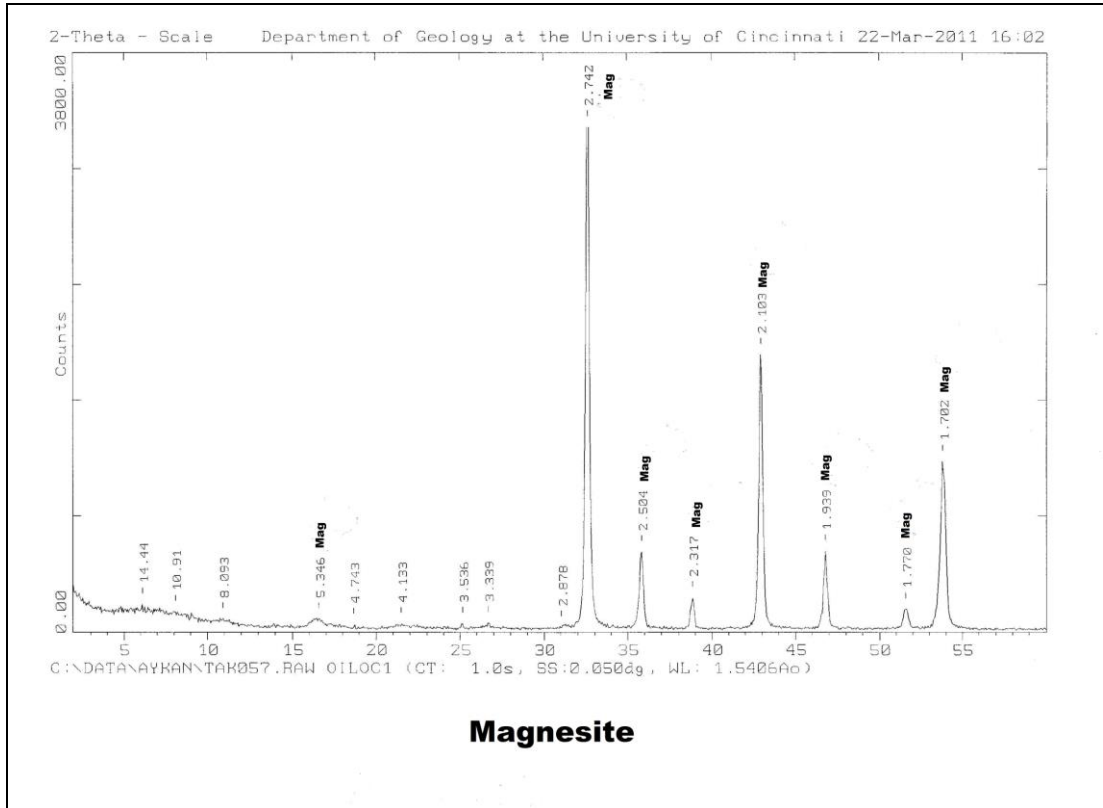
Şekil A.5 : S103-3(2) örneği XRD Difraktogramı.



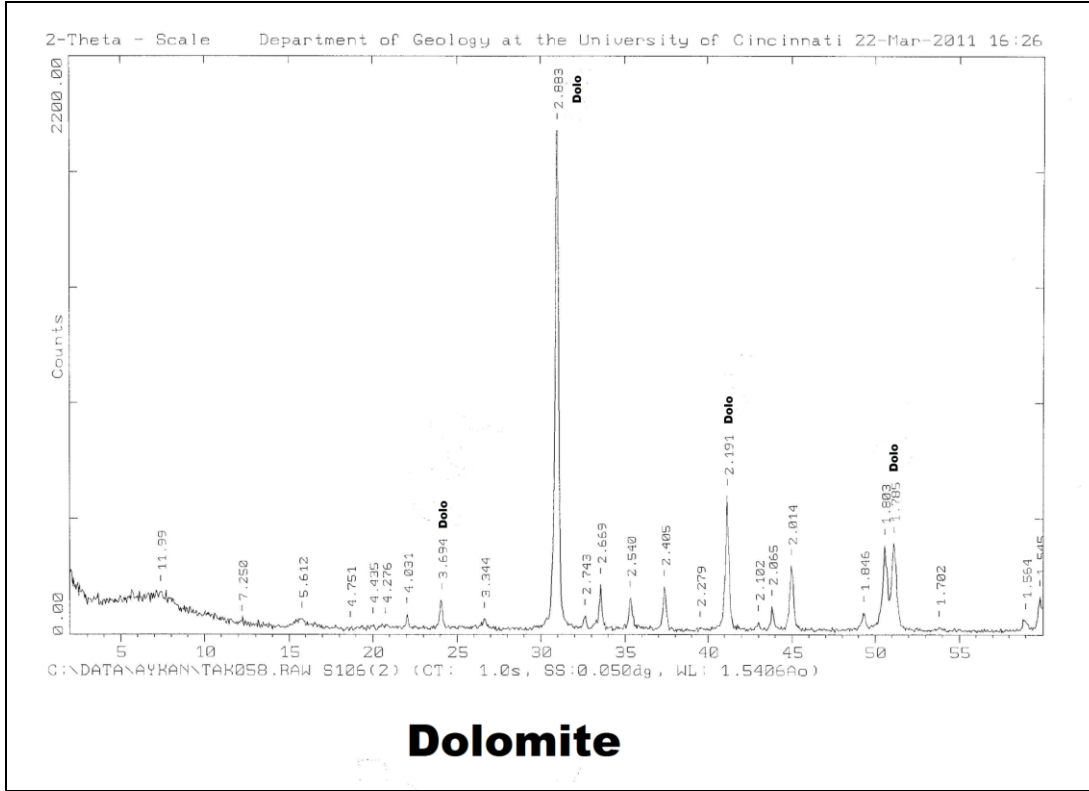
Şekil A.6 : A14-2 örneği XRD Difraktogramı.



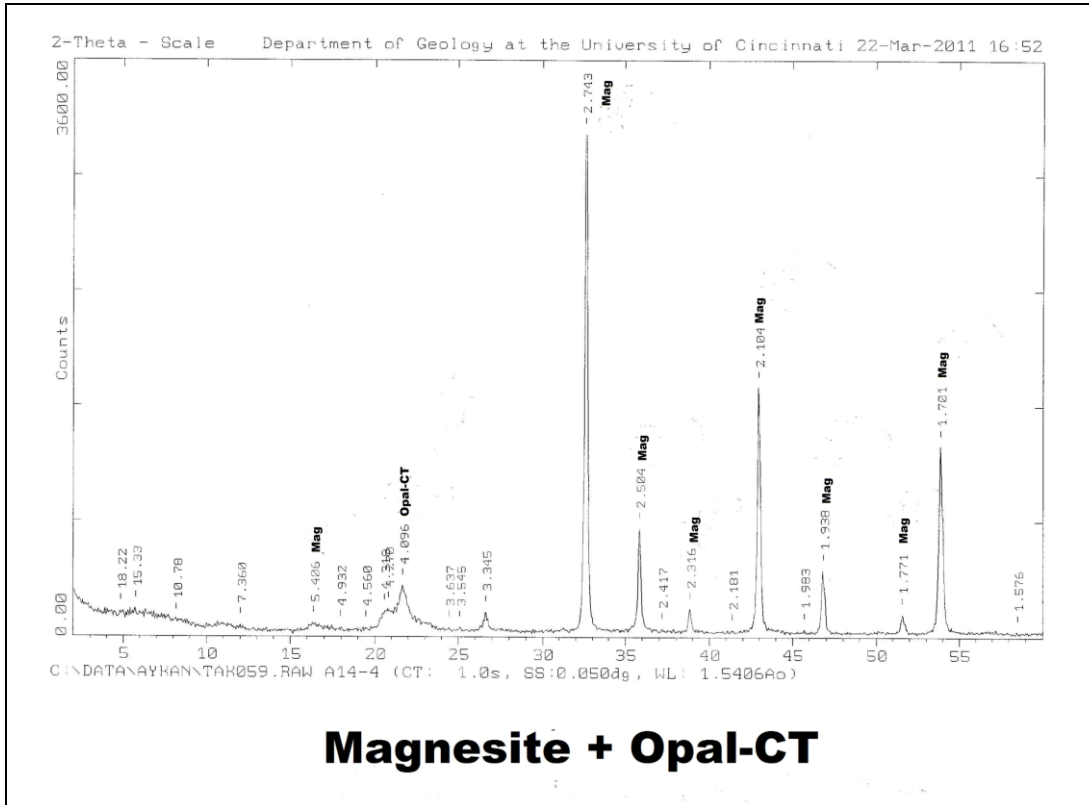
Şekil A.7 : A13-1 örneği XRD Difraktogramı.



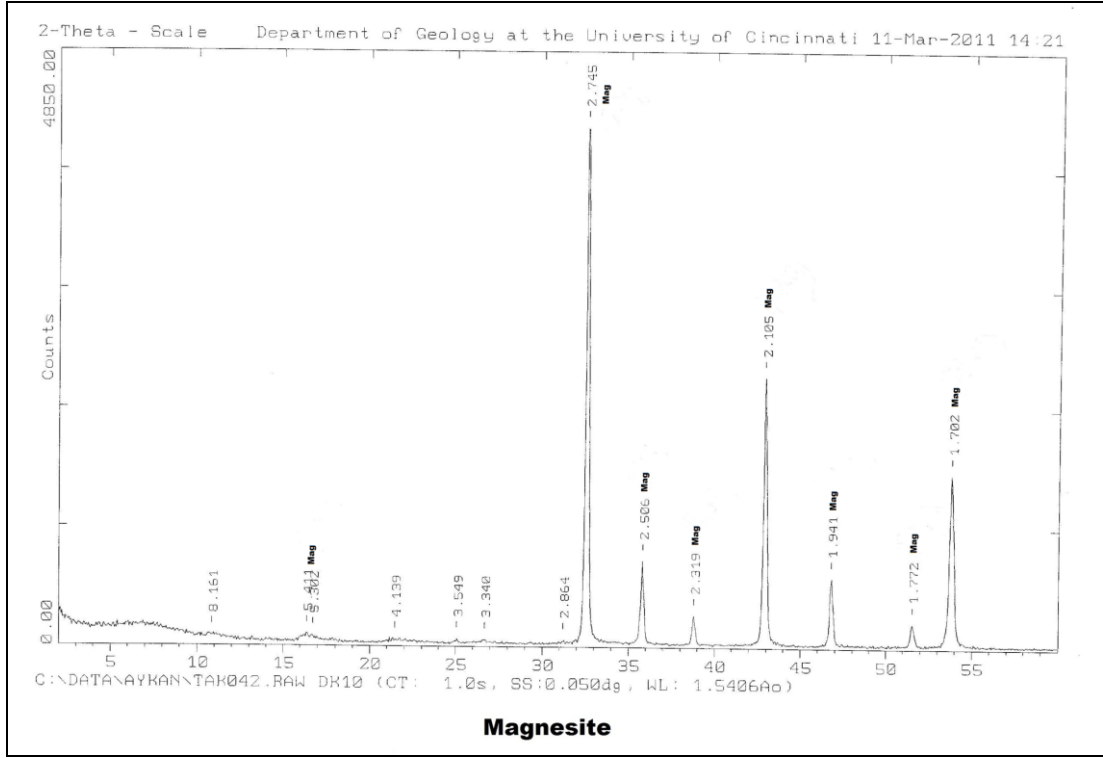
Şekil A.8 : OILOC1 örneği XRD Difraktogramı.



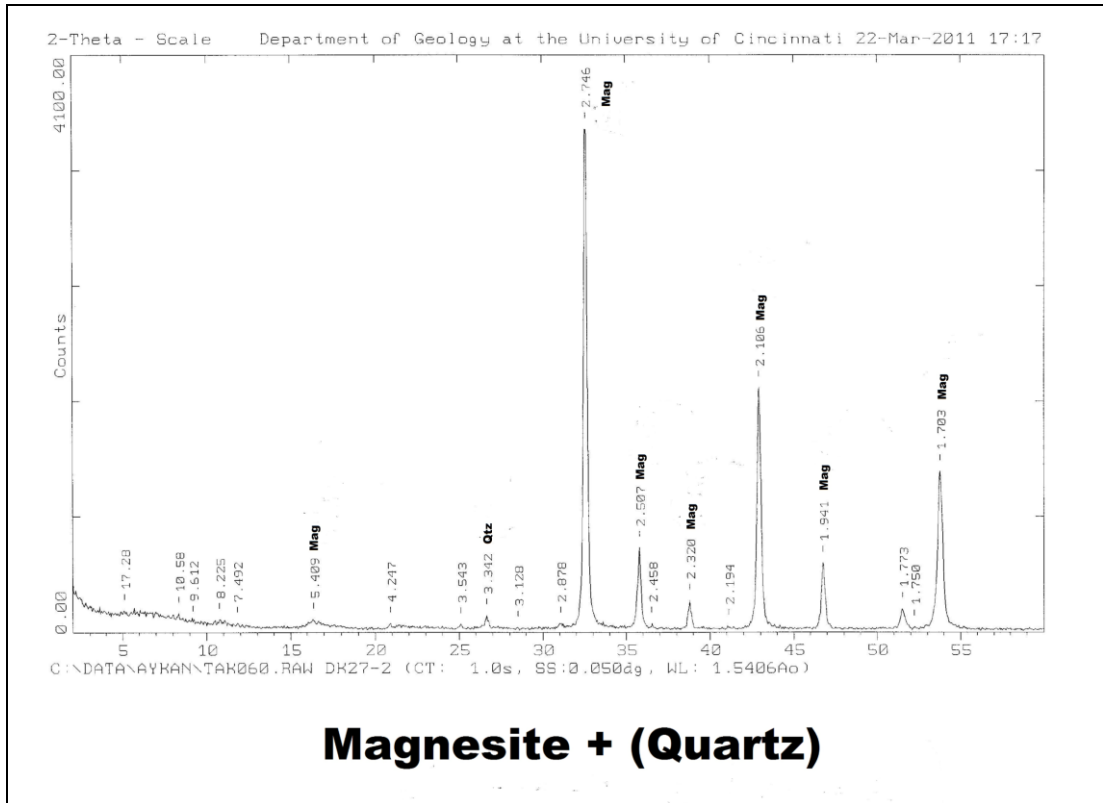
Şekil A.9 : S126(2) örneği XRD Difraktogramı.



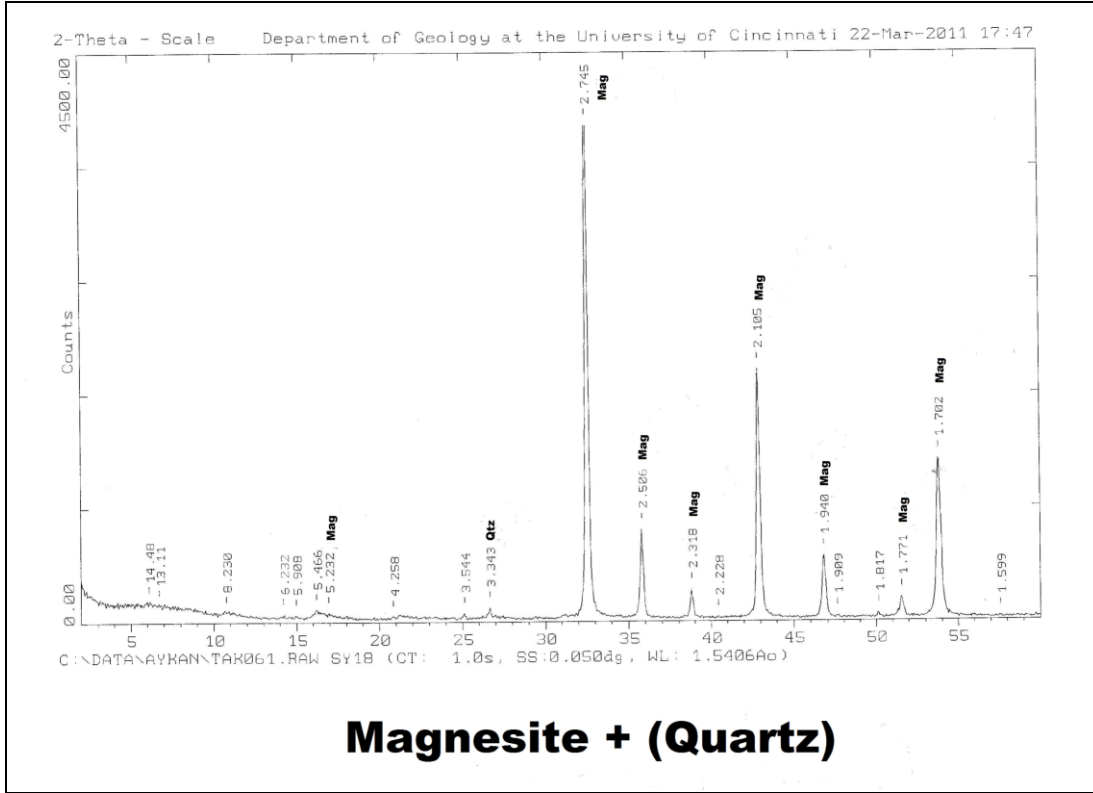
Şekil A.10 : A14-4 örneği XRD Difraktogramı.



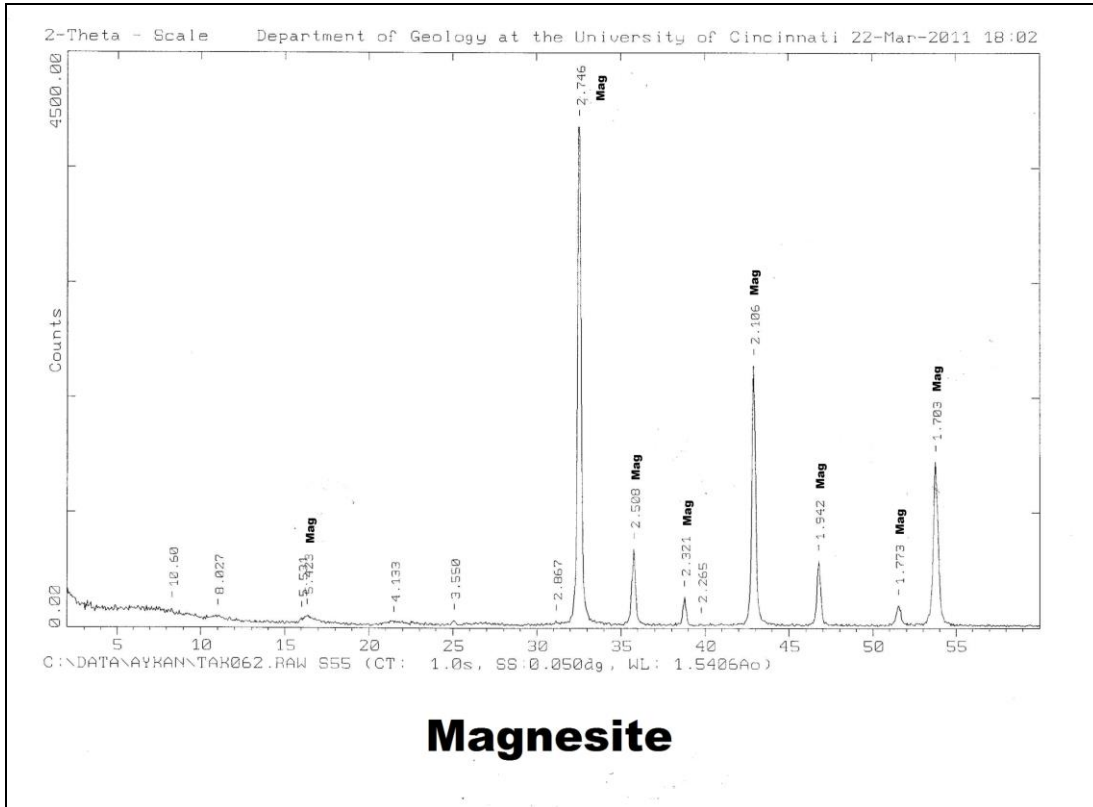
Şekil A.11 : DK10 örneği XRD Difraktogramı.



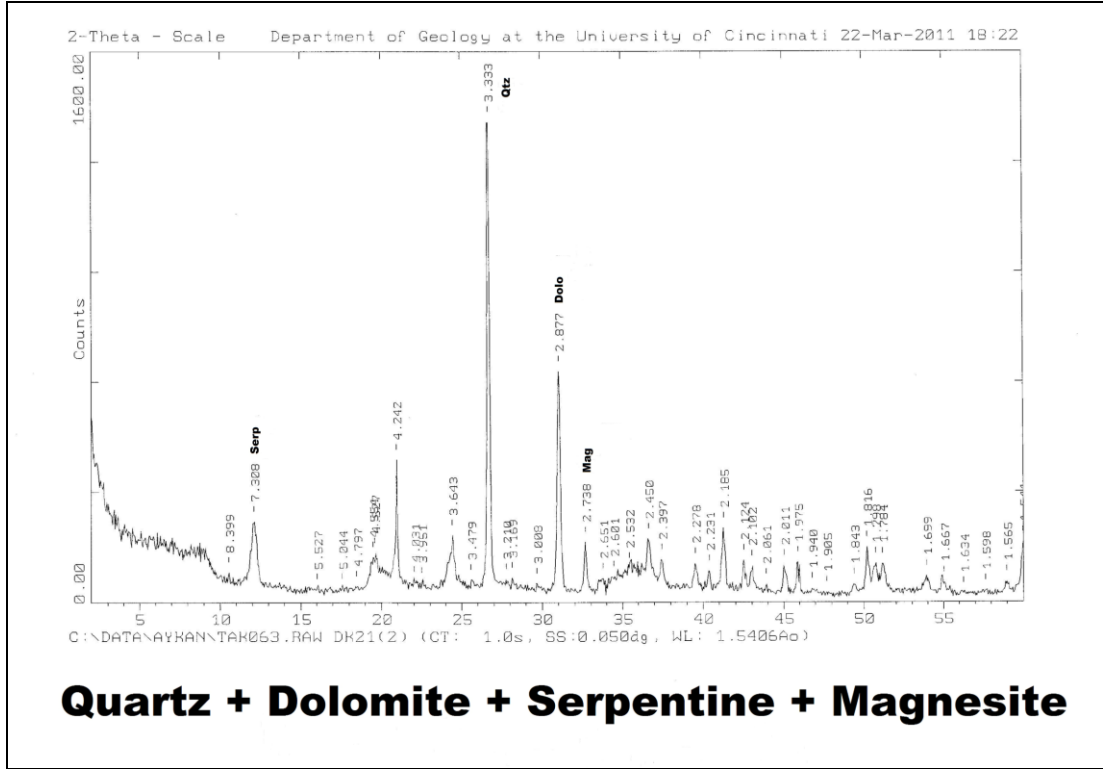
Şekil A.12 : DK27-2 örneği XRD Difraktogramı.



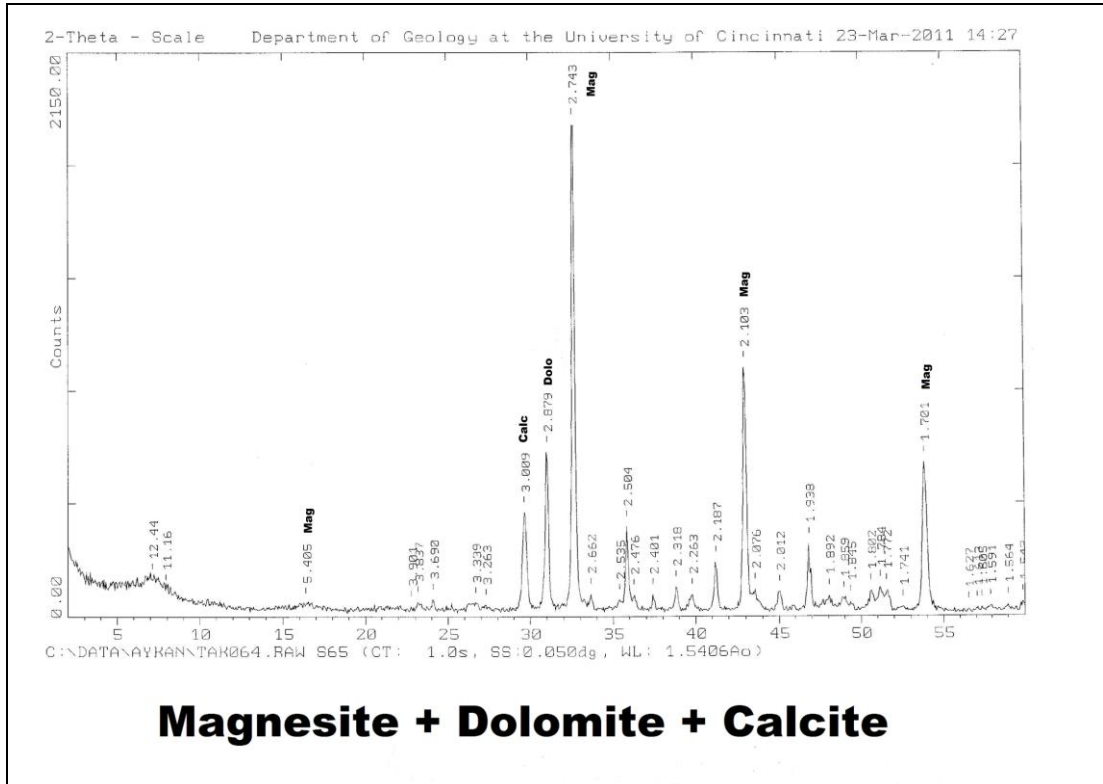
Şekil A.13 : SY18 örneği XRD Difraktogramı.



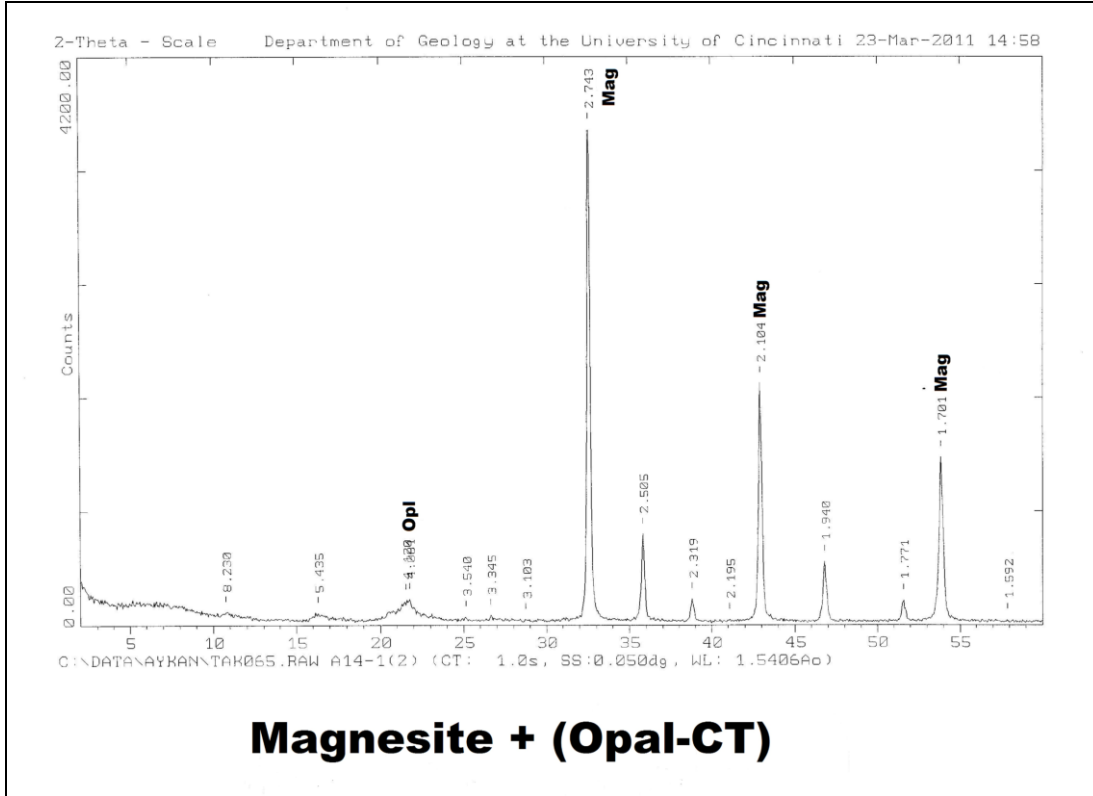
Şekil A.14 : S55 örneği XRD Difraktogramı.



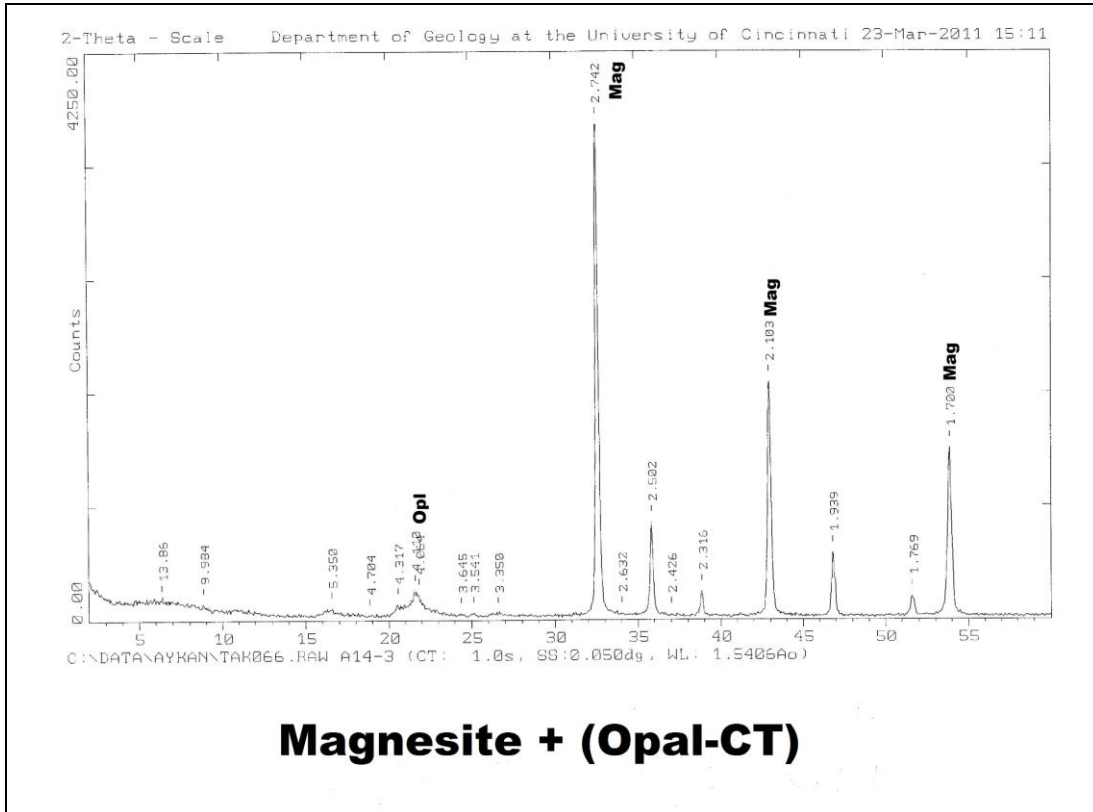
Şekil A.15 : DK21(2) örneği XRD Difraktogramı.



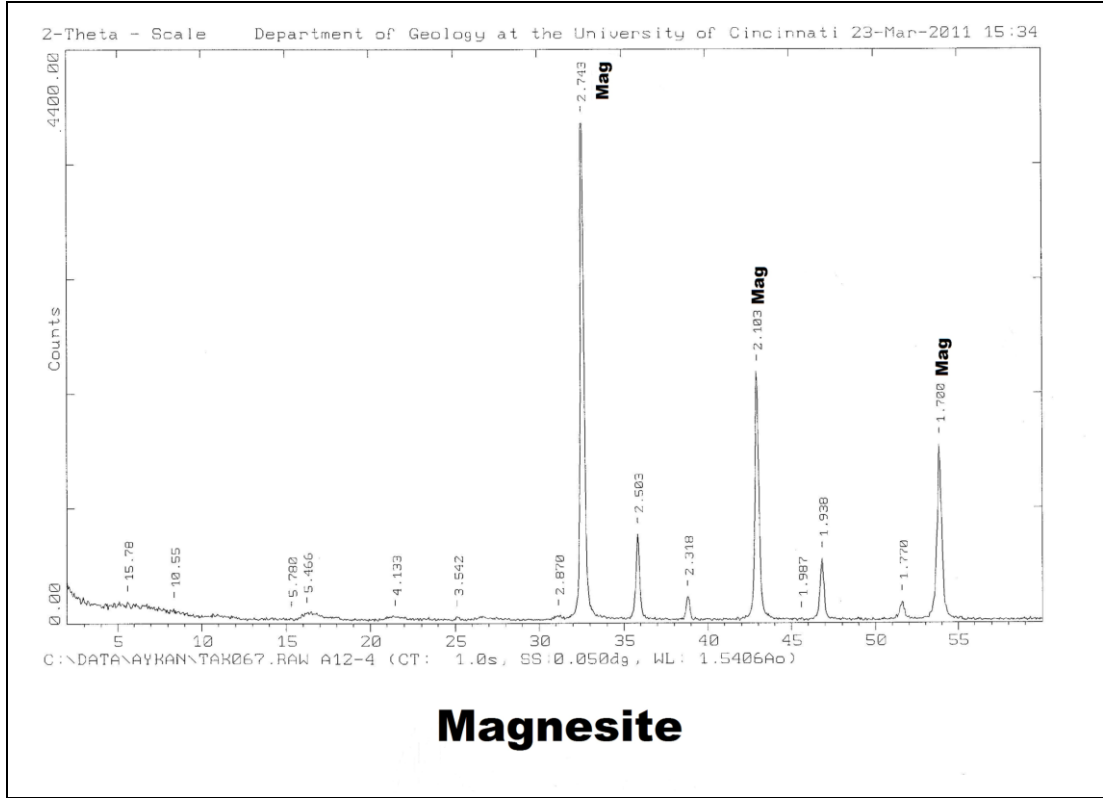
Şekil A.16 : S65 örneği XRD Difraktogramı.



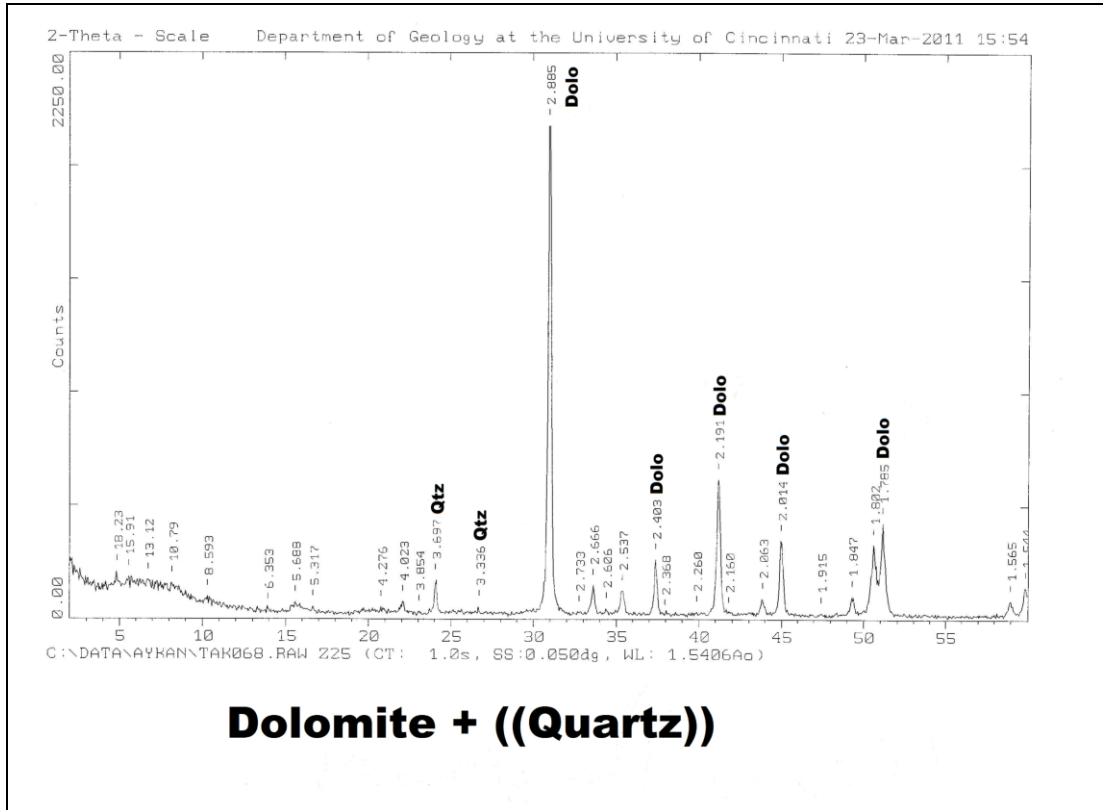
Şekil A.17 : A14-1(2) örneği XRD Difraktogramı.



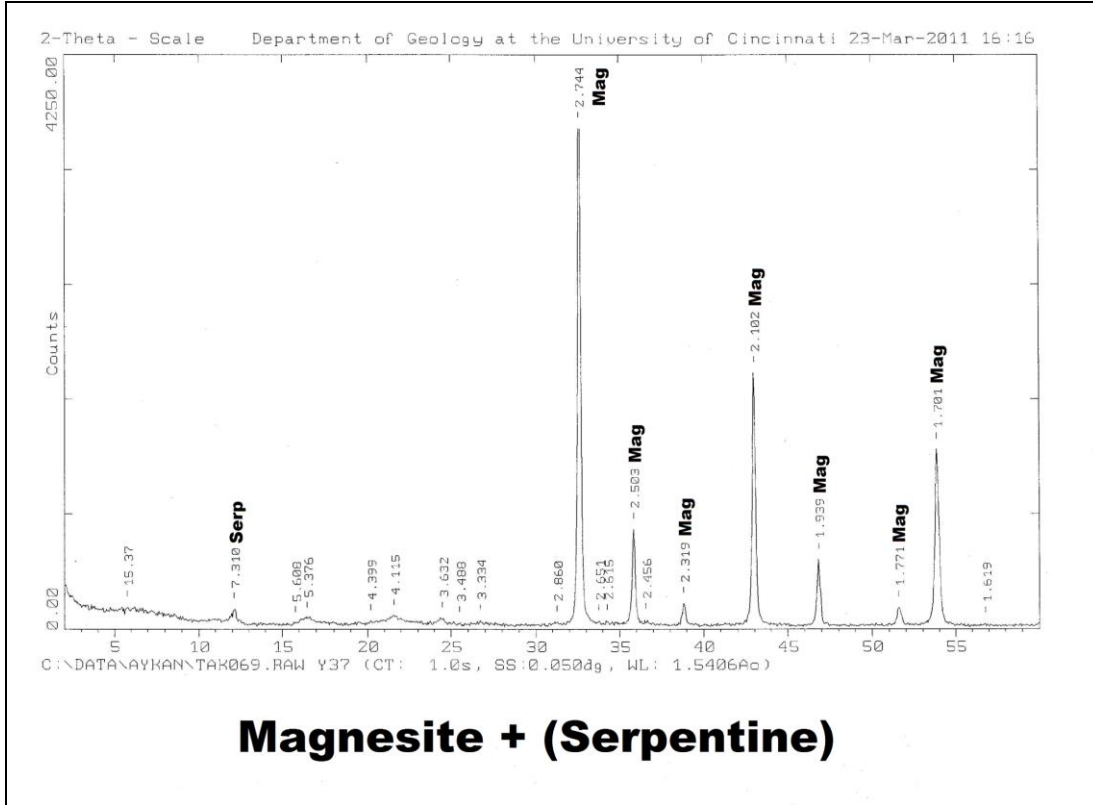
Şekil A.18 : A14-3 örneği XRD Difraktogramı.



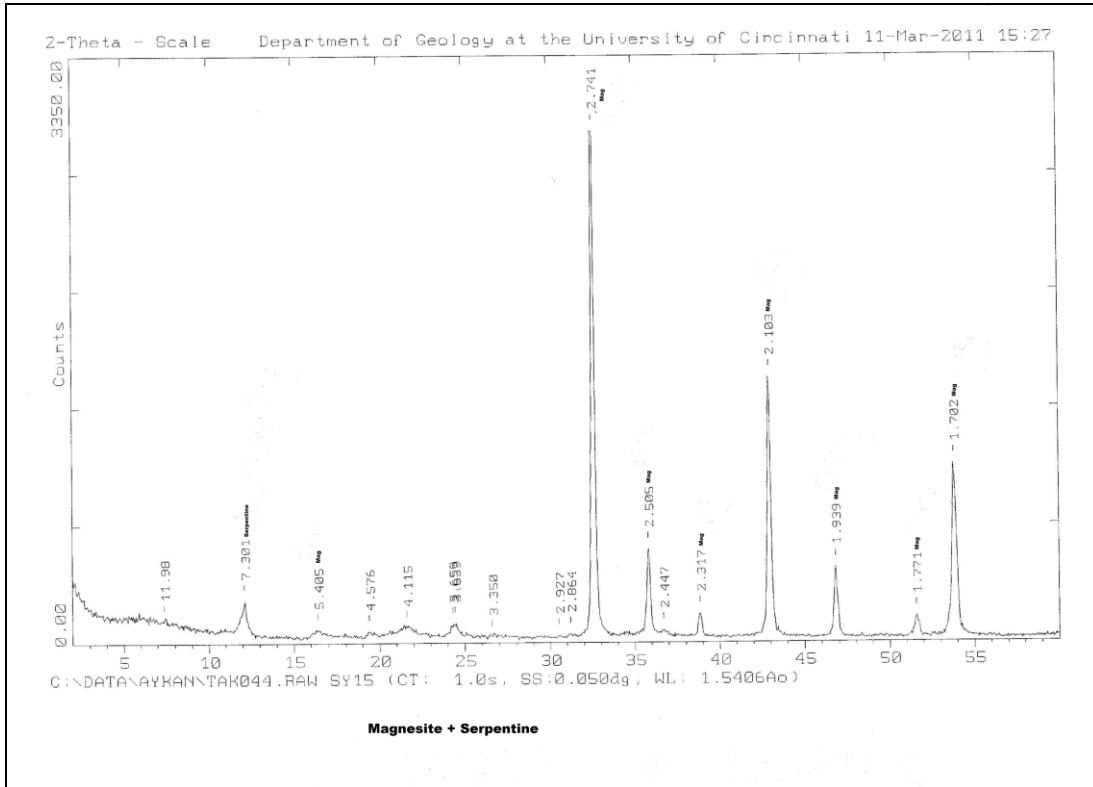
Şekil A.19 : A12-4 örneği XRD Difraktogramı.



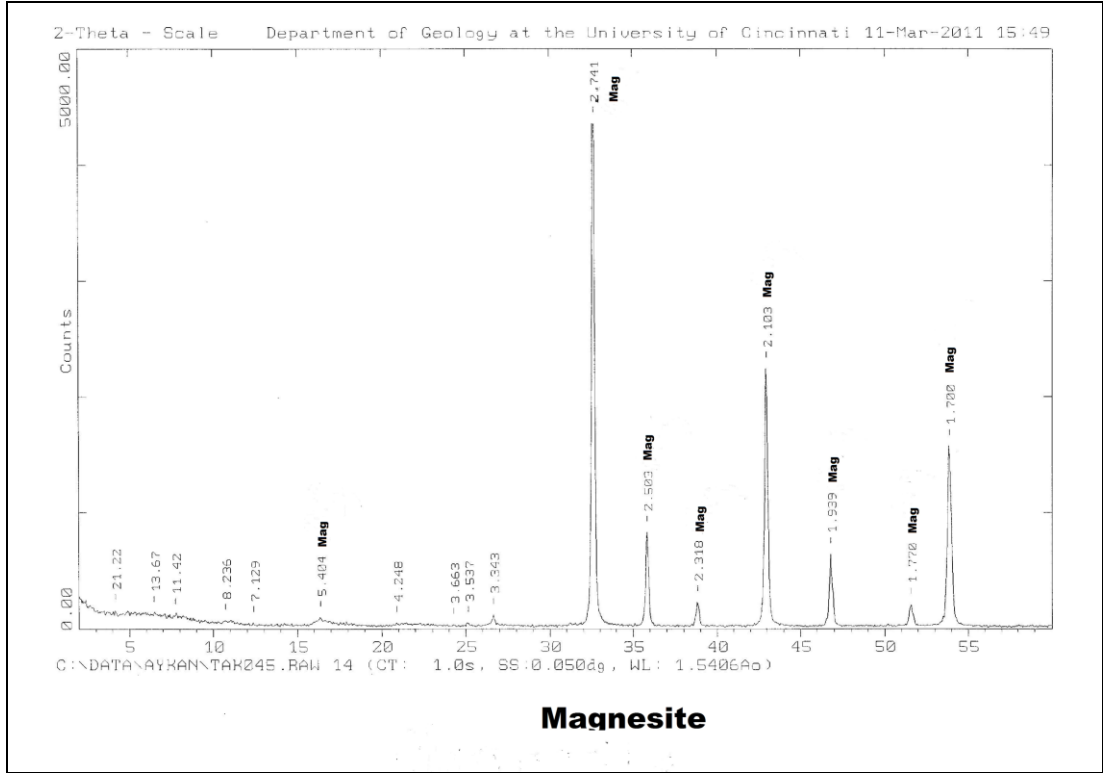
Şekil A.20 : Z25 örneği XRD Difraktogramı.



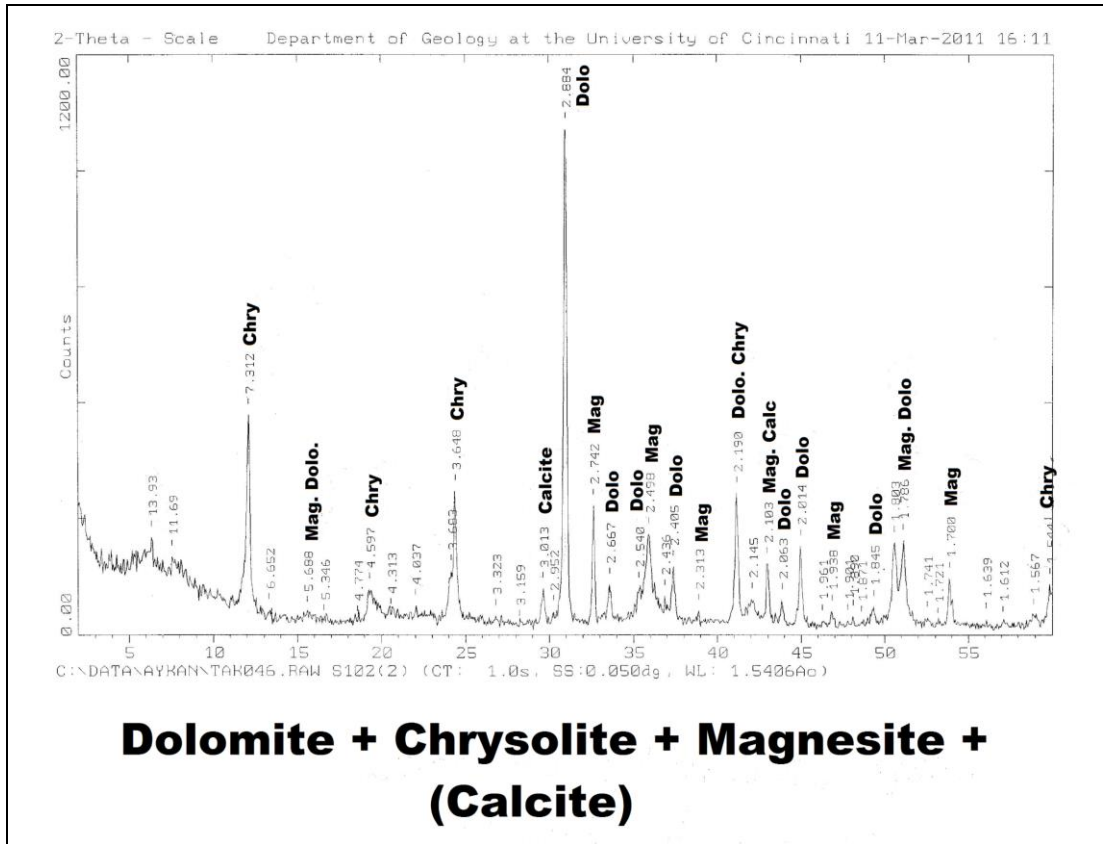
Şekil A.21 : Y37 örneği XRD Difraktogramı.



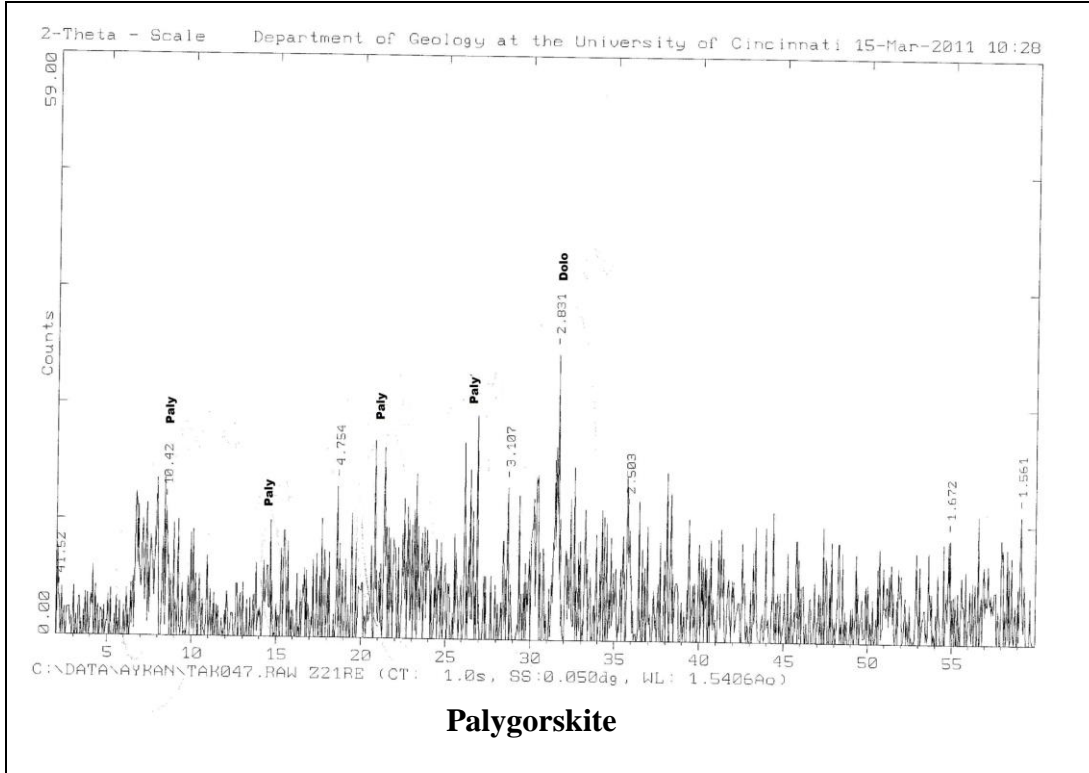
Şekil A.22 : SY15 örneği XRD Difraktogramı.



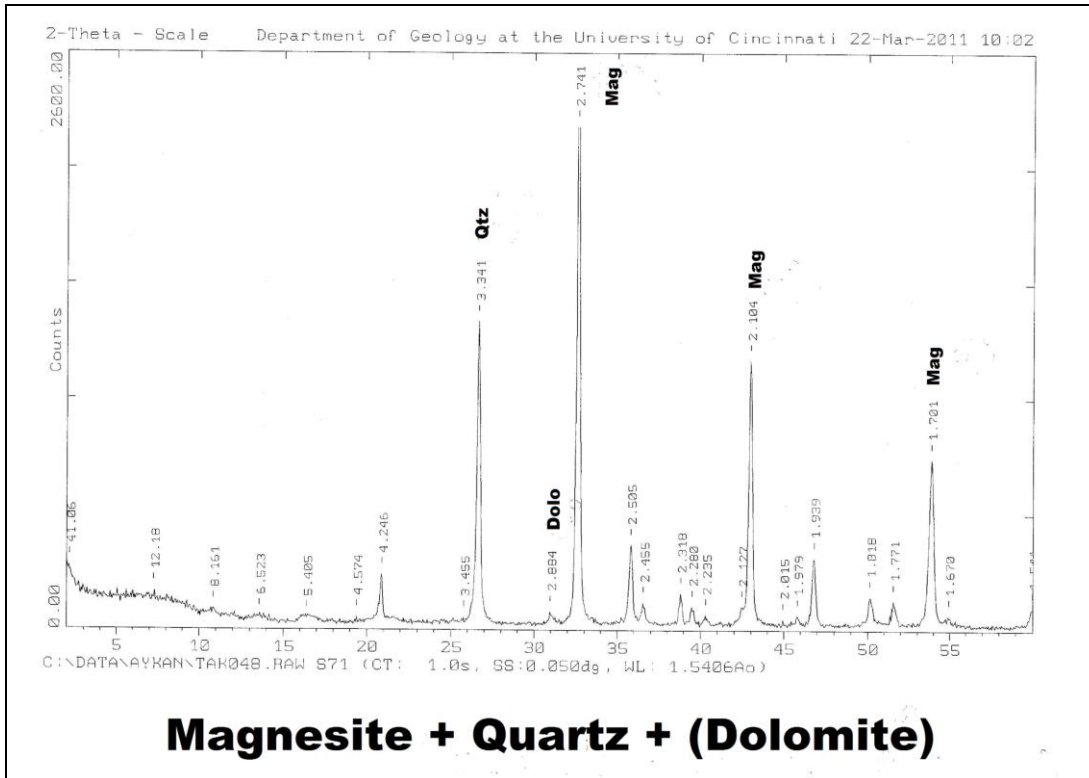
Şekil A.23 : 14A örneği XRD Difraktogramı.



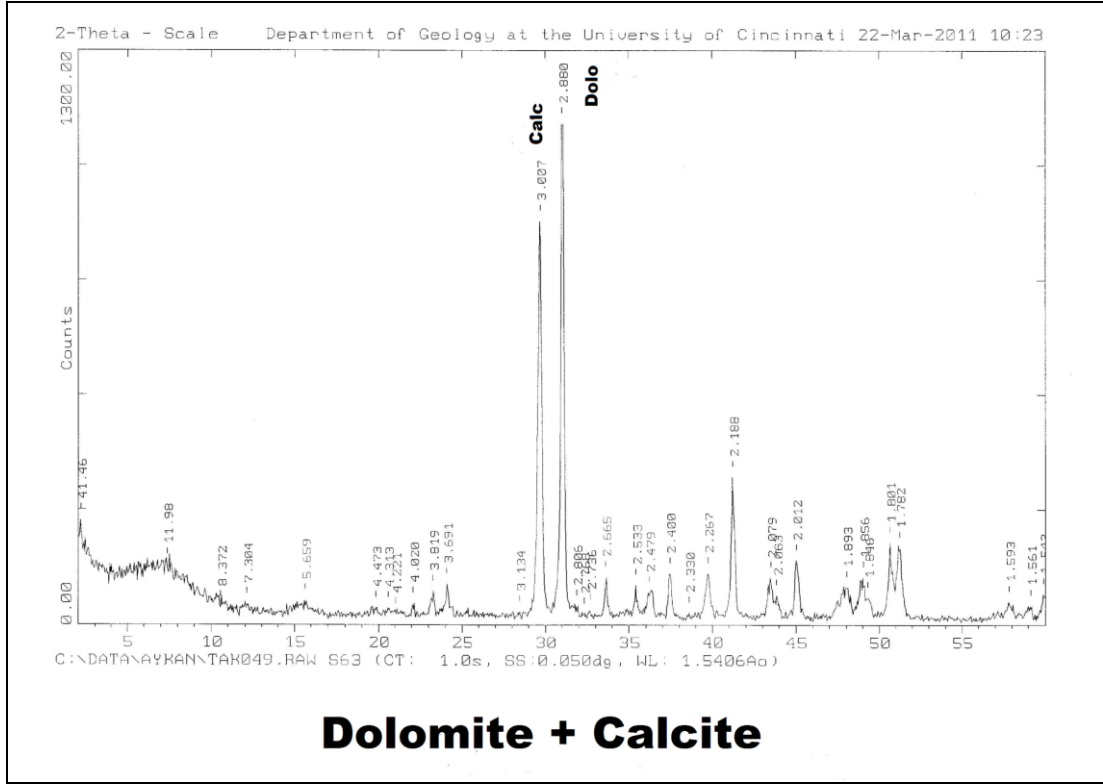
Şekil A.24 : S102(2) örneği XRD Difraktogramı.



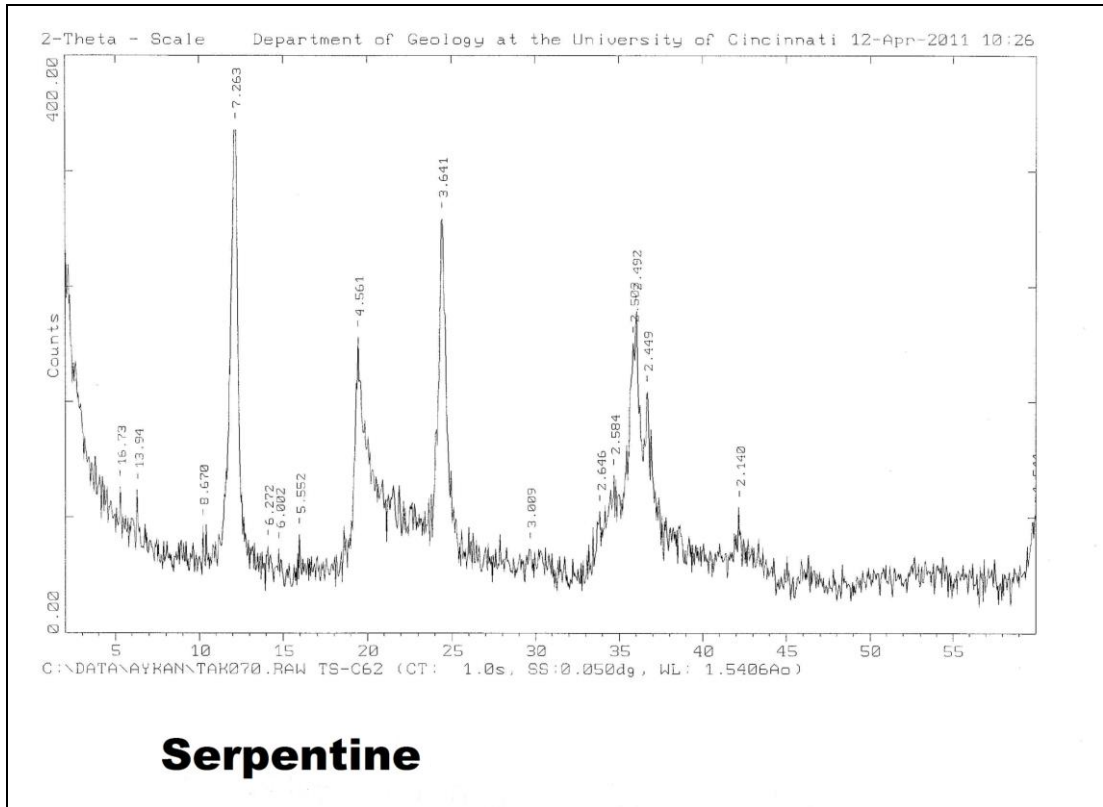
Şekil A.25 : Z21 örneği XRD Difraktogramı.



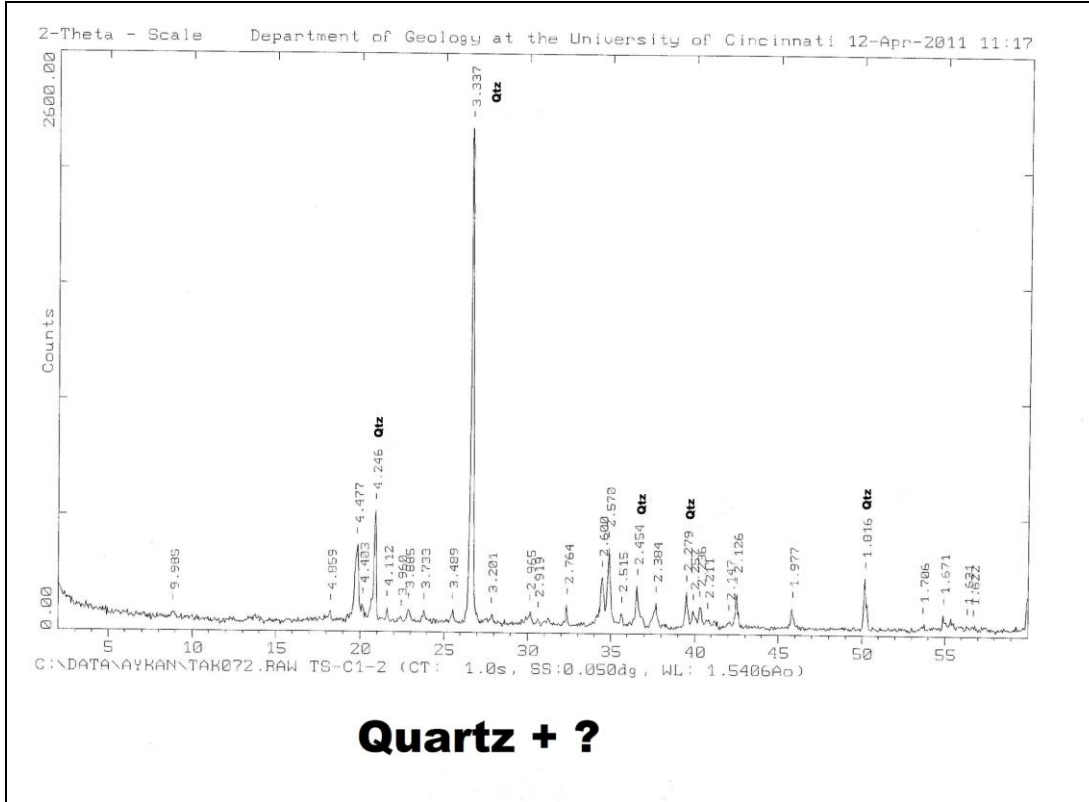
Şekil A.26 : S71 örneği XRD Difraktogramı.



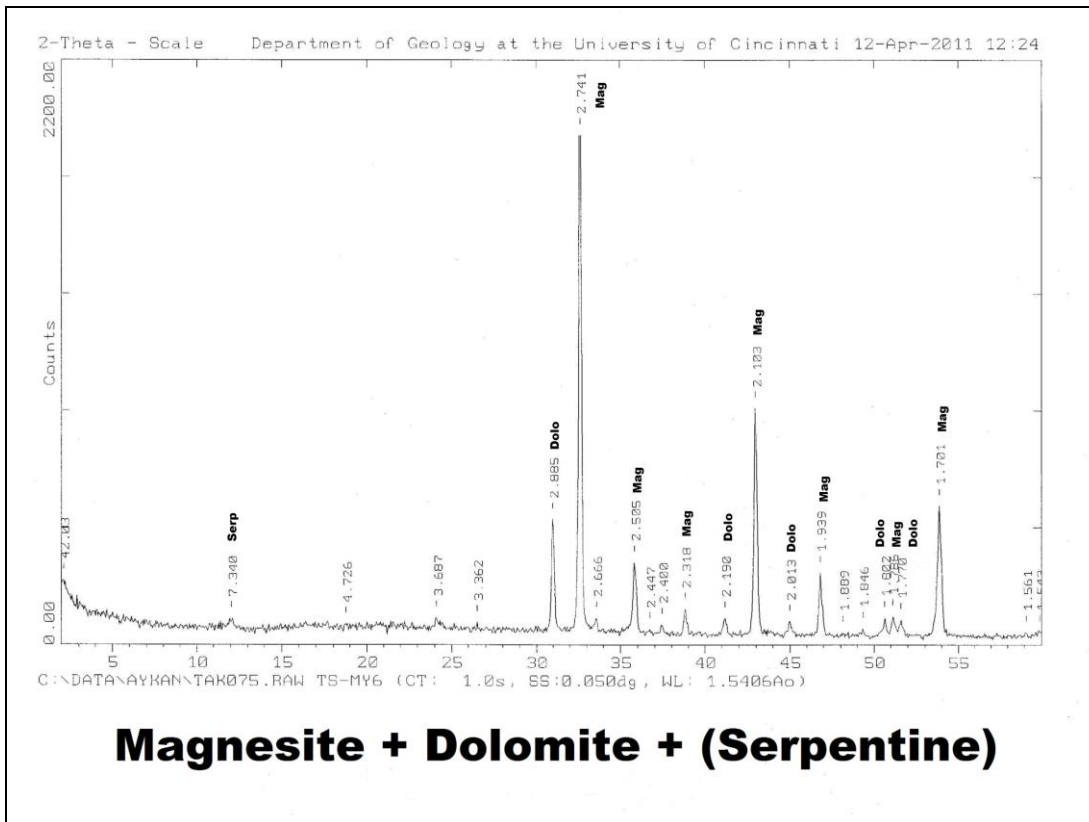
Şekil A.27 : S63 örneği XRD Difraktogramı.



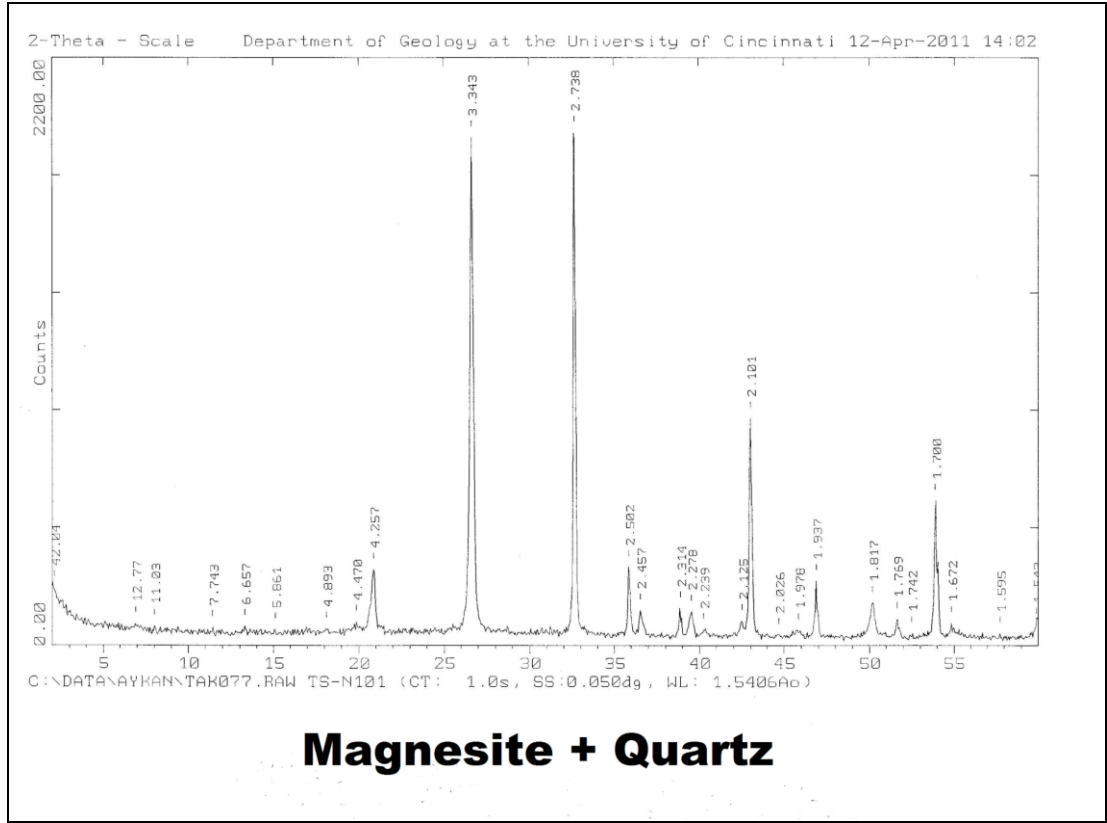
Şekil A.28 : C62 örneği XRD Difraktogramı.



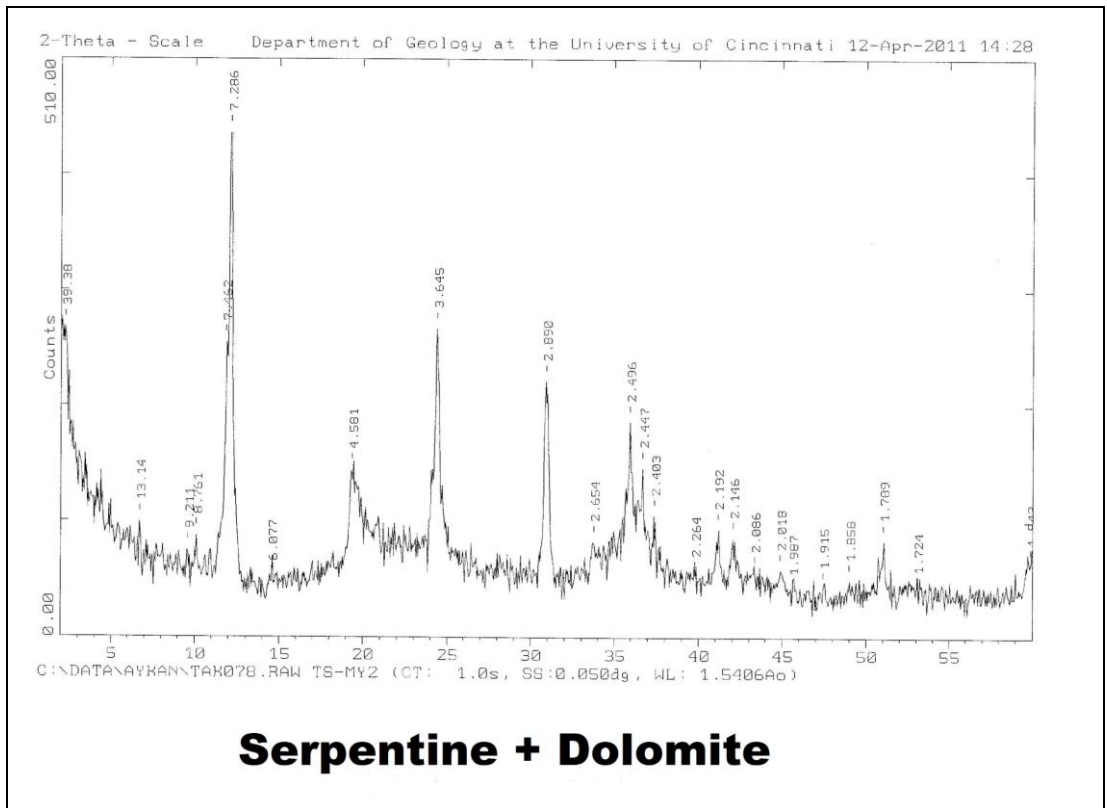
Şekil A.29 : C1-2 örneği XRD Difraktogramı.



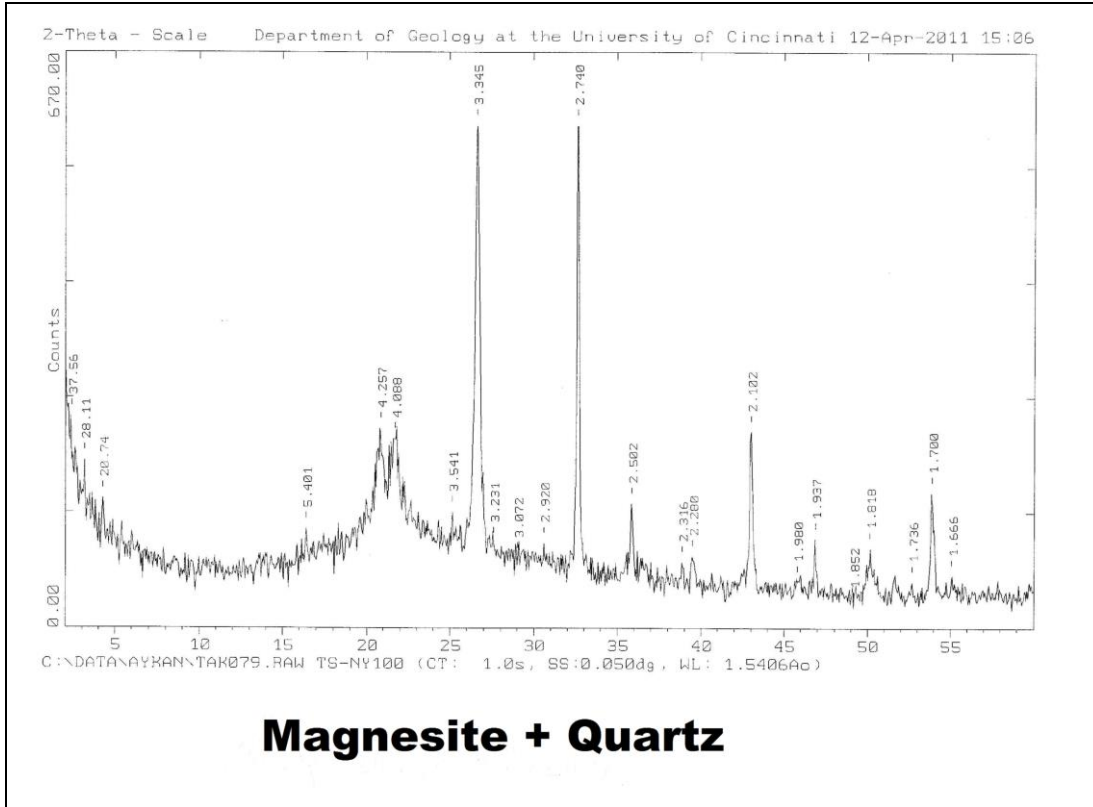
Şekil A.30 : MY6 örneği XRD Difraktogramı.



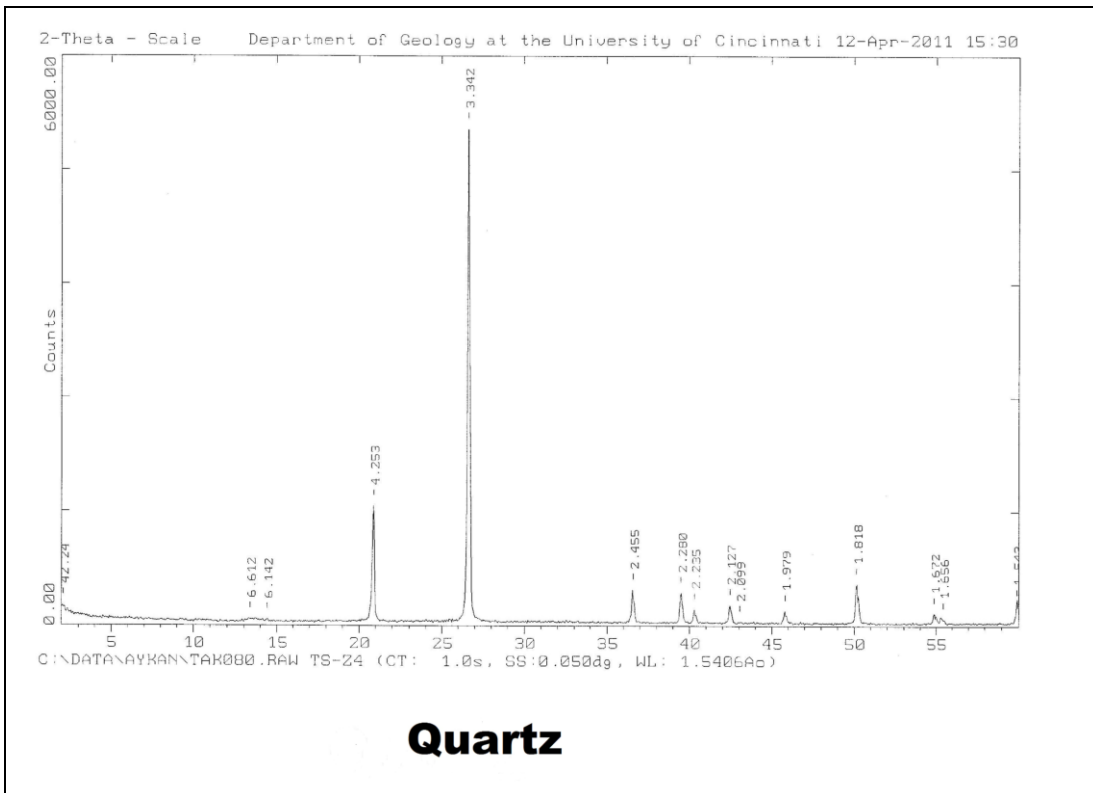
Şekil A.31 : N101 örneği XRD Difraktogramı.



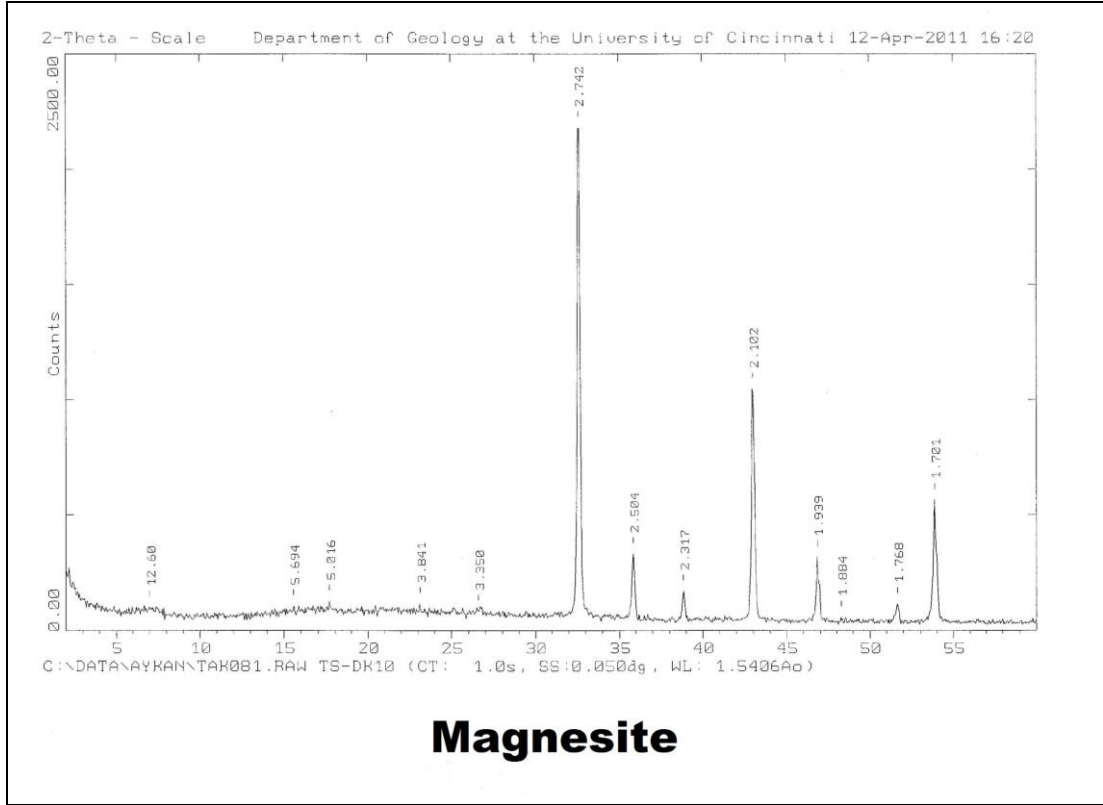
Şekil A.32 : MY2A örneği XRD Difraktogramı.



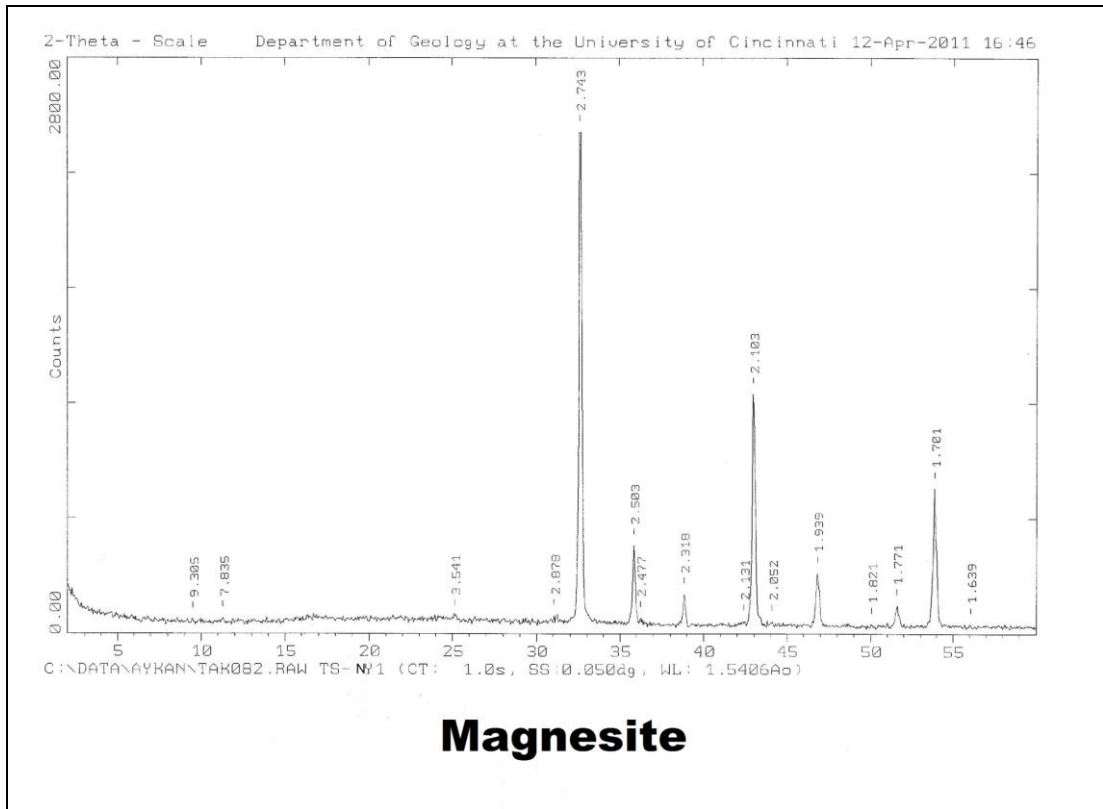
Şekil A.33 : NY100 örneği XRD Difraktogramı.



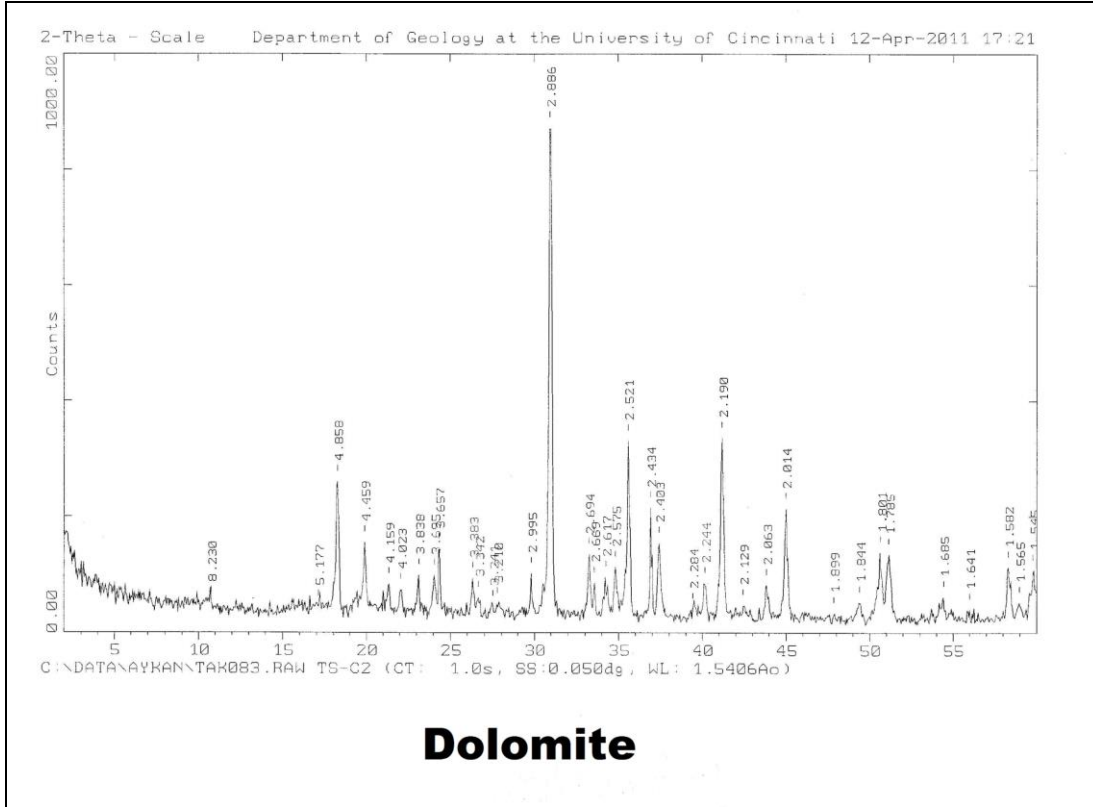
Şekil A.34 : Z4 örneği XRD Difraktogramı.



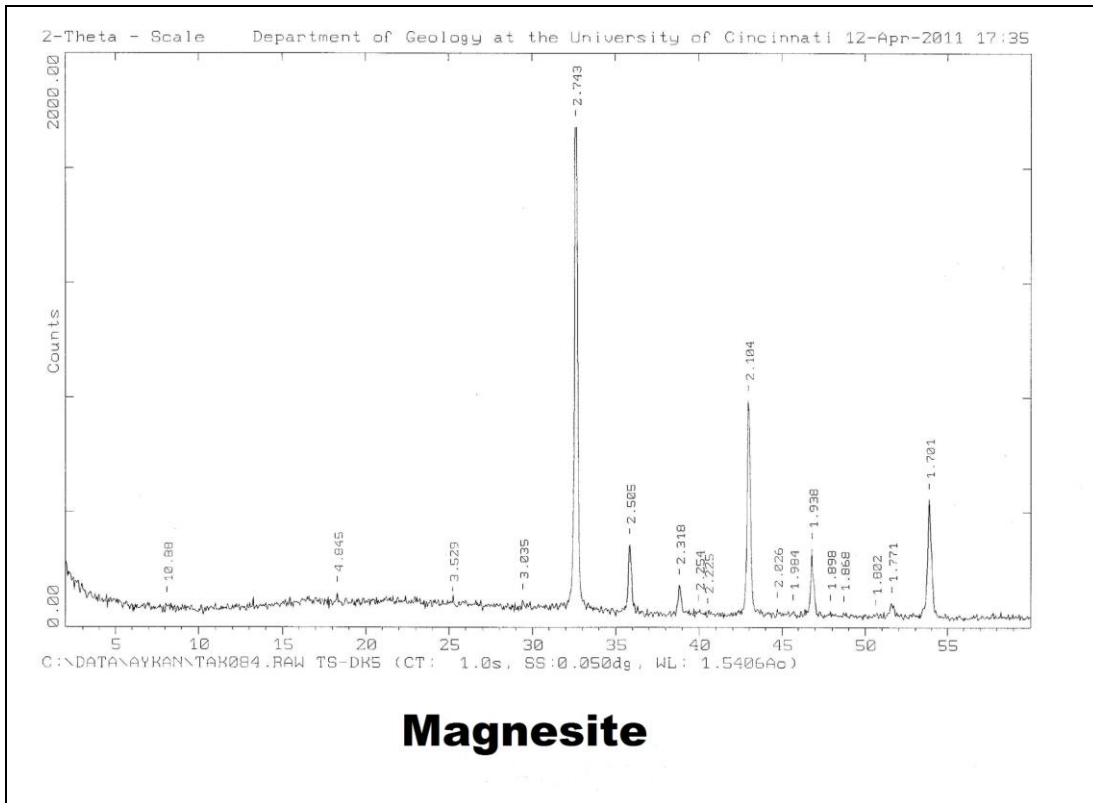
Şekil A.35 : DK10 örneği XRD Difraktogramı.



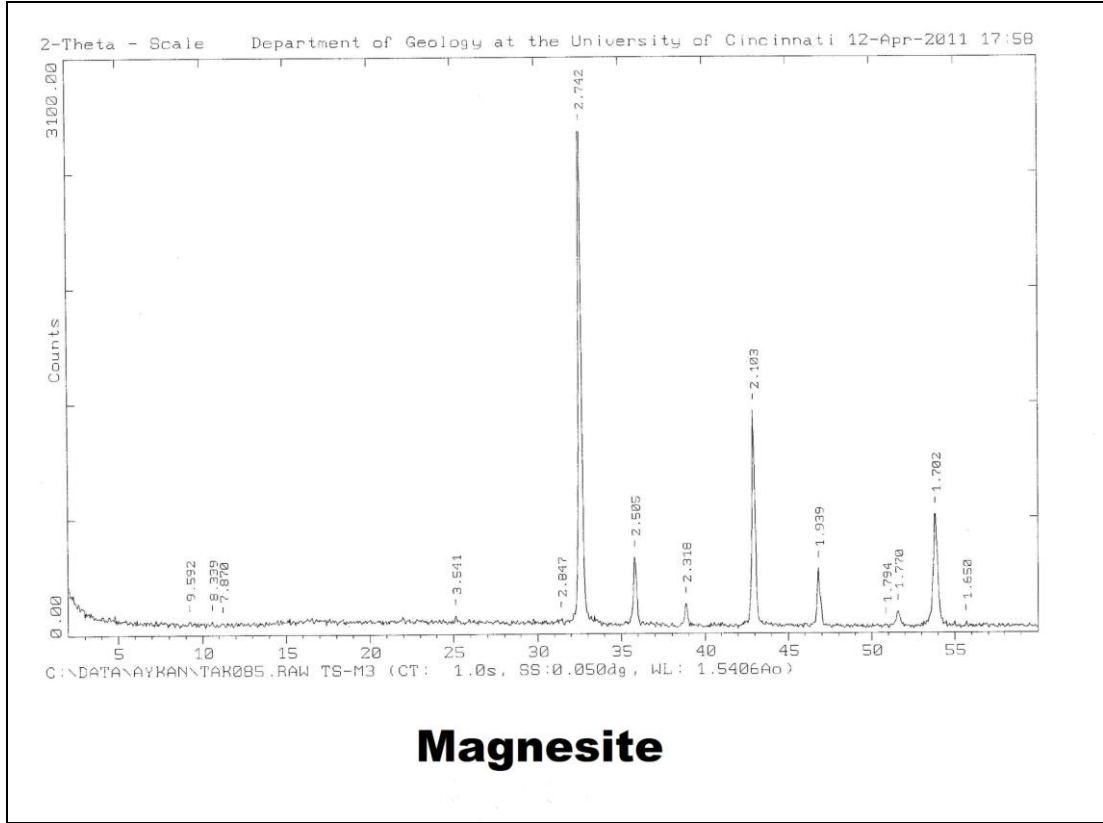
Şekil A.36 : NY1 örneği XRD Difraktogramı.



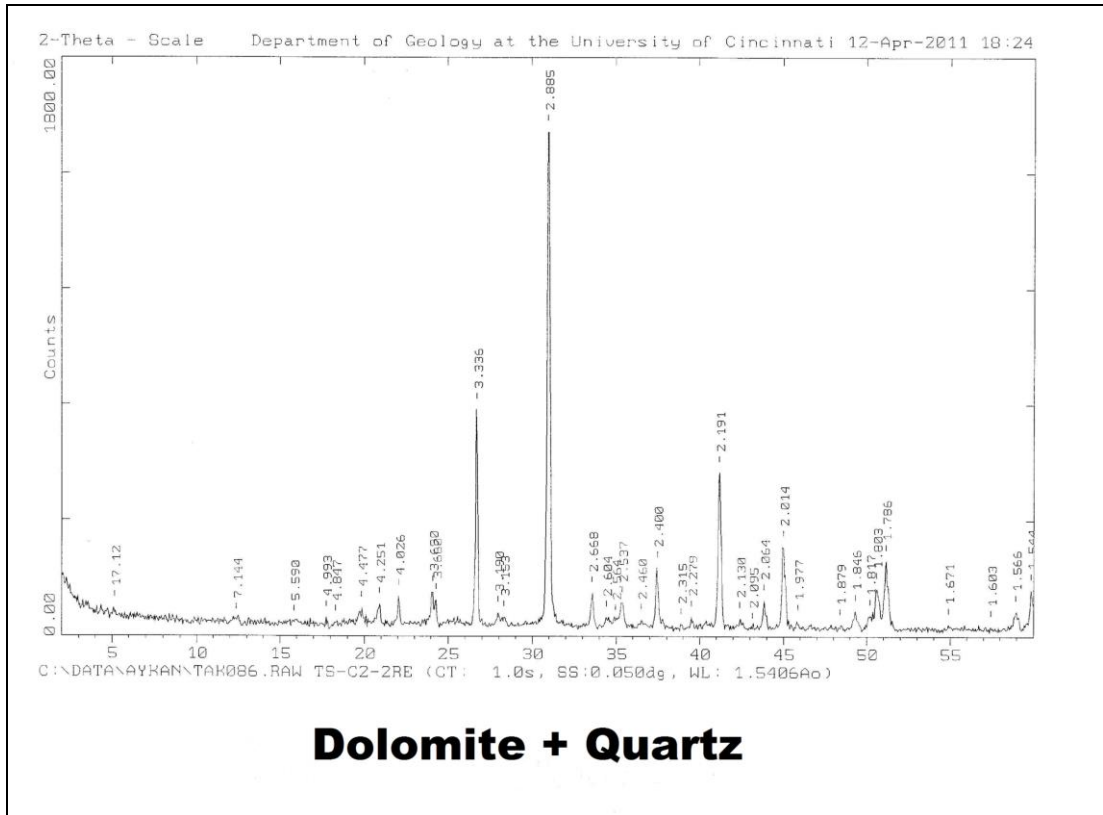
Şekil A.37 : C2 örneği XRD Difraktogramı.



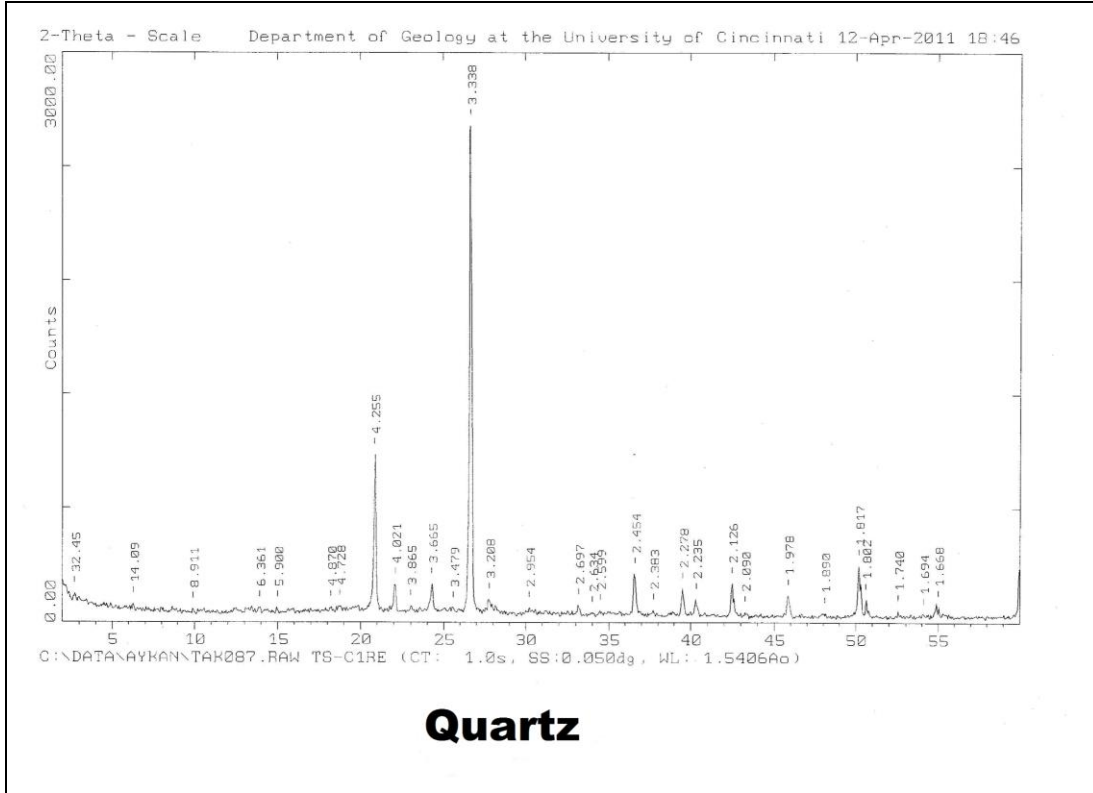
Şekil A.38 : DK5 örneği XRD Difraktogramı.



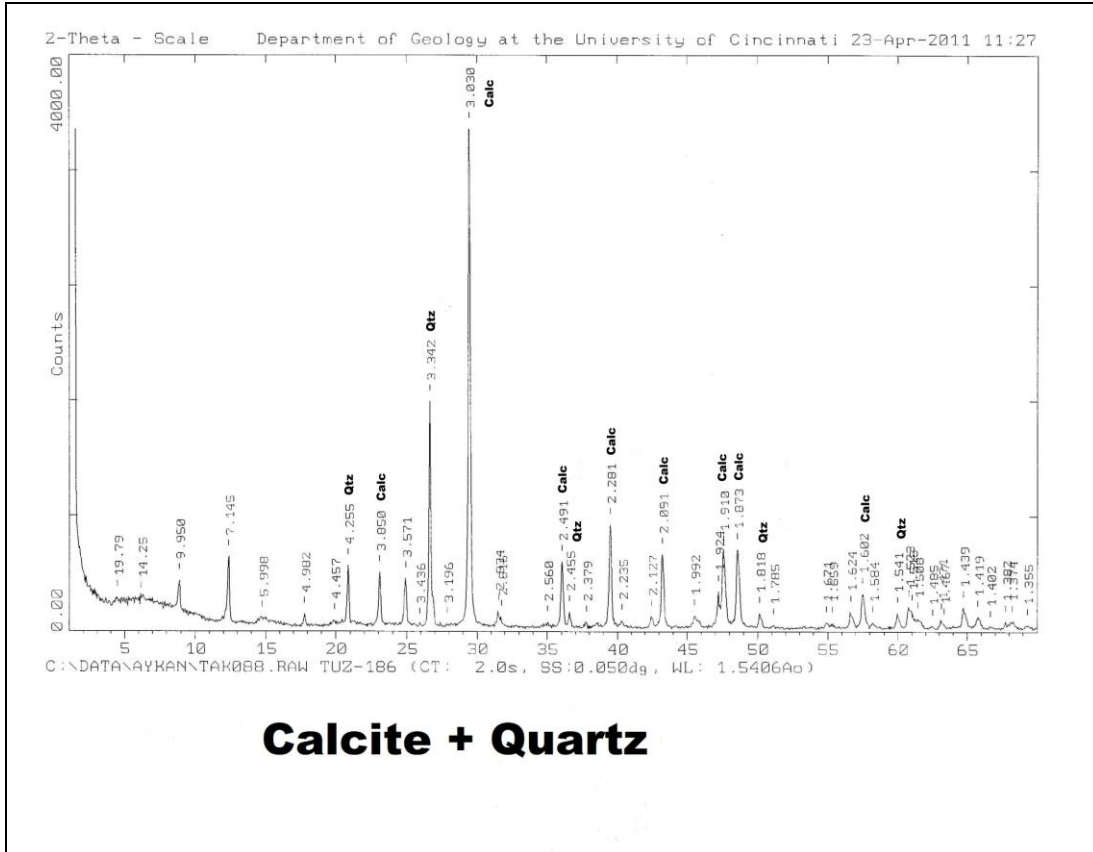
Şekil A.39 : M3 örneği XRD Difraktogramı.



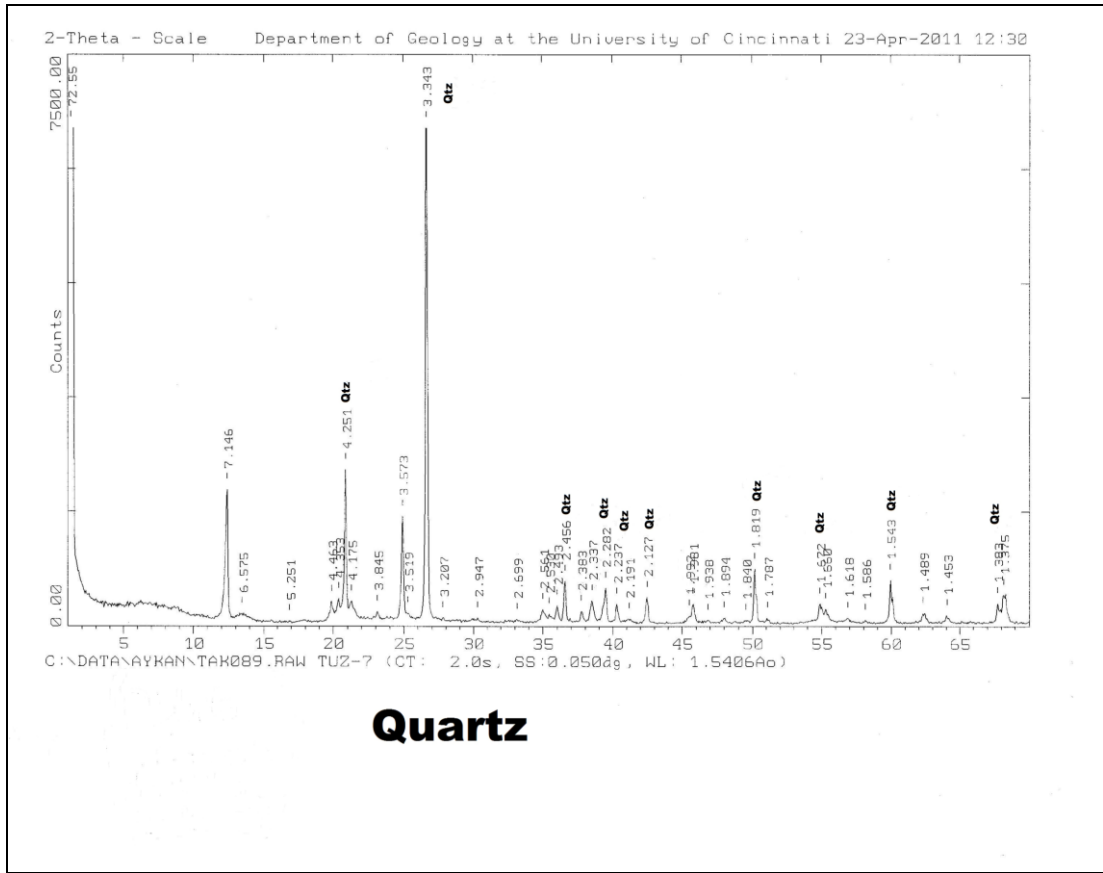
Şekil A.40 : C2-2 örneği XRD Difraktogramı.



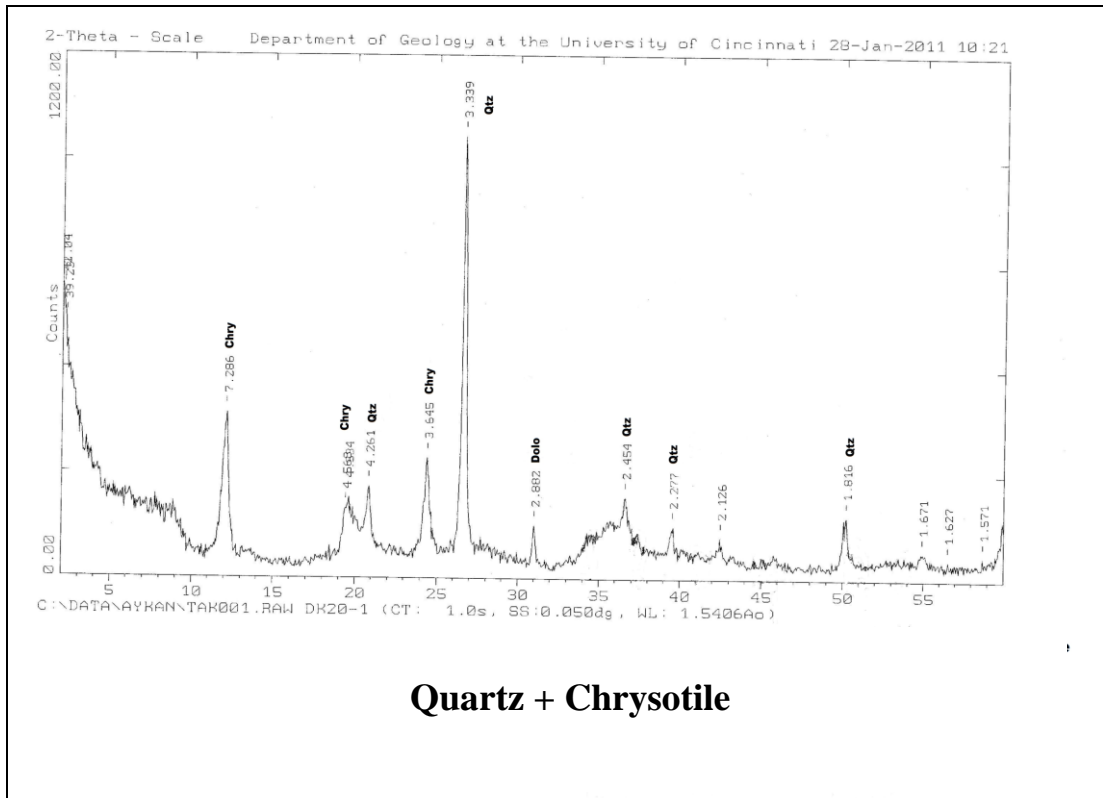
Şekil A.41 : C1 örneği XRD Difraktogramı.



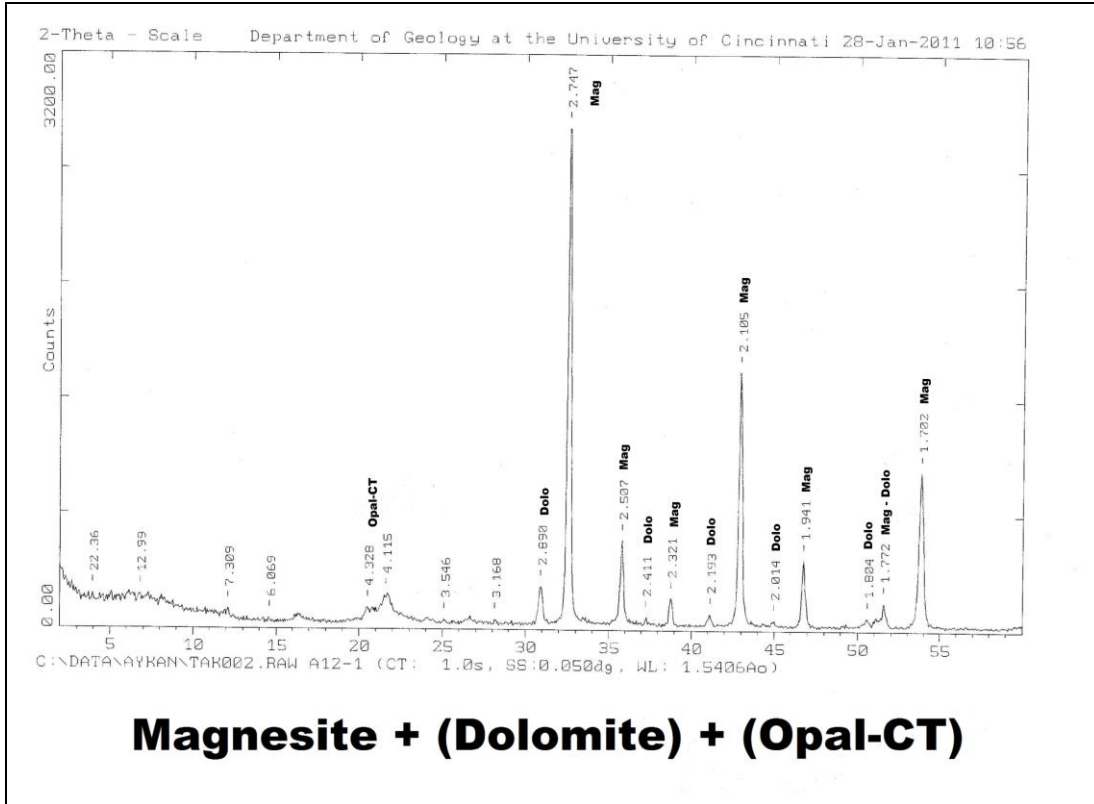
Şekil A.42 : TUZ-106 örneği XRD Difraktogramı.



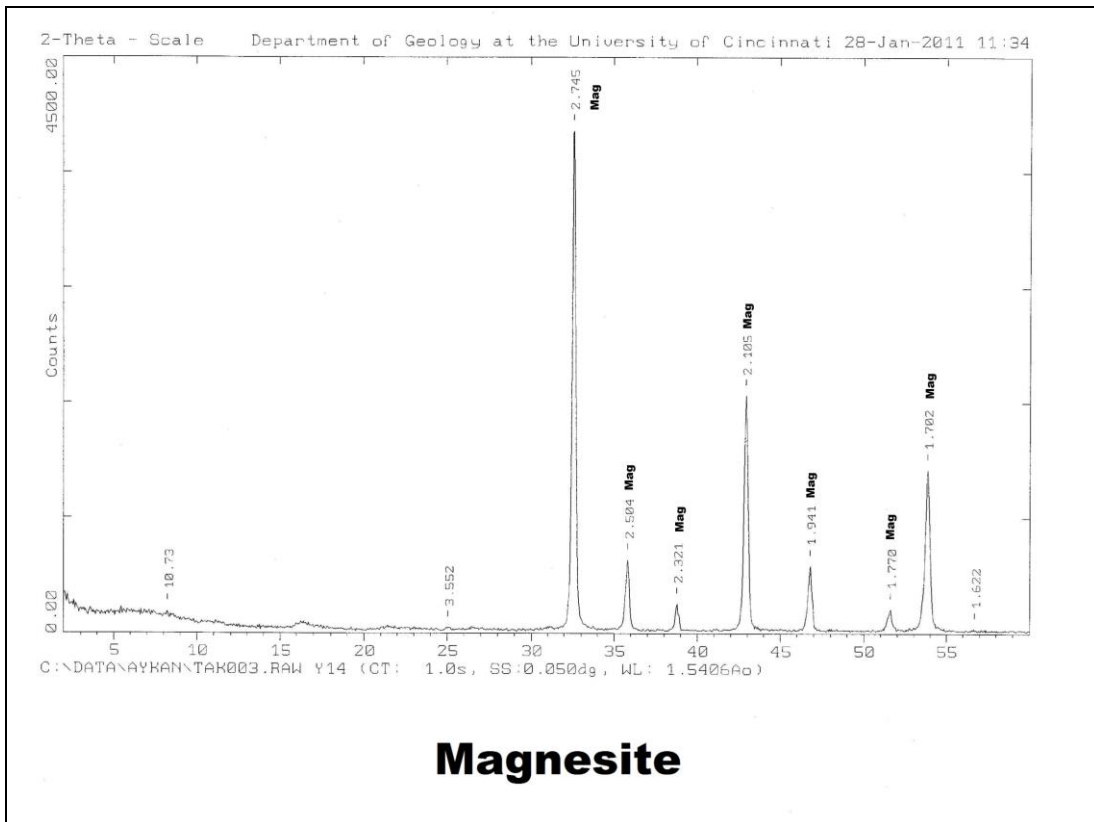
Şekil A.43 : TUZ-7 örneği XRD Difraktogramı.



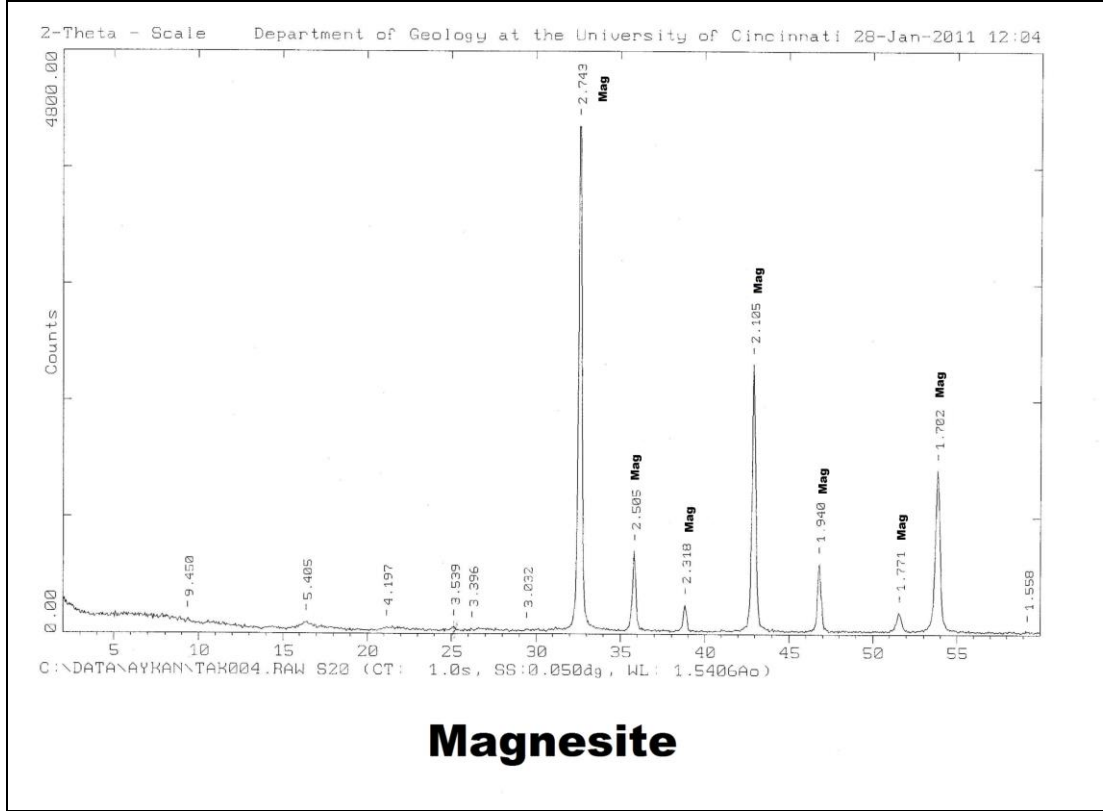
Şekil A.44 : DK20-1 örneği XRD Difraktogramı.



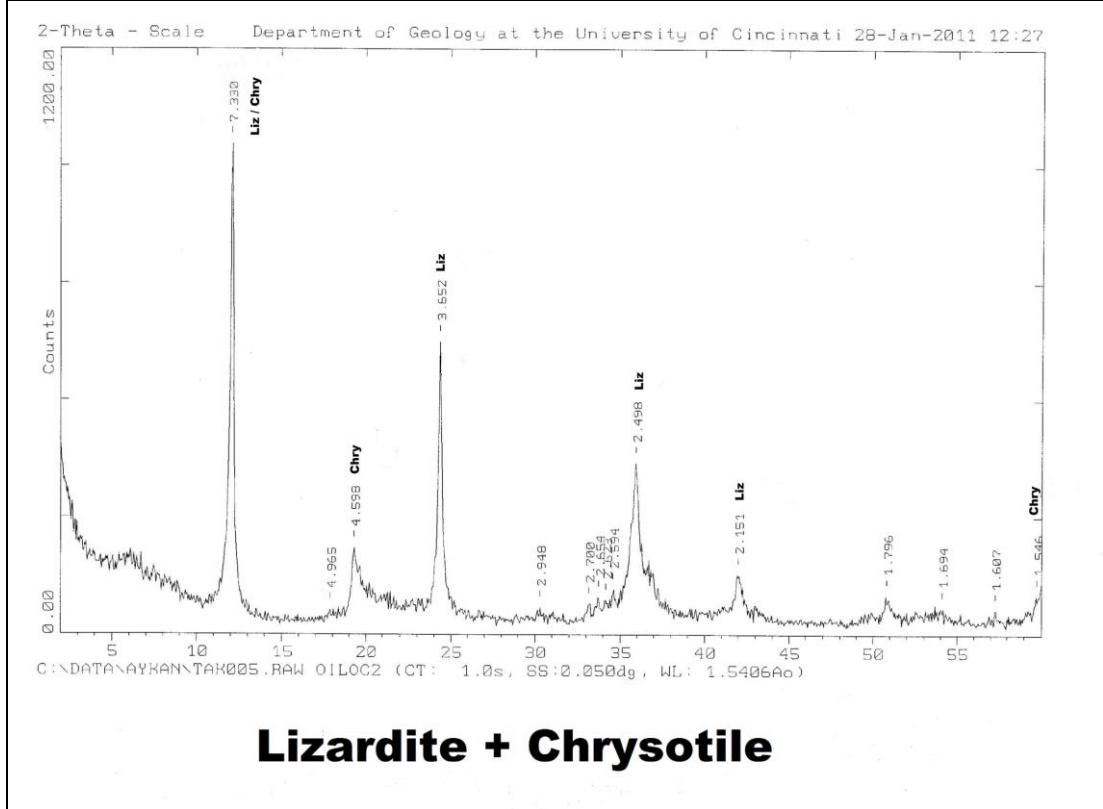
Şekil A.45 : A12-1 örneği XRD Difraktogramı.



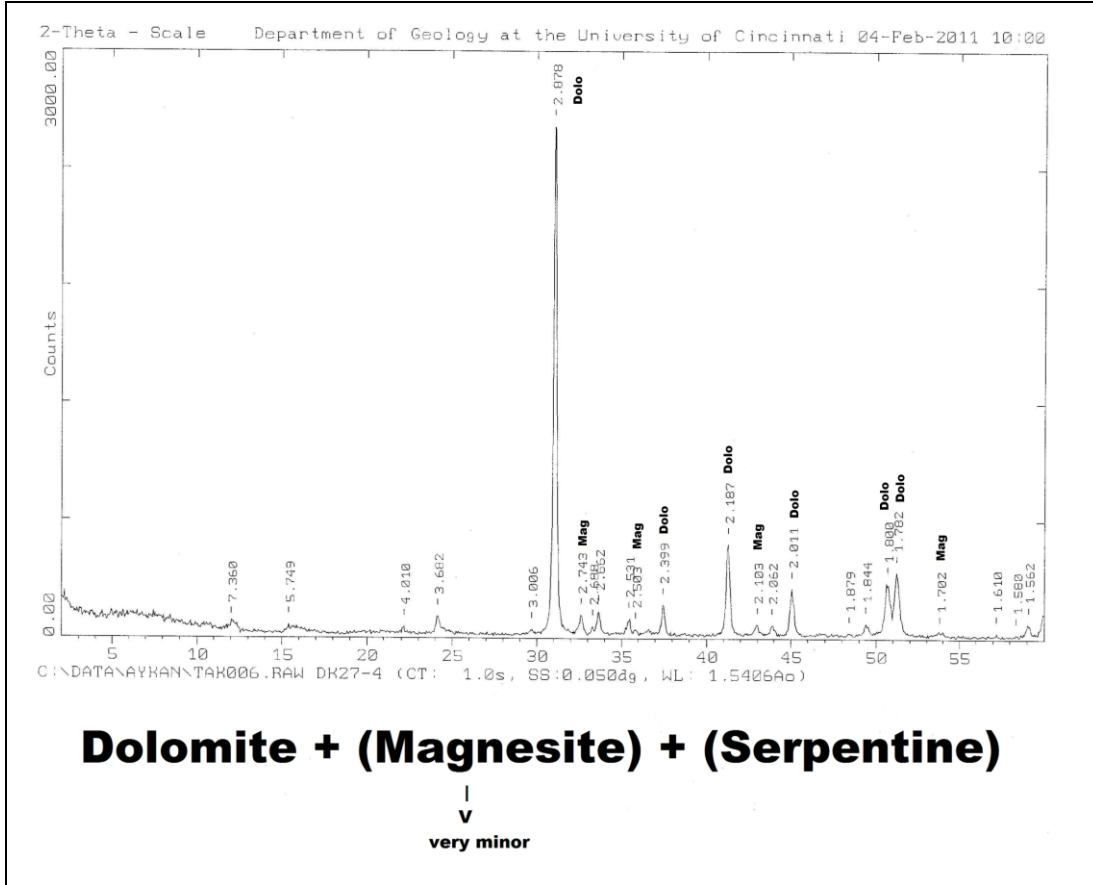
Şekil A.46 : Y14 örneği XRD Difraktogramı.



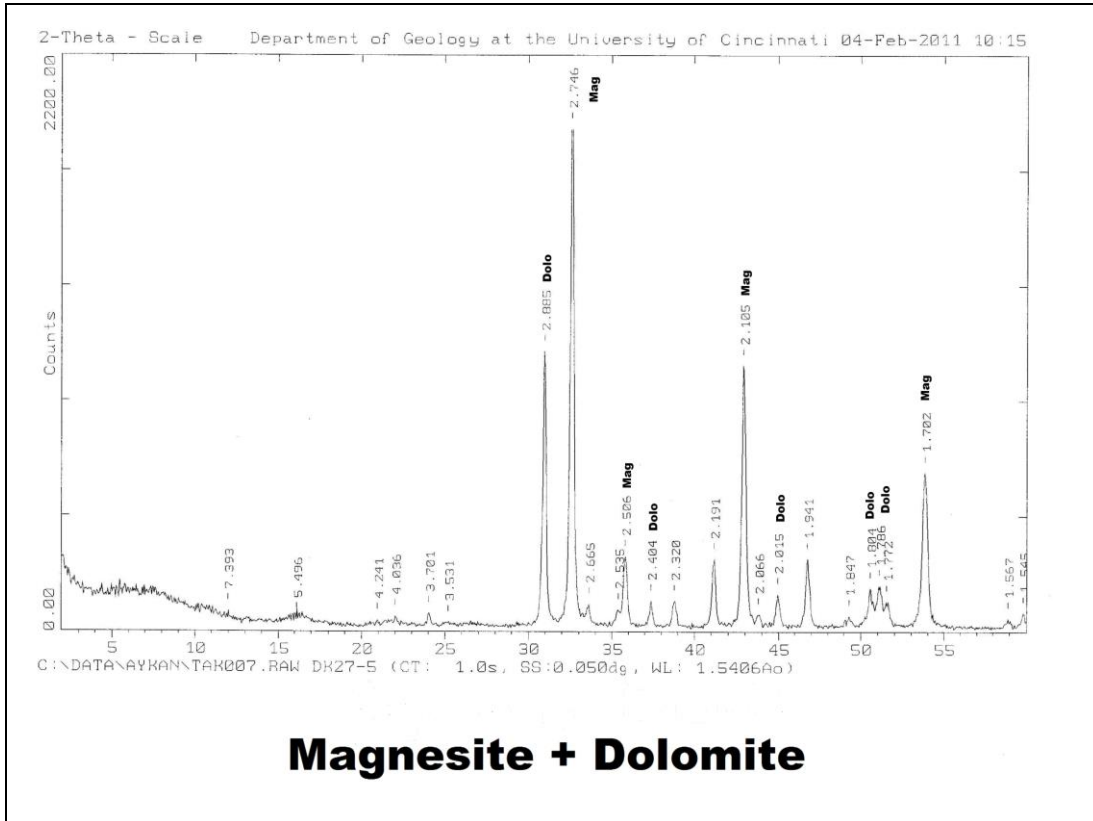
Şekil A.47 : S20 örneği XRD Difraktogramı.



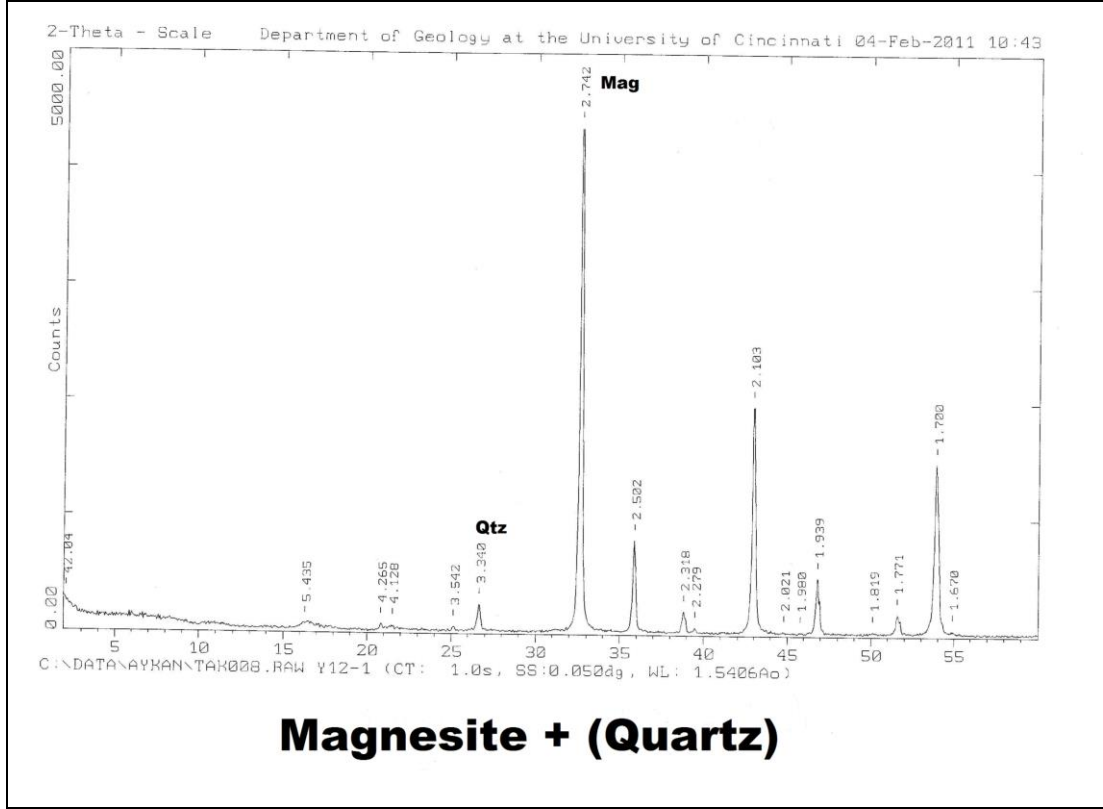
Şekil A.48 : OIL0C2 örneği XRD Difraktogramı.



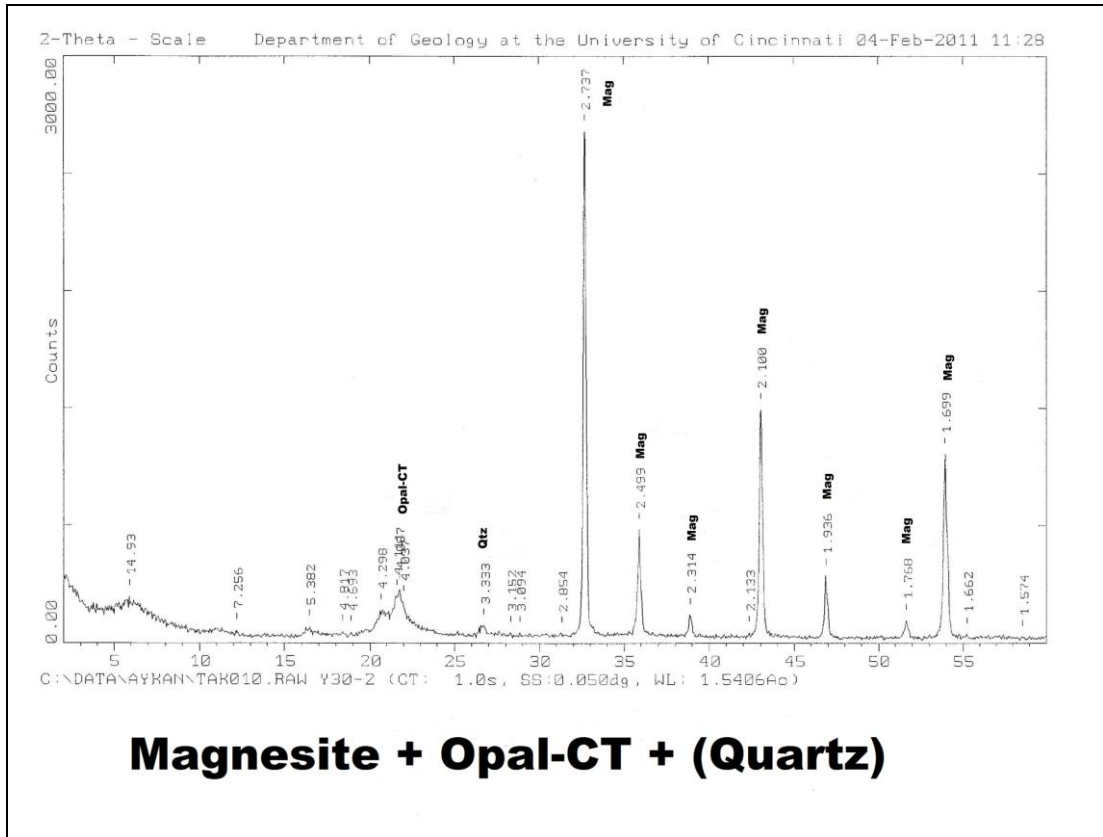
Şekil A.49 : DK27-4 örneği XRD Difraktogramı.



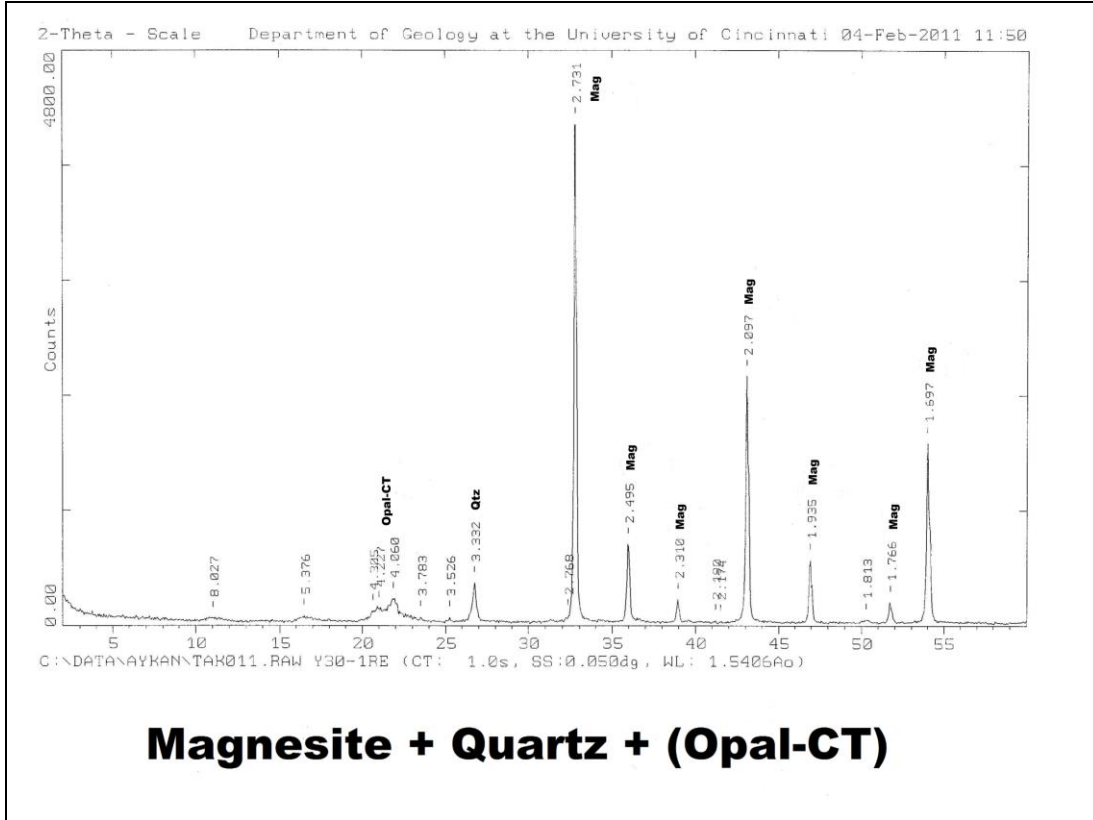
Şekil A.50 : DK27-5 örneği XRD Difraktogramı.



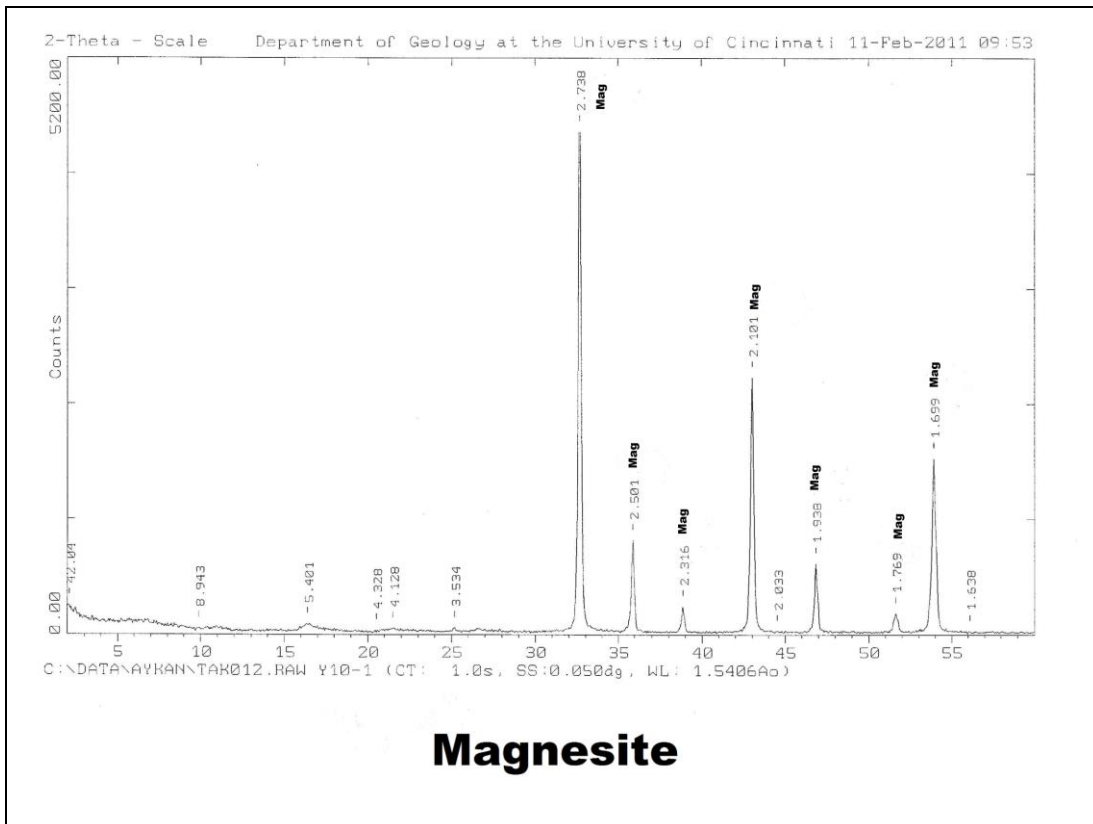
Şekil A.51 : Y12-1 örneği XRD Difraktogramı.



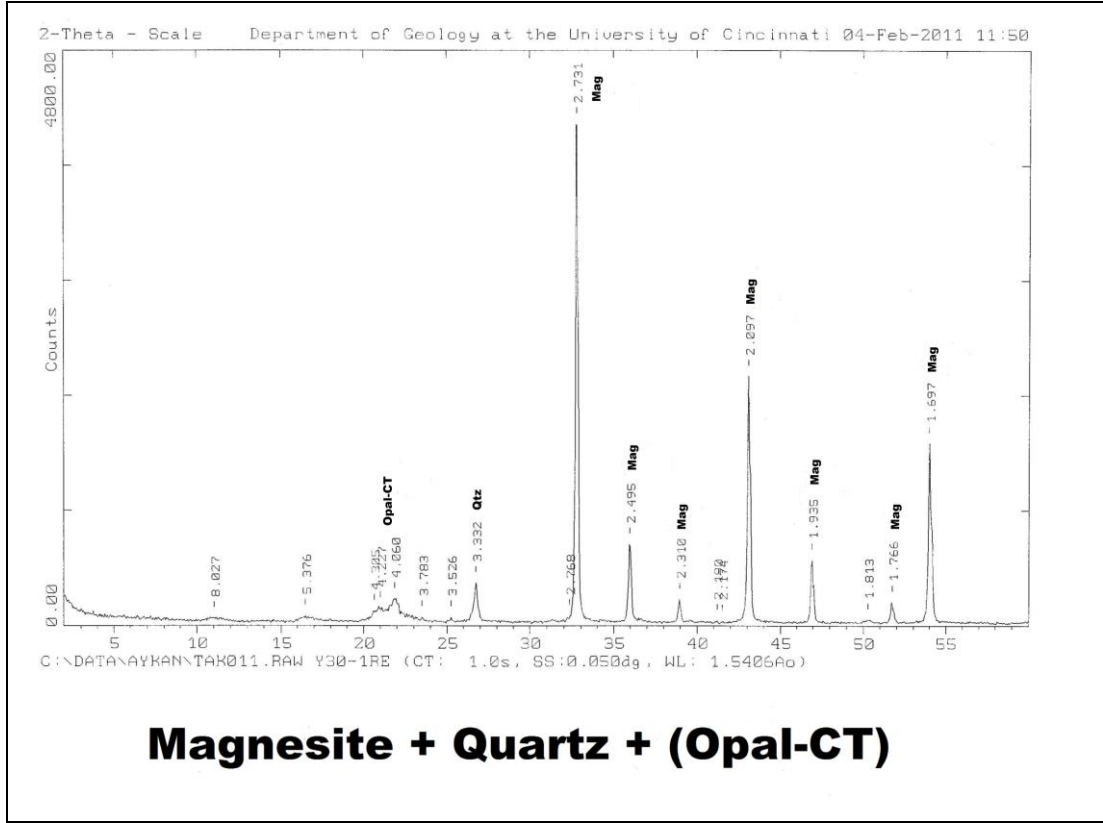
Şekil A.52 : Y30-2 örneği XRD Difraktogramı.



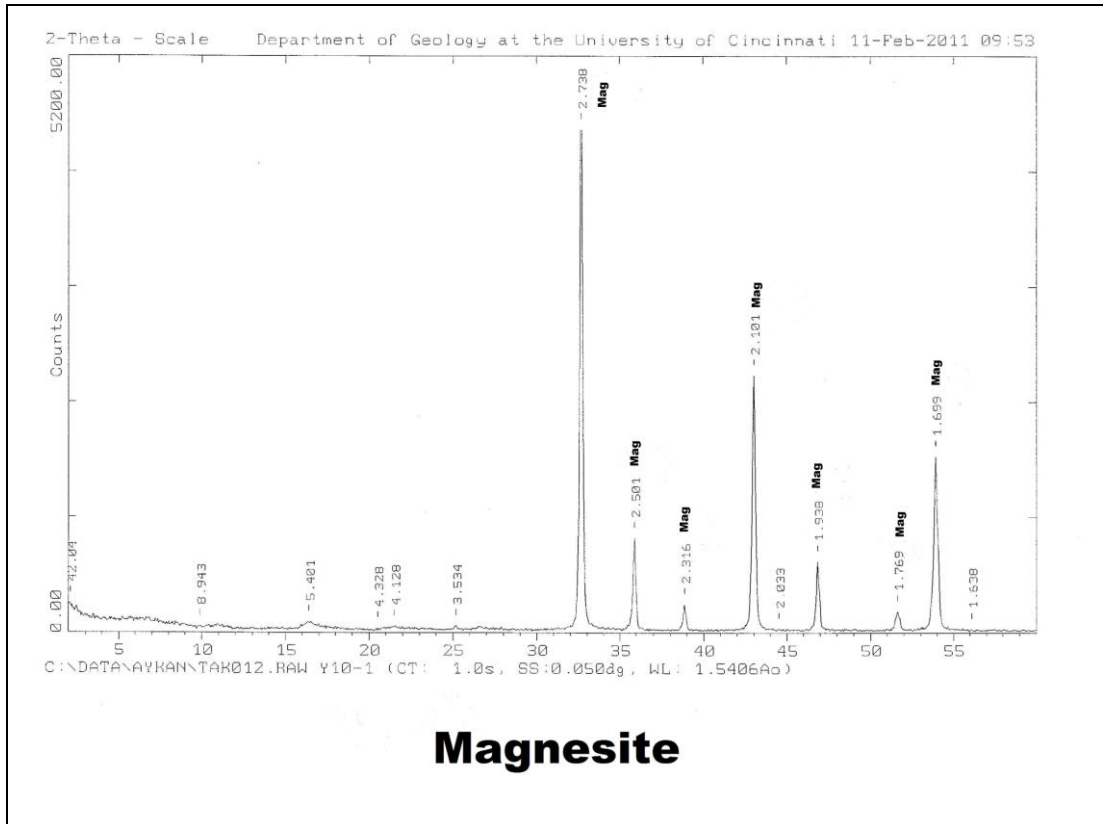
Şekil A.53 : Y30-1 örneği XRD Difraktogramı.



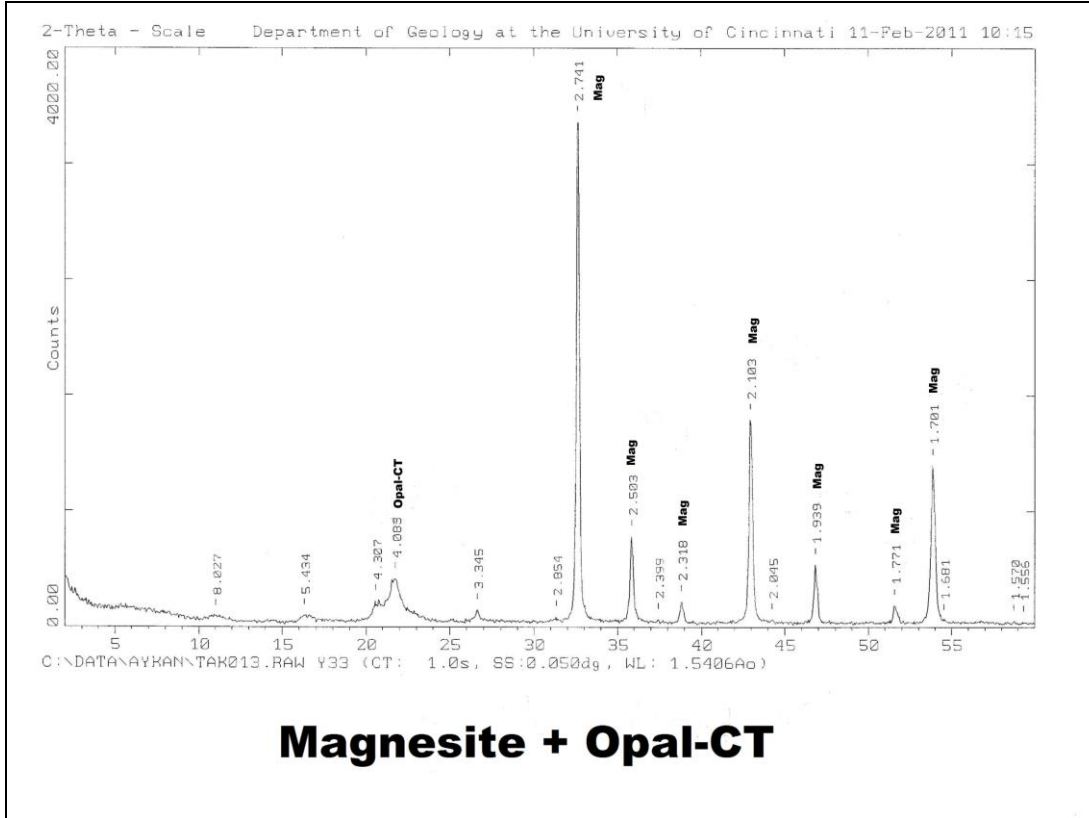
Şekil A.54 : Y10-1 örneği XRD Difraktogramı.



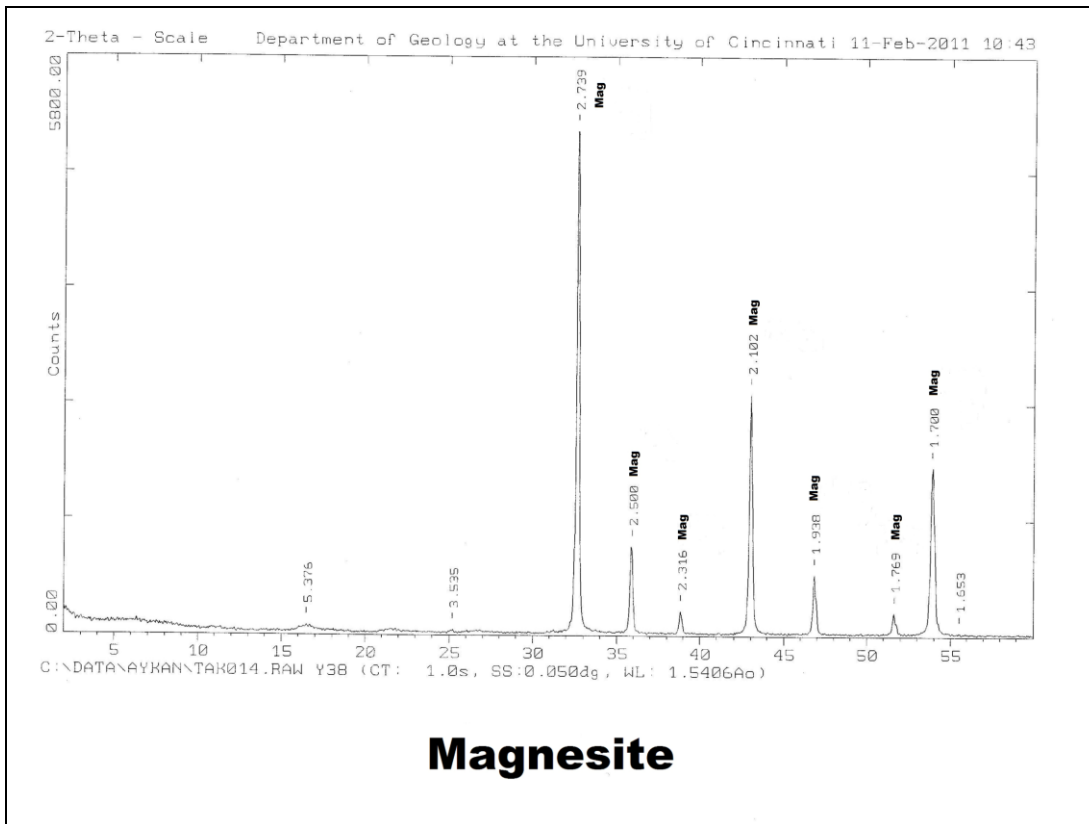
Şekil A.55 : Y30-1(2) örneği XRD Difraktogramı.



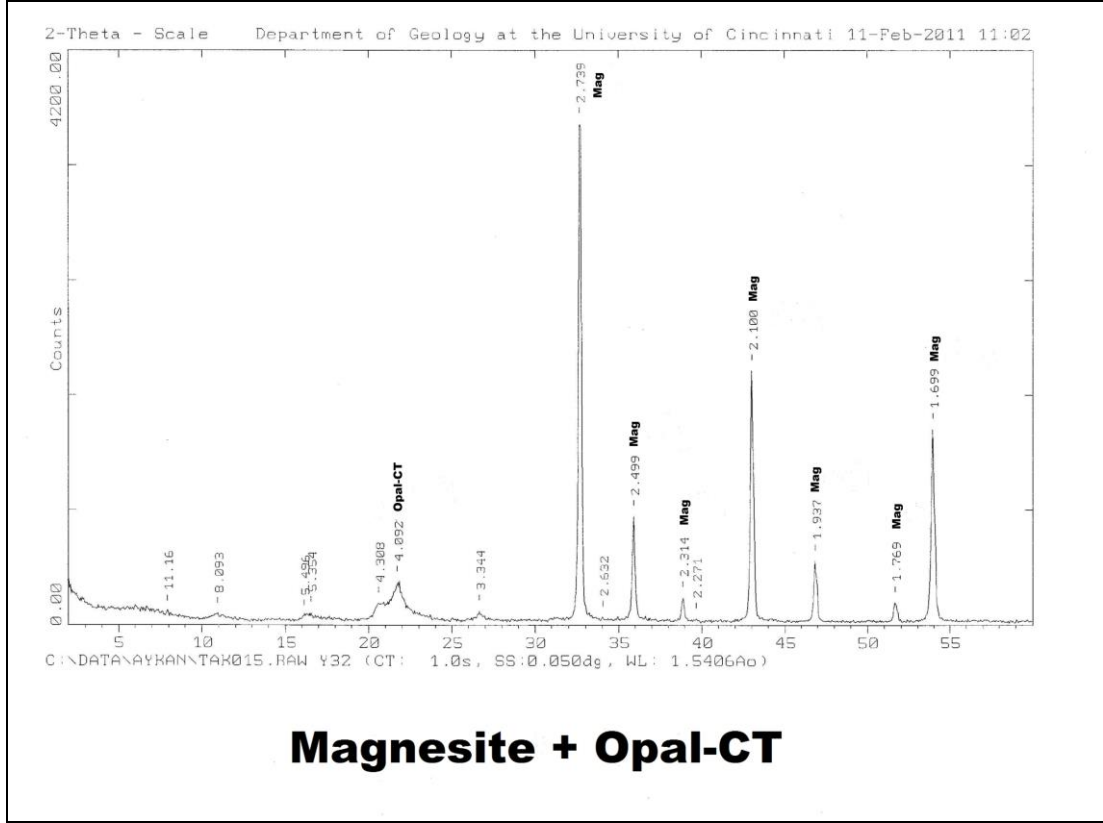
Şekil A.56 : Y10-1(2) örneği XRD Difraktogramı.



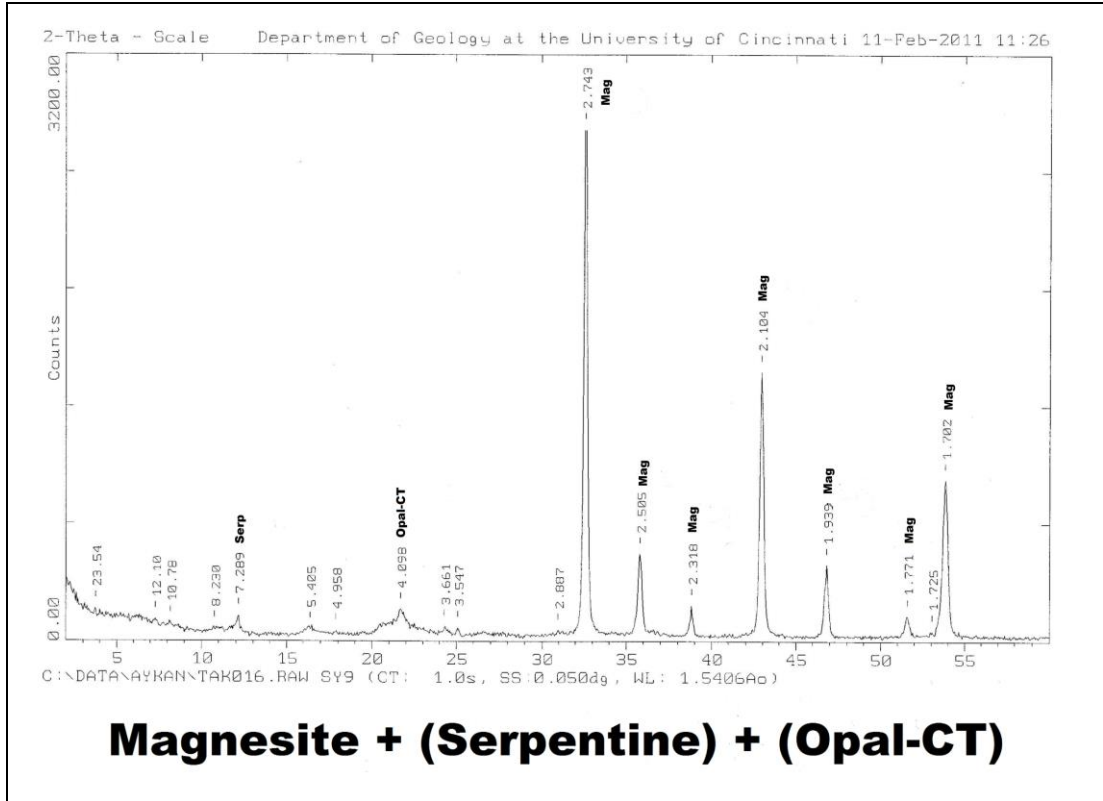
Şekil A.57 : Y33 örneği XRD Difraktogramı.



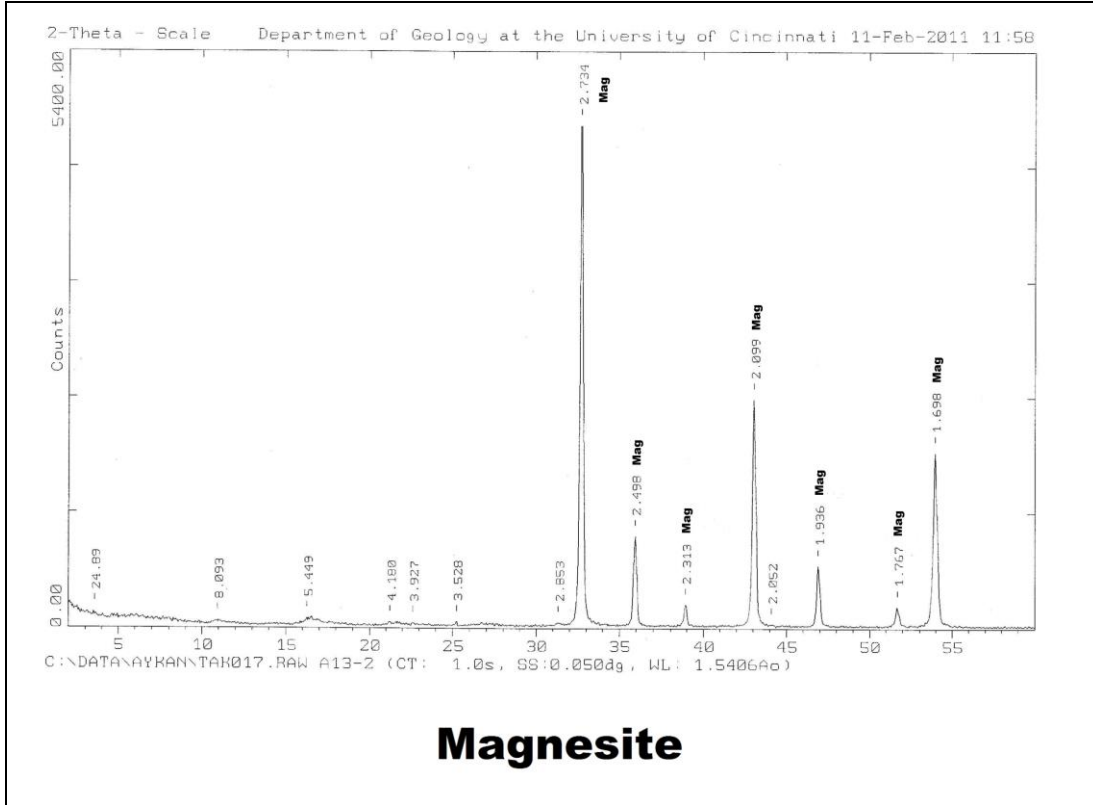
Şekil A.58 : Y38 örneği XRD Difraktogramı.



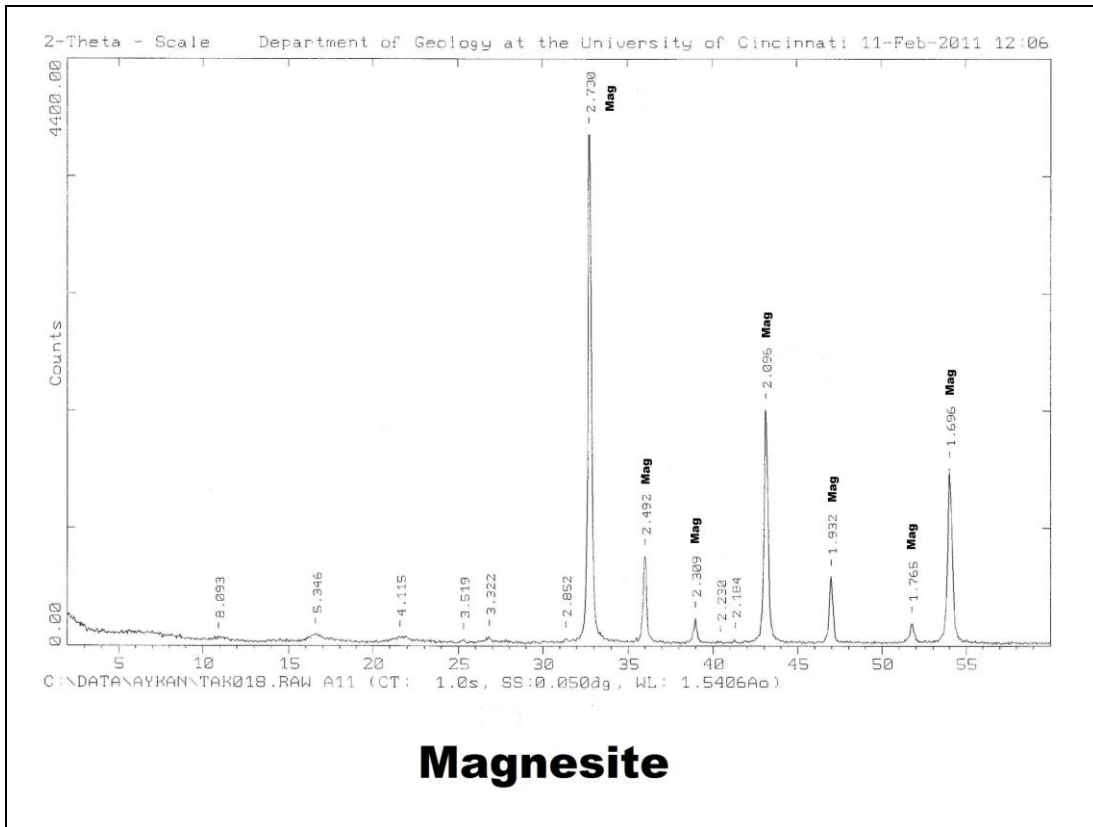
Şekil A.59 : Y32 örneği XRD Difraktogramı.



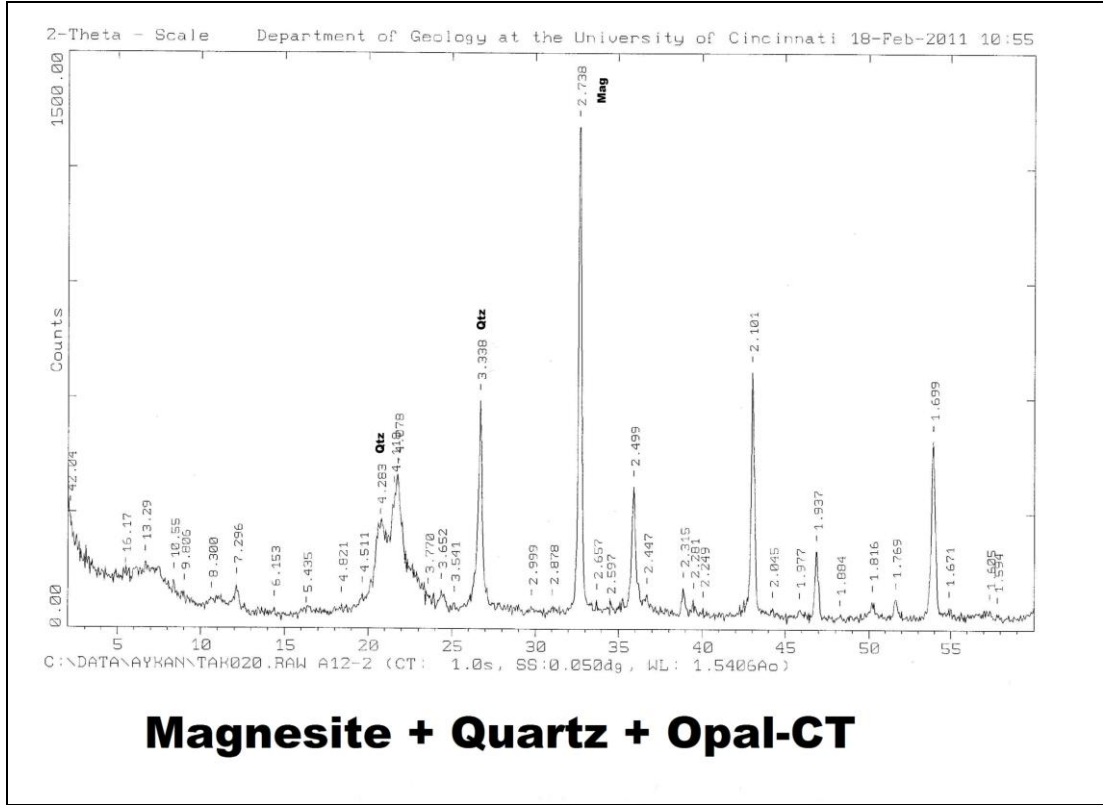
Şekil A.60 : SY9 örneği XRD Difraktogramı.



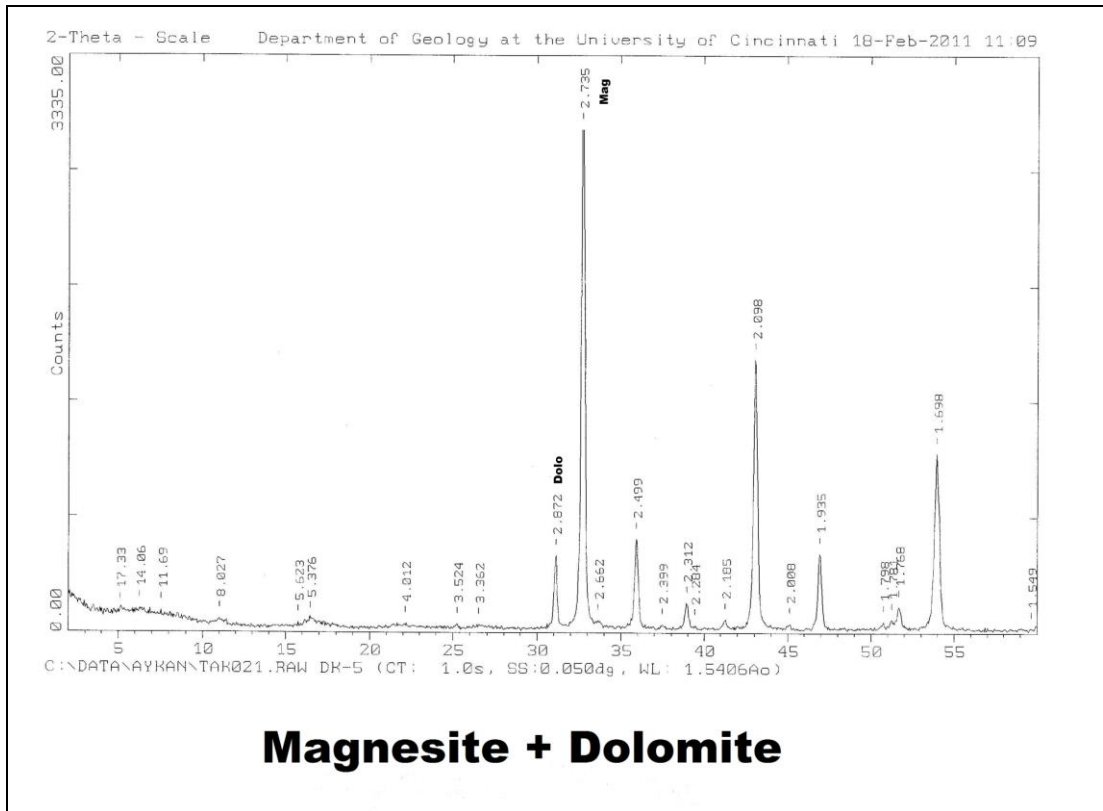
Şekil A.61 : A13-2 örneği XRD Difraktogramı.



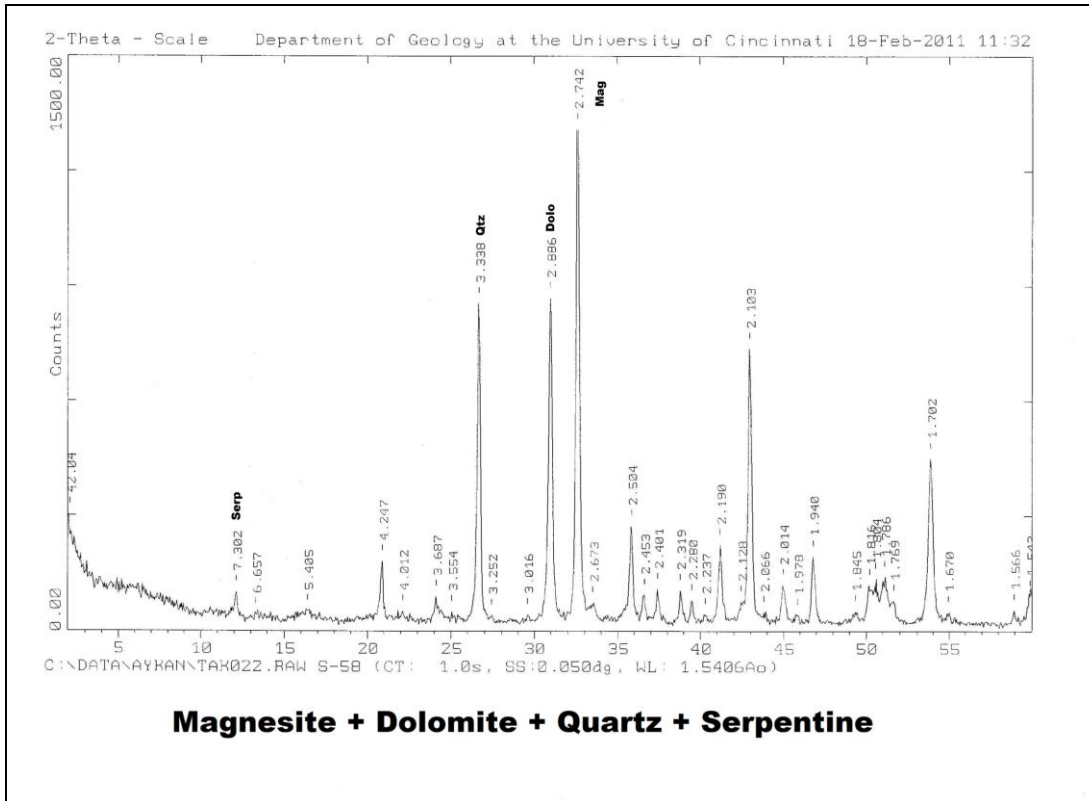
Şekil A.62 : A11 örneği XRD Difraktogramı.



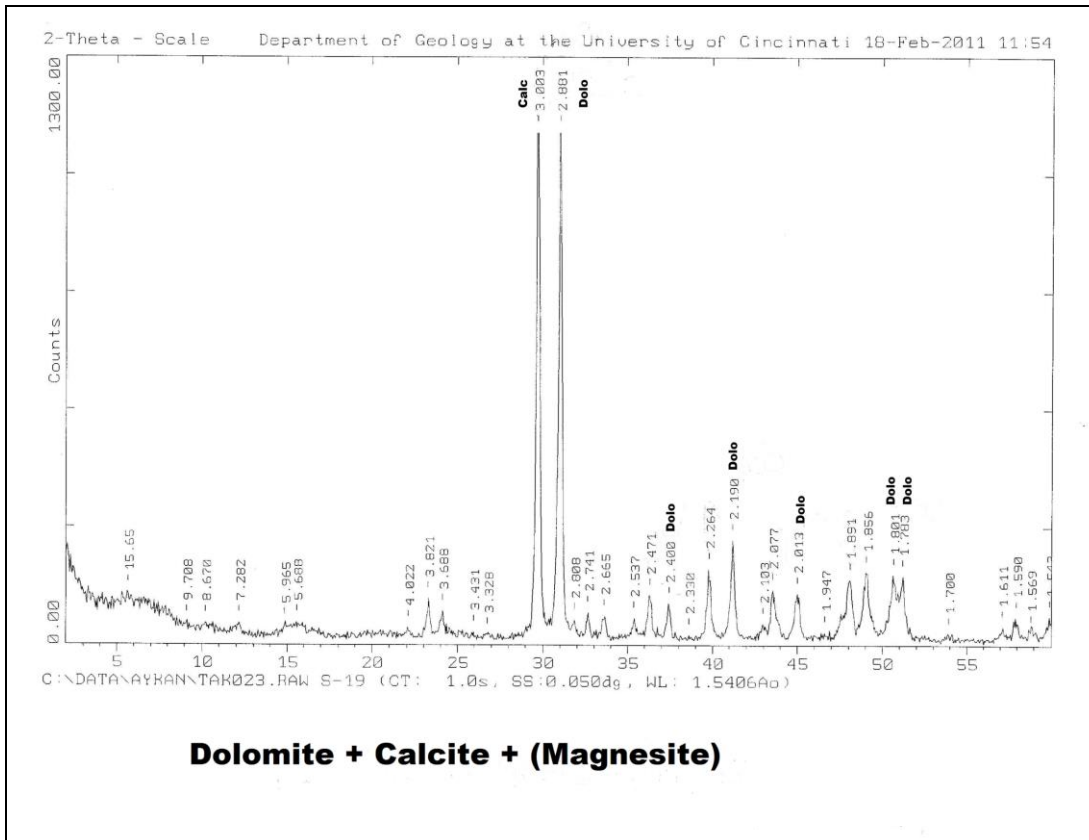
Şekil A.63 : A12-2 örneği XRD Difraktogramı.



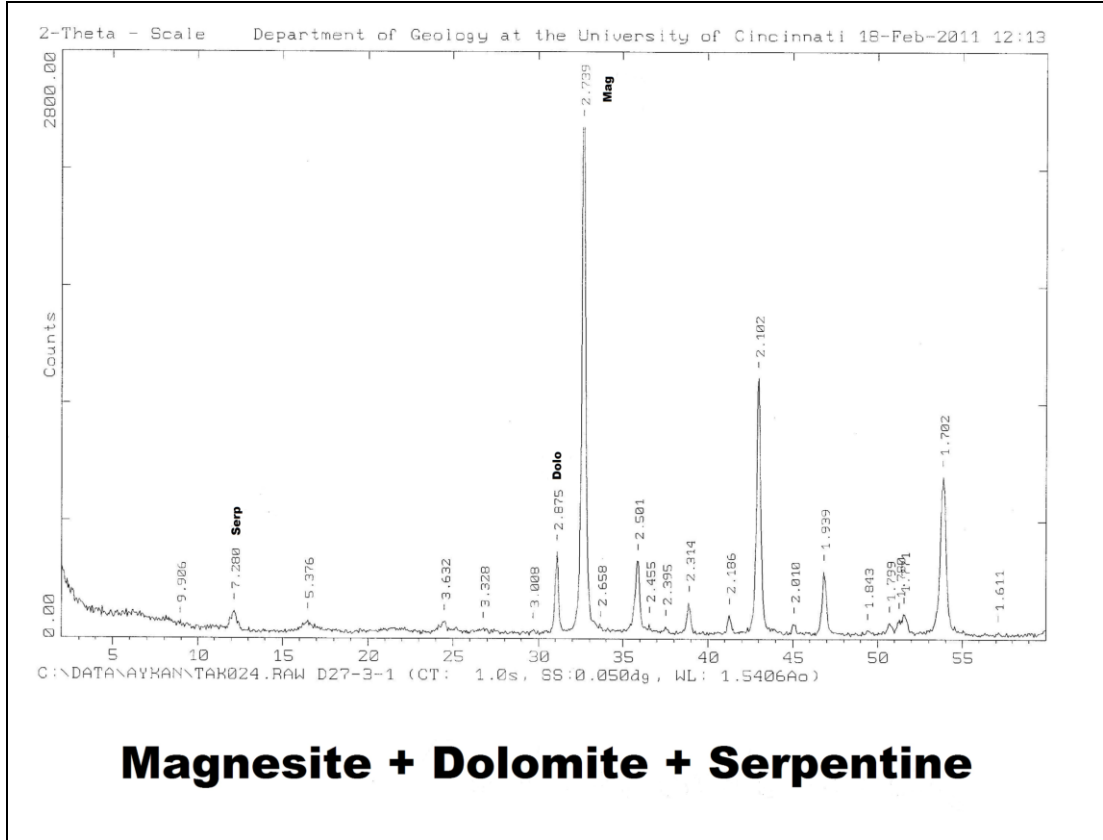
Şekil A.64 : DK5 örneği XRD Difraktogramı.



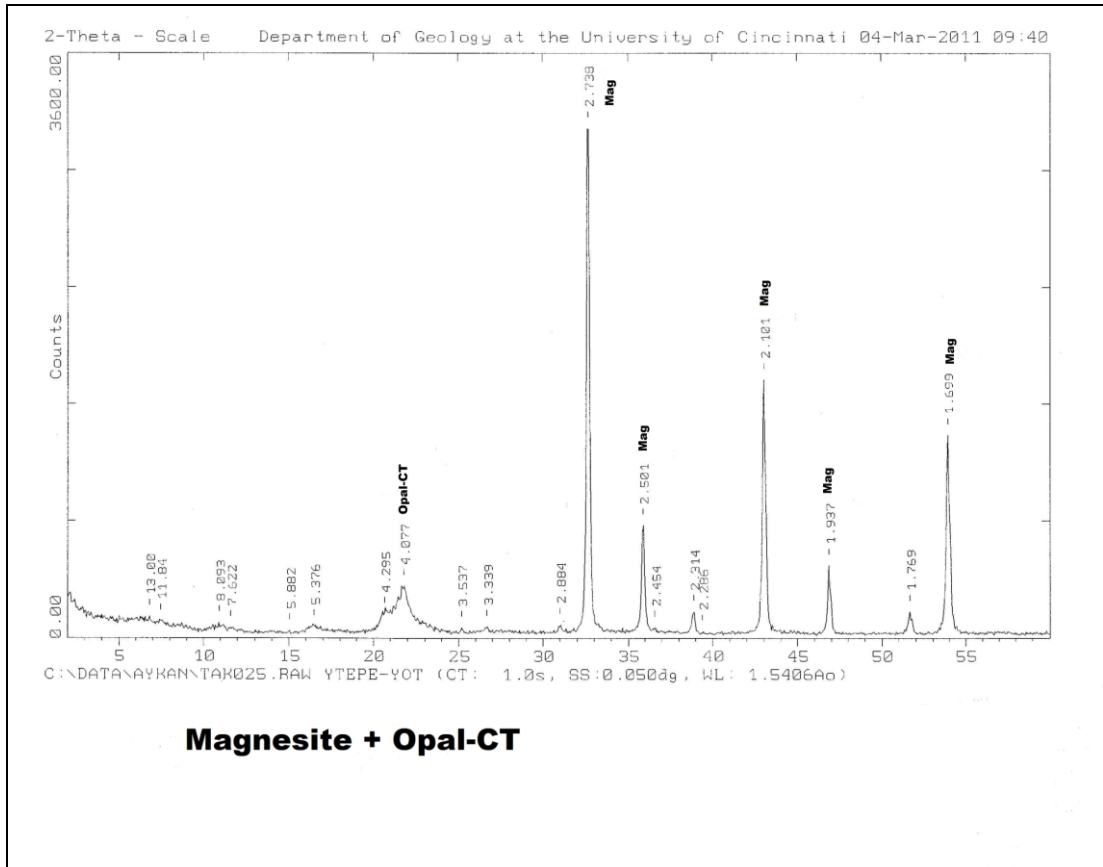
Şekil A.65 : S58 örneği XRD Difraktogramı.



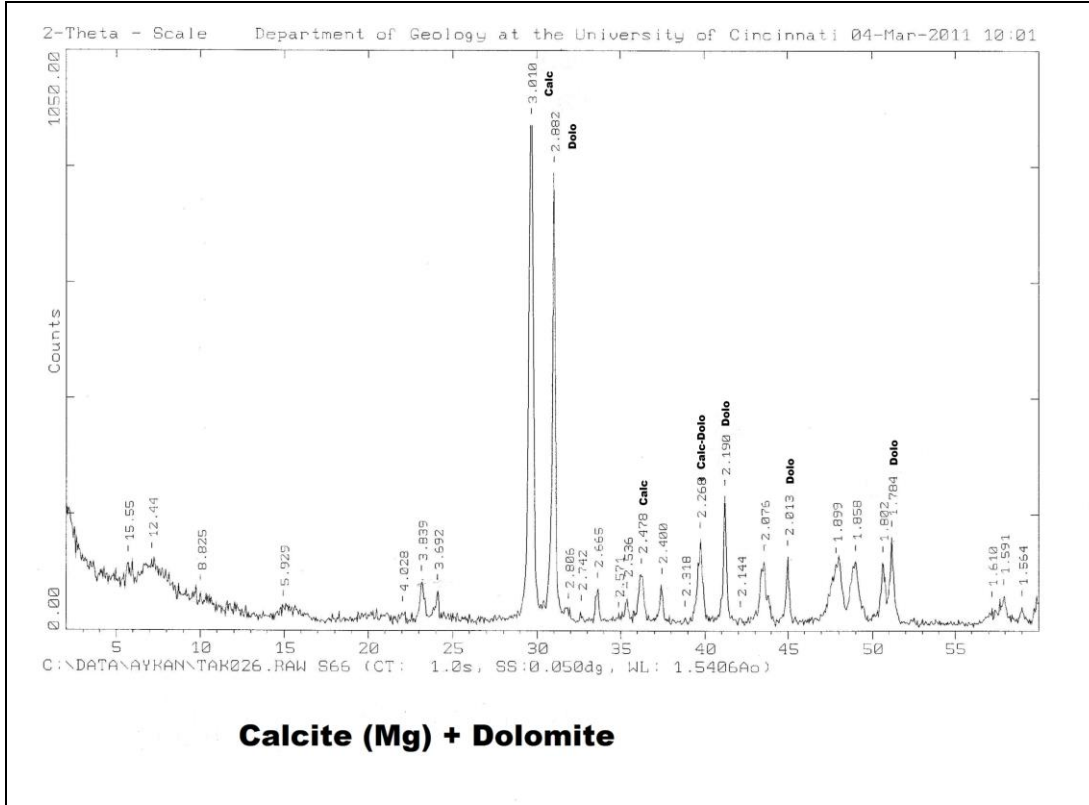
Şekil A.66 : S19 örneği XRD Difraktogramı.



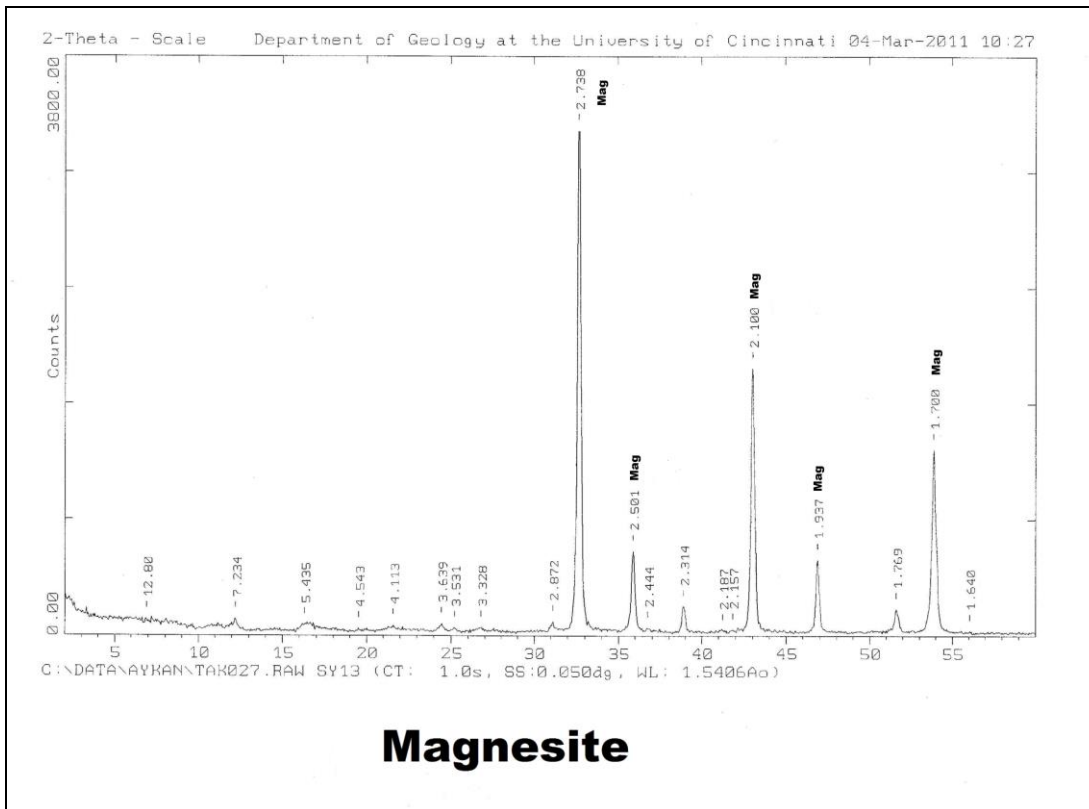
Şekil A.67 : D27-3-1 örneği XRD Difraktogramı.



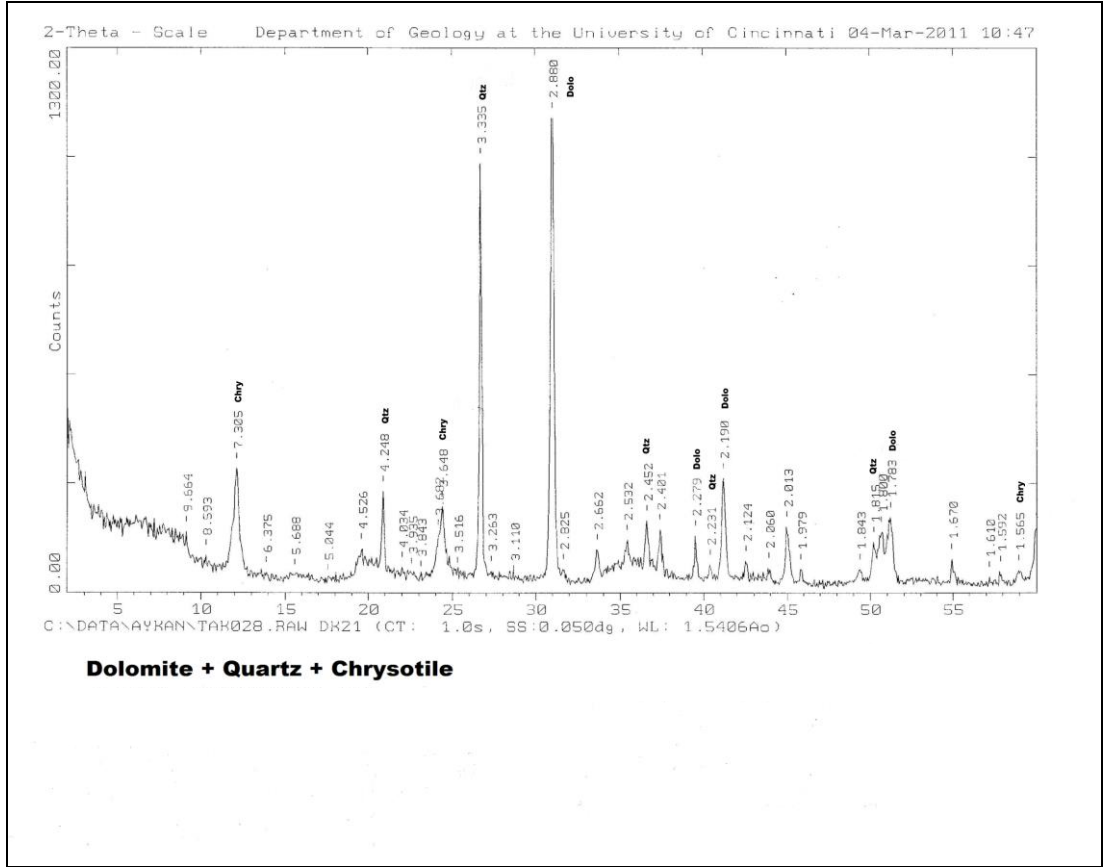
Şekil A.68 : YTEPE-YOT örneği XRD Difraktogramı.



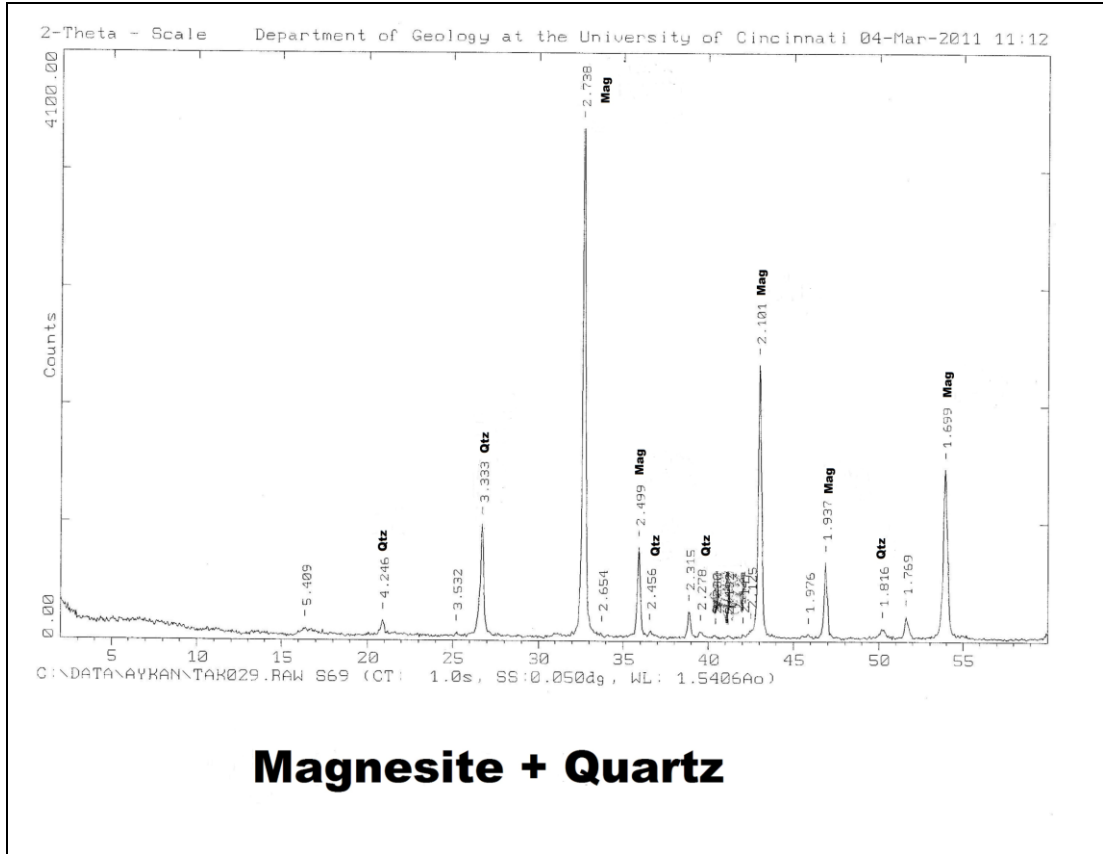
Şekil A.69 : S66 örneği XRD Difraktogramı.



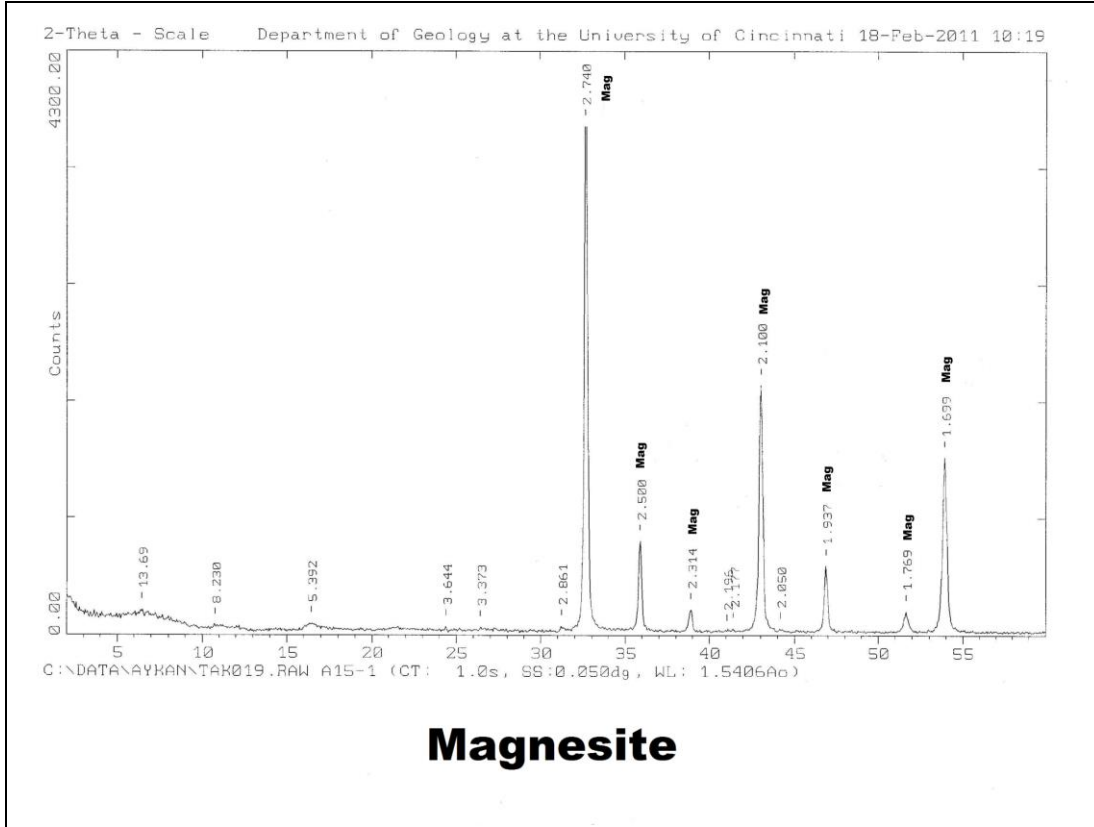
Şekil A.70 : SY13 örneği XRD Difraktogramı.



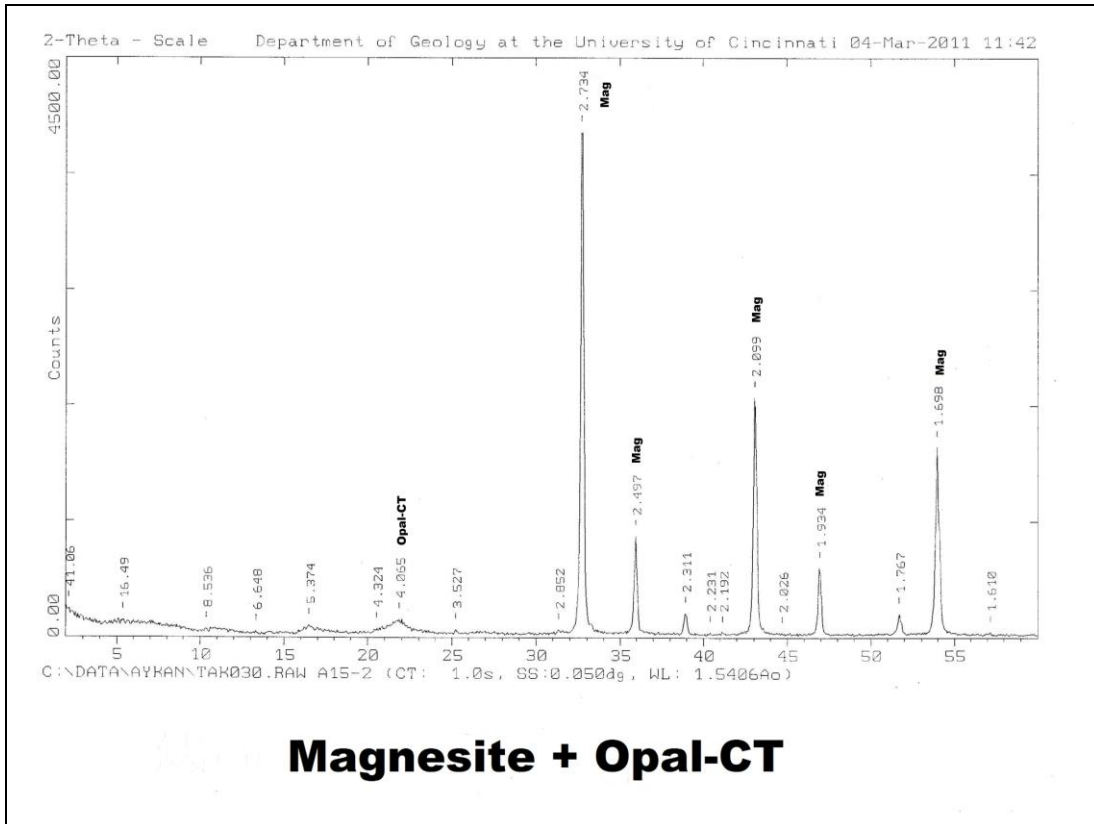
Şekil A.71 : S66 örneği XRD Difraktogramı.



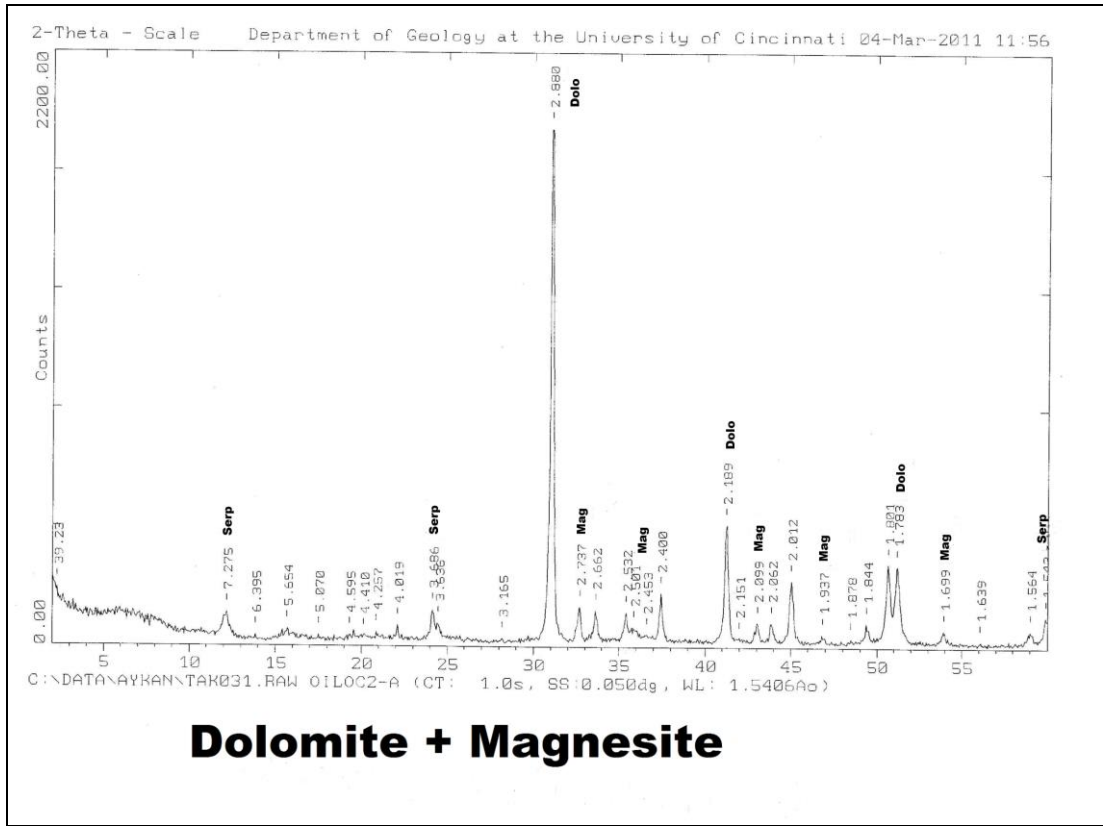
Şekil A.72 : S69 örneği XRD Difraktogramı.



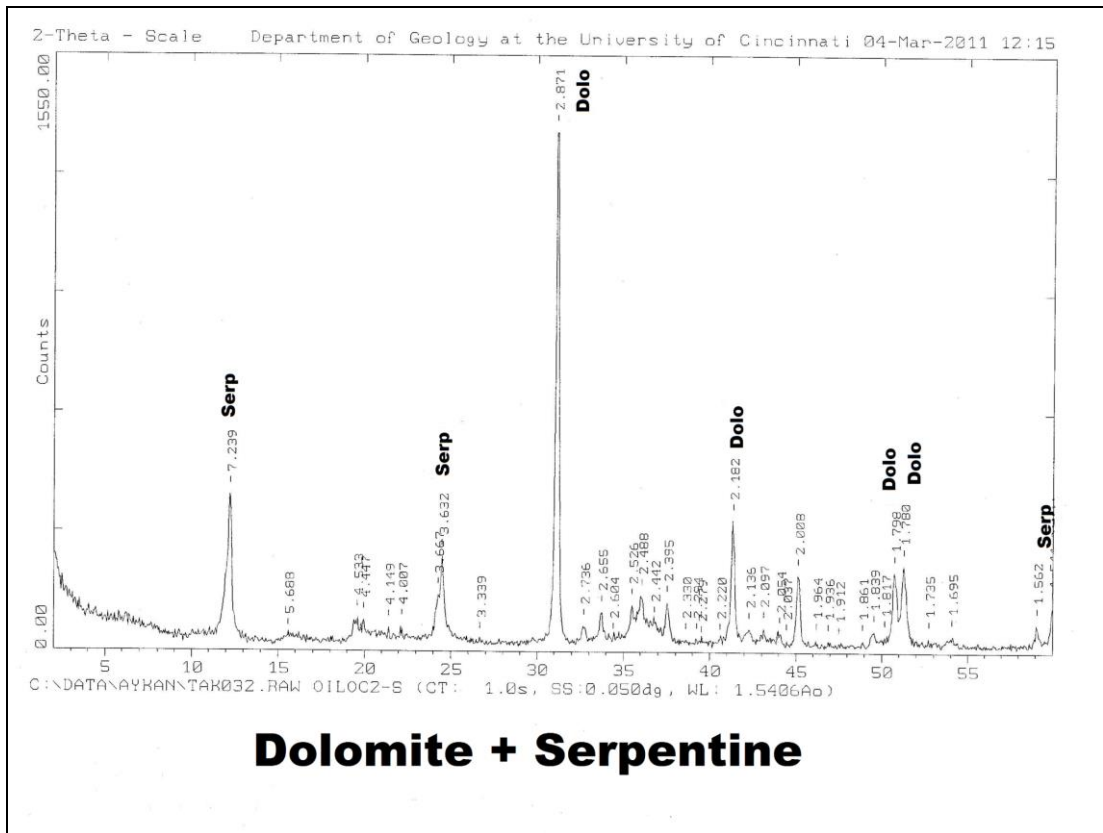
Şekil A.73 : A15-1 örneği XRD Difraktogramı.



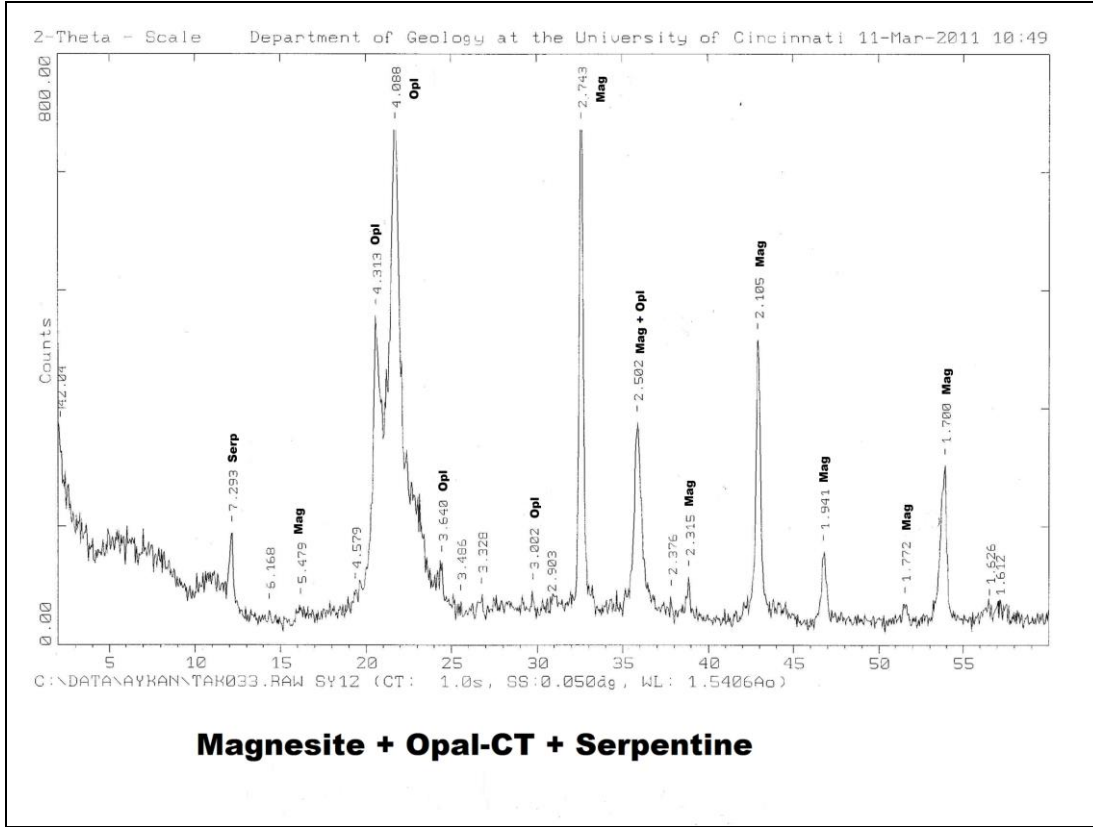
Şekil A.74 : A15-2 örneği XRD Difraktogramı.



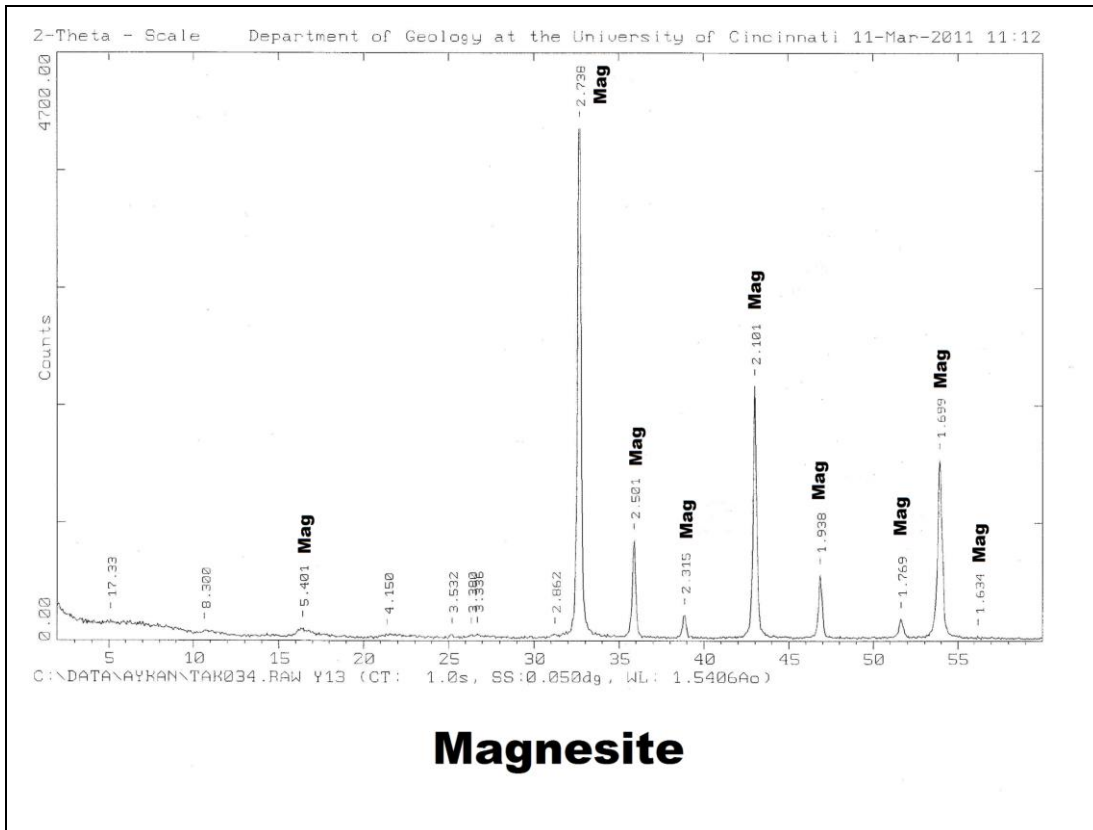
Şekil A.75 : OILOC2-A örneği XRD Difraktogramı.



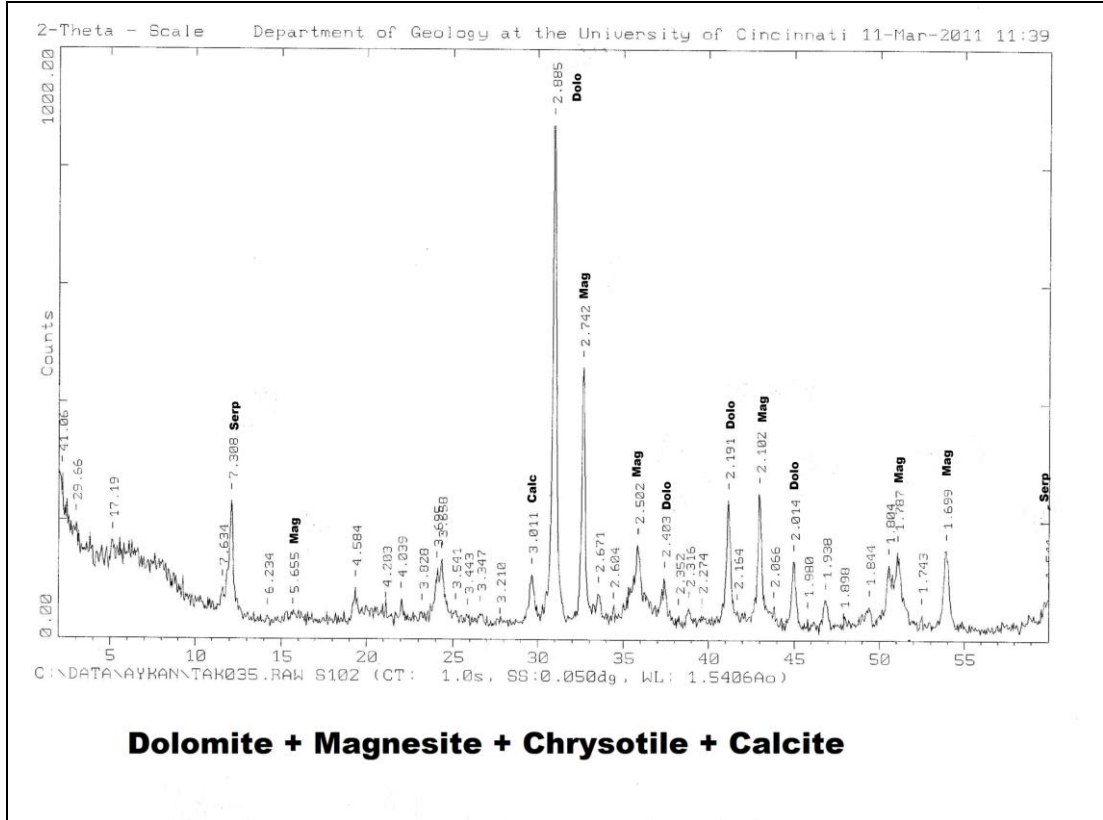
Şekil A.76 : OILOC2-S örneği XRD Difraktogramı.



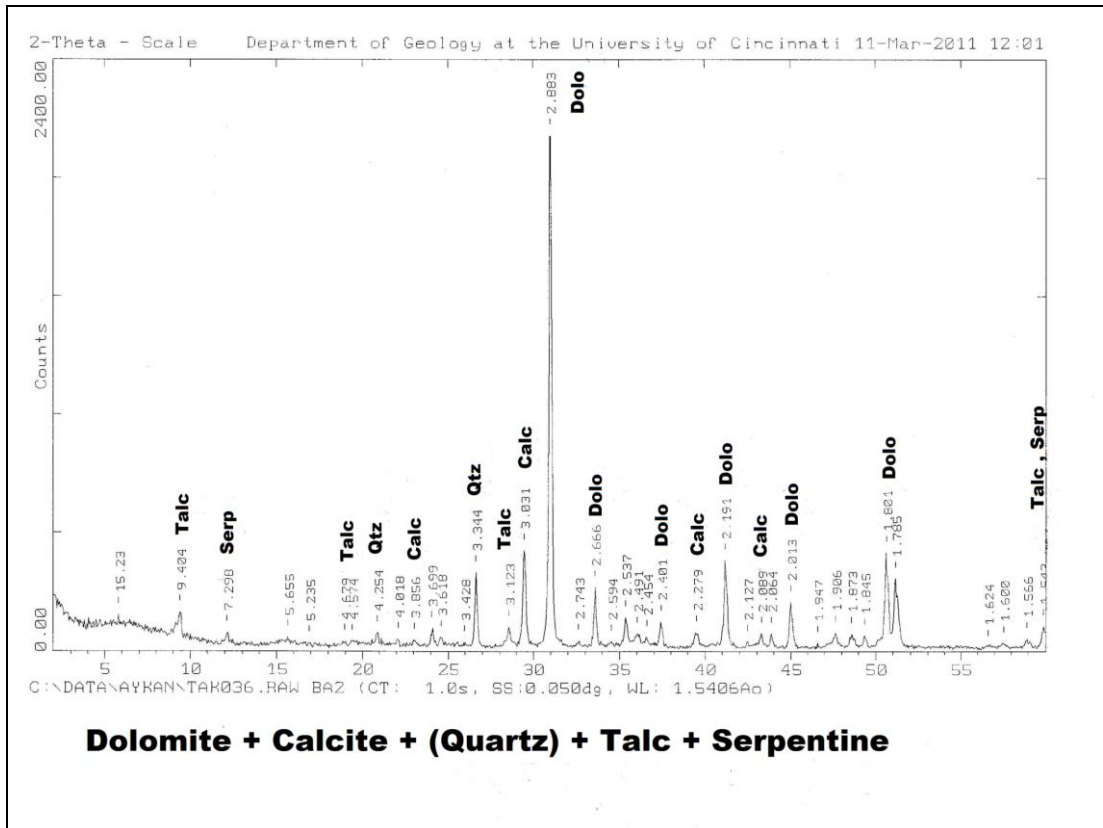
Şekil A.77 : SY12 örneği XRD Difraktogramı.



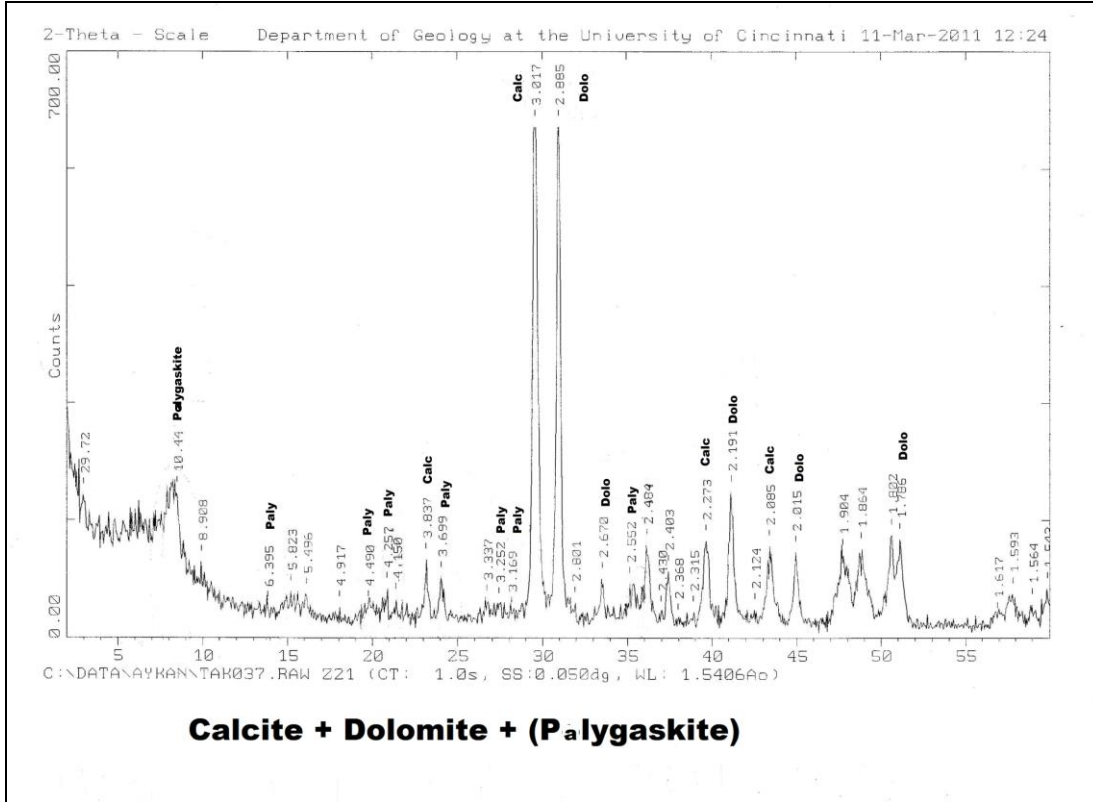
Şekil A.78 : Y13 örneği XRD Difraktogramı.



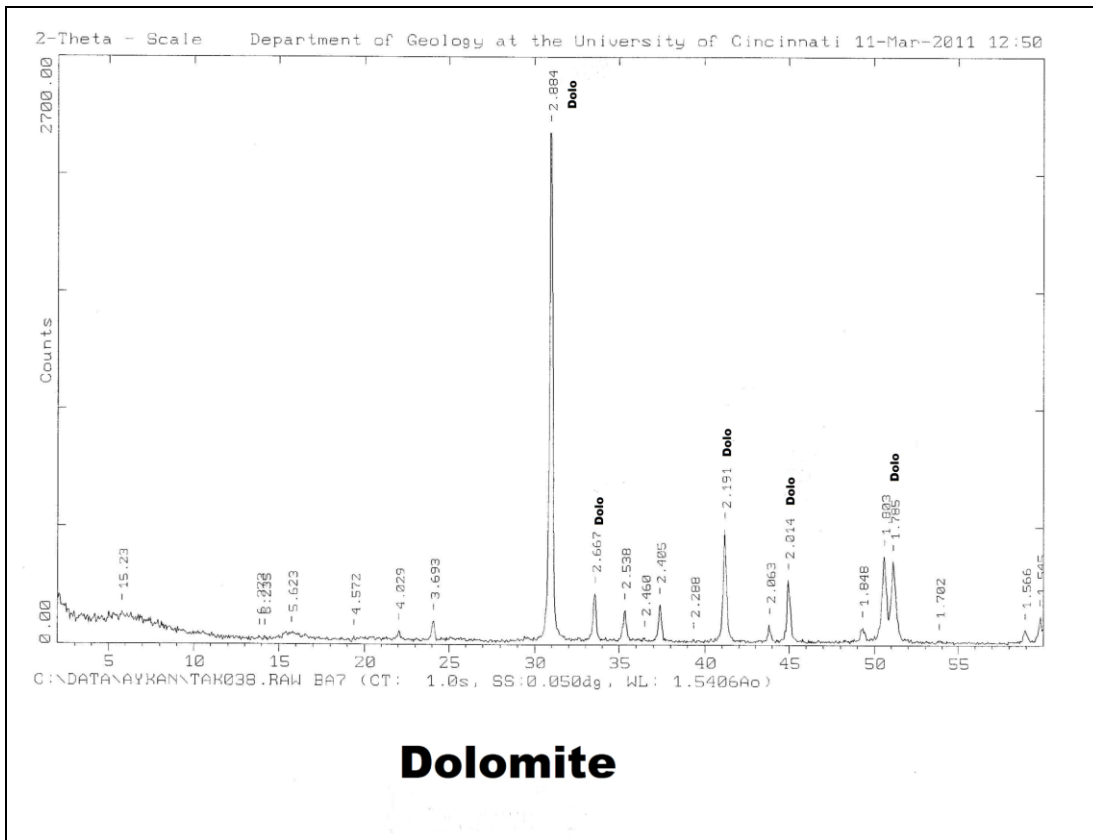
Şekil A.79 : S102 örneği XRD Difraktogramı.



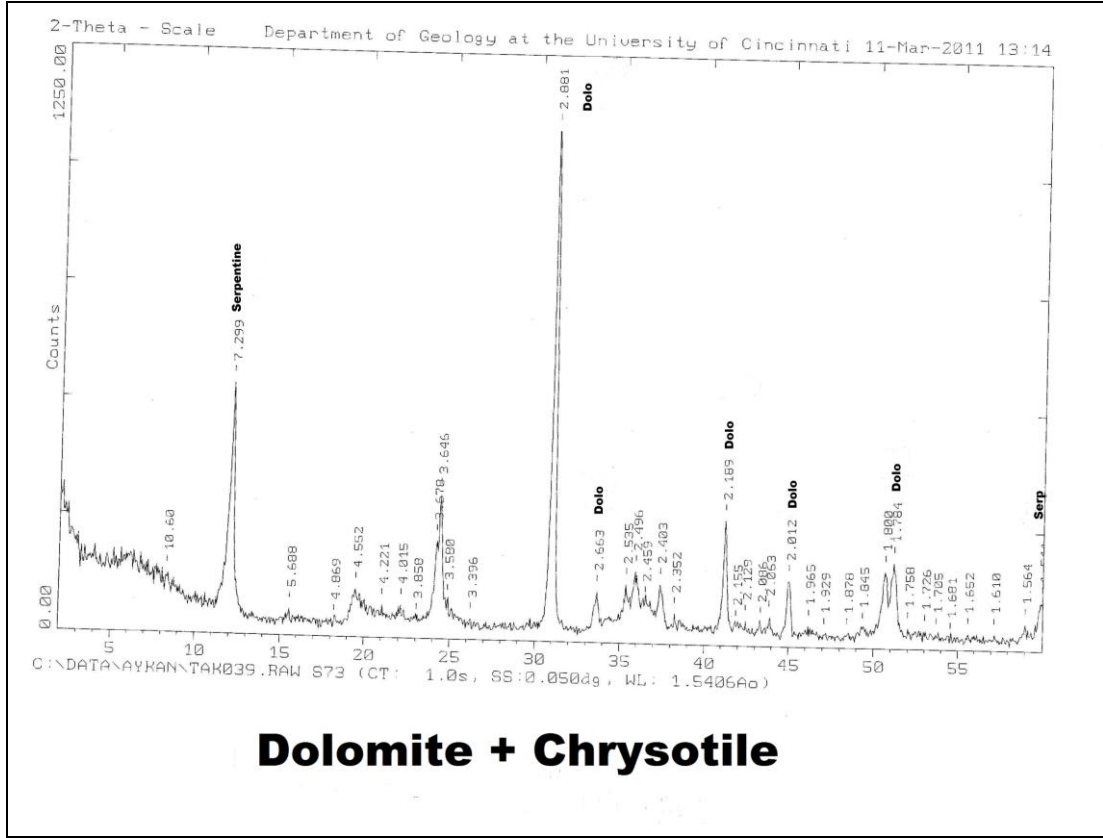
Şekil A.80 : BA2 örneği XRD Difraktogramı.



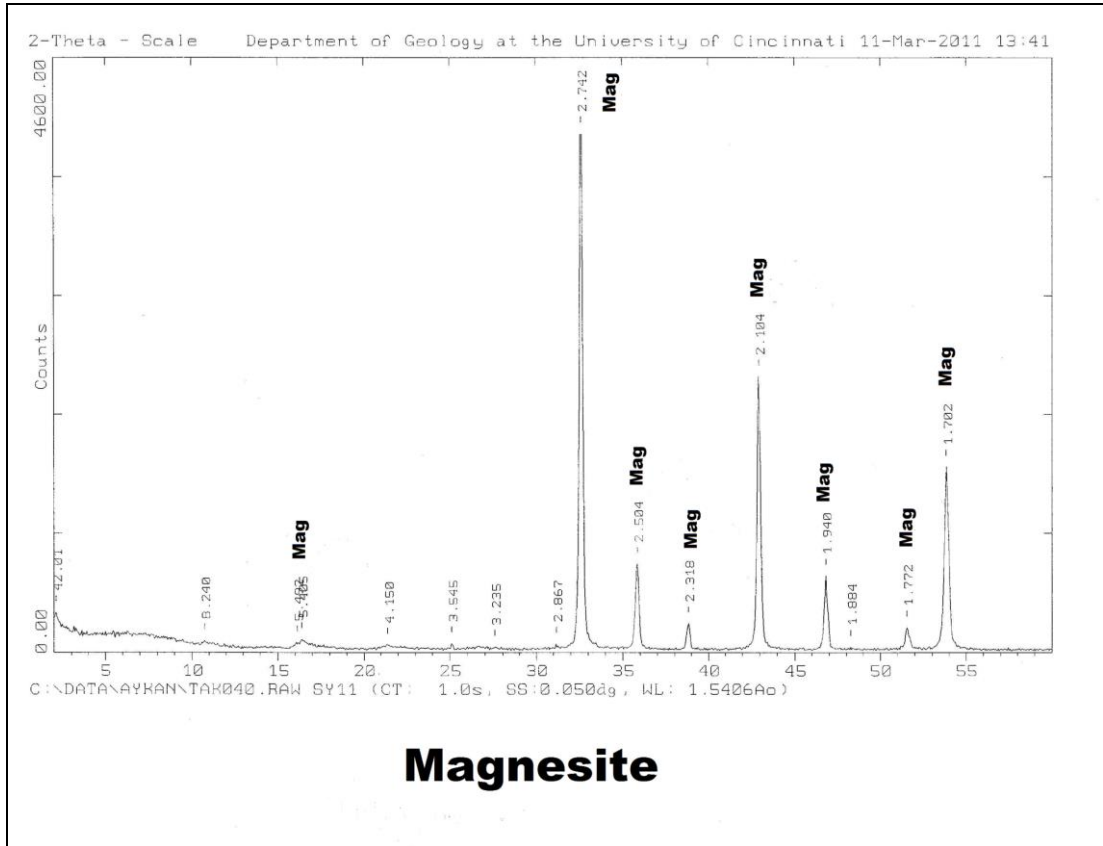
Şekil A.81 : Z21 örneği XRD Difraktogramı.



Şekil A.82 : BA7 örneği XRD Difraktogramı.



Şekil A.83 : S73 örneği XRD Difraktogramı.

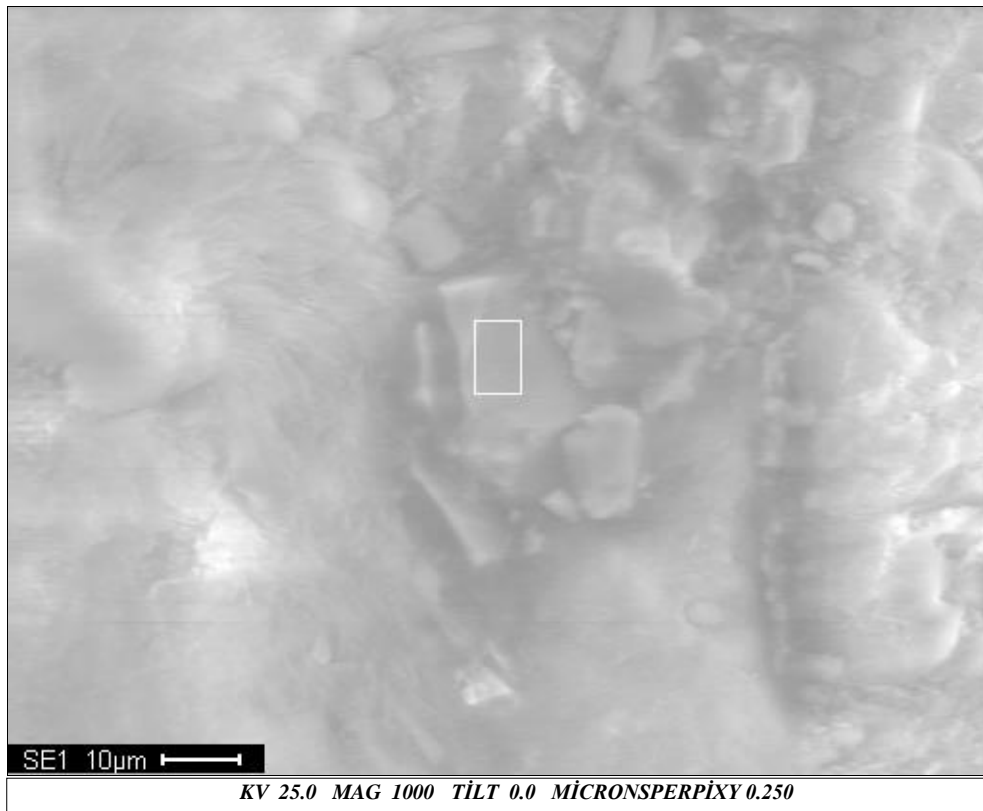


Şekil A.84 : SY11 örneği XRD Difraktogramı.

EK B

Çizelge B.1 : M9 örneği 2 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	35.30	58.83
<i>MgK</i>	10.99	12.06
<i>SiK</i>	06.71	06.37
<i>CaK</i>	01.58	01.05
<i>MnK</i>	01.21	00.59
<i>FeK</i>	44.20	21.10
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.1 : M9 örneği 2 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.2 : M9 örneği 3 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

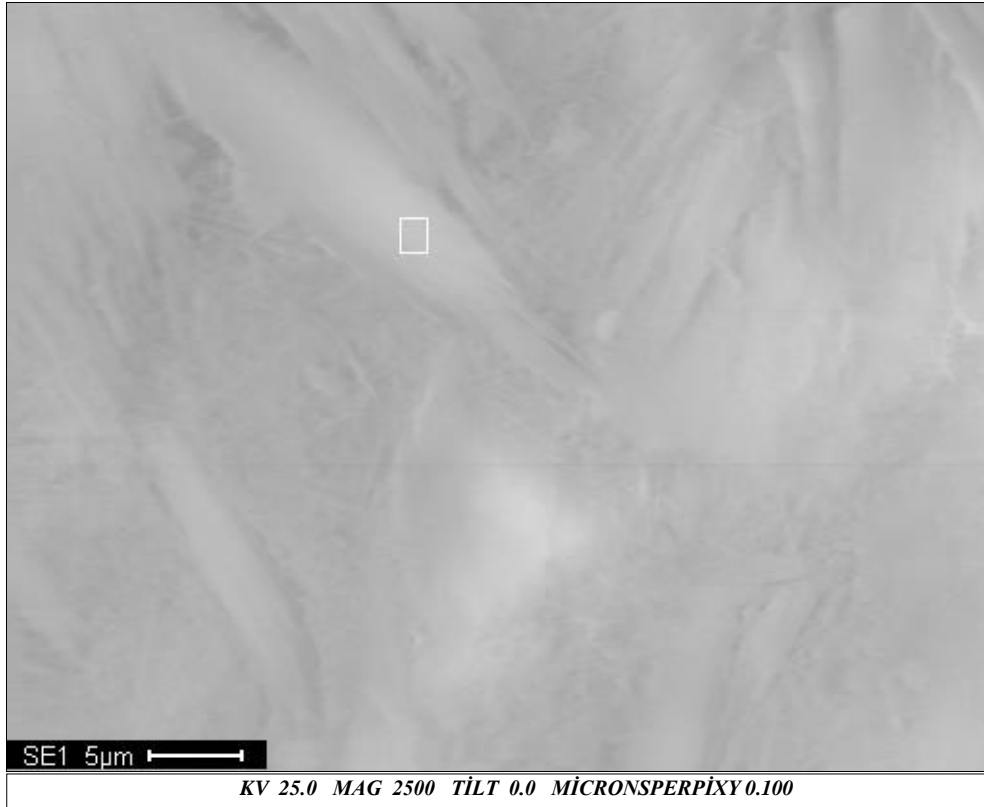
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	49.06	62.00
<i>MgK</i>	24.46	20.34
<i>AlK</i>	00.63	00.47
<i>SiK</i>	21.68	15.61
<i>CaK</i>	00.49	00.24
<i>MnK</i>	00.18	00.06
<i>FeK</i>	03.51	01.27
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.2 : M9 örneği 3 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.3 : M9 örneği 4 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

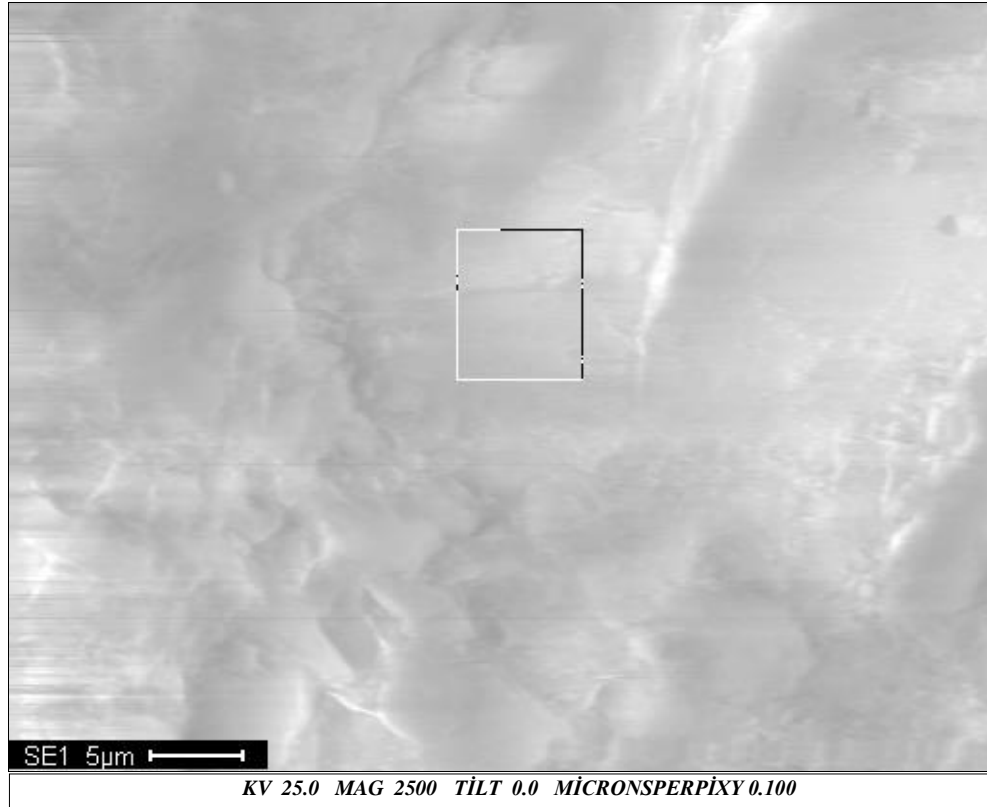
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	49.79	62.67
<i>MgK</i>	24.59	20.37
<i>AlK</i>	00.73	00.55
<i>SiK</i>	20.74	14.87
<i>CaK</i>	00.44	00.22
<i>MnK</i>	00.19	00.07
<i>FeK</i>	03.17	01.14
<i>CoK</i>	00.35	00.12
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.3 : M9 örneği 4 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.4 : M9 örneği 5 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

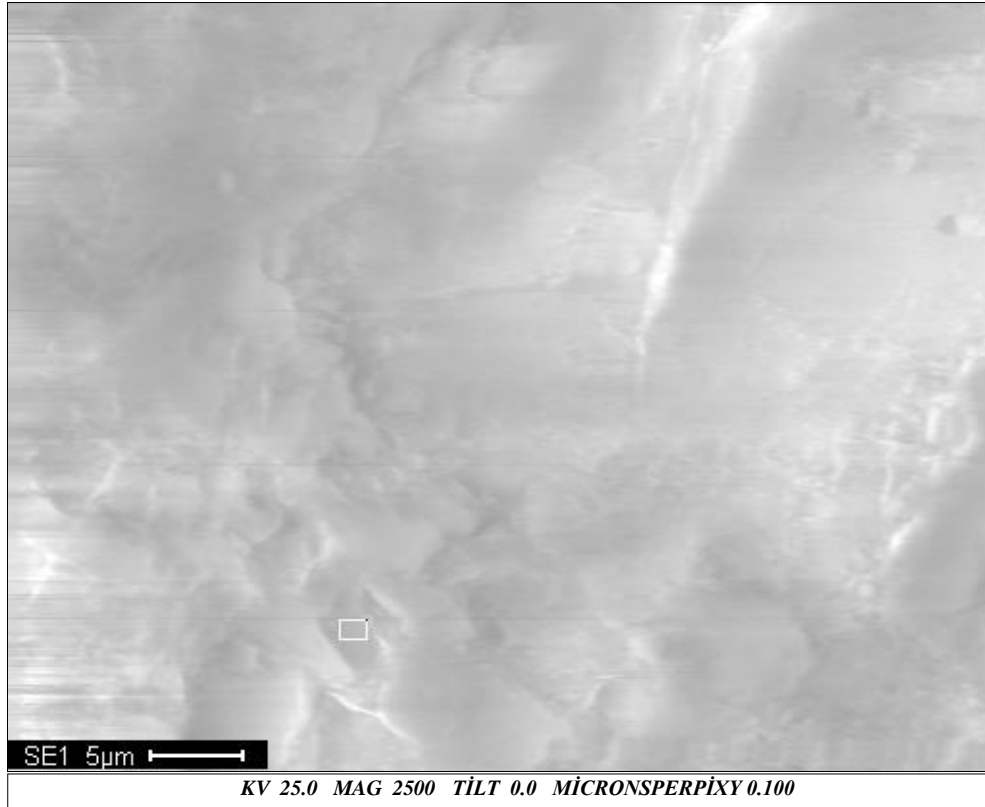
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	13.92	22.34
<i>OK</i>	42.83	51.62
<i>MgK</i>	15.18	12.04
<i>AlK</i>	00.08	00.06
<i>SiK</i>	03.31	02.27
<i>CaK</i>	23.17	11.15
<i>MnK</i>	00.37	00.13
<i>FeK</i>	01.13	00.39
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.4 : M9 örneği 5 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.5 : M9 örneği 6 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

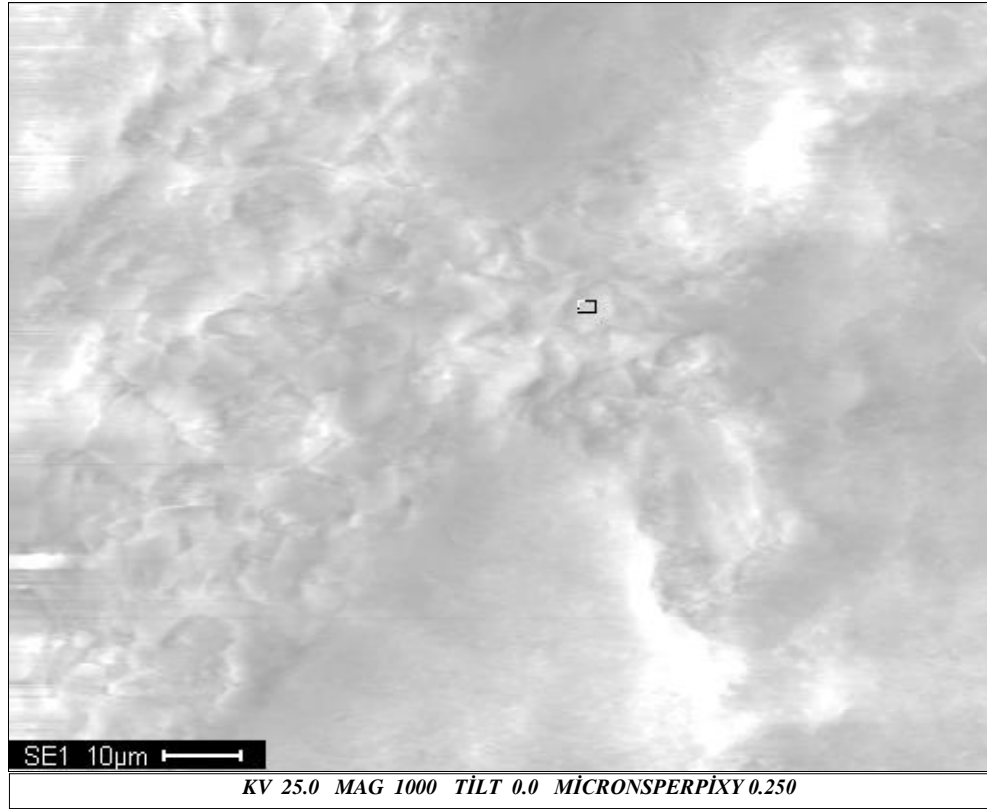
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	15.40	24.09
<i>OK</i>	44.76	52.58
<i>MgK</i>	13.53	10.46
<i>AlK</i>	00.19	00.13
<i>SiK</i>	03.25	02.17
<i>CaK</i>	21.68	10.17
<i>MnK</i>	00.28	00.10
<i>FeK</i>	00.92	00.31
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.5 : M9 örneği 6 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.6 : M9 örneği 7 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

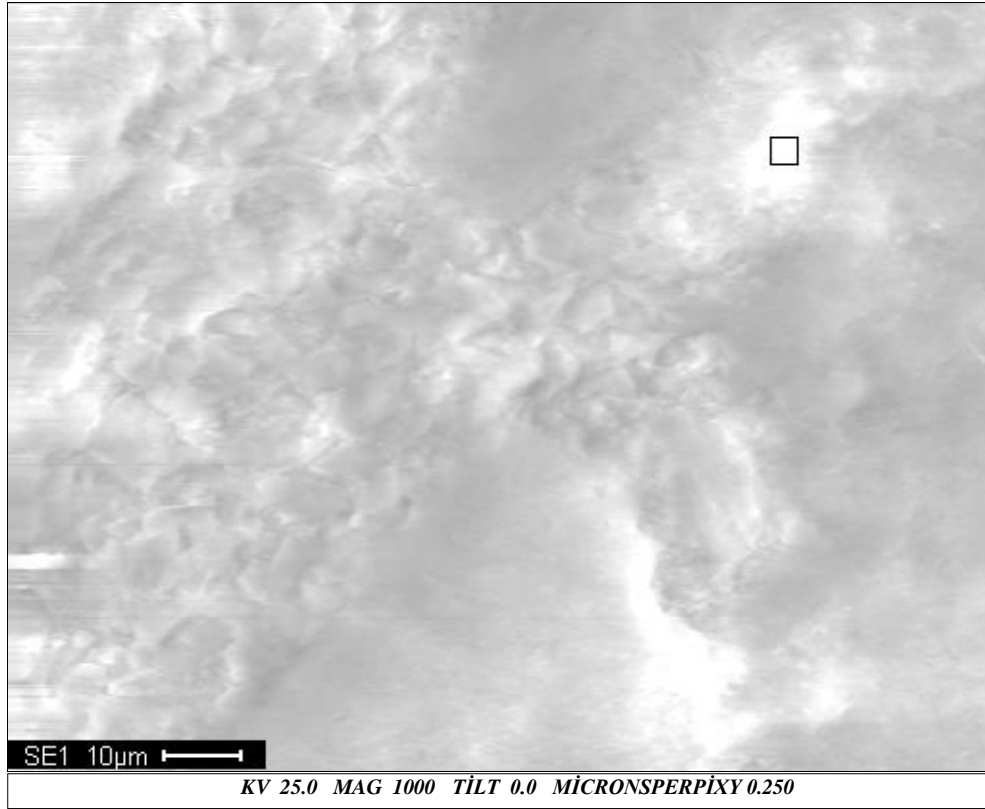
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	14.40	22.43
<i>OK</i>	45.50	53.23
<i>MgK</i>	15.94	12.27
<i>AlK</i>	00.25	00.18
<i>SiK</i>	04.39	02.93
<i>CaK</i>	18.33	08.56
<i>CrK</i>	00.09	00.03
<i>MnK</i>	00.11	00.04
<i>FeK</i>	00.87	00.29
<i>CoK</i>	00.11	00.04
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.6 : M9 örneği 7 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.7 : M9 örneği 8 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

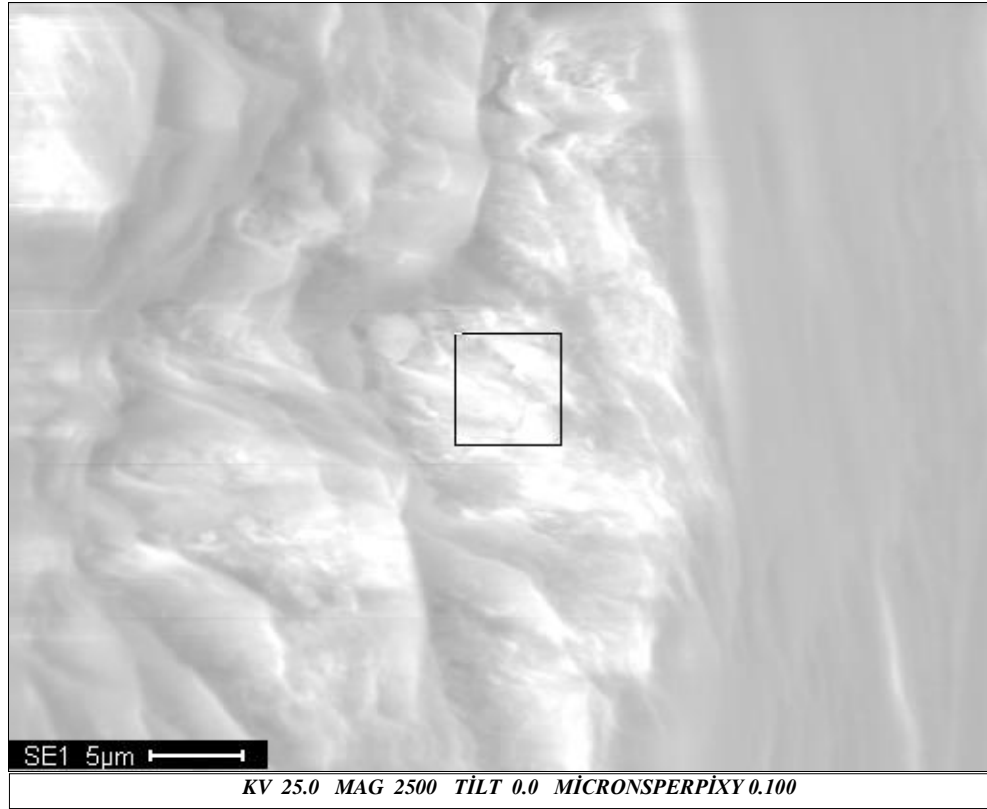
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	14.18	21.87
<i>OK</i>	47.00	54.45
<i>MgK</i>	16.34	12.46
<i>AlK</i>	00.28	00.20
<i>SiK</i>	04.78	03.15
<i>CaK</i>	15.99	07.39
<i>CrK</i>	00.15	00.05
<i>MnK</i>	00.06	00.02
<i>FeK</i>	01.09	00.36
<i>CoK</i>	00.13	00.04
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.7 : M9 örneği 8 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.8 : M9 örneği 9 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

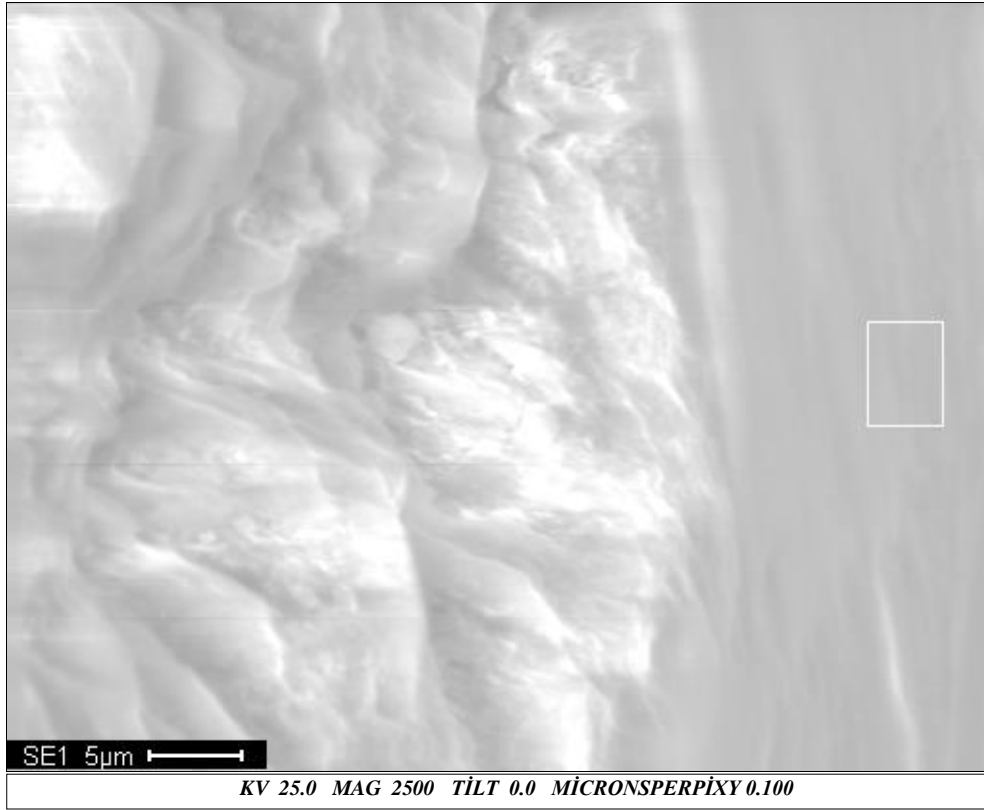
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	36.95	48.01
<i>OK</i>	42.67	41.62
<i>MgK</i>	09.26	05.94
<i>AlK</i>	00.31	00.18
<i>SiK</i>	00.58	00.32
<i>CaK</i>	09.73	03.79
<i>CrK</i>	00.08	00.02
<i>MnK</i>	00.08	00.02
<i>FeK</i>	00.19	00.05
<i>CoK</i>	00.16	00.04
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.8 : M9 örneği 9 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.9 : M9 örneği 10 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

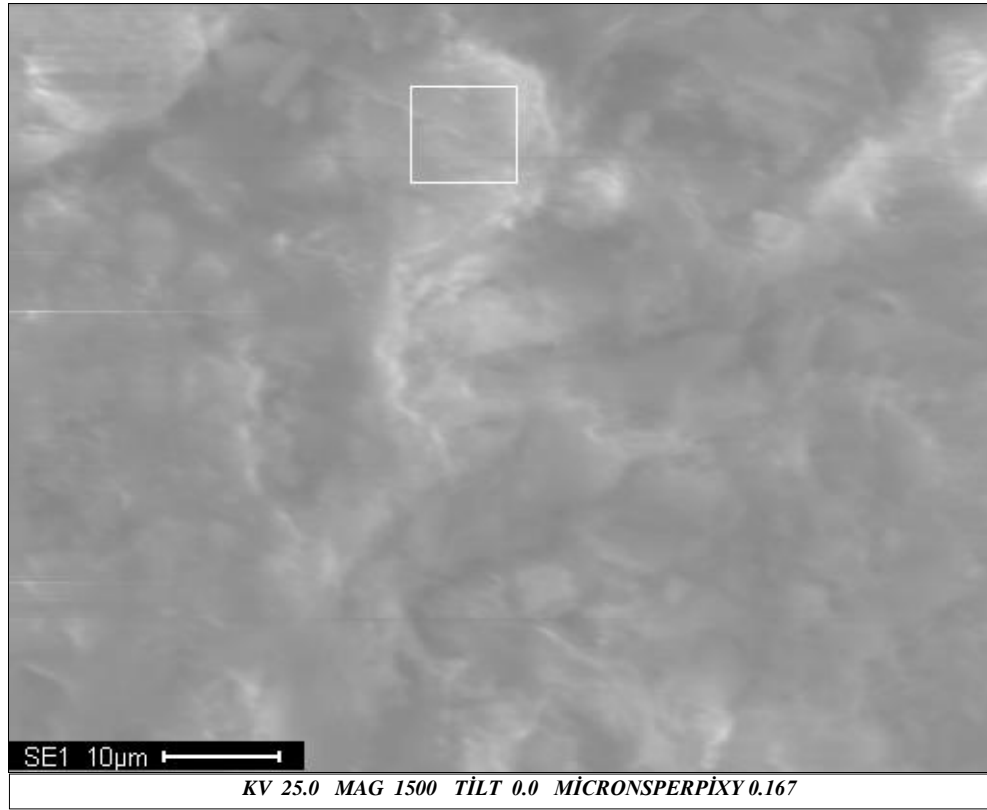
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	58.14	67.42
<i>OK</i>	32.53	28.32
<i>MgK</i>	04.15	02.38
<i>AlK</i>	00.22	00.12
<i>SiK</i>	00.32	00.16
<i>CaK</i>	04.63	01.61
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.9 : M9 örneği 10 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.10 : S1 örneği 1 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

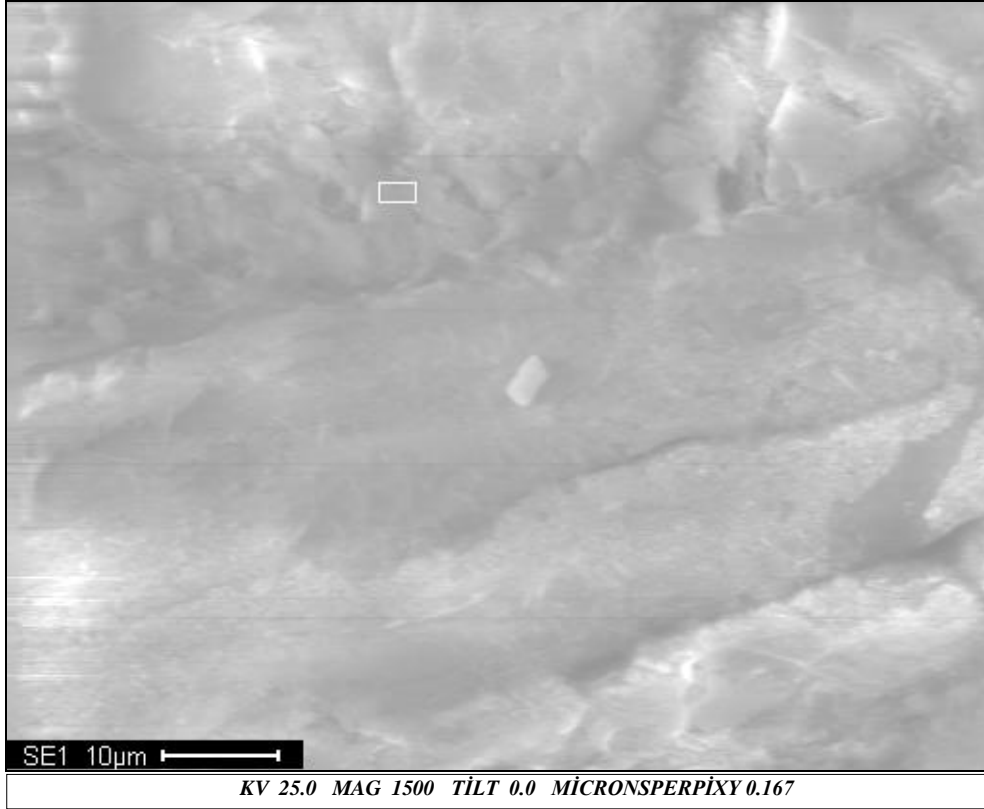
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	25.49	37.44
<i>OK</i>	38.83	42.81
<i>MgK</i>	10.76	07.81
<i>AlK</i>	00.31	00.20
<i>SiK</i>	05.02	03.15
<i>CaK</i>	19.24	08.47
<i>FeK</i>	00.35	00.11
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.10 : S1 örneği 1 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.11 : S1 örneği 2 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

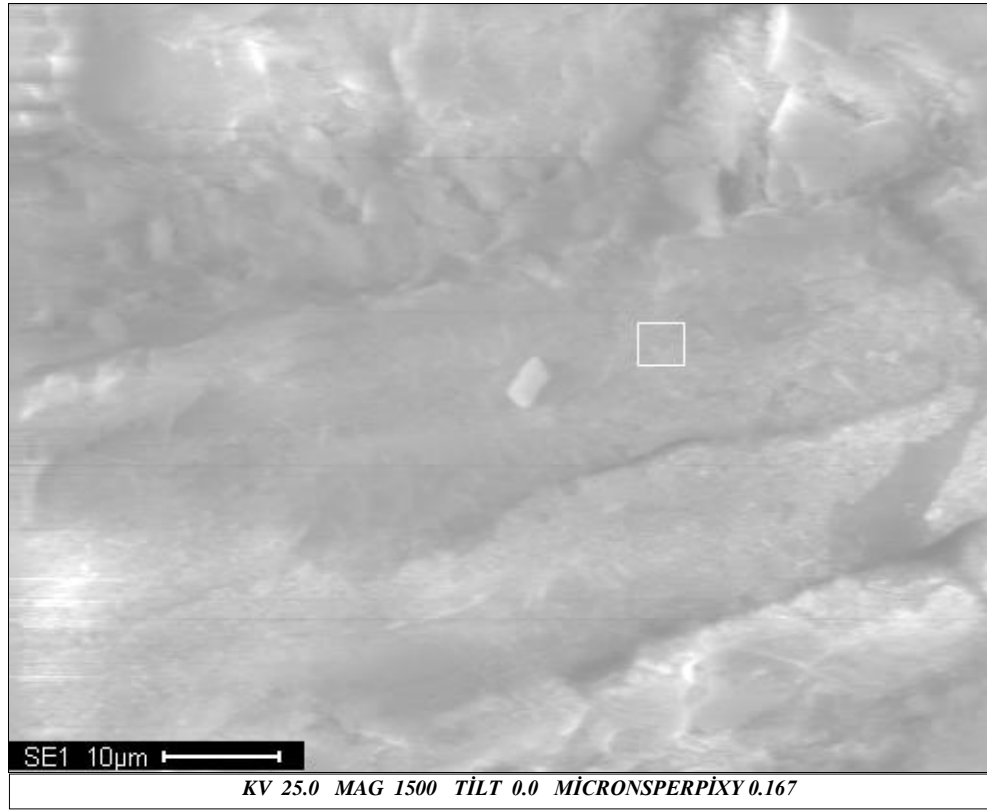
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	17.24	26.13
<i>OK</i>	45.42	51.68
<i>MgK</i>	15.09	11.30
<i>AlK</i>	00.31	00.21
<i>SiK</i>	04.76	03.09
<i>CaK</i>	15.54	07.06
<i>FeK</i>	01.64	00.53
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.11 : S1 örneği 2 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.12 : S1 örneği 3 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

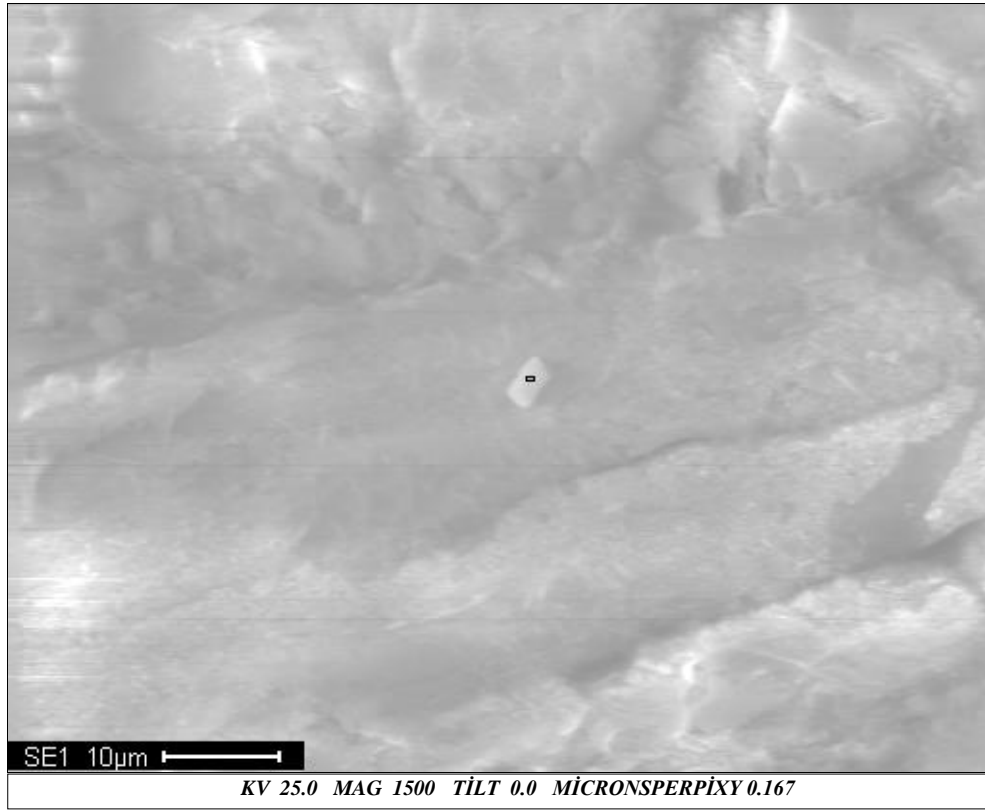
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	12.63	19.82
<i>OK</i>	42.72	50.34
<i>MgK</i>	19.65	15.24
<i>AlK</i>	00.51	00.36
<i>SiK</i>	16.11	10.81
<i>CaK</i>	04.59	02.16
<i>FeK</i>	03.78	01.28
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.12 : S1 örneği 3 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.13 : S1 örneği 4 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

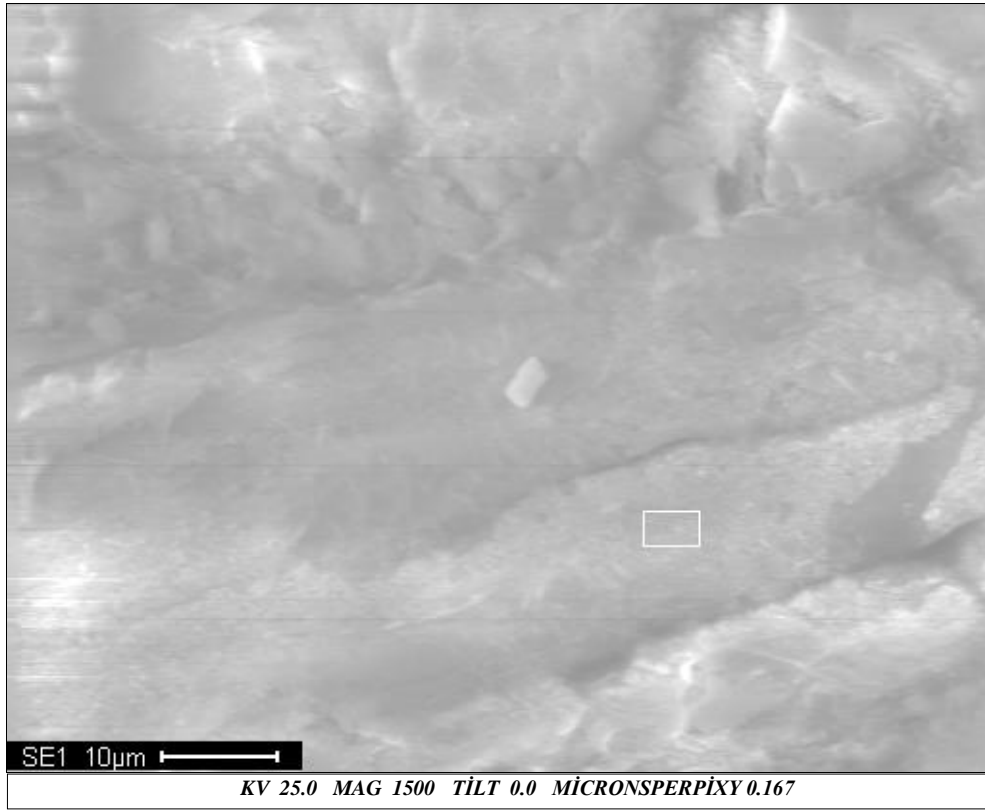
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	18.98	27.64
<i>OK</i>	47.80	52.26
<i>MgK</i>	15.09	10.85
<i>AlK</i>	00.47	00.31
<i>SiK</i>	07.61	04.74
<i>CaK</i>	08.54	03.73
<i>FeK</i>	01.50	00.47
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.13 : S1 örneği 4 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.14 : S1 örneği 5 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

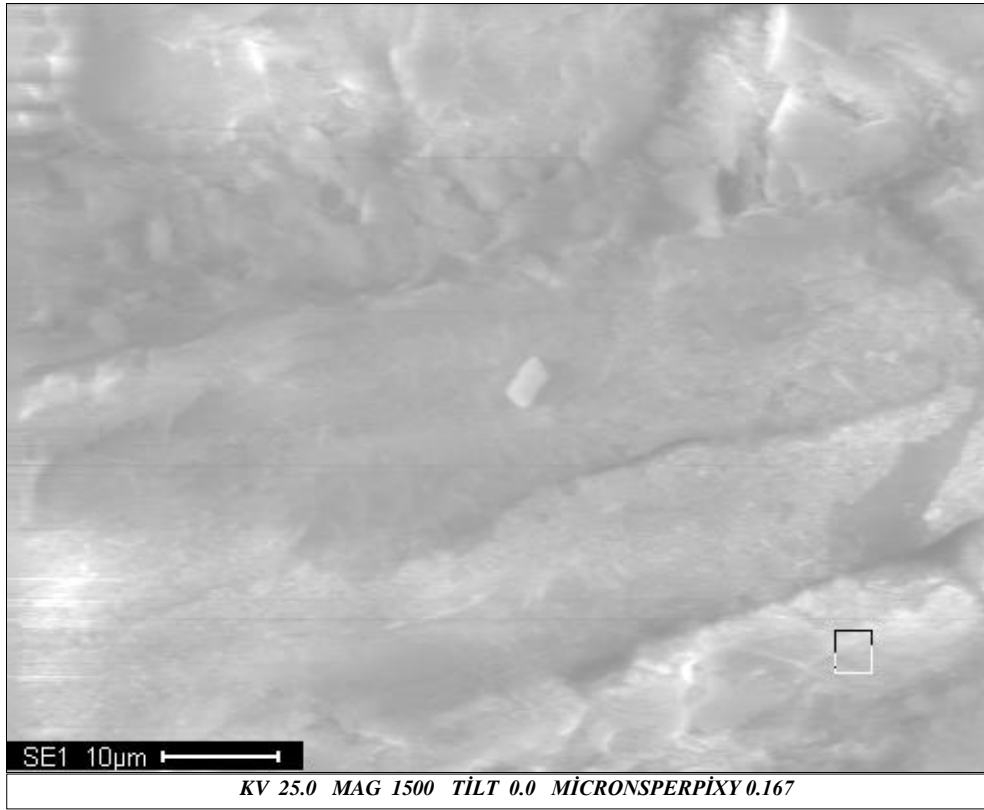
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	10.01	16.02
<i>OK</i>	43.60	52.40
<i>MgK</i>	20.27	16.03
<i>AlK</i>	00.44	00.32
<i>SiK</i>	16.81	11.51
<i>CaK</i>	05.00	02.40
<i>FeK</i>	03.87	01.33
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.14 S1 örneği 5 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü

Çizelge B.15 : S1 örneği 6 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

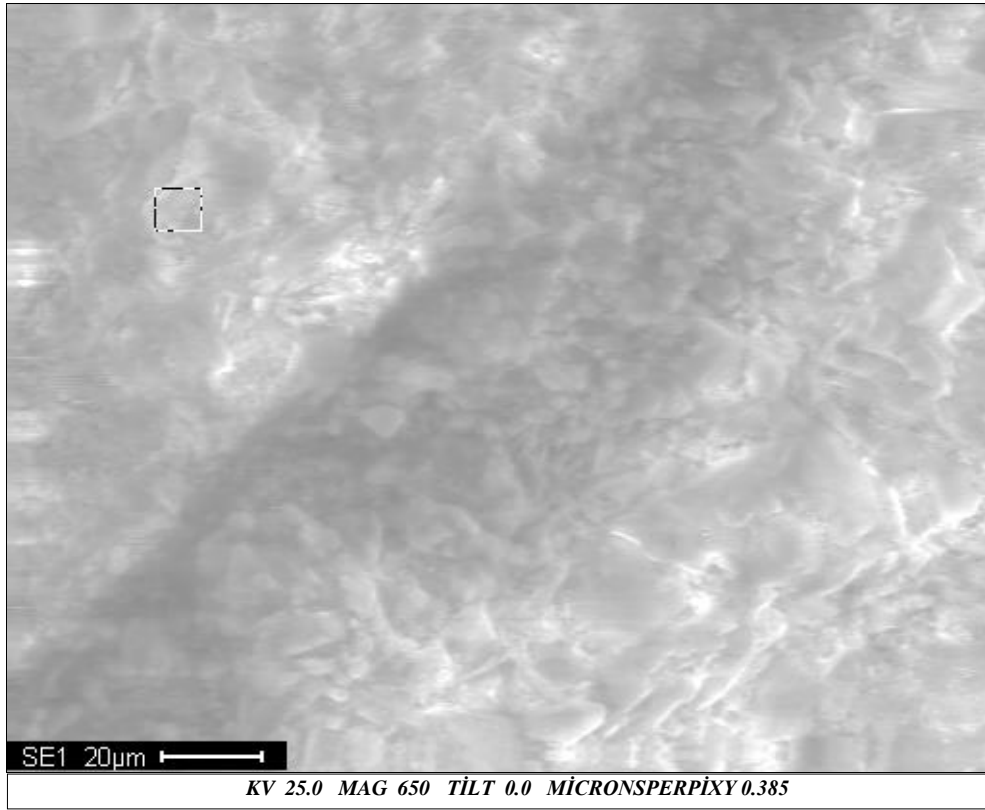
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	13.58	21.94
<i>OK</i>	42.96	52.13
<i>MgK</i>	13.38	10.69
<i>AlK</i>	00.53	00.38
<i>SiK</i>	03.81	02.64
<i>CaK</i>	23.99	11.62
<i>FeK</i>	01.74	00.61
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.15 : S1 örneği 6 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.16 : S1 örneği 7 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

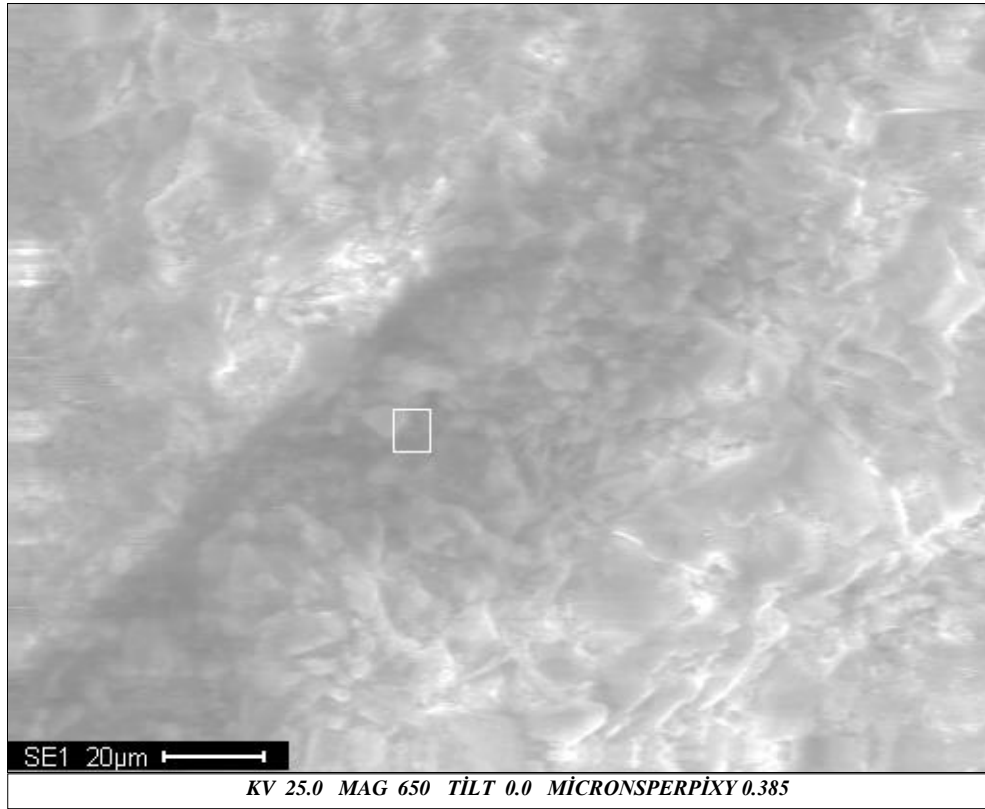
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	17.70	26.72
<i>OK</i>	46.47	52.66
<i>MgK</i>	14.04	10.47
<i>AlK</i>	00.12	00.08
<i>SiK</i>	01.92	01.24
<i>CaK</i>	19.01	08.60
<i>FeK</i>	00.73	00.24
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.16 : S1 örneği 7 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.17 : S1 örneği 8 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

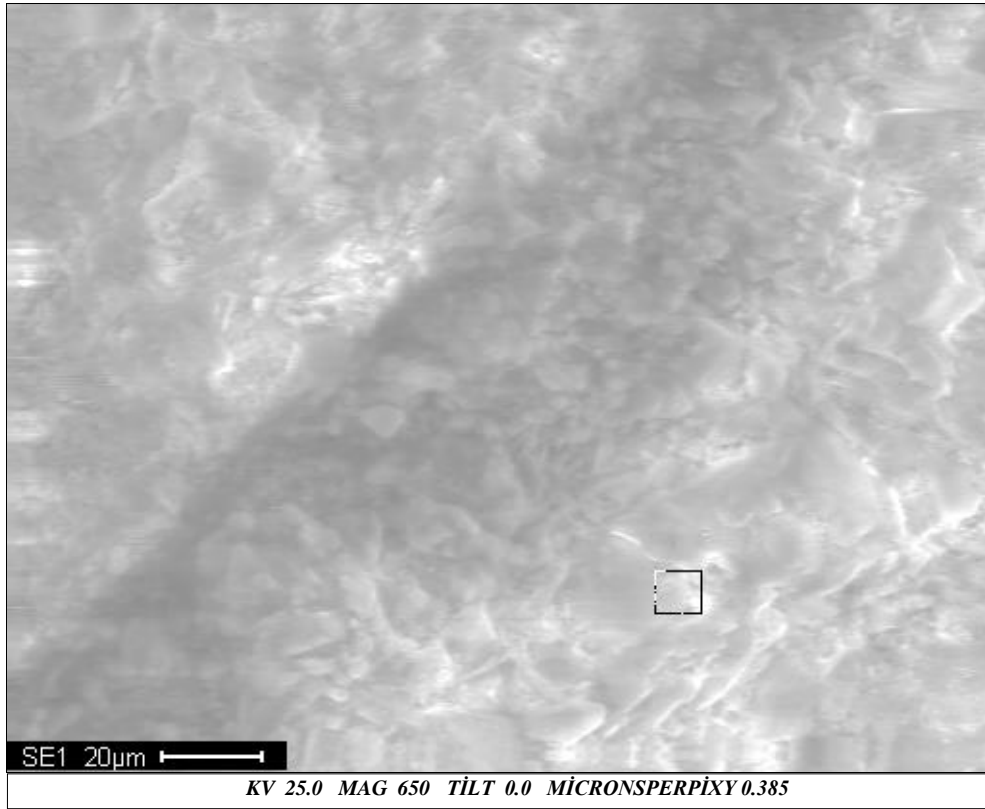
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	14.69	23.95
<i>OK</i>	42.09	51.50
<i>MgK</i>	11.59	09.33
<i>AlK</i>	00.47	00.34
<i>SiK</i>	05.55	03.87
<i>CaK</i>	14.84	07.25
<i>MnK</i>	05.19	01.85
<i>FeK</i>	03.42	01.20
<i>NiK</i>	02.16	00.72
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.17 : S1 örneği 8 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.18 : S1 örneği 9 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

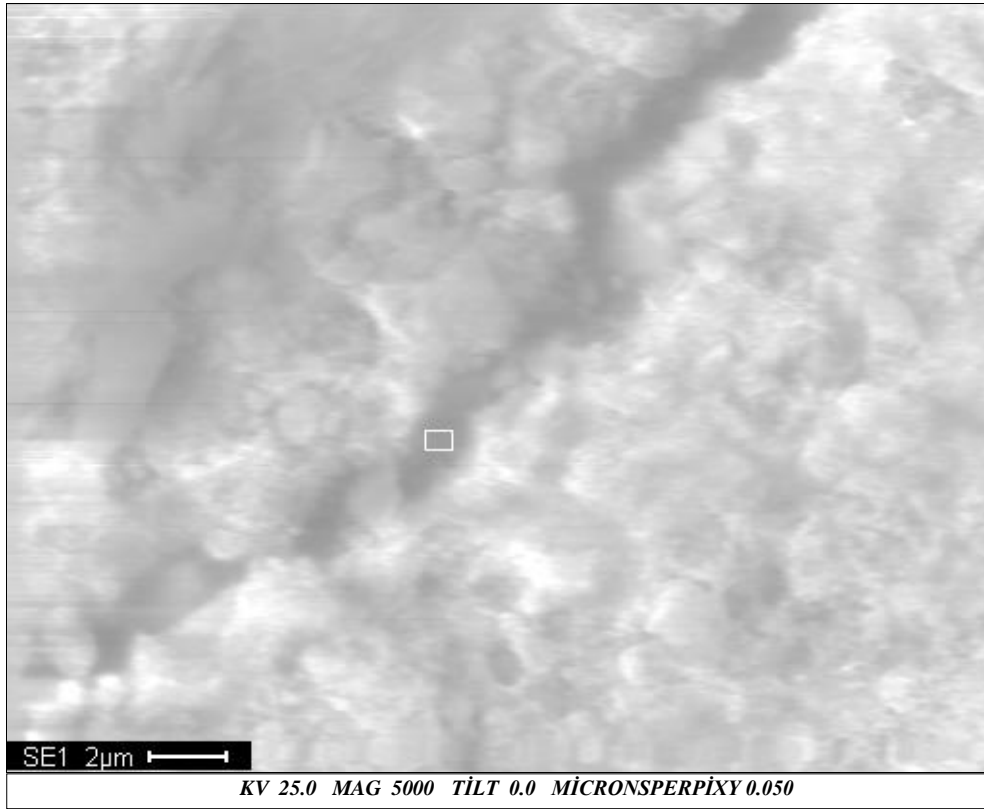
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	15.86	24.63
<i>OK</i>	45.25	52.75
<i>MgK</i>	13.90	10.66
<i>AlK</i>	00.60	00.41
<i>SiK</i>	01.64	01.09
<i>CaK</i>	21.72	10.11
<i>MnK</i>	00.29	00.10
<i>FeK</i>	00.30	00.10
<i>NiK</i>	00.44	00.14
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.18 : S1 örneği 9 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.19 : S1 örneği 10 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

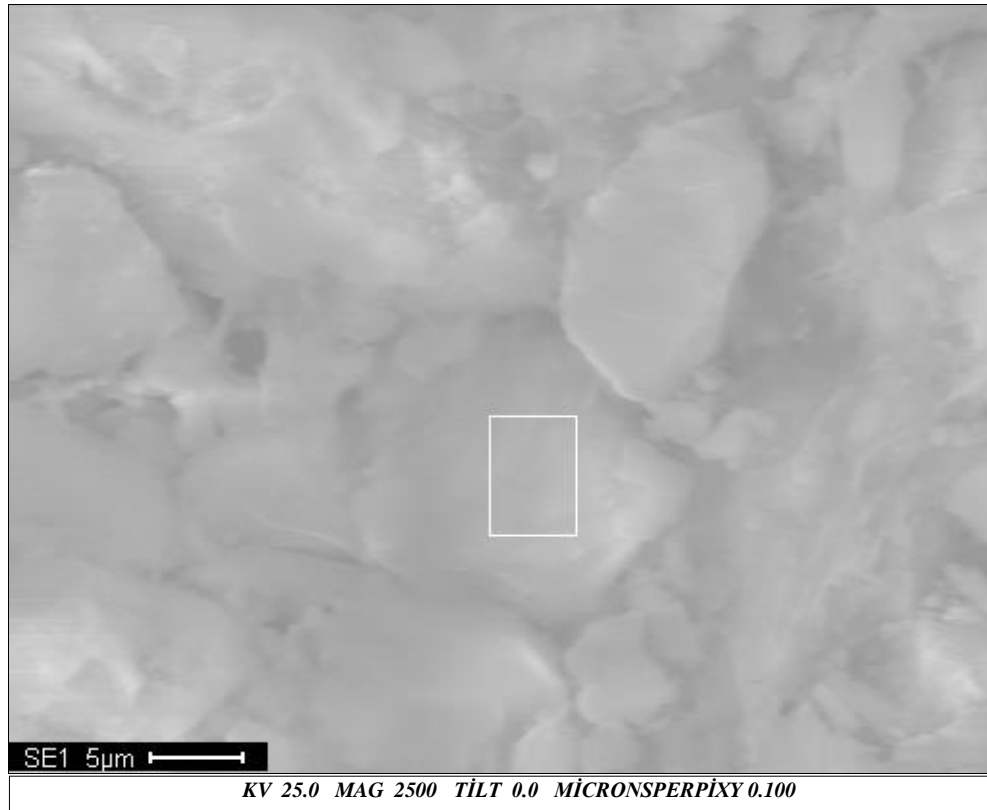
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	29.68	45.70
<i>OK</i>	28.49	32.93
<i>MgK</i>	05.64	04.29
<i>AlK</i>	00.63	00.43
<i>SiK</i>	09.38	06.18
<i>CaK</i>	13.95	06.44
<i>MnK</i>	00.44	00.15
<i>FeK</i>	11.32	03.75
<i>NiK</i>	00.47	00.15
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.19 : S1 örneği 10 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.20 : S1 örneği 11 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

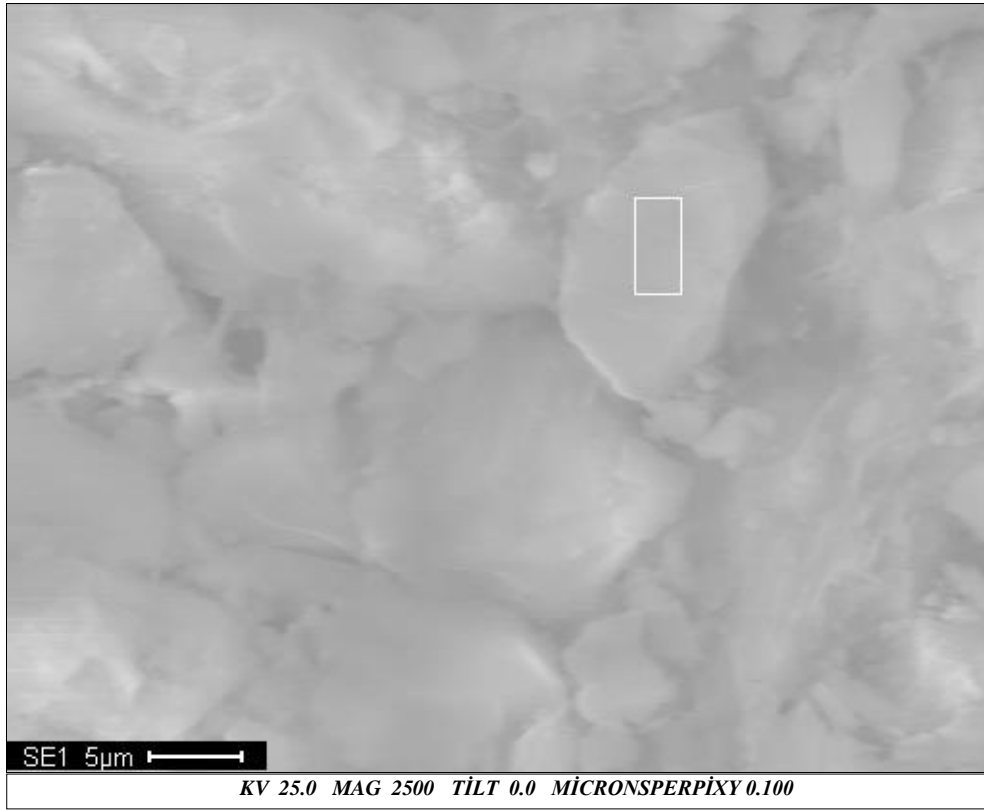
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	15.18	23.73
<i>OK</i>	45.73	53.69
<i>MgK</i>	12.82	09.91
<i>SiK</i>	03.66	02.45
<i>CaK</i>	19.80	09.28
<i>FeK</i>	02.81	00.95
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.20 : S1 örneği 11 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.21 : S1 örneği 12 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

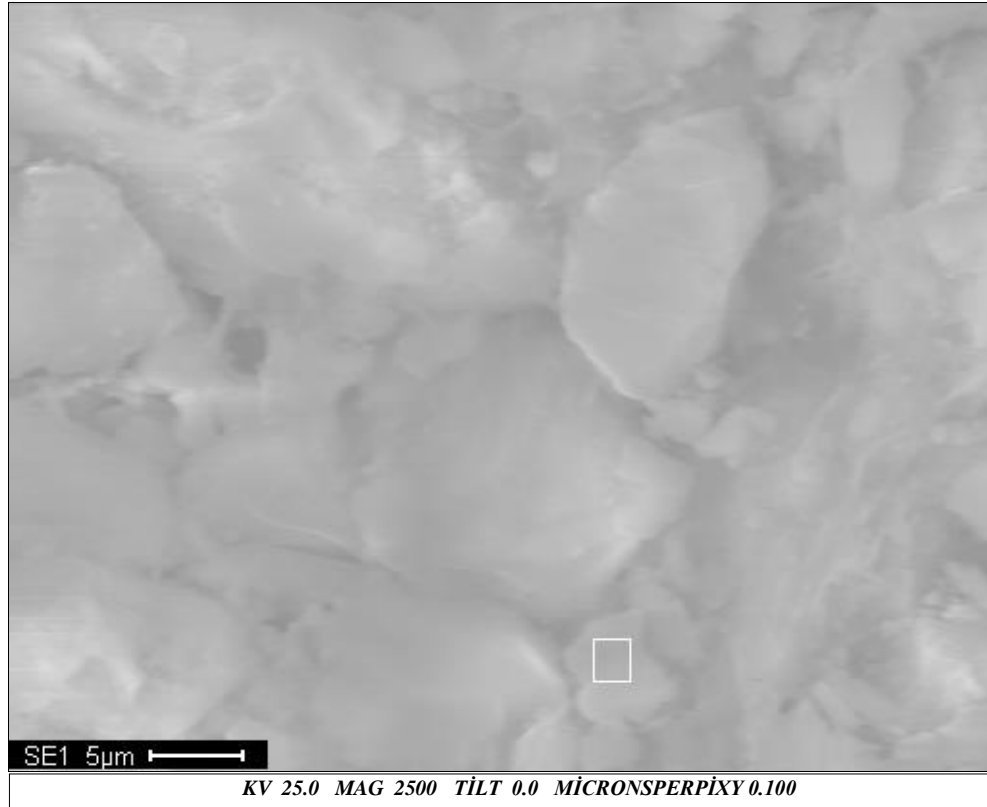
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	49.25	67.42
<i>MgK</i>	12.46	11.22
<i>SiK</i>	12.72	09.92
<i>CaK</i>	09.12	04.98
<i>MnK</i>	07.50	02.99
<i>FeK</i>	06.86	02.69
<i>NiK</i>	02.09	00.78
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.21 : S1 örneği 12 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

Çizelge B.22 : S1 örneği 13 numaralı lokasyon EDS analiz sonuçları.

<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	09.22	16.17
<i>OK</i>	40.98	53.93
<i>NaK</i>	00.14	00.13
<i>MgK</i>	06.66	05.77
<i>AlK</i>	00.90	00.71
<i>SiK</i>	11.98	08.98
<i>CaK</i>	20.02	10.52
<i>FeK</i>	10.09	03.80
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Şekil B.22 : S1 örneği 13 numaralı lokasyon E-SEM görüntüsü.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Tahsin Aykan Kepekli

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 1977

Adres: İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, Sarıyer, İstanbul

E-Posta: kepeklita@itu.edu.tr

Lisans: İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans: İTÜ Jeoloji Mühendisliği, Uygulamalı Jeoloji Programı

Mesleki Deneyim ve Ödüller: 2002'den bu yana İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü araştırma görevlisidir.

Yayın ve Patent Listesi:

Yalçın, T., Bozkurtoğlu, E., Suner, F., Yüzer, E., Vardar, M., **Kepekli, A.** (2002). Alteration phenomenon in geothermal areas. A geochemical approach to a case study in western Anatolia, Turkey. Progress in Mining and Oilfield Chemistry, vol. 4, 379-390.

Kamışoğlu, T., Maral, M., **Kepekli, A.**, Kiran, D., Aktuna, Z., Suner, F. (2003). Saturation index characteristics and crystallization mechanism of hydromagnesite and huntite in Salda Lake, Turkey. Progress in Mining and Oilfield Chemistry, vol. 5, 393-404.

Bozkurtoğlu, E., **Kepekli, A.**, Yalçın, T., Suner, F. (2005). Weathering and alteration phenomenon in the Canakkale – Tuzla region. 41st Forum on the Geology of Industrial Minerals Program with Abstracts, p. 37.

Kiran, D., Sezer, B., Kamışoğlu, T., Maral, M., **Kepekli, A.**, Aktuna, Z., Suner, F. (2005). Saturation index (SI) study and formation conditions in the Salda Lake, western Turkey. 41st Forum on the Geology of Industrial Minerals Program with Abstracts, p. 38.

Maral, M., Sezer, B., Kamişoğlu, T., **Kepekli, A.**, Kıran, D., Aktuna, Z., Suner, F. (2006). Saturation index in Lake Salda (Burdur) and formation mechanisms of mineralizations. 59th Geology Congress of Turkey Abstracts Book, p. 178.

Kepekli, T.A., Bozkurtoğlu, E., Yalçın, T., Suner, F. (2007). Weathering – alteration geochemistry and petrography of Canakkale – Tuzla geothermal area, northwestern Turkey. 23rd International Applied Geochemistry Symposium Program and Abstracts, p. 130.

Suner, F., Gedikoglu, A., Maral, M., Kıran, D., Maral, D., Altınay, C., **Kepekli, T.A.**, Aktuna, Z. (2007). Genetic constraints from REE geochemistry of the Koru lead – zinc deposits, Biga Peninsula, nw Turkey. Digging Deeper, Proceedings of 9th Biennial SGA Meeting, 189 – 191.

Suner, F., **Kepekli T.A.**, Maral, M., Aktuna, Z., Kıran, D. (2007). SI (saturation index) characteristics and crystallization mechanism of hydromagnesite and huntite in Salda Lake, Turkey. 23rd International Applied Geochemistry Symposium Program and Abstracts, p. 244.

Bozkurtoğlu, E., **Kepekli, A.**, Suner, F., Yalçın, T. (2009). Weathering-alteration development modeling in Canakkale Tuzla geothermal area rocks with respect to major elements analysis. Proceedings of the 14th National Clay Symposium, Karadeniz Technical University – Trabzon, 71-81.

Bozkurtoğlu E., **Kepekli A.**, Yalçın T. And Suner F. (2009). Weathering and alteration phenomenon in the Canakkale – Tuzla region. 41st Forum on the Geology of Industrial Minerals Proceedings, 53-58.

Kepekli, T.A., Bozkurtoğlu, E., Suner, F. (2009). Weathering and alteration in Tuzla geothermal field: correlation of petrographical weathering patterns with geochemical data, Canakkale – northwestern Turkey. 9th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2009 Proceedings, vol. 1, 1-8.

Kepekli, T.A., Kumral, M., Budakoğlu, M., Yavuz, F., Yılmaz, E. (2009). Quartz sand deposits and their suitability for usage in different industrial branches: the evaluation of Bartın – Cakraz deposits in northwestern Turkey. 9th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2009 Proceedings, vol. 1, 105-112.

Kıran, D., Sezer, B., Kamişoğlu, T., Maral, M., **Kepekli, A.**, Aktuna, Z., Suner, F. (2009). Saturation index (SI) study and formation conditions in the Salda Lake, western Turkey. 41st Forum on the Geology of Industrial Minerals Proceedings, 59-65.

Maral, D., Maral, M., **Kepekli, T.A.** (2009). Usage potential and general properties of bentonite occurrences in Turkey. 9th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2009 Proceedings, vol. 1, 167-174.

Maral, M., Suner, F., Maral, D., **Kepekli, T.A.** (2009). Some coal related clay occurrences: geochemical, mineralogical properties and usage of clay potentials in Biga Peninsula, Turkey. 9th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2009 Proceedings, vol. 1, 113-120.

Kepekli, T.A., Maral, M., Suner, F. (2010). Formation Of Erenkoy Magnesite Deposits, Eskisehir, Western Turkey: An Initial Study. 10th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2010 Proceedings, vol. 1

Kepekli, T.A., Maral, M., Maral, D., Karalar, A., Gunacgun, L.S., Suner, F. (2010). Thenardite Mineralizations Of Cayirhan Sulfate Occurrences in Ankara, Turkey: Investigation of Paragenesis and Formation Mechanism. 10th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2010 Proceedings, vol. 1

Kepekli, T.A., Maral, M., Maral, D., Aydin, T., Suner, F. (2010). Bauxite Mineralizations of Mortas And Dogankuzu Deposits, Seydisehir – Konya Region, Turkey: A Geological, Mineralogical and Geochemical Investigation. 10th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2010 Proceedings, vol. 1

Maral, M., Maral, D., **Kepekli, T.A.**, Suner, F. (2010). General Characteristics Of Low Rank Coal Occurrences in Biga Peninsula, Turkey. 10th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2010 Proceedings, vol. 1

Maral, M., Maral, D., **Kepekli, T.A.**, Celenli, A., Hacıoglu, E., Budakoglu, M., Sezer, S., Kilicarslan, S., Suner, F. (2010). General Aspect Of Different Barite Occurrences in the East Of Istanbul, Turkey. 10th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2010 Proceedings, vol. 1

Maral, M., Maral, D., **Kepekli, T.A.**, Karakus, A.D., Suner, F. (2010). The Preliminary Investigation Of Cayirhan Glauberite Mineralization in Ankara, Turkey. 10th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2010 Proceedings, vol. 1

Aktuna, Z., Kiran, D., Yalçın, T., Suner, F., **Kepekli, T.A.**, Maral, M. (2011). Poly-metallic mineralizations around Dikmen Village (Hendek-Adapazari). I.T.U. Journal, Serie D: Engineering. (Under evaluation).

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Kepekli, T.A., Maral, M., Suner, F. (2010). Formation Of Erenkoy Magnesite Deposits, Eskisehir, Western Turkey: An Initial Study. 10th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2010 Proceedings, vol. 1

Kepekli, T.A., Maral, M., Suner, F., Kilinc, A., Maral, D. (2013). Formation Of Magnesite Mineralizations From Eskisehir-Erenkoy, Northwestern Turkey: A Stable Isotope Study. Fresenius Environmental Bulletin, 22(8), 2297-2300.

