

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TILKİKÖY (KALECİK, ANKARA) MANGAN YATAĞININ MİNERALojİK
VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Melahat ER KORKMAZLAR

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2025

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TILKİKÖY (KALECİK, ANKARA) MANGAN YATAĞININ MİNERALojİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Melahat ER KORKMAZLAR

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Halim MUTLU

Bu tez çalışmasında, Kalecik (Ankara) ilçesinin yaklaşık 14 km kuzeydoğusundaki Tilkiköy mevkiinde yer alan mangan cevherleşmesinin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Tilkiköy mangan cevherleşmesi Ankara Ofiyolitik Melanjı içerisinde radyolaritler ile ardalanmalı şekilde oluşmuştur. XRD (X-Işını difraktometresi) ve cevher mikroskopisi çalışmaları ile yürütülen mineralojik analizler sonucunda yataktaki ana cevher mineralleri piroluzit, koronadit, braunit ve psilomelan grubu mineraller olarak tanımlanmıştır. Gang mineraller ise kuvars, hematit, limonit ve az miktarda piritten ibarettir. Çört ile mangan minerallerinin bir arada bulunması ve kolloform doku ile fosil kavkılarının mangan mineralleriyle doldurulmuş olması biyojenetik süreçlerin cevherleşmede rol oynadığını göstermektedir.

Cevher örneklerinin MnO içerikleri %64.7'ye kadar ulaşmakta olup silika (%12.3-89.4) mangandan sonraki en yüksek bolluğa sahip elementtir. Örneklerin toplam nadir toprak element değerleri 14.5-143.5 ppm arasında değişmekte olup hafif NTE'ler ağır NTE'ye göre yaklaşık 10 kat zenginleşmiştir. Çeşitli iz element diyagramları kullanılarak Tilkiköy mangan cevherini oluşturan akışkanın büyük oranda hidrotermal kökenli olduğu ortaya konulmuştur. Ce elementine ait negatif anomali hidrotermal yataklara özgü bir sinyal olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen mineralojik ve jeokimyasal bulgular Tilkiköy mangan cevherleşmesinin İç Anadolu'daki mangan yatakları ile benzer özellikler taşıdığını göstermiştir.

Ağustos 2025, 100 sayfa

Anahtar Kelimeler: Mangan cevherleşmesi, radyolarit, hidrotermal, jeokimya, Tilkiköy (Kalecik)

ABSTRACT

Master Thesis

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE TILKİKÖY (KALECIK, ANKARA) MANGANESE DEPOSIT

Melahat ER KORKMAZLAR

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geology Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Halim MUTLU

In this thesis, the mineralogical and geochemical characteristics of the manganese mineralization in the Tilkiköy area, approximately 14 km northeast of the Kalecik district (Ankara), have been investigated. The Tilkiköy manganese mineralization was formed interbedded with radiolarian cherts within the Ankara Ophiolitic Mélange. As a result of mineralogical analyses conducted through X-ray diffraction (XRD) and ore microscopy studies, the main ore minerals in the deposit have been identified as pyrolusite, coronadite, braunite and minerals of the psilomelane group. The gangue minerals consist of quartz, hematite, limonite, and minor amounts of pyrite. The coexistence of chert and manganese minerals, along with the presence of colloform textures and fossil shells filled with manganese minerals, indicates that biogenetic processes played a role in the mineralization.

The MnO contents of the ore samples reach up to 64.7%, and silica (12.3–89.4%) is the most abundant element after manganese. The total rare earth element (REE) contents of the samples range from 14.5 to 143.5 ppm, with light REEs enriched approximately tenfold compared to heavy REEs. Based on various trace element diagrams, it has been demonstrated that the fluid responsible for the formation of the Tilkiköy manganese ore is predominantly of hydrothermal origin. The negative anomaly of the Ce element has been interpreted as a characteristic signal indicative of hydrothermal deposits. The obtained mineralogical and geochemical findings indicate that the Tilkiköy manganese mineralization shares similar characteristics with manganese deposits in the Central Anatolia region.

August 2025, 100 pages

Keywords: Manganese mineralization, radiolarite, hydrothermal, geochemistry, Tilkiköy (Kalecik)

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın hazırlanmasında doğrudan ya da dolaylı olarak akademik veya manevi anlamda katkı sağlayan herkese teşekkür ederek sözlerime başlamak isterim. Tez çalışmasının planlanmasından tamamlanmasına kadar geçen süreçte rehberliğini ve desteğini esirgemeyen, tecrübesi ile yol gösteren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımları ile gelişmeme katkıda bulunan danışmanım Sayın Prof. Dr. Halim MUTLU'ya (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı),

Tez çalışmamın incelenme ve değerlendirme sürecinde kıymetli vakitlerini ayıran; bilgi, öneri ve deneyimlerini benimle paylaşarak çalışmama değer katan jüri üyeleri Sayın Prof. Dr. Abidin TEMEL'e (Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı) ve Sayın Doç. Dr. Kıymet DENİZ YAĞCIOĞLU'na (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı),

Çalışmalarım boyunca destek olup bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek ışık tutan Sayın Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU'na (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı), Sayın Prof. Dr. Alaadin VURAL'a (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı), Sayın Prof. Dr. Muhittin GÖRMÜŞ'e (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı), Sayın Doç. Dr. Kıymet DENİZ YAĞCIOĞLU'na (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı), Sayın Araş. Gör. Aslıhan KORKMAZ ERYILMAZ'a (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı) ve Sayın Prof. Dr. Nursel ÖKSÜZ'e (Yozgat Bozok Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı),

Laboratuvar olanaklarını kullanmamı sağlayan ve laboratuvar çalışmalarım boyunca her zaman destek olan Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) değerli yönetici ve personellerine,

Laboratuvar çalışmalarım boyunca bana yol gösteren, sorularımı cevaplayan, katkıda bulunan MTA (Maden Tetkik Arama) Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı çalışanlarına; Mineraloji Petrografi Araştırmaları Birim Yöneticisi Sayın Cumhur Özcan KILIÇ'a, XRD analizlerine katkı sağlayan Sayın Sonay BOYRAZ ASLAN'a, cevher mikroskopisi çalışmalarına destek olan Sayın Ebru COŞKUN KAVUKÇU'ya, mangan cevherleşmesi konusunda bilgilendiren ve çalışmalarına destek olan Sayın Halide DUMANLILAR'a ve Sayın Özgül GÜVEN'e,

Lisans ve lisansüstü hayatım boyunca her zaman desteklerini hissettiğim, yetişmemi ve gelişmemi sağlayan Hacettepe Üniversitesi ve Ankara Üniversitesi saygıdeğer akademisyenlerine,

Çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Cengiz AYBİRDİ'ye ve Sabri Orkun TURGAY'a,

Çalışmalarım boyunca her zaman fedakarlık gösteren, destekleyen ailem ve sevgili eşim Mustafa KORKMAZLAR'a

en içten duygularıyla sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) [Proje Kodu: FYL-2024-3524] tarafından desteklenmiştir.

Melahat ER KORKMAZLAR

Ankara, Ağustos 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2 Çalışma Yöntemleri	2
1.3 Çalışma Alanının Tanıtılması	2
1.4 Kaynak Özeti.....	5
1.5 Türkiye’deki Mangan Yatakları.....	12
1.5.1 Ofiyolitik çökeller içindeki mangan cevherleşmesi	15
1.5.2 Siyah şeyllere bağlı mangan cevherleşmeleri.....	16
1.5.3 Karadeniz yay volkanizmasına bağlı mangan yatakları.....	16
1.5.4 Trakya havzasındaki mangan yatakları.....	17
2. BÖLGESEL JEOLJİ.....	18
2.1 Çalışma Bölgesindeki Kaya Birimleri	26
2.1.1 Ankara grubu (Tra).....	28
2.1.2 Karadağ formasyonu (Kkk).....	28
2.1.3 Maliboğazi formasyonu (Km).....	28
2.1.4 Artova ofiyolitik karışığı (Ka)	29
2.1.5 Dizilitaşlar formasyonu (Td)	29
2.1.6 Tekke volkaniti (Tt).....	30
2.1.7 Haççili formasyonu (Th).....	30
2.1.8 Alüvyon (Qa)	31
3. ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	32
3.1 Arazi Çalışmaları	32
3.2 Laboratuvar Çalışmaları.....	33
3.2.1 Mineraloji-Petrografi incelemeleri.....	33
3.2.2 X-Işını difraktometresi (XRD).....	35
3.2.3 X-Işınları floresans spektroskopisi (XRF).....	37
3.2.4 ICP-MS	38
4. MİNERALJİ.....	40
4.1 Tilkiköy Sahasında Gözlenen Cevher Mineralleri.....	42
4.1.1 Piroluzit	42
4.1.2 Braunit	42
4.1.3 Psilomelan grubu	42
4.1.3.1 Koronadit.....	42
4.2 Cevher Mikroskopisi Çalışmaları.....	43
4.3 XRD Çalışmaları	54
5. JEOKİMYA.....	60
5.1 Ana ve Eser Element Jeokimyası.....	60
5.2 Nadir Toprak Element (NTE) Jeokimyası.....	70

6. TARTIŞMA	74
7. SONUÇLAR	77
KAYNAKLAR	80
EKLER.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	100

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Å	: Ångström
Al	: Alüminyum
Al ₂ O ₃	: Alüminyum oksit
As	: Arsenik
Ba	: Baryum
Ce	: Seryum
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
Co	: Kobalt
Cu	: Bakır
Eu	: Evropiyum
Fe	: Demir
Fe ₂ O ₃	: Demir (III) oksit
g	: Gram
Gd	: Gadolinyum
HCl	: Hidroklorik asit
HClO ₄	: Perklorik asit
HF	: Hidroflorik asit
HNO ₃	: Nitrik asit
Ho	: Holmiyum
kV	: Kilovolt
km	: Kilometre
km ²	: Kilometrekare
K ₂ O	: Potasyum oksit
La	: Lantan
log	: Logaritma
m	: Metre
mA	: Miliamper
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
Na ₂ O	: Sodyum oksit
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
ppb	: Milyarda bir kısım
ppm	: Milyonda bir kısım
Pr	: Praseodim
Sb	: Antimon
Si	: Silisyum
SiO ₂	: Silisyum dioksit
sn	: Saniye
Sr	: Stronsiyum
Tb	: Terbiyum
Th	: Toryum
Ti	: Titanyum
TiO ₂	: Titanyum dioksit
Tm	: Tulyum
U	: Uranyum
V	: Vanadyum
Y	: İtiryum

Zn	: Çinko
µm	: Mikrometre
°C	: Santigrad Derece
°	: Derece
%	: Yüzde
θ	: Teta
~	: Yaklaşık
<	: Küçüktür
>	: Büyüktür

Kısaltmalar

AK	Ateşte Kayıp
ANTE	Ağır Nadir Toprak Elementler
A.S.T.M.	Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu
B	Batı
Cal	Kalsit
Cnd	Koronadit
D	Doğu
EG	Etilen Glikol
GB	Güneybatı
Hem	Hematit
HNTE	Hafif Nadir Toprak Elementler
ICDD	Uluslararası Difraksiyon Veri Merkezi
ICP-MS	İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi
İAEKZ	İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu
K-Ar	Potasyum-Argon
Ka	Artova Ofiyolitli Karışığı
KD	Kuzeydoğu
Kkk	Karadağ Formasyonu
KM	Kil Minerali
Km	Malıboğazı Formasyonu
MTA	Maden Tetkik Arama
N	Normal
NTE	Nadir Toprak Element
Pyl	Piroluzit
Qa	Alüvyon
Qz	Kuvars
SGS	Supervise Gözetme Etüd Kontrol Servisleri A.Ş.
Td	Dizilitaşlar Formasyonu
Th	Hançili Formasyonu
Tra	Ankara Grubu
Tt	Tekke Volkaniti
XRD	X-Işını difraktometresi
XRF	X-Işınları fluoresans spektroskopisi
YEBİM	Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası	4
Şekil 1.2 Türkiye mangan cevherleşme gruplarını gösterir harita	14
Şekil 2.1 İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAEKZ) ve yeşil alanlar ile ofiyolit ve ofiyolitik melanjları gösterir harita	19
Şekil 2.2 Tilkiköy mangan cevherleşmesi a) Radyolarit mangan ar dalanması b) Ağsal şekilli mangan sıvamaları	22
Şekil 2.3 a) Tilkiköy çalışma sahası kuzeyinde serpantinitleşme görünümü b) Çalışma sahası güneyinde serpantinitleşmeye geçiş görünümü.....	23
Şekil 2.4 a) b) Tilkiköy çalışma sahası kuzeyinde gözlenen kalsedon damarları	24
Şekil 2.5 Tilkiköy maden ocağının genel görünümü a) Mercek yapısından alınan örnek b) Mangan-çört ar dalanması c) ve d) Botroidal mangan nodülleri e) İkinci panelde gözlenen limonitleşme f) Beşinci panele ait katmanların genel görünümü	25
Şekil 2.6 Çalışma alanının jeoloji haritası	27
Şekil 2.7 Tekke Volkanitine ait andezitlerin görünümü	30
Şekil 3.1 Tilkiköy mangan ocağının genel görünümü	32
Şekil 3.2 a) Multipol Sense otomatik aşındırma ve parlatma cihazı b) Leica DM2700 P alttan ve üstten aydınlatmalı cevher mikroskobu.....	35
Şekil 3.3 a) Otomatik kaya öğütme cihazı b) Bruker D8 Advance XRD cihazı c) Panalytical Empyrean Powder XRD cihazı d) Detaylı kil analizi için cam üzerine sıvama ile dökülen örneklerin görüntüsü e) Desikatör f) 350-550°C için kül fırını.....	37
Şekil 3.4 a) Otomatik kaya öğütme makinası b) Hassas tartıda toz numune miktarı ayarlama c) Manuel hidrolik pres makinası d) MP250 otomatik pres makinası e) Pellet örnekleri f) XRF taşıma tepsisinde pellet örnekleri g) Spectro X-Lab 2000 XRF cihazı.....	38
Şekil 4.1 24-ME-T01 ve 24-ME-T13 numaralı örneklere ait ince kesit görüntüleri a) 24-ME-T01 1. nikol görüntüsü b) 24-ME-T01 2. nikol görüntüsü c) 24-ME-T13 1. nikol görüntüsü d) 24-ME-T13 2. nikol görüntüsü	41
Şekil 4.2 24-ME-T04 numaralı örnekte damar içerisinde gözlenen piroluzit ve psilomelan grubu mineral dolgusu	44
Şekil 4.3 24-ME-T15 numaralı örnekte bir damar içerisinde gelişen lifsi psilomelan mineral dolgusu ve çevresindeki braunit oluşumu.....	44
Şekil 4.4 24-ME-T01 numaralı örnekte gözlenen mineral-doku ilişkileri a) Piroluzit ve organik materyal b) Piroluzit mineralleri, çatlak yapısı ve limonit mineralleri c) Gang mineral olarak hematit d) Kolloform doku şeklinde piroluzit mineralleri.....	45
Şekil 4.5 24-ME-T16 numaralı örnekte mineral-doku ilişkileri a) Özşekli braunit ile birlikte bulunan psilomelan grubu mineraller b) Saçınımlı	

halde piroluzit ve psilomelan grubu mineraller c) Kolloform doku sunan psilomelan grubu mineraller ve braunit.....	46
Şekil 4.6 24-ME-T10 numaralı örnekte gözlenen mineral-doku ilişkileri	
a) İç içe şekilde braunit ve psilomelan grubu mineraller	
b) Kataklastik doku sunan braunit.....	47
Şekil 4.7 Braunit mineralinin oluşturduğu çatlaklarda piroluzit ve psilomelan mineral dolgusu (24-ME-T15 numaralı örnek).....	48
Şekil 4.8 Braunit mineralinde bulunan çatlaklarda ışınsal şekilde gözlenen piroluzit minerali dolgusu (24-ME-T07 numaralı örnek).....	48
Şekil 4.9 Çeperleri limonit tarafından sarılı olan psilomelan (24-ME-T03 numaralı örnek).....	49
Şekil 4.10 Kolloform doku oluşturan psilomelan ve limonit (24-ME-T02 numaralı örnek).....	50
Şekil 4.11 Fosil kavkılarının localarını dolduran piroluzit ve psilomelan grubu mineraller (24-ME-T01 numaralı örnek).....	51
Şekil 4.12 Piroluzit tarafından doldurulmuş fosil kavkısı (24-ME-T04 numaralı örnek).....	51
Şekil 4.13 24-ME-T15 numaralı örnekte gözlenen braunit içerisinde pirit minerali.....	52
Şekil 4.14 Mangan çört (kuvars) ardalanması (24-ME-T16 numaralı örnek).....	53
Şekil 4.15 Çalışma sahasının güneyinde bulunan maden ocağında radyolarit-mangan geçiş zonu.....	53
Şekil 4.16 24-ME-T01 numaralı örneğe ait XRD grafiği.....	54
Şekil 4.17 24-ME-T02 numaralı örneğe ait XRD grafiği.....	55
Şekil 4.18 24-ME-T05 numaralı örneğe ait XRD grafiği.....	55
Şekil 4.19 a) 24-ME-T15 numaralı örneğe ait XRD grafiği	
b) Aynı örneğin kil analizi.....	57
Şekil 4.20 24-ME-T07 numaralı örneğe ait XRD grafiği.....	58
Şekil 4.21 24-ME-T10 numaralı örneğe ait XRD grafiği.....	59
Şekil 5.1 Ni-Zn-Co üçgen diyagramı.....	65
Şekil 5.2 Fe-(Ni+Co+Cu)x10-Mn üçgen diyagramı.....	66
Şekil 5.3 log Fe/Mn-log Ba diyagramında farklı tür mangan yataklarının karşılaştırılması.....	67
Şekil 5.4 Tilkiköy örneklerine ait Th-U diyagramı.....	67
Şekil 5.5 Tilkiköy sahasından alınan örneklerin Al-Si (%) ayırım grafiği.....	68
Şekil 5.6 Hidrotermal-süperjen ayırım diyagramı.....	69
Şekil 5.7 Tilkiköy örnekleri için MnO/TiO ₂ -Fe ₂ O ₃ /TiO ₂ diyagramı.....	69
Şekil 5.8 Tilkiköy örneklerine ait element değişim diyagramı.....	71
Şekil 5.9 Tilkiköy mangan cevherlerinin NTE bileşimlerinin Türkiye'deki mangan yatakları ile karşılaştırılması.....	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Tilkiköy sahasından alınan örneklere ait mineral bileşimleri.....	40
Çizelge 4.2 Tilkiköy sahasında gözlenen mangan mineralleri.....	41
Çizelge 5.1 Tilkiköy çalışma sahasına ait örneklerin ana oksit içerikleri.....	61
Çizelge 5.2 Tilkiköy çalışma sahasına ait örneklerin eser element içerikleri	62
Çizelge 5.3 Tilkiköy çalışma sahasına ait örneklerin Fe, Mn, Fe/Mn ve Mn/Fe oranları	63
Çizelge 5.4 Tilkiköy çalışma sahasına ait örneklerin V, Ni, V+Ni ve V/(V+Ni) oranları.....	64
Çizelge 5.5 Ülkemizdeki bazı mangan yataklarının ana oksit içerikleri.....	64
Çizelge 5.6 Tilkiköy örneklerine ait eser element içerikleri	71

1. GİRİŞ

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maden Yatakları Anabilim Dalı programı dahilinde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmış olup yedi (7) bölümden oluşmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu araştırmada, Ankara ilinin kuzeyindeki Kalecik ilçesine bağlı Tilkiköy mangan yatağının mineral bileşimi ve jeokimyasal süreçler ile oluşum mekanizması incelenmiştir. Bu amaçla, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal analizler yapılarak elde edilen sonuçlar mangan yatağının oluşum ortamı ve ne tür akışkanlardan çökeldiği ortaya konulmuştur. Özellikle Mn/Fe oranı, eser element ve nadir toprak element (NTE) desenleri akışkan/ların kökenine yönelik önemli veri sağlamıştır.

Karadeniz volkanik yay kuşağında ve Trakya havzasının Tersiyer çökellerinde bulunan yataklar hariç ülkemizdeki mangan yataklarının büyük bir kısmı Paleotetis ve Neotetis okyanuslarına ait radyolaritler içinde oluşmuştur. Ankara ilinin Kalecik ilçesinin yaklaşık 14 km KD'sunda yer alan Tilki Mahallesi (eski adı ile Tilkiköy) yakınlarındaki mangan yatağı bunlardan biridir (Şekil 1.1). Tilki Mahallesi'nin 1 km güneyinde yer alan cevherleşme 1 km²'yi geçmeyen alanıyla ufak çaplı bir mangan ocağıdır.

Bu tez çalışması kapsamında, Tilkiköy yatağından toplanan cevher ve yan kaya örneklerinde cevher mikroskobisi çalışmaları ve X-Işını difraktometresi (XRD) ile tüm kaya ana ve eser element jeokimya analizleri yapılarak mineral parajenezi, yatak türü, cevher ve yan kaya arasındaki element hareketliliği ile yatağı oluşturan akışkanların kökeni ve çökme ortamı belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen major oksit (%) ve iz element içerikleri ülkemizdeki diğer ofiyolit kuşaklarında oluşmuş mangan yataklarına ait veriler ile karşılaştırılarak olası benzerlik veya farklılıklar ortaya konulmuştur.

1.2 Çalışma Yöntemleri

Tez kapsamında araştırma çalışmaları arazi çalışmaları, laboratuvar ve ofis çalışmaları şeklinde üç aşamada sürdürülmüştür. Arazi çalışmaları kapsamında, tez çalışma sahasından örnekleme yapılmış, gerekli isimlendirme, koordinat alma ve fotoğraflama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikli olarak örneklenen alanlar; cevherleşme, cevher-ana kaya ilişkisinin (kontakt zon) gözlemlendiği bölgeler ve altere zonlar olmuştur. Bu örneklerden silis içeriği ve mangan içeriği yüksek olduğu düşünülen 15 adet örnek seçilerek bunlar üzerinde Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)'de X-Işınları floresans spektroskopisi (XRF) analizi yapılmıştır. Aynı örneklerin İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) iz element ve çoklu element analizleri ise Supervise Gözetme Etüd Kontrol Servisleri (SGS) A.Ş.'de yapılmıştır. XRD analizi için 10 adet örnek ve kalitatif cevher mikroskopisi için 8 adet mangan cevher örneği MTA laboratuvarlarında incelenmiştir.

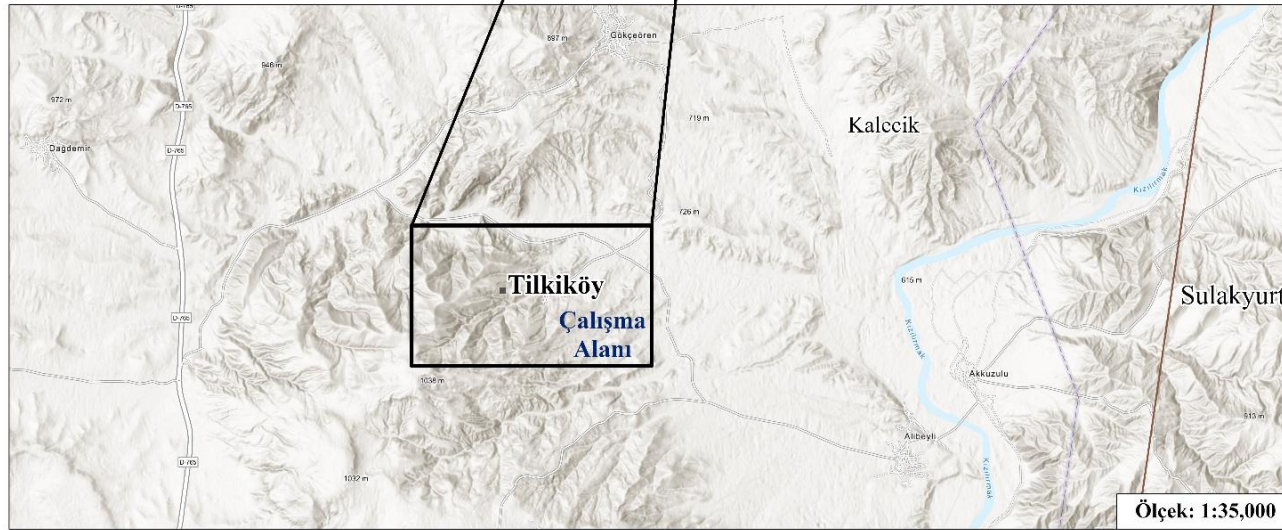
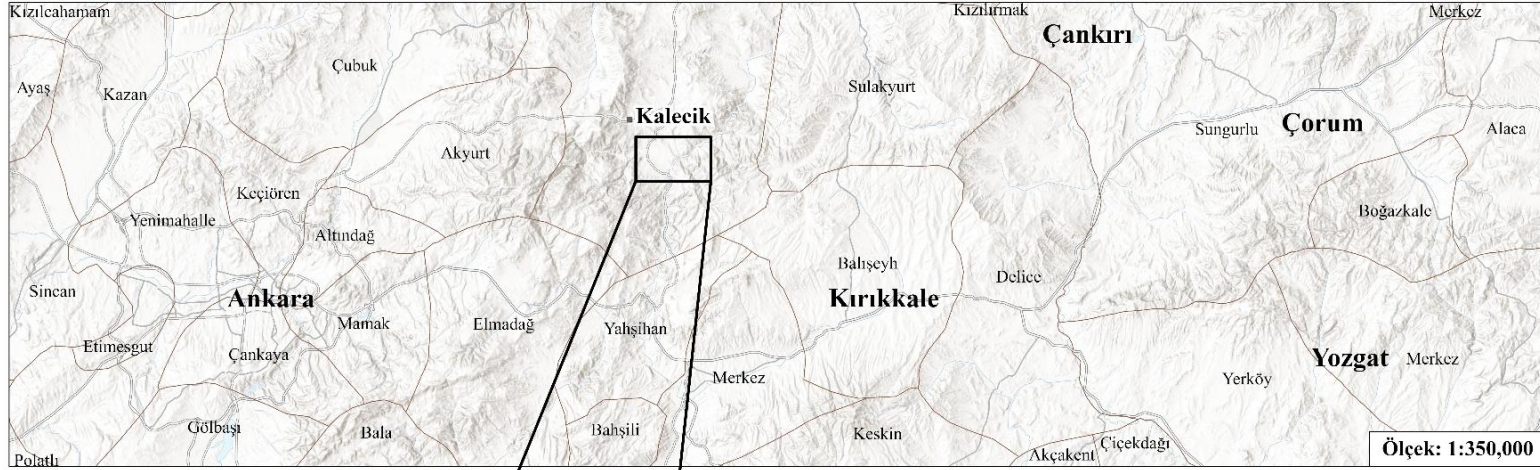
Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler ofis çalışmaları ile desteklenmiştir. Bu bağlamda, arazide kaydedilen koordinat verileri Google Earth Pro ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Laboratuvar çalışmalarında elde edilen ham veriler gerekli formül ve ham veriler kullanılarak çeşitli grafik ve diyagramlar oluşturulmuştur. Grafik oluşturma işlemi Grapher masaüstü programı ve Python programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasında, ilgili fotoğraflarda yapılan işaretleme işlemleri Corel Draw X5 yardımı ile yapılmıştır. Jeolojik harita ve yer bulduru haritasının oluşturulmasında ise ArcGIS Pro masaüstü uygulaması kullanılmıştır.

1.3 Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı Ankara ilinin kuzeyindeki Kalecik ilçesine bağlı Tilki Mahallesi'nin güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1.1). KD-GB yönlü dağ sıraları ve dağlara paralel uzanan ovaları ile Orta Anadolu'nun karakteristik bir parçasını oluşturmaktadır (Üşenmez, 1972). Çalışma sahası Ankara-Çankırı yoluna yaklaşık 8 km uzaklıkta olup

sahaya ulaşım stabilize yollar ile sağlanmaktadır. Araştırma alanı 1/25.000 ölçekli H30-c2 ve H31-d1 paftalarında yer almaktadır.

Çalışma bölgesinde ortalama yükseklik 810 m'dir. Topoğrafik olarak bölge vadi ve tepelerin olduğu bir coğrafyada yer alır. Doğuda Kızılırmak ve Maliboğazı vadisi bulunmaktadır. İç Anadolu iklimi etkisiyle zayıf bir bitki örtüsü ile kaplı alanda genellikle ekin tarlaları yaygındır.



AÇIKLAMALAR

□ İlçe Sınırları



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası (ArcGIS Pro masaüstü uygulaması ile elde edilmiştir)

1.4 Kaynak Özeti

Bu bölümde, denizel (özellikle ofiyolitik melanjlar ile ilişkili) mangan cevherleşmelerine yönelik gerçekleştirilmiş çalışmalar özetlenmiştir.

Roy (1968), rodokrozit mineralinin sedimanter, hidrotermal ve metamorfik yataklarda gözleendiğini ve orta derecede indirgen ortamlarda çökeldiğini belirtmiştir.

Üşenmez (1972), Çandır-Kalecik sahasındaki ofiyolitik serinin, radyolarit ve kireçtaşları ile dokanıklı olduğunu ve bölgedeki silisli kayaçların serpantinitle üzerine çökeldiğini belirtmiştir. Dolayısıyla, bu seriler serpantinitle oluşumundan sonra radyolaryaya kırıntılarıyla birlikte oluşmuşlardır. Aynı araştırmacı bazı durumlarda tektonik hareketlere bağlı olarak radyolaryaya izlerinin kaybolarak kayaçların tamamen silisleştiğini gözlemlemiştir. Özellikle Tilkiköy güneyindeki rekristalize radyolaritlerde yaygın olduğu üzere, tektonizma etkisi ile oluşan çatlakların ikincil kuvars ile doldurulması kayaçlara kataklastik doku özelliği kazandırmıştır.

Stanton (1972), rodokrozit, piroluzit, kriptomelan, psilomelan ve manganit gibi mangan minerallerinin sedimanter yataklarda yaygın olduğunu braunitin ise genellikle volkanizma ile ilişkili yataklarda gözleendiğini belirtmiştir.

Gümüş (1979), sedimanter mangan yataklarının ekonomik olarak işletilebilirliği en yüksek olan mangan yatak tipi olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, sedimanter kökenli mangan minerallerinin oksitli bileşikler şeklinde çoğunlukla sığ bir ortamda çökeldiklerini vurgulamıştır. Bununla birlikte, mangan minerallerinin derin deniz koşullarında da oluştuklarını ve dolayısıyla oksijence fakir mangan minerallerinin daha derinlerde çökeldiklerini belirtmiştir. Ayrıca, araştırmacı mangan yataklarında, demir yataklarına göre daha fazla karbonatlı kayaç gözleendiğini belirtmiş ve bu durumu mangan minerallerinin demire göre daha derinlerde oluşmasına bağlamıştır.

Rona (1982), metalik demir ve mangan oksit minerallerinin hidrotermal çözeltilerin deniz suyu ile karışması sonucu çökeldiğini belirtmiştir. Araştırmacı, okyanus tabanının yavaş yayılım gösterdiği durumda hidrotermal çözeltilerden saçınımlı veya ağsal tipte cevherleşmelerin oluştuğunu buna karşın okyanus tabanının hızlı bir şekilde açıldığı alanlarda ise hidrotermal çözeltinin doğrudan deniz suyuna boşalması ile masif yapıda cevherli birimlerin oluştuğunu belirtmiştir.

Oygür (1990), Çayırılı-Haymana bölgesindeki mangan cevherleşmelerinin radyolaritlerle ilişkili olduğunu belirtmiştir. Radyolaritlerin genellikle kırmızı renkli ve iyi katmanlı olduklarını ve yer yer yeşil renkli şeyllere ara tabakalar şeklinde geçiş gösterdiklerini vurgulamıştır. Çayırılı mangan cevherinin mikroskop incelemelerinde; kolloidal doku gösteren piroluzit-psilomelan minerallerinin radyolarit ve çört içerisinde ince taneli bir dokuya sahip oldukları görülmüştür. Bunun yanı sıra, çatlaklar boyunca damarcık şeklinde ikincil olarak gelişmiş piroluzit mineralleri de dolgu şeklinde izlenmiştir. Oygür (1990)'e göre, Çayırılı-Haymana mangan yatağındaki ana gang minerali kalsedon ile birlikte jelimsi dokuda gözlenen silikadır. Radyolaritli ve çörtlü birimlerin ikincil olarak gelişmiş olan kalsit damarları tarafından kesildiğini gözlenmiştir. Araştırmacı bu metal cevherini oluşturan hidrotermal sistemin okyanusal kabuk üzerinde gelişen volkanizma ile ilişkili olduğunu ve deniz suyu ile karışmış olarak cevher çökelttiğini öne sürmüştür. Böylece, soğuk, alkali ve oksitleyici özellikte olan deniz suyu volkanik birimlerdeki kırık ve çatlaklar vasıtası ile derinlere sızmış ve volkanik kayalar ile temas sonucu ısınan sular bu birimlerdeki metalleri çözerek yukarı taşımışlardır.

Nicholson (1992), piroluzitin hem süperjen hem de hidrotermal ortamda oluşmasından dolayı bu mineralin oluşum koşullarına yönelik güvenilir bir bilgi sağlamak açısından ayırt edici olmadığına dikkat çekmiştir.

Roy (1992), birincil mangan yataklarını kökensel olarak sınıflamış ve bunları a) hidrotermal kökenli strata-bound yataklar ve b) sedimanter kökenli stratiform yataklar olarak iki büyük gruba ayırmıştır.

Schissel ve Aro (1992), sedimanter demir ve mangan yataklarının dünya genelinde Erken Proterozoyik'te (günümüzden 2000-1800 milyon yıl önce) yaygın olarak gözlenmesini Rodinya süper kıtasının birleşmesi esnasında büyük sedimanter havzaların ortaya çıkmasına dayandırmıştır.

Misra (2000), okyanus gibi açık havzalardaki hem güncel hem de yaşlı hidrotermal yataklarda gözlenen tabakalı mangan yataklarındaki mangan metalinin çeşitli kaynaklardan türediğini belirtmiştir. Ancak, bu tip mangan yataklarının çoğunlukla küçük ölçekli ve ekonomik olmayan yataklar olduğuna işaret etmiştir. Misra (2000) dünyadaki mangan üretiminin büyük bir kısmının Gürcistan-Chiatura ve Ukrayna-Nikopol yatağı olmak üzere birkaç büyük sedimanter yataktan karşılandığını vurgulamıştır. Güney Afrika-Cape Province'te yer alan Erken Proterozoyik Kalahari demir formasyonunun, dünya mangan yataklarının dörtte üçüne karşılık geldiği tahmin edilmektedir. Araştırmacı, önemli mangan yataklarının tüm Fanerozoik boyunca gözlenmekle beraber Oligosen'de büyük bir yoğunlaşma ortaya çıktığını vurgulamıştır. Bu yoğunlaşmanın özellikle Chiatura ve Nikopol yatakları başta olmak üzere tamamının Karadeniz bölgesinde olduğunu bildirmiştir.

Koç vd. (2000), Kırıkkale'nin Keskin ilçesinde bulunan Kaşımağa mangan oksit cevherleşmesinin kökenini ve oluşum ortamını belirlemişlerdir. Bu bağlamda, mikroskop incelemeleri ile maden minerallerinin dokusal özellikleri belirlenmiştir. Birinci tip mangan oksitleri, kayalar içerisinde saçınımlı ve yer yer bantlı şekilde gözlemiştir. İkinci tip mangan mineralleşmesi ise saçınımlı küçük taneler, mercek şeklinde ve kayaların kırık-çatlakları içerisinde sıvama şeklinde izlenmiştir. Mineralojik incelemeler sonucunda cevher minerali olarak braunit, piroluzit ve ramsdellit tespit edilmiştir. Bunun dışında, cevherleşme bölgesinde gözlenen diğer mineraller ise götit, hematit ve manyezittir. Mangan oksit cevherleşmelerinin ana minerallerinden biri olan braunitin günümüz denizaltı Mn-Fe yataklarında asla oluşmadığına dikkat çekmişlerdir. Araştırmacılar, Fe/Mn oranının geniş bir aralıkta ($10 > \text{Fe/Mn} > 0.1$) değişmesinin kuvvetli bir Fe-Mn bölümlenmesinin göstergesi olduğunu ve dolayısıyla, bu oranın genel olarak eksalatif sedimanter yatak türüne işaret ettiğini vurgulamışlardır. Kaşımağa mangan oksit örnekleri de bu anlamda sedimanter oluşum koşullarına örnek teşkil

etmektedir. Bununla birlikte, bazı örneklerde Fe/Mn oranının daha da düşük olması hidrotermal çözeltilerden kaynaklanan hızlı çökeltim ile açıklanmıştır. Araştırmacılar, Kaşımağa mangan örneklerinin genellikle negatif Ce anomalisi göstermesinin cevherleşmenin denizaltı hidrotermal tipte olduğunu desteklediğini belirtmişlerdir.

Teker (2004), Burdur ili Çamoluk (Bucak) ve Yazıpınar (Bucak) arasında yer alan mangan zuhurlarını maden jeolojisi ve köken açısından incelemiştir. Bölgede piroluzit, psilomelan grubu mineraller, kriptomelan, hausmanit, hollandit, koronadit, kalkofanit, todorokit, braunit ve manganit gibi cevher mineralleri; pirit, barit, kuvars, kristobalit, kalsit, dolomit, klorit, illit, jarosit, feldispat, limonit ve hematit gibi gang mineralleri tespit edilmiştir. Cevherler ağsal, mercek ve ince damar yapılarında gözlenmiştir. Yapılan kimyasal analizler, cevherlerin özellikle Ba, As, Zn ve Sb gibi elementlerce zengin olduğunu göstermiştir. Piroluzit, psilomelan grubu mineraller, braunit ve hausmanitin varlığı ve jeokimyasal veriler Çamoluk ve Yazıpınar cevherleşmelerinin hidrotermal kökenli olduğunu ortaya koymuştur.

Jach ve Dudek (2005), denizel mangan yataklarını kökensel olarak hidrotermal, hidrojenetik ve diyajenetik şeklinde üç ana gruba ayırmışlardır.

Öztürk (2008), Hazar Gölü (Sivrice-Elazığ) doğusundaki mangan cevherleşmelerinin Doğu Toros Orojenik Kuşağı içindeki Maden Karmaşığı'na ait çamurtaşları içinde mercek şeklinde ve tabakalı olarak oluştuklarını belirtmiştir. Cevher mineralleri manganit, piroluzit, hausmanit, braunit ve rodokrozit olarak tanımlanmıştır. Örneklerde belirlenen kuvvetli negatif Ce cevherleşmenin tamamen hidrojenetik olmadığını ve hafif negatif Eu anomalileri ise cevherin çökeldiği akışkanın sıcaklığının 250°C'yi aşmadığını göstermiştir. Yapılan kimyasal ve mineralojik analizler, Sivrice cevherleşmesinin Maden Karmaşığı'ndaki diğer mangan yatakları ve Alihan (Pütürge-Malatya) demir-mangan yataklarıyla, ayrıca Tokoro (Japonya) hidrotermal mangan yatağıyla benzer özellikler taşıdığını ortaya koymuştur.

Fidancı (2009), Adıyaman'ın Besni ve Gölbaşı ilçelerinde yer alan dört farklı sahadaki mangan cevherleşmelerinin jeolojik ve jeokimyasal özelliklerini incelemiştir. Cevher mineralleri olarak piroluzit, psilomelan grubu mineraller ve manganit tespit edilmiştir. Cevherleşmeler yüksek silis içeriği göstermekte olup, bu durum radyolarıya fosilleri ile bunların diyajenetik dönüşümleri sonucu oluşan opal ve kalsedonik kuvars ile ilişkilendirilmiştir. Cevherleşmeler genel olarak yan kayalar ile uyumlu gözlenmiş olup kireçtaşı, silisli şeyl ve radyolaritler içerisinde merceksi ve ardalı tabakalar halinde izlenmiştir. Yapılan ana ve iz element analizleri sonucunda ise, cevher ve çört örneklerinin büyük ölçüde hidrotermal kökenli olduğunu göstermiştir.

Erşen (2013), Eski Gümüşhane bölgesindeki mangan cevherleşmelerini mineralojik ve jeokimyasal açıdan incelemiştir. Cevherleşmeler damar, ağsal damarcık, saçınım, boşluk doldurma ve cep yapıları şeklinde gözlenmiştir. Nispeten yüksek sıcaklıkta oluşan braunit, piroluzit, manganit ve biksibit gibi minerallerin varlığı, yükseltgen bir ortamda gelişmiş hidrotermal bir oluşuma işaret etmektedir. Mineralojik ve jeokimyasal veriler, hidrotermal kökenli cevherleşmeye ek olarak, meteorik suların kırık ve çatlaklar boyunca yan kayalardan mangani çözerek taşıdığı ve bu süreçte indirgen karakterli çözeltilerin hidrojenetik katkıda bulunduğuna işaret etmektedir.

Öksüz ve Okuyucu (2014), Artova ofiyolitik melanjına ait olan Büyükmahal mangan cevherleşmesinin bantlı ve merceksi yapıda olduğunu ve radyolaritlerle eş zamanlı olarak çökeldiğini belirtmişlerdir. Büyükmahal yataklarında ana mineral olarak piroluzit ve manyetit, gang mineral olarak ise kalsit ve kuvars gözlenmiştir. Bu cevherleşmeden elde edilen Fe/Mn oranları ofiyolitik bölgelerde gözlenen hidrotermal ekshalasyon mangan yatakları ve günümüz denizaltı yayılma merkezleri ile uyumlu çıkmıştır. Araştırmacıların buradan elde ettikleri sonuç, hidrojenik ferromangan yataklarının NTE içeriğinin hidrotermal yataklara göre daha fazla olduğu şeklindedir. Hidrojenik ferromangan yatakları pozitif Ce anomalisine sahipken, hidrotermal ferromangan yatakları negatif Ce anomalisi göstermektedir. Büyükmahal mangan cevherleşmesinden alınan tüm örnekler, tipik denizaltı hidrotermal yatakları desenine benzer negatif Ce anomalisine sahiptir. Araştırmacıların Büyükmahal'den almış olduğu tüm örneklerde Ce anomalisinin $Ce_{anomalı} < -0.1$ olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda, araştırmacılar sedimantasyon ortamının

oksitleyici bir karaktere sahip olduğunu söylemişlerdir. Bunun yanı sıra, Büyükmahal cevherleşmesinin Fe ve Mn konsantrasyonları bu yatağın ağırlıklı olarak hidrotermal bir kaynaktan oluştuğunu vurgulamaktadır.

Zarasvandi vd. (2016), İran'da Tetis ofiyolitleri ile ilişkili olan mangan cevherleşmelerinin nadir toprak elementleri (NTE) dağılımı ve oluşumu üzerine çalışma yapmışlardır. Bölgede gözlenen yataklar, çoğunlukla masif ve/veya aşırı derecede kıvrımlı-kırıklı ara katmanlı, radyolarit çört ve çamurtaşları ile birlikte oluşmuştur. Çalışma alanındaki mangan yatakları genellikle, başlıca piroluzit ve braunitten oluşan bir mineral parajenezi sergilemektedir. Seçilen cevher örnekleri, göreceli olarak düşük NTE içeriği ile temsil edilmektedir. Sorkhvand, Abadeh Tashk ve Nasirabad mangan yataklarının ana, iz element ve NTE bileşiminin dünyadaki diğer hidrotermal mangan yataklarıyla benzer olduğu ortaya konulmuştur. Çalışılan bölgedeki yatakların hidrotermal aktiviteyi ifade eden yüksek Mn/Fe oranlarıyla birlikte tutarlı şekilde yüksek Ba içeriğine ve düşük Co, Cu, Ni ve iz element konsantrasyonlarına sahip olduğu anlaşılmıştır.

Hepyükselen (2019), Trabzon'un Maçka ilçesindeki Abdülaliler köyünde yaptığı çalışmada, cevherleşmeyi kırmızı kireçtaşları içinde, ince damarcıklar ve merceksi yapılar halinde gözlemiştir. Cevher mineralleri olarak piroluzit ve psilomelan grubu mineraller tespit etmiştir. Kimyasal veriler, cevher örneklerindeki yüksek SiO₂ oranını kırmızı kireçtaşları veya ikincil kuvars oluşumlarıyla ilişkilendirmiştir. Negatif Ce ve Eu anomalileri, cevherleşmenin hidrotermal ortamda geliştiğine işaret etmiştir. Ayrıca, negatif Eu anomalisi, cevherleşme ortamının sıcaklığının 250°C'nin altında olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan analizler, bölgenin hidrotermal kökenli mangan yatakları ile benzerlik taşıdığını ortaya çıkarmıştır.

Öztürk vd. (2019) mangan oksit yataklarının genel olarak yüksek silika (%30) ve mangan (%60) içeriklerine sahip olduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar ofiyolitik melanj ile ilişkili radyolarit içeren mangan oksit mineralleşmelerinin ülkemizde yaygın olmasına karşın

bunların küçük rezervli olduklarını ancak bazı yatakların ekonomik değere sahip olduğunu öne sürmüştür.

Sütçü (2019), Elmalar Köyü (Dulkadiroğlu-Kahramanmaraş) mangan cevherleşmesinin Üst Kretase yaşlı Koçali karmaşığına ait radyolaritler ile ara tabakalı, sinjenetik stratiform tipte ve yer yer mercek şeklinde oluştuğunu belirtmiştir. Cevherleşmenin radyolaritli birimler ile ilişkili olması çökeltme ortamının derin deniz olduğuna işaret etmiştir. Fe/Mn oranının 0.01174 olması, Fe iyonunun Mn iyonlarından daha kolay oksitlendiğini ve erken çökeltmesine yol açtığını ortaya koymuştur. Mn iyonlarının yüksek Eh potansiyeli nedeniyle daha uzağı taşınarak mangan oksitler şeklinde çökeltmesi ve diyajenetik süreçle taşlaştığı şeklinde yorumlanmıştır. Cevherin Co değeri 140-200 ppm gibi yüksek değerler göstermiş olup, bu durum radyolarit kaynaklı sedimanter katkıya işaret etmiştir. Negatif Ce anomalisi hidrotermal kökeni desteklemiştir. Elmalar mangan yatağı, tüm analiz ve gözlemler ışığında Bitlis-Zagros kenet kuşağındaki volkanik faaliyetlere bağılı olarak oluşmuş sinsedimenter, distal eksalatif bir cevherleşme olarak değerlendirilmiştir.

Kandemir (2021), Balıkesir ili Dursunbey ilçesine bağılı Demirciler bölgesinde yer alan mangan cevherleşmelerini incelemiştir. Demirciler cevherleşmesi Dağardı melanji bünyesindeki radyolaryalı çört blokları içinde ve kırıklı-çatlaklı ana kayaçlar boyunca gelişmiştir. Yapılan mineralojik çalışmalar sonucunda, baskın mangan mineralinin braunit, gang mineralinin ise kuvars olduğu tespit edilmiştir. Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre yüksek Mn/Fe oranı ve düşük Fe içeriğı, bu cevherleşmelerin İzmir-Ankara-Erzincan Neotetis Okyanusu'na ait yayılma sırtından uzak bir bölgede, hidrotermal kökenli olarak oluştuğunu göstermektedir.

Öksüz ve Kaya (2021), Yozgat ilinde D-B doğrultusunda uzanan ve ofiyolitik birimler içinde yerleşmiş çok sayıda mangan cevherleşmesinin bulunduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar, Yozgat-Aşağı Eğerci köyünde yer alan ferromangan yatakların sıvı kapanımı ve jeokimyasal özelliklerini ortaya koymuşlardır. Bölgedeki yatakların cevher parajenezindeki ana mineraller olarak piroluzit, götit, ramsdellit ve az miktarda da

manyetit gözlenmiştir. Gang mineralleri ise kalsit ve kuvarstan meydana gelmektedir. Araştırmacıların mineral örneklerinden elde ettikleri NTE verileri hidrotermal yataklar ile uyumlu çıkmıştır. Ayrıca, mineral örneklerinde saptanan pozitif Eu ve Ce anomalilerini cevherleşmenin deniz suyu ve hidrotermal sıvıların karışması ile gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Çalışma bölgesindeki çoğu örneğin Sr/Ba oranının 1'den küçük olması mineralizasyonun kökeninin karasal sedimanter birimler olduğunu göstermiştir.

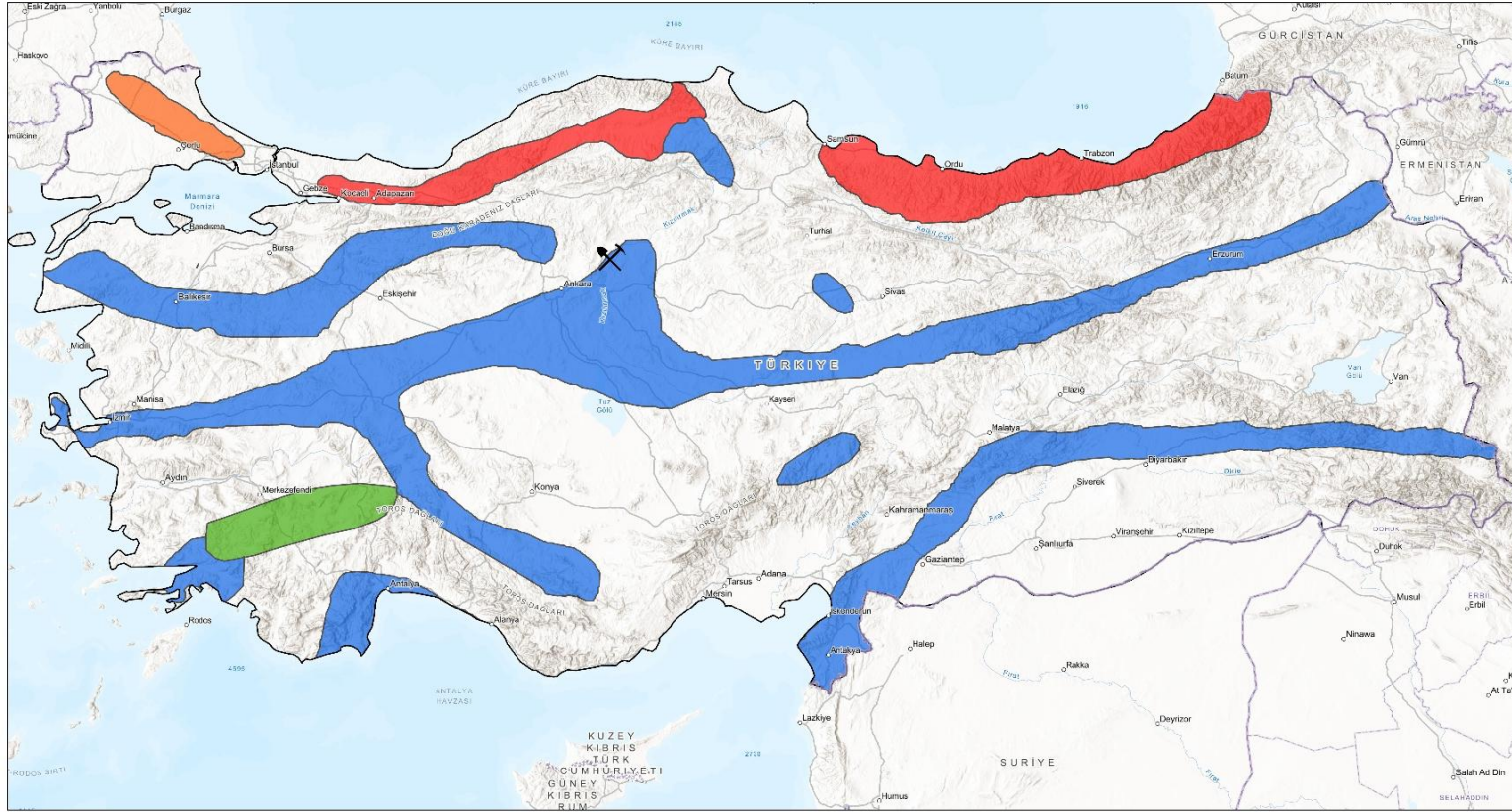
Aydoğan (2022), Yozgat-Cihanpaşa mangan yatağının cevher minerallerini melanj birimlerinde kırmızı renkli radyolarit blokları içinde gözlemiştir. Araştırmacı, yataktaki ana cevher minerallerinin braunit, piroluzit ve psilomelan gang mineralinin ise kuvarstan ibaret olduğunu belirtmiştir. Örneklerin Fe_2O_3 (%0.5-1.1), Al_2O_3 (%0.19-1.02) ve TiO_2 (%0.01-0.03) içeriklerinin düşük olması bu bileşenlerin çökelme ortamına ilksel kısıntı olarak katıldıklarını göstermektedir. Cihanpaşa mangan cevherleşmesinin düşük Ni+Cu değeri ve yüksek Mn/Fe oranları yatağın hidrotermal tipte olduğunu ortaya koymuştur. Pozitif La ve negatif Ce anomalileri güncel deniz suyu ve hidrotermal yatakların nadir toprak element desenleri ile uyuşmaktadır. Mangan oluşumlarına ait toplam NTE değerinin (~15.8 ppm) düşük olması hidrotermal yatak tipine işaret etmiştir. Bu durum $SiO_2-Al_2O_3$ diyagramı ve diğer çeşitli iz element diyagramları tarafından da desteklenmiştir. Bu bağlamda, Cihanpaşa mangan cevherleşmesinin düşük sıcaklıklı hidrotermal etki ile oluştuğu sonucuna varılmıştır.

1.5 Türkiye'deki Mangan Yatakları

MTA tarafından yapılan çalışmalara göre, ülkemizdeki mangan yatakları neredeyse tüm bölgelerde geniş bir yayılım göstermektedir. Ancak bu yatakların düşük tenörlü olması ve rezervlerinin ekonomik olmaması nedeniyle büyük bir kısmı işletilmemektedir. MTA'nın "Türkiye Manganez Envanteri" raporunda (Aydoğanlı ve Güvenilir, 1980), Türkiye'deki toplam mangan rezervi (görünür + muhtemel + mümkün) 5.2 milyon ton olarak gösterilmiştir. 2012 yılında yayımlanan "Cumhuriyet Dönemi Madenciliği"

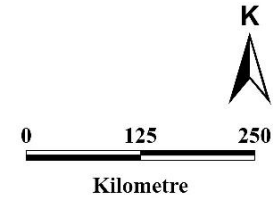
raporunda ise, toplam rezerv (görünür + muhtemel) 4.5 milyon olarak belirtilmiştir (Kartalkanat, 2012; Eroğlu ve Şahiner, 2020).

Türkiye'deki mangan yatakları dört ana gruba ayrılmıştır. Bu grupta; yatakların buldukları yaş aralığı, oluşum şekilleri, yan kayaç ilişkisi, kimyasal, mineralojik ve yapısal özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır (Şekil 1.2).



AÇIKLAMALAR

- | | | |
|--|--|----------------|
| ■ Doğu Karadeniz Volkanizma İlişkili Yataklar | ■ Trakya Havzasındaki Sedimanter Yataklar | Çalışma Sahası |
| ■ Ofiyolitik Kayalar İle İlişkili Yataklar | ■ Toros Kuşağı Karbonatları İle İlişkili Yataklar | |



Şekil 1.2 Türkiye mangan cevherleşme gruplarını gösterir harita (Öztürk, 1993'ten alınarak yeniden çizilmiştir.)

1.5.1 Ofiyolitik çökeller içindeki mangan cevherleşmesi

Ofiyolitik istif içerisindeki mangan cevherleşmesi genellikle radyolaritler ile ilişkili hidrotermal ve hidrojenetik karakterli düşük rezervli mangan yataklarıdır. Bu grup yataklar, genellikle katmansız olarak Karakaya, İzmir-Ankara-Erzincan ve Güneydoğu Anadolu kenet kuşağının ofiyolitikleri içinde yaygın olarak gözlenir (Eroğlu ve Şahiner, 2020).

Ülkemizde en yaygın olarak gözlenen mangan cevherleşmesi bu gruba aittir. Yaklaşık olarak D-B uzanımlı orojenik kuşakların ofiyolitik serileri ile ilişkili olan bu cevherleşmeler çoğunlukla melanj veya şiddetli deformasyona uğramış çökeller içinde oluşurlar ancak yanal ve düşey devamlılıkları sınırlıdır. Bu cevherleşme grubunda yüksek rezervli birkaç yatak bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi Çayırılı (Haymana) mangan yatağıdır.

Ofiyolitik birimlerle ilişkili mangan cevherleşmelerinin en büyük dezavantajı cevherleşmenin içinde bulunduğu kayaçların yüksek silis içeriğidir. Silika, cevherli birimler içinde radyolaryalar ile birlikte diyajenez sonucu oluşan opal ve kalsedon gibi fazlar şeklinde ortaya çıkar. Bu tür mangan yatakları genellikle radyolarit, silisli şeyl, kıltaşı gibi çökeller içinde oluşmuştur. Öksüz (2011), yapmış olduğu çalışmada, ofiyolitik birimler ile ilişkili mangan cevherleşmesi olan Derbent (Yozgat) bölgesi içerisinde bulunan iki farklı cevherleşme bölgesini incelemiş olup her iki cevherleşmede de radyolaryalı çört, kuvars gibi yüksek silis içeriği bulunan kayaçların gözlendiğini belirtmiştir.

Bu kuşakta bulunan mangan yatakları üzerine Türkiye'deki ilk çalışma Oygür (1990) tarafından yapılmıştır. Oygür (1990), radyolaritler içinde görülen Çayırılı (Haymana) mangan yatağının hidrotermal etkinliğe bağlı olarak oluştuğunu belirtmiştir. Bu hidrotermal cevherleşmenin okyanus tabanındaki sıcak su çıkışlarıyla ilgili olduğu direkt gözlemlerle netlik kazanmıştır (Öztürk, 1993). Koç vd. (2000), Kaşımağa (Keskin-Kırıkkale) mangan oksit cevherleşmesinin bölgedeki diğer yataklarla benzer şekilde ana,

eser ve nadir toprak element içeriklerinden elde ettikleri yorumlamalar ile deniz altı hidrotermal kökene bağlı oluştuğuna işaret etmiştir.

Okyanus ortası sırtlar ve transform faylardaki kırıklar boyunca derine süzülen sıcak sular asidik özellik ile birlikte (Rona, 1984) yüksek oranda metal çözme yeteneği de kazanırlar. Bu çözeltiler bünyelerine aldıkları metalleri deniz tabanına yığıştırırlar. Çözeltilerin yüzeyde boşalmasından önce ortamın pH ve Eh değerlerinin hafifçe yükselmesiyle demir mangandan ayrılarak ayrı bir faz oluşturur (Öztürk, 1993).

1.5.2 Siyah şeyllere bağlı mangan cevherleşmeleri

Karbonatlı birimler ve siyah şeyller ile ilişkili mangan yataklarının oluşturduğu bu gruba ait cevherleşmeler Batı Toroslarda gözlenir. Bu yatak türüne verilebilecek en tipik örnek Denizli Tavas'taki Ulukent mangan cevherleşmesidir (Eroğlu ve Şahiner, 2020). Bölgede mangan mineralleri karbonatlı birimlerle ilişkili olduğundan rodokrozit gibi mangan karbonat minerali oldukça yaygındır. Ayrıca, mangan oksit mineralleri de tespit edilmiştir. Bölgedeki mangan yatakları nispeten yüksek rezerv içerirler (Öztürk, 1993). Rodokrosit, manganokalsit, hausmanit, braunit, rodonit, tefroit, yakopsit, piroluzit, kriptomelan, manganit ve psilomelan yatakta görülen başlıca cevher mineralleridir. Gang mineralleri ise kalsit, dolomit, kuvars ve kloritten ibarettir (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1989).

1.5.3 Karadeniz yay volkanizmasına bağlı mangan yatakları

Karadeniz yay volkanizması ile ilişkili mangan yatakları Karadeniz kıyı şeridi boyunca uzanmaktadır. Bu kuşakta oluşan cevherleşmeleri Üst Kretase yaşlı volkan tortullarının çeşitli seviyelerinde yer alır. Mangan cevherleşmeleri, özellikle bazaltik ve andezitik volkanitler içerisinde, volkanitlerle ardalanmalı şekilde bulunan marn ve kireçtaşı kontaklarında ve kırmızı kireçtaşları içerisinde bulunur. Yay volkanizmasına ait ortam koşulları tektonik konum itibarıyla hidrotermal kökenli mangan cevherleşmesini olanaklı

kılmaktadır. Bu kuşakta yer alan önemli mangan cevherleşmeleri; Güce, Ocaklı, Ebuheşin, Çiftlikşanca ve Borçka yataklarıdır (Öztürk, 1993).

1.5.4 Trakya havzasındaki mangan yatakları

Trakya Havzasındaki mangan yatakları Oligosen yaşlı çökeller içinde yer almaktadır (Eroğlu ve Şahiner, 2020). Genel olarak düşük mangan ve silis içerikli fakat yüksek rezervli yataklardır. Trakya Havzasındaki mangan yatakları, Karadeniz'i çevreleyen Chiatura, Nikopol, Varna, Laba yatakları ile yaş, cevherleşme şekli, yan kaya ilişkileri ve oluşumları bakımından benzerlik göstermektedir. Bölgede işletilen yataklar, ülke ekonomisine önemli katkı sağlamıştır. Bölgede bulunan en önemli yatak, Binkılıç-Istranca mangan yatağıdır (Öztürk, 1993).

2. BÖLGESEL JEOLJİ

İki eski kıta olan kuzeyde Lavrasya ve güneyde Gondvana'nın Geç Kretase'de İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAEKZ) boyunca çarpışması Türkiye'nin jeolojik evriminde önemli bir rol oynamıştır. Bu çarpışma ile kuzeydeki Pontidler ile güneydeki Anatolid-Torid Bloğu arasında kalan Tetis Okyanusu kapanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör ve Yılmaz, 1983; Okay, 1986; Aydoğan, 2022).

Tetis Okyanusu, Fanerozoik dönemde var olduğu süre boyunca büyük ve uzun ömürlü bir okyanus sistemi olmuştur (Wu vd., 2020, Guan vd., 2021). Genel olarak, Proto-, Paleo- ve Neo-Tetis Okyanusu olarak üçe ayrılmış olup Proto-Tetis Erken Paleozoik, Paleo-Tetis Geç Paleozoik ve Neo-Tetis Mesozoik döneminde hüküm sürmüştür (Stampfli ve Borel, 2002; Von Raumer vd., 2013; Domeier ve Torsvik, 2014; Zhao vd., 2018; Wan vd., 2019; Wu vd., 2020; Yuan vd., 2020). Tetis Okyanusu'nun kapladığı alanı belirlemek için Alpin Kenet Kuşakları ve kalıntılarını incelemek oldukça önemlidir. Türkiye'de Tetis Okyanusu Paleo-Tetis ve Neo-Tetis olmak üzere iki ana evrede gelişmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1983). Tetis Okyanusu Geç Paleozoik'te Pangea Kıtası'na ait parçaların bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Tetis'in oluşumundan kapanmasına kadar, Tetis bölgeleri, iç geometrileri bakımından, karmaşık bir levha sistemi ile belirlenmiştir. Tetis levha kenarları, şekil nitelikleri açısından devamlı değişim halinde olan sırtlar, transform faylar ve dalma-batma zonlarından oluşmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1983). Permiyen'de günümüz Türkiye'sinin kapladığı alan, Gondvana'nın kuzey kısmı ile sınırlı olmuştur. Triyas başlarında, Biga yarımadasından itibaren Bursa'nın kuzey kesimlerine doğru uzanan, oradan Bilecik ve Ankara boyunca Tokat masifine ulaşan bir riftleşme gelişmiştir (Bingöl, 1976; Şengör ve Yılmaz, 1983). Geç Triyas'ta, bu riftleşmenin doğu Akdeniz'de Sicilya, Girit ve Kıbrıs üzerinden Umman'daki Geç Permiyen volkanik tabanlı derin deniz havzalarına kadar uzandığı belirtilmiştir (Robertson, 1990). Bu havzalar Tersiyer başına kadar var olmuşlardır (Meriç vd., 2000). Türkiye'de Paleo-Tetis Okyanusu'nun kapanması Orta Jura'da Kimmer Kıtası ile Skitiyen Platformu'nun çarpışması ile gerçekleşmiştir. Bu kapanmanın ardından kıtaların birbirine yaklaşmaları ve çarpışmaları devam etmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1983).

Geç Jura-Erken Kretase, Anadolu'daki Neo-Tetis ofiyolit mostralarının çoğunun üretildiği dönemdir. Ülkemizde Neo-Tetis Okyanusu açılmaya Geç Triyas-Erken Jura döneminde başlamıştır. Ancak, bu açılma ile ilişkili en yaşlı ofiyolitler daha gençtir. Elde edilen bulgular Arap Blok'una ofiyolit yerleşmesinin Anatolid-Torid Blok'undan daha önce gerçekleştiğini göstermiştir (Şengör ve Yılmaz, 1983).

Geç Kretase, tüm Alpidlerde olduğu gibi, ülkemizde de Neo-Tetis'e yönelik tektonik süreçlerin yoğun şekilde yaşandığı bir dönem olmuştur. Hemen hemen bütün levhalarda bir yakınlaşma rejiminin başladığı bu dönem, devasa ofiyolitik napların yerleşmesi ile karakterize edilir (Şengör ve Yılmaz, 1983) (Şekil 2.1). Bu bağlamda, Ankara Melanj Kuşağı'nın bir parçası olan Kretase ofiyolitik melanjı, kuzey Neo-Tetis Okyanusu'nun evrimini anlamak için iyi bir örnek teşkil etmektedir (Şengör, 2003; Rojay, 2012).



Şekil 2.1 İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAEKZ) ve yeşil alanlar ile ofiyolit ve ofiyolitik melanjları gösterir harita (BFZ: Bornova Filiş Zonu) (Göncüoğlu vd., 2015'ten değiştirilerek alınmıştır.)

Kretase sonlarında Neo-Tetis'i kapatan yitim zonlarının gelişmesine paralel olarak karasal alanlar da kayda değer transgresyon olaylarına sahne olmuştur (Meriç vd., 2000). Gerçek anlamda çarpışma ve okyanus kapanması Paleosen'in sonu ile Erken Eosen'de

gerçekleşmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1983). İzmir-Ankara Zonu (Brinkmann, 1966) Sakarya Kıtası ile Anatolid-Torid Bloğu arasındaki kısmı oluşturmakta ve Jura'da açılıp Paleosen'e kadar varlığını sürdüren bir okyanusun kalıntılarını temsil etmektedir. Neo-Tetis, kuzeye eğimli bir dalma-batma zonu boyunca Erken Paleosen-Erken Eosen süresince kapanmıştır (Dürr, 1975; Channel vd., 1979; Şengör, 1979). Geç Paleosen (?)-Erken Eosen'de, Anatolid-Torid Bloğu Pontidlere çarpmış ve bunun ardından Anatolid-Torid Bloğu'nda şiddetli iç deformasyonlar gerçekleşmiştir. Geç Eosen-Erken Miyosen arasındaki dönemde, Türkiye Orojenik Kuşağı K-G yönde sıkışmaya devam etmiş ve bunun sonucunda Anatolidler yükselmiş ve örtü kayaların aşınması başlamıştır (Şengör ve Yılmaz, 1983).

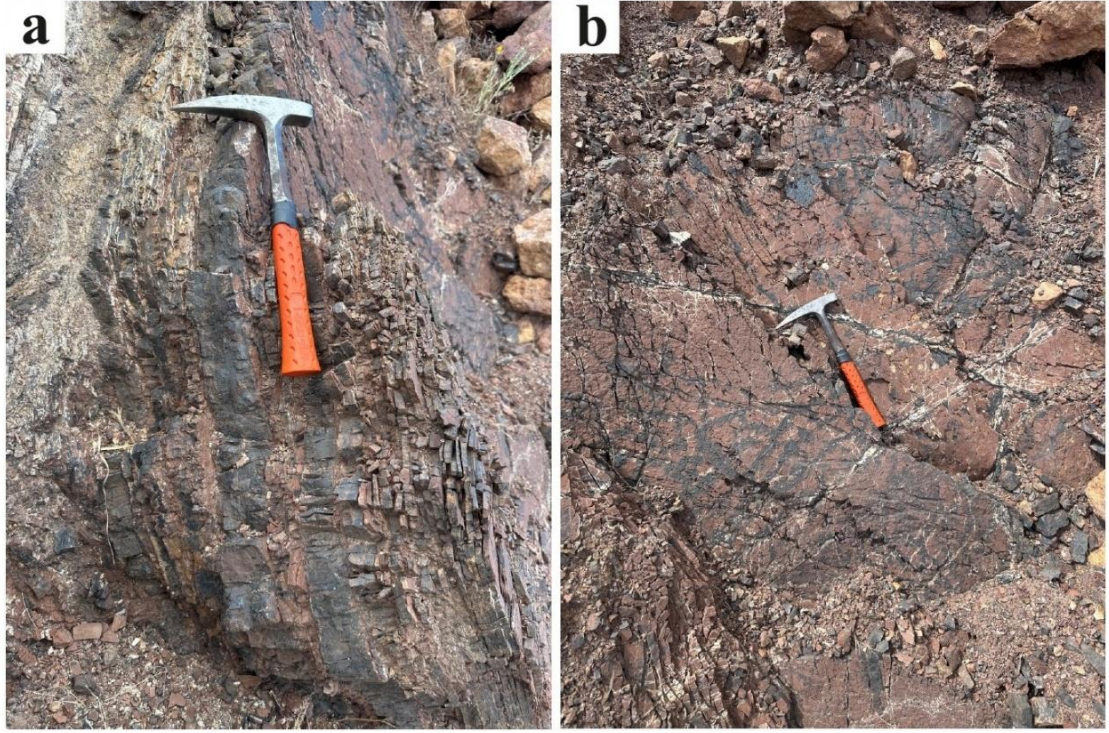
Çalışma alanının da dahil olduğu bölgede jeodinamik faaliyetler neticesinde iki farklı kompleks ortaya çıkmıştır. Bunlar, Geç Paleozoyik-Triyas Paleo-Tetis'in kapanmasıyla ilişkili olarak Kimmeriyen Orojenezi'nin oluşturduğu Kimmeriyen Karakaya Kompleksi ve Triyas-Kretase'de Neo-Tetis'in İzmir-Ankara bölümünün kapanmasıyla oluşan Alpin Orojenezi'ne ait kenet kompleksleridir (Göncüoğlu vd., 2015). Ankara Melanjı ilk kez Bailey ve McCallien (1950) tarafından hem Paleo-Tetis hem de Neo-Tetis Melanjını tanımlamak için kullanılmıştır. Bu melanj, Ankara ile Kızılırmak Nehri arasında, Tersiyer yaşlı sedimanter formasyonlar ile çevrelenen bir kuşak olarak izlenir. Bu kuşak iki ana tektonik birimi kapsamaktadır bunlar; Sakarya Kıtası ve İzmir-Ankara Kenet Kuşağıdır.

Neo-Tetis Okyanusuna ait birimler farklı yaş, köken, fasiyes ve boyuta sahip çeşitli bloklardan oluşan, yoğun bir şekilde taşınmış, kısmen metamorfize olmuş veya milonitleşmiş ince taneli bir matriks içinde yer alan kaotik bir tektonosedimanter karışıktır. Bu matriks ofiyolitler, şist, türbidit ve pelajik kiltaşından oluşmaktadır. Ankara bölgesinde yüzeyleyen 'Ofiyolitik Bloklular Melanj' (Boccaletti vd., 1966); 'Irmak Formasyonu' (Norman, 1972) ve 'Anadolu Napı' (Koçyiğit ve Tokay, 1985) terimleri ile eş anlamlıdır (Bragin ve Tekin, 1996). İzmir-Ankara Kenet Kuşağı içinde, Neo-Tetis Okyanusuna ait allohton birimler radyolaryalı şist-bazalt birliktelikleri de dahil olmak üzere, Üst Kretase döneminde Torid-Anatolid Bloğuna yerleşmiş üç farklı nap bulunmaktadır. Kuzeyde ve en üstte yer alan nap, büyük kütleler şeklinde yüzeyleyen kesintisiz bir ofiyolit dizisinden meydana gelir. Bunlar yarı-ofiyolitik metamorfikler,

değişik derecede serpantinleşmiş harzburjitler ve kromit cepleri, dünit-klinopiroksenit/verlit-klinopiroksenit-gabro kümülatları, troktolitler, iki-piroksen gabrolar ve gabro-noritler içerir (Göncüoğlu vd., 2006). İkinci nap serisi Mesozoyik yaşlı spilitik metabazaltlar, radyolaryalı şistler, mavi şistler, pelajik kireçtaşları, serpantinitle ve neritik kireçtaşlarının oluşturduğu bloklardan ibarettir. Kireçtaşı blokları birkaç km kadar boyuta sahip olup komşu bloklarla keskin sınırlar oluşturur. Okyanusal kabuğa ait kayaçlar içeren üçüncü birim olistolit ve olistostromlarla birlikte Maastrichtiyen-Erken Paleosen filiş kompleksini kapsamaktadır. Bu birim, Torid-Anatolid Bloğunun kuzey kenarında güneye doğru ilerleyen ofiyolitik napların önünde bir ön-havza olarak oluşmuştur (Göncüoğlu vd., 2006).

Özetle, Tetis Okyanusu'nun Paleo-Tetis bölümü Geç Permiyen'de açılmış ve Triyas sonunda kapanmıştır. Bunu takip eden kısım ise Neo-Tetis olarak adlandırılmıştır. Tersiyer'de Neo-Tetis Okyanusu'nun tamamen kapanması ile Lavrasya ve Gondvana Kıtaları çarpışmış, arada oluşan kenet zonu da Alp-Himalaya Orojenik Kuşağı'nı oluşturmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu bağlamda, Alp-Himalaya Orojenik Kuşağı'nda yer alan Türkiye'de, Tetis Okyanusu'nun derin deniz sedimanları (radyolaritler) ile ardalanmalı olarak çökelen çok sayıda mangan cevherleşmesi mevcuttur (Öztürk vd., 2019) (Şekil 2.2a). Bunların büyük bir kısmı İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu boyunca ve yakınındaki ofiyolitik melanjlara ile ilişkili olarak irili-ufaklı bloklar şeklinde radyolaritler içerisinde mostra vermektedir. Mangan oksit oluşumlarına yönelik yapılan mineralojik ve jeokimyasal çalışmalar bu yatakların oluşumunda Neo-Tetis Okyanusu tabanında faaliyet gösteren hidrotermal sistemin etkin olduğunu göstermiştir (Aydoğan, 2022). Bu tür mangan yatakları plütonik ve subvolkanik kökenli hidrotermal çözeltilerden oluşurlar ve cevher genellikle damar, mercek ve düzensiz şekiller halindedir (Eroğlu ve Şahiner, 2020).

Tilkiköy'deki mangan cevherleşmesi tabaka kalınlıkları ~10 cm olan radyolaritler ile ardalanmalı olup bazen de çörtler içinde mangan sıvaması şeklinde gözlenmiştir (Şekil 2.2a,b). Geçmiş dönemde yapılan yoğun madencilik faaliyetleri nedeniyle varsa bile masif ve nodüler mangan cevherlerinin büyük ölçüde üretilmiş olduğu düşünülmektedir. Bugün mevcut durumda stratiform (ince tabakalı) mangan oluşumları görülmektedir.

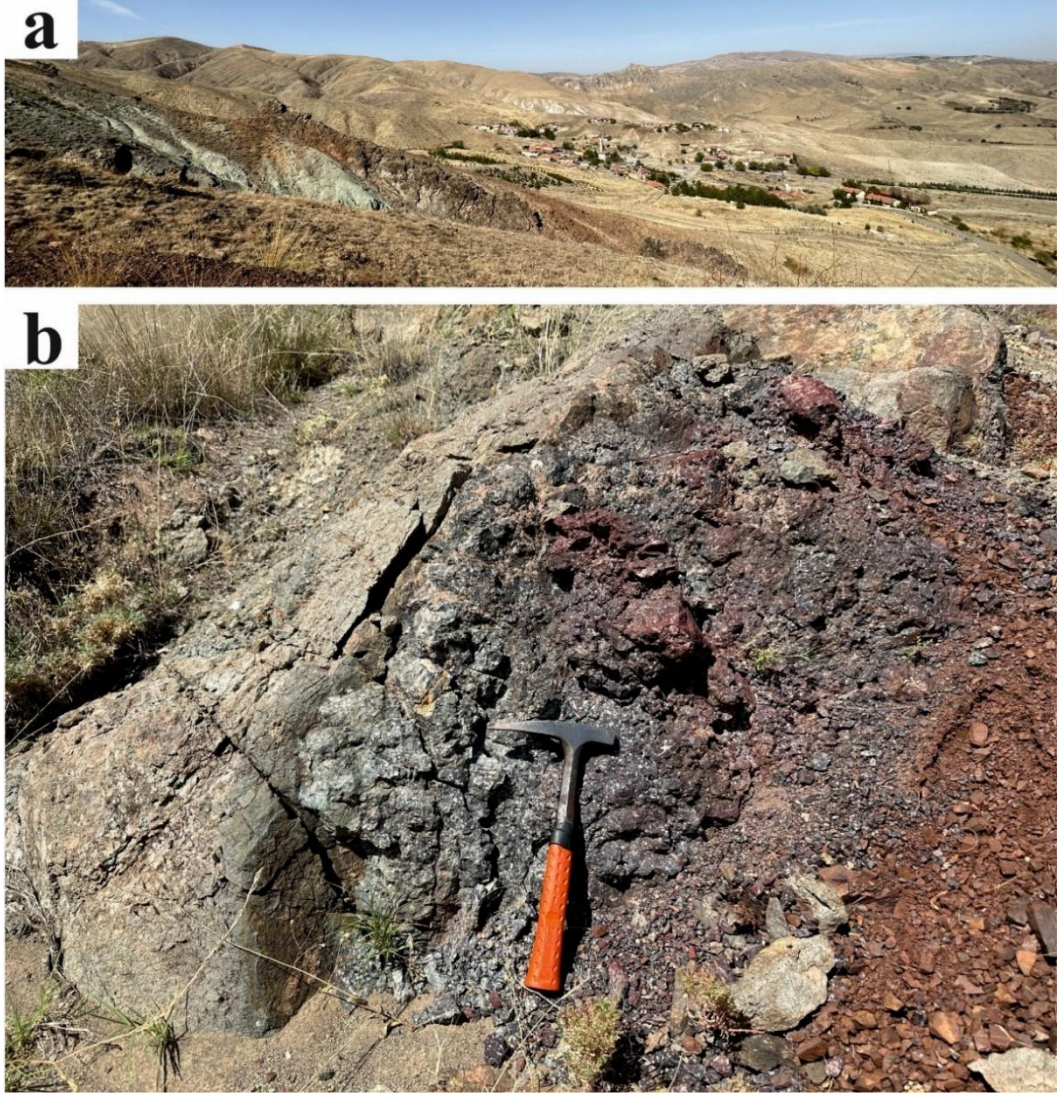


Şekil 2.2 Tilkiköy mangan cevherleşmesi a) Radyolarit-mangan ardalanması
b) Ağsal şekilli mangan sıvamaları

Bölgedeki ilk ayrıntılı çalışmayı yapan Üşenmez (1973)'e göre, bazalt, gabro ve serpantinleşmiş kütleler ile kireçtaşı bloklarından oluşan Ankara Melanjı bölgenin temelini oluşturmaktadır. Kireçtaşı blokları ile iç içe olan diyabaz ve volkanik breşler bu seriyi örtmektedir. Senomaniyen-Maastrichtiyen yaşlı Malıboğazı Formasyonu tabanda konglomeratik bir seviye ile başlayıp üste doğru kireçtaşına geçiş gösterir. Alkalen volkanitler ise söz konusu kireçtaşlarını keserek yerleşmiştir (Üşenmez, 1973). Alkali bazaltlara ait klinopiroksen ve biyotit minerallerinin K-Ar yaşı 60-65 milyon yıl (Daniyen) olarak belirtilmiştir (Çapan, 1984). Tüm bu birimler, genç sedimanter çökeller tarafından örtülmüştür (Şahinoğlu ve Özdemir, 2019). Çandır-Kalecik doğusunda, Kızılırmak'tan Malıboğazı'na doğru konglomeraların gözlenmesi bölgede sığ denizel bir ortamın hüküm sürdüğüne işaret etmektedir.

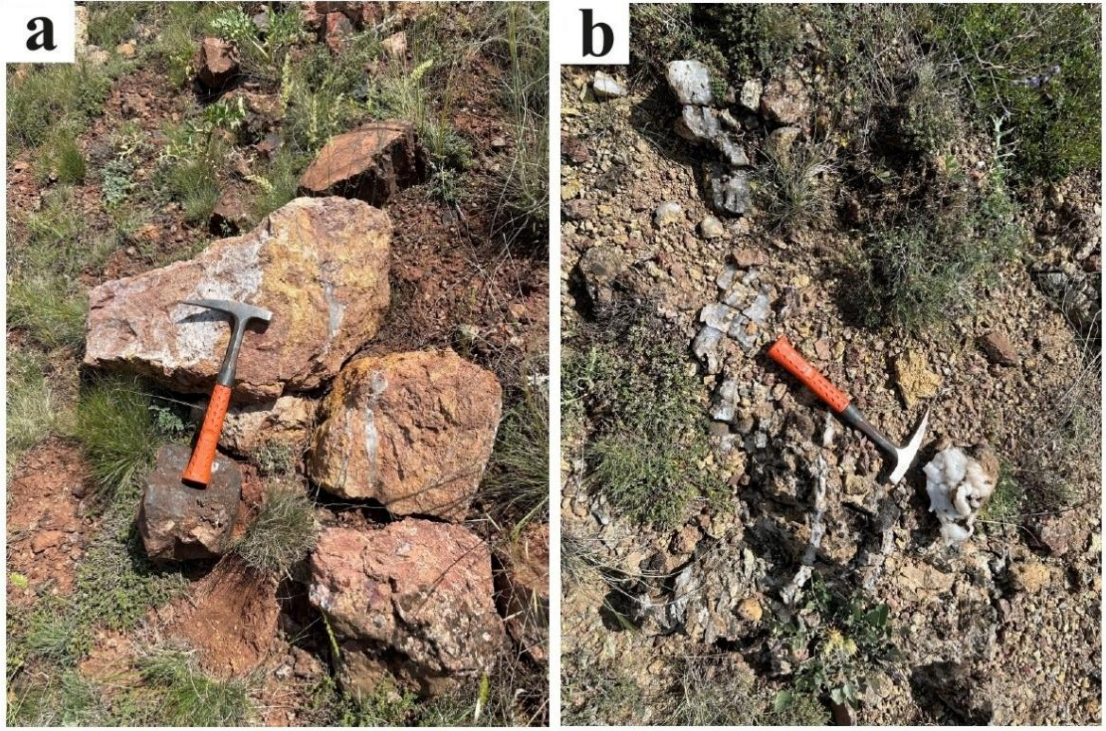
Tilkiköy güneyinde yer alan mangan cevherleşmesi radyolaritler içerisinde oluşmuştur. Manganeli radyolaritler yaklaşık 180 m'lik kalınlık sunmakta olup bunların kuzeyinde yüzeyleyen peridotitler tamamen serpantinite dönüşmüştür. Bu kayalar yeşil renkleri ile

diğer litolojik birimlerden, özellikle kırmızı-bordo renkli radyolaritlerden rahatlıkla ayırt edilirler (Şekil 2.3a,b).



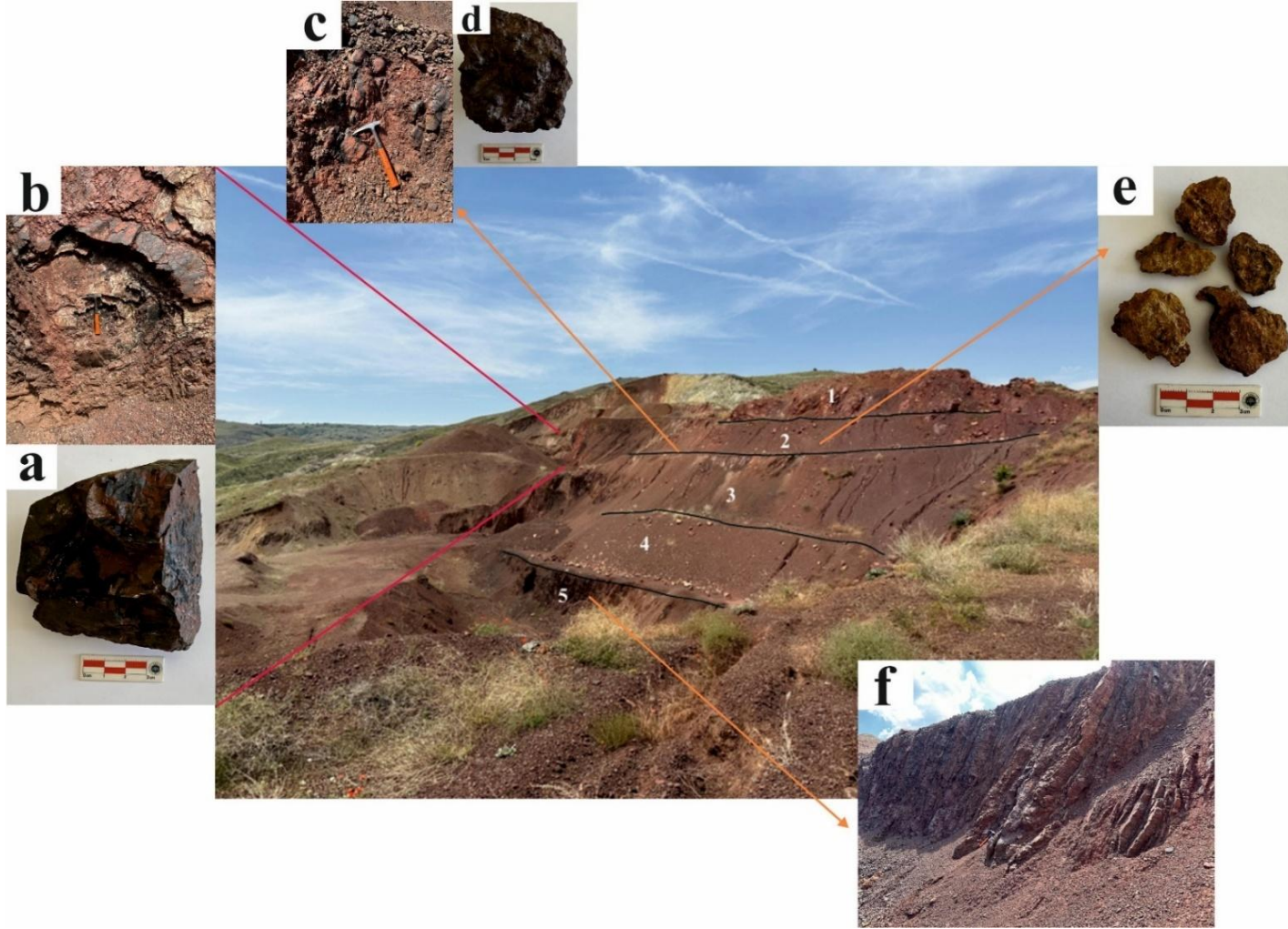
Şekil 2.3 a) Tiliköy çalışma sahası kuzeyinde serpantinitleşme görünümü b) Çalışma sahası güneyinde serpantinitleşmeye geçiş görünümü

Çalışma alanının kuzeyinde, uzunlukları yaklaşık 5-30 cm arasında değişen kesikli şekilde devam eden kalsedon damarları gözlenmiştir (Şekil 2.4a,b). Silikaca zengin çözeltilerden itibaren çökelen bu oluşumlar ikincil kökenlidir.



Şekil 2.4 a) b) Tilkiköy çalışma sahası kuzeyinde gözlenen kalsedon damarları

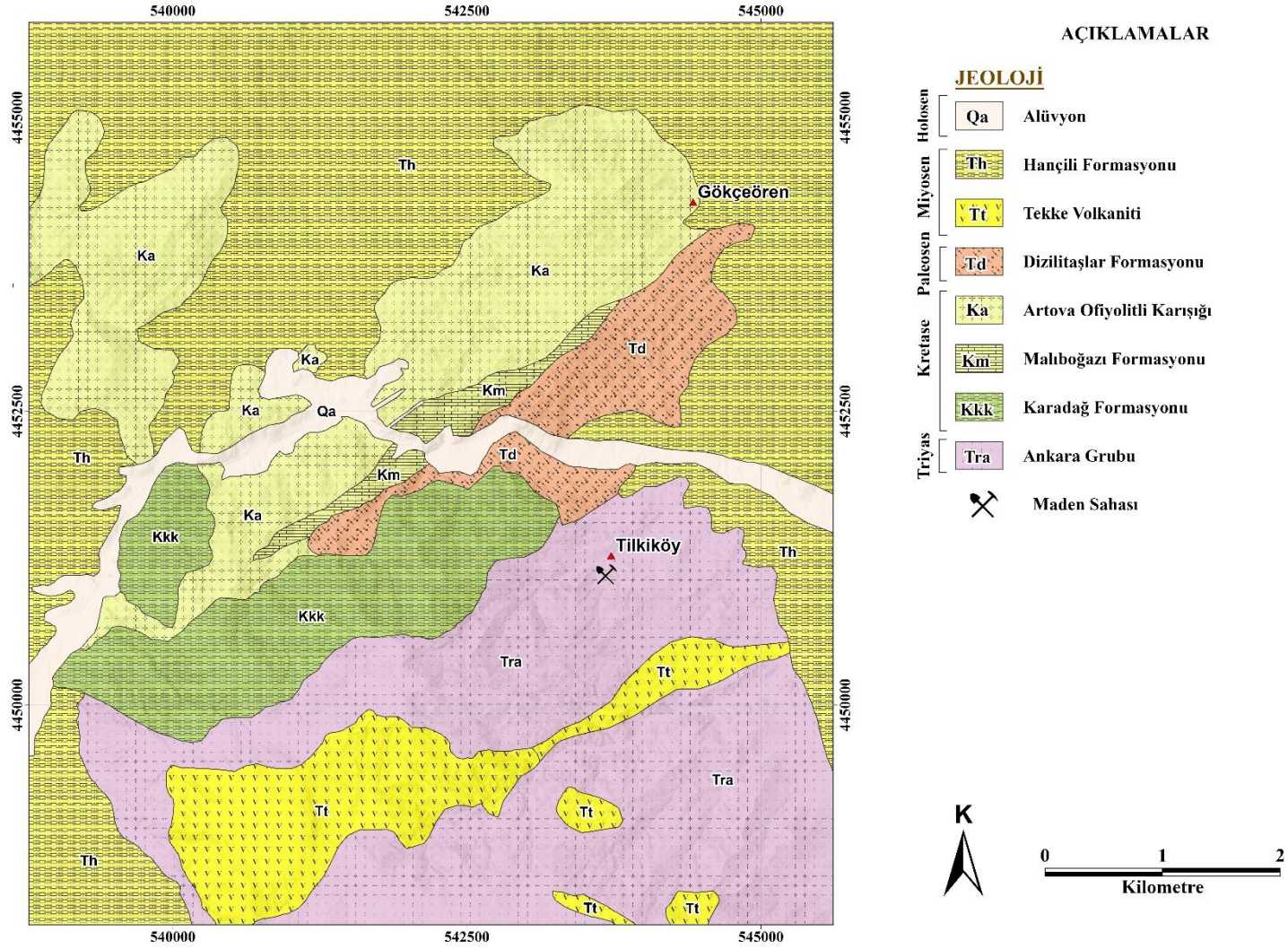
Tilkiköy Mahallesi'nin güneyinde maden ocağı işletmesi bulunmaktadır. Bu ocakta üretim beş farklı panel boyunca yapılmıştır (Şekil 2.5). Ocağın güney kısmında dairesel şekilde mangan-çört katmanı gözlenmiştir (Şekil 2.5a,b). Üst kesimlerde mangan oluşumları botroidal yapıda izlenmiştir (Şekil 2.5c,d). İlerleyen kesimlerde, limonitleşmenin baskın olduğu bozunma ürünleri dikkat çekmektedir (Şekil 2.5e). Beşinci panelde mangan tabakaları dike yakın bir konumda olup aralarını demir-mangan oksitten oluşan kil boyutlu malzeme doldurmuştur (Şekil 2.5f).



Şekil 2.5 Tilkiköy maden ocağının genel görünümü **a)** Mercek yapısından alınan örnek **b)** Mangan-çört ar dalanması **c)** ve **d)** Botroidal mangan nodülleri **e)** İkinci panelde gözlenen limonitleşme **f)** Beşinci panele ait katmanların genel görünümü

2.1 Çalışma Bölgesindeki Kaya Birimleri

Çalışma alanının litolojik ve jeolojik özelliklerinin değerlendirilebilmesi amacıyla bölgenin jeoloji haritası hazırlanmıştır (Şekil 2.6). Harita ile yüzeyleyen litostratigrafik birimlerin konumları, yayılımları ve sınırları ortaya konulmuştur. Bu bağlamda oluşturulan çalışma bölgesi ve çevresini kapsayan bölgenin jeolojik haritası Triyas-Holosen aralığında sekiz (8) farklı kaya biriminden oluşmaktadır. Bu kaya birimlerinin detaylı özellikleri aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 2.6 Çalışma alanının jeoloji haritası (Hakyemez vd. 1986, Sarıfakıoğlu vd. 2014'dan alınarak yeniden çizilmiştir.)

2.1.1 Ankara grubu (Tra)

Ankara Grubu Emir Formasyonu, Elmadağ Formasyonu, Ortaköy Formasyonu ve Keçikaya Formasyonu olarak farklı kısımlara ayrılmıştır. Ankara Grubunun yaşı Alt-Üst Triyas olarak belirlenmiştir. Ankara Grubu peridotit blokları, diyabaz, bazalt, serpantinit ile birlikte çamurtaşlarının meydana getirdiği derin deniz sedimanter kaya birimlerinden oluşmaktadır (Akyürek vd., 1988).

2.1.2 Karadağ formasyonu (Kkk)

Tilki Mahallesi'nin kuzeybatısında yayılım gösteren Karadağ Formasyonu kumtaşı, şeyl, killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve çamurtaşı birlikteliğinden oluşmaktadır. Birim tabanda volkanoklastik konglomera, kumtaşı ardalanması ile başlar, kumtaşı-çamurtaşı ara tabakası şeklinde devam eder. Aralarda yer yer pelajik killi kireçtaşı düzeyleri görülür. Birim içinde olistostrom ve olistositler de bulunmaktadır. Konglomera ve kumtaşı yeşil, kahverengi, boz renkli, iyi pekişmiş ve ince-orta tabakalıdır. Kumtaşlarının tabanlarında oluk ve canlı sürünme izleri ile yük kalıpları yaygındır. Kumtaşında derecelenme, paralel tabakalanma, küçük ölçekli çapraz tabakalanma ve konvolüt tabakalanma bulunmaktadır. Çamurtaşları gri, kahverengi renklerde iyi pekişmiş, ince tabakalı ve iğnemsiz kırıklıdır. Çamurtaşları kumtaşlarını geçişli olarak üzerler. Killi kireçtaşları gri, gri-kahverengi, kırmızı renklerde, ince-orta tabakalanmalı ve konkoidal kırılma yüzeylidir. Karadağ Formasyonu'na ait pelajik killi kireçtaşı düzeylerinde saptanan fosillere göre birimin yaşı Senomaniyen-Kampaniyen olarak belirlenmiştir (Akyürek vd., 1988).

2.1.3 Malıboğazi formasyonu (Km)

Malıboğazi Formasyonu ilk kez Birgili vd. (1975) tarafından tanımlanmıştır. Birim, çalışma bölgesinin merkezi kesiminde yaklaşık D-B hattı boyunca izlenir. Malıboğazi Formasyonu sarımsı gri kumtaşı, ince tabakalı konglomera, kumlu kireçtaşı ve resifal

kireçtaşıdan oluşmaktadır. Formasyonun yaşı Üst Maastrichtiyen olarak saptanmıştır (Akyürek vd., 1988).

2.1.4 Artova ofiyolitli karışığı (Ka)

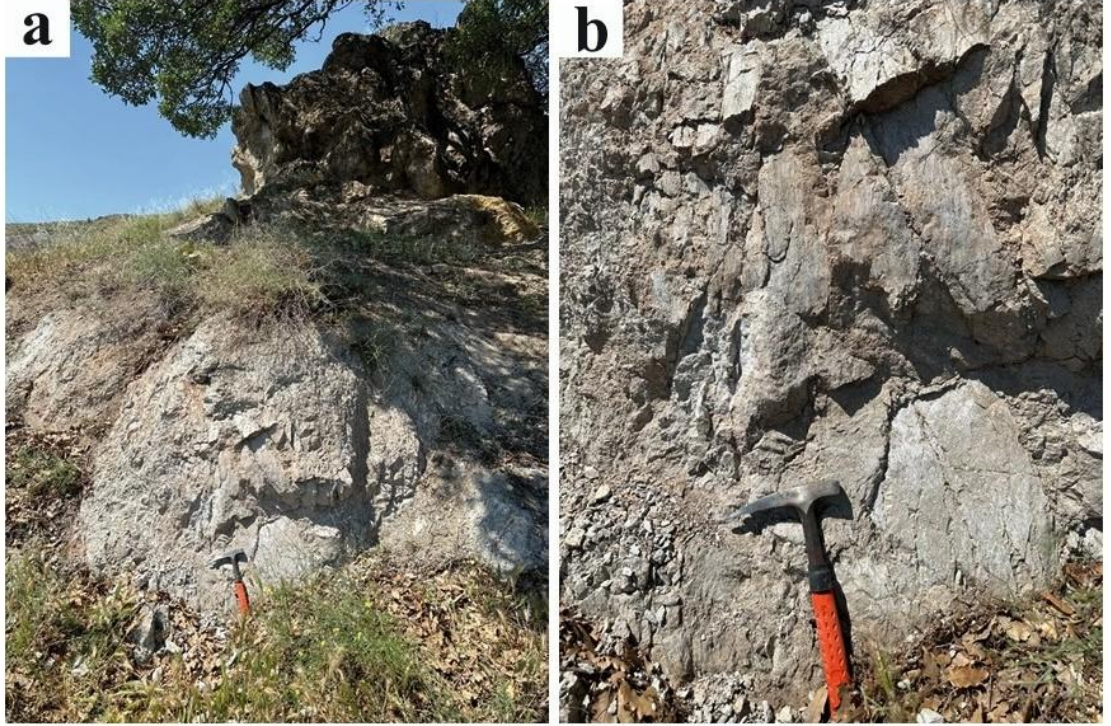
Artova Ofiyolitli Karışığı çalışma sahasının kuzey ve kuzeybatısı boyunca geniş bir alanda yüzeyler (Şekil 2.6). Akyürek vd. (1979) tarafından adlandırılan Dereköy Ofiyolit Melanjı ile eş değer olan birim serpantin, harzburjit, dünit, gabro, diyabaz, radyolarit, çört, kireçtaşı ve volkanik kayalardan oluşmaktadır (Akyürek vd., 1982, 1997). Artova Ofiyolit Karışığı Geç Kretase'de kuzeye dalarak kapanan Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun (Şengör ve Yılmaz, 1981) tabanı ve çevrede yer alan kıtasal kayalardan oluşan tektonik bir karışık niteliğindedir. Birimin yaşı Kampaniyen öncesi olarak belirlenmiştir.

2.1.5 Dizilitaşlar formasyonu (Td)

Dizilitaşlar Formasyonu çalışma bölgesinde Tilkiköy'ün kuzeyinde yer almaktadır. Formasyon konglomera, kumtaşı, şeyl, killi kireçtaşı ve kumlu kireçtaşıdan oluşmaktadır. Birim, resifal karakterli çok sayıda kireçtaşı blokları içerir. Konglomeralar sarı, kahverengi, gri renkli, gevşek tutturulmuş, orta kalınlıkta tabakalıdır. Kumtaşları yeşil, kahverengi renkli, sıkı tutturulmuş olup ince-orta tabakalıdır. Kumtaşlarında derecelenme, paralel ve küçük ölçekli çapraz tabakalanma ve konvolüt laminalanma yaygındır. Şeyller gri-kahverengi, yeşil renkli ince tabakalar şeklinde gevşek olarak tutturulmuş olup kumtaşı tabakaları üzerine dereceli olarak gelirler. Killi kireçtaşları sarımsı, beyaz, açık gri renkli ve ince tabakalıdır. Dizilitaşlar Formasyonu'nun alt ve üst sınırı bindirmeli olması nedeniyle izlenememektedir. Birim içindeki *Lacazina* sp., *Fabularia* sp., *Miscellanea* cf. *miscella*, *Globorotalia* cf. *Pseudomenardii*, *Globigerina* sp., *Planorbulina* sp. fosillerine dayanarak, Dizilitaşlar Formasyonu'nun yaşı Paleosen olarak tanımlanmıştır (Akyürek vd., 1988).

2.1.6 Tekke volkaniti (Tt)

Çalışma alanının güneyinde yaygın olarak izlenen Tekke Volkaniti çoğunlukla andezit, trakiandezit, bazalt ile birlikte az oranda tüf ve aglomeradan oluşmaktadır. Andezitler, kırmızı, pembe, gri, gri-kahverengi ve siyah renkli olup akma izlerine sıkça rastlanır. Lav ve tüfler bazı kesimlerde ardalanma gösterirler. Tüfler gri-beyaz renkli ve çok ince tanelidir. Miyosen yaşlı olan Tekke Volkaniti, Hançili Formasyonu ile yanal-düşey geçişlidir (Akyürek vd., 1988). Çalışma bölgesinde volkanik kayalar bozunmuş olarak ve peridotitler ile iç içe şekilde gözlenmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Tekke Volkanitine ait andezitlerin görünümü

2.1.7 Hançili formasyonu (Th)

Çalışma sahasının özellikle doğu ve kuzey kesimlerinde yaygın olarak izlenen Hançili Formasyonu killi kireçtaşı, marn, kıltaşı, konglomera, kumtaşı ve tüfit ardalanmasından

oluşur ve yer yer jips, bitümlü şeyl ve kömür içermektedir. Birim, açık sarı, boz, koyu yeşil renkli genellikle ince tabakalı ve laminalıdır. Formasyon içinde andezit silleri gözlenir. Formasyonun yaşı Üst Miyosen'dir (Akyürek vd., 1988).

2.1.8 Alüvyon (Qa)

Bölgedeki en genç birimler olup çakıl, kum ve kilden oluşan birimdir. Çalışma alanının kuzeyinde doğu-batı hattı boyunca gözlenir.

3. ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Arazi Çalışmaları

Tilkiköy mangan ocağında 2023 ve 2024 yıllarında günübürlük olmak üzere çok sayıda arazi çalışması yapılmıştır (Şekil 3.1). Bu çalışmalar kapsamında, söz konusu mangan yatağından kayaç örnekleri toplanmış ve mangan cevheri ile ardalanmalı şekilde olan çörtler ve diğer birimler arasındaki dokanak ilişkileri incelenmiştir. Toplanan örneklerin koordinatları kaydedilmiş (EK 1) ve fotoğrafları çekilmiştir.



Şekil 3.1 Tilkiköy mangan ocağının genel görünümü (güneye bakış)

3.2 Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları ile mangan cevherinin mineral kompozisyonları, kimyasal bileşim ve oluşum ortamının ortaya konulması amaçlanmıştır. X-Işınları floresans spektroskopisi (XRF) analizi Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)'de, ICP-MS iz element ve çoklu element analizi SGS Supervise Gözetme Etüt Kontrol Servisleri A.Ş.'de, X-Işını difraktometresi (XRD), kalitatif cevher mikroskopisi ve dijital fotoğraf çekimi Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nde yapılmıştır. Bu bağlamda yapılan laboratuvar çalışmaları ve işlenen süreçler aşağıda belirtilmiştir.

3.2.1 Mineraloji-Petrografi incelemeleri

Mineraloji-petrografi çalışmaları kapsamında 2 örnek (cevher ve radyolarit) ince kesit yapılarak incelenmiş olup yan kaya ve cevher minerallerinin özellikleri incelenmiştir. İnce kesit incelemeleri, Ankara Üniversitesi YEBİM laboratuvarlarında yapılmış olup ZEISS Axio Scope A1 mikroskobu ile gerçekleştirilmiştir. Örnek fotoğraflaması Axio 506 Color kamera kullanılarak yapılmıştır.

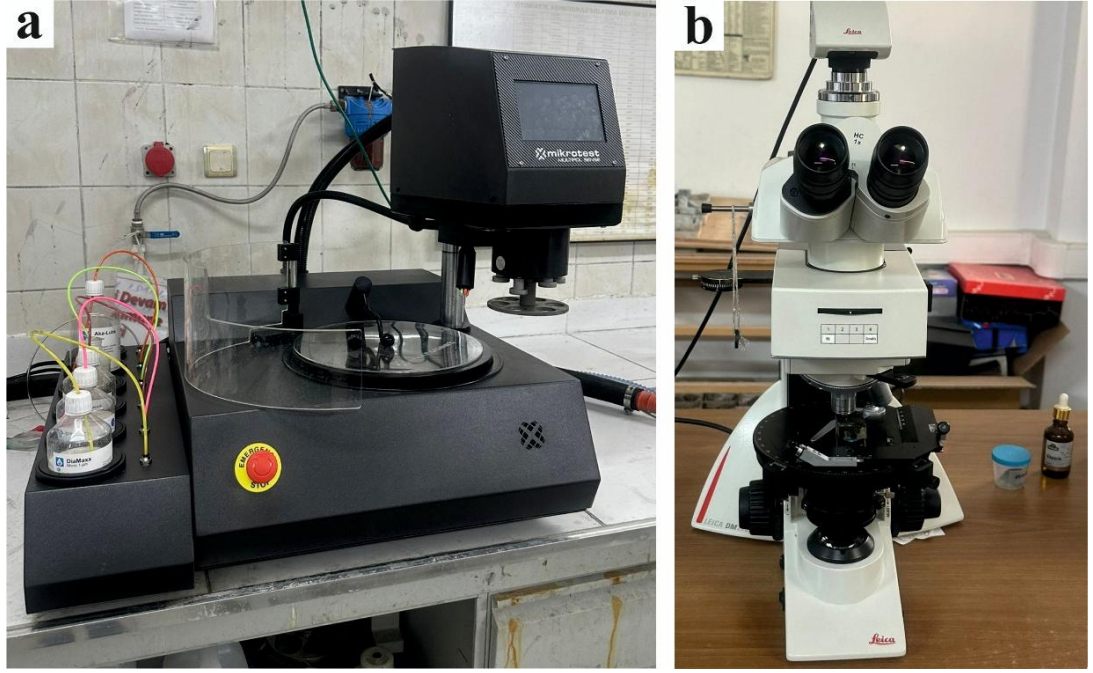
Kalitatif cevher mikroskopisi cevher minerallerinin dokusal özelliklerinin tanımlanması amacıyla uygulanan bir yöntemdir. Bu analiz örneklerin kimyasal bileşimlerinden çok mineral türleri, optik ve fiziksel özellikleri ile doku türlerinin belirlenmesinde ve yorumlanmasında kullanılmaktadır.

Cevher mikroskopisi; ince kesit incelemelerinden farklı olarak, parlatılmış yüzeyden yansıyan polarize ışınlar yardımıyla minerallerin ve katı maddelerin özelliklerinin araştırılması yöntemidir (Genç, 1998). Yapılmış olan cevher mikroskopisi analizi süreçleri aşağıda sırası ile açıklanmıştır.



Örnekleme ile araştırmanın amacına uygun örnek alımı gerçekleştirilir. Araştırma kapsamında cevher mikroskopisi için alınan örnekler cevher minerallerinin belirlenmesi, yapı-doku ilişkileri ve tane boyunu ortaya koymak amacıyla temsil eden örneklerden seçilerek yapılmıştır. Örnek hazırlama bölümü için hazır hale gelen örnekler, bütünü temsil etmelidir. Örnekler kaya kesiciler vasıtası ile yüzey alanı $\sim 4-5\text{cm}^2$ olacak şekilde hazırlanmıştır. Aşındırma işlemi, kaba ve ince aşındırma olmak üzere iki adımda gerçekleşir. Aşındırma, kalından inceye doğru değişen farklı aşındırma tozları kullanılarak yapılmaktadır. Aşındırma işlemi elle döner disk veya cam ile yapılabildiği gibi otomatik aşındırma ve parlatma makinası ile de gerçekleştirilebilir. Bu araştırma kapsamında alınan örnekler döner metal disk ile elle aşındırma yapılmış olup aşındırma tozları kullanılarak aşındırma ve daha sonrasında Multipol Sense parlatma cihazı yardımıyla parlatma işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2a).

Kalitatif cevher mikroskopisi incelemeleri Maden Tetkik Arama (MTA) Mineraloji-Petrografi Laboratuvarlarında Leica DM2700 P alttan ve üstten aydınlatmalı cevher mikroskobu ile yapılmıştır (Şekil 3.2b). Bu yöntem ile çalışılan mangan minerallerinin türü ve oluşum şekillerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Mikroskop ile incelenen minerallerin dijital fotoğraf çekimleri Leica LAS V4.13 programı ile gerçekleştirilmiştir. Leica mikroskop programlarının iki araştırmacıda farklı versiyonlarının bulunmasından kaynaklı örnek fotoğraflaması yapılırken bazı örneklerde ölçek milimetre (mm) iken diğerlerinde mikrometre (μm) olarak alınmıştır.

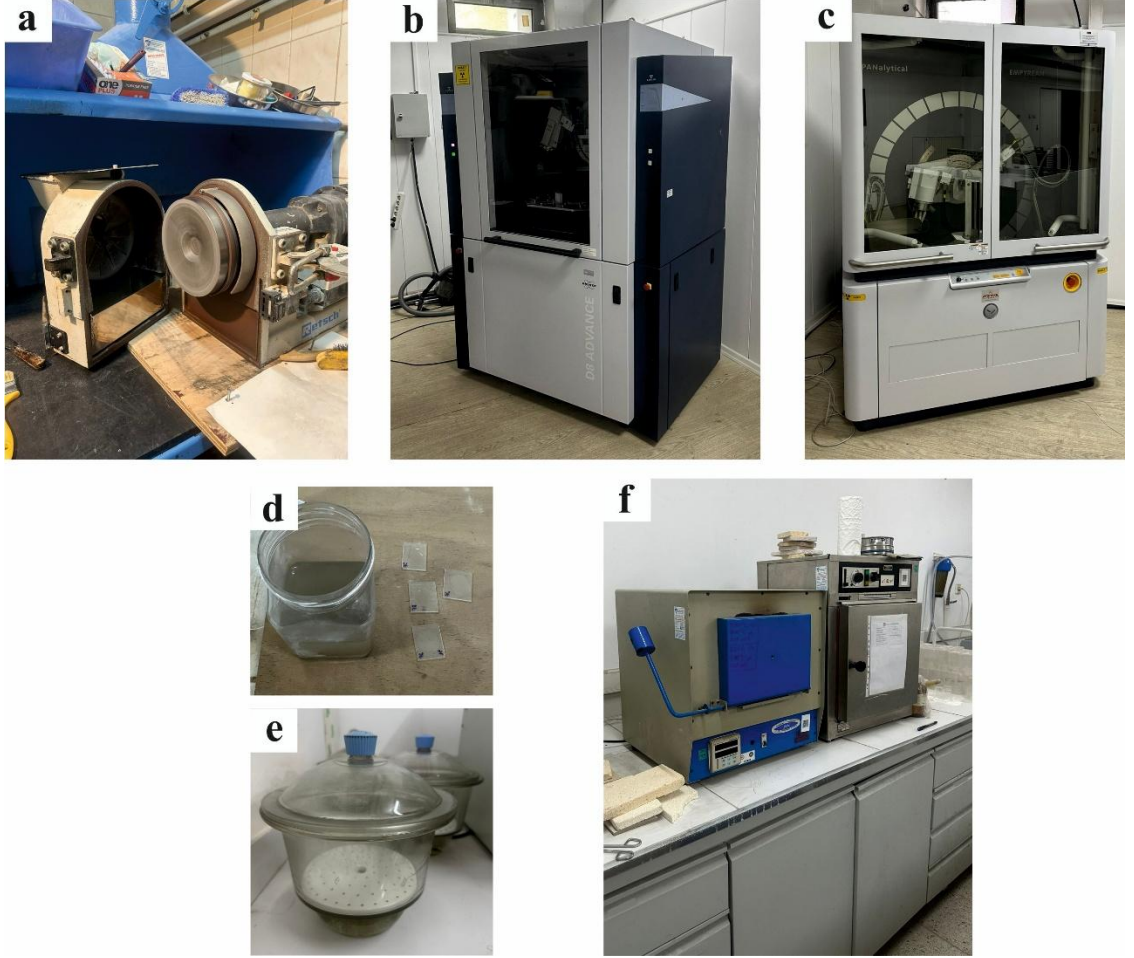


Şekil 3.2 a) Multipol Sense otomatik aşındırma ve parlatma cihazı b) Leica DM2700 P alttan ve üstten aydınlatmalı cevher mikroskobu

3.2.2 X-Işını difraktometresi (XRD)

X-Işını difraktometresi (XRD) mikroskobik olarak tanımlanamayacak ölçüde küçük tane boyutundaki minerallerin kristal yapı özelliklerine dayanan bir yöntemdir. XRD tekniği tahribatlı bir analiz yöntemi olduğundan örnekler ideal tane boyutuna (tercihen kil boyutu) indirgenmeleri için öğütülerek toz haline getirilmişlerdir (Şekil 3.3a). Ufalanan örnekler metal örnek tutuculara yerleştirilip üzerinde rölyef olmayacak şekilde düzlenmiştir. Daha sonra örnek üzerine farklı açılarda X-ışını düşürülerek kırınım grafikleri elde edilmiştir. Bu grafikler ilgili kütüphaneler vasıtası ile eşleştirilip mineral kompozisyonu belirlenmiştir. Çalışılan örneklerin XRD analizleri MTA Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi, Mineraloji-Petrografi Koordinatörlüğü, XRD laboratuvarındaki Bruker D8 Advance ve Panalytical Empyrean Powder cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3b ve c). Bu cihazda hedef olarak Cu (bakır) tüp kullanılmaktadır. Analizler 2θ aralığı $4-70^\circ$ açıları arasında, tarama hızı $0.040^\circ/\text{sn}$ ve $40 \text{ kV}-40 \text{ mA}$ akım koşullarında yapılmıştır. Toplamda 10 adet örneğin değerlendirilmesinde Uluslararası Difraksiyon Veri Merkezi'nin (International Centre for Diffraction Data-ICDD, 1993) veri tabanı ve Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu

(American Society for Testing and Materials-A.S.T.M., 1972) kartotekslerinden yararlanılmıştır. Sadece bir örnekte tespit edilen killerin türünü saptamak amacıyla detaylı kil analizi (kil fraksiyonu) yapılmıştır. Bu kapsamda, toz haline getirilmiş örnek (3-5 g) boş bir behere alınıp üzerine saf su ilave edilerek homojen bir karışım elde edilene kadar otomatik mikserde karıştırılmıştır. Stokes kanununa göre belirli bir süre (malzeme türüne göre ~1-2 dakika) bekletilen süspansiyondan pipetle çekilen örnekler 4 adet cam lam üzerine sıvama ile dökülmüştür (Şekil 3.3d). Hazırlanan bu camlar kuruyunca hava kuru veya normal (N), etilen glikollü (EG) ve fırınlı (350°C ve 550°C'de) olarak difraktogram çekimleri yapılmıştır. Hava kuru veya normal çekimde (N) örnek hiçbir işleme maruz kalmadan, doğrudan analiz edilmiştir. EG çekimi için, örnek bir desikatör ve etüvde (60-70°C) içinde en az 2 saat süre boyunca etilen glikol ile soğurulmak üzere bekletilmiş ve daha sonra XRD analizi yapılmıştır (Şekil 3.3e). Fırınlı çekim denilen analizlerde ise, cama hazırlanmış örnekler 350-550°C kül fırında 2 saat ısıtıldıktan sonra XRD çekimine tabi tutulmuştur (Şekil 3.3f). Tüm çekimlerden elde edilen difraktogramlar birbirleriyle karşılaştırılarak kil minerallerinin türleri belirlenmiştir.

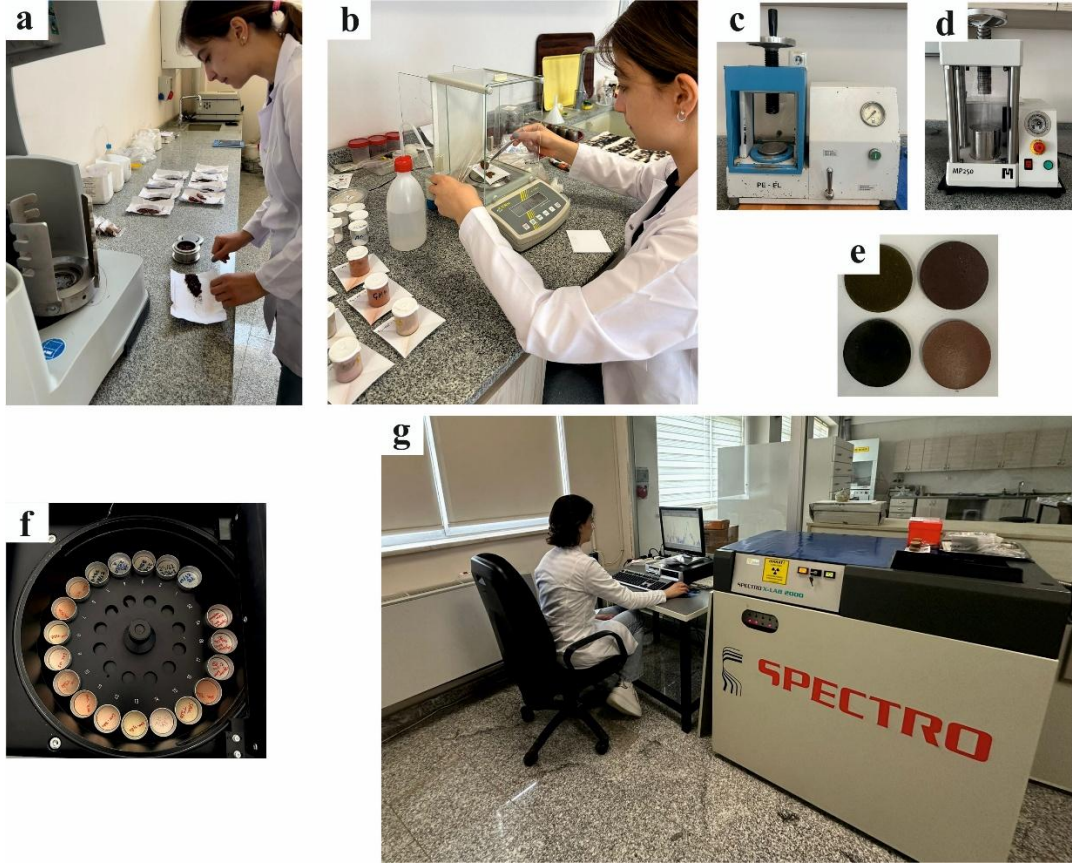


Şekil 3.3 a) Otomatik kaya öğütme cihazı b) Bruker D8 Advance XRD cihazı c) Panalytical Empyrean Powder XRD cihazı d) Detaylı kil analizi için cam üzerine sıvama ile dökülen örneklerin görüntüsü e) Desikatör f) 350-550°C için kül fırını

3.2.3 X-Işınları fluoresans spektroskopisi (XRF)

XRF analizi, XRD gibi tahribatlı bir analiz yöntemi olmasından dolayı ön hazırlık yapılması gerekmektedir. Masif örnekler önce Retsch çeneli kırıcı ile kaba öğütme işlemi uygulanmıştır. Ardından örnekler Fritsch otomatik kaya öğütme makinası ile toz haline getirilmiştir (Şekil 3.4a). Sonraki aşamada kil boyutundaki örneklerin pellet haline getirilmesi için önce hassas terazide tartma işlemi yapılmış olup 0,9 gram organik bağlayıcı (wachs) ile 4 gram toz örnek bir araya getirilerek homojen olacak şekilde karıştırılmıştır (Şekil 3.4b). Oluşturulan karışım, önce MP250 otomatik hidrolik pres makinası ile ardından da manuel pres makinasına yerleştirilerek pellet oluşturulmuştur

(Şekil 3.4c, d ve e). Pelletlerin parlak ve pürüzsüz kısımları XRF okuması için seçilmiştir. Daha sonra pelletler numune taşıma tepsisine sırası ile yerleştirilmiştir (Şekil 3.4f). Çalışılan örneklerin XRF okumaları Ankara Üniversitesi YEBİM XRF laboratuvarındaki Spectro X-Lab 2000 XRF cihazında gerçekleştirilmiş olup XRF analizleri Tq-7220 yöntemiyle yapılmıştır (Şekil 3.4g).



Şekil 3.4 a) Otomatik kaya öğütme makinası b) Hassas tartıda toz numune miktarı ayarlama c) Manuel hidrolik pres makinası d) MP250 otomatik pres makinası e) Pellet örnekleri f) XRF taşıma tepsisinde pellet örnekleri g) Spectro X-Lab 2000 XRF cihazı

3.2.4 ICP-MS

ICP-MS (İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) tekniği ile iz elementlerin jeokimyasal analizi yapılmaktadır. Oldukça hassas bir yöntem olup element bollukları milyonda bir (ppm) veya milyarda bir (ppb) mertebesinde ölçülebilmektedir.

ICP-MS ile noktasal analiz yapabilmek mümkündür. Tahribatsız bir yöntem olduğundan analiz öncesi örneklerin öğütülmesi gerekmemektedir.

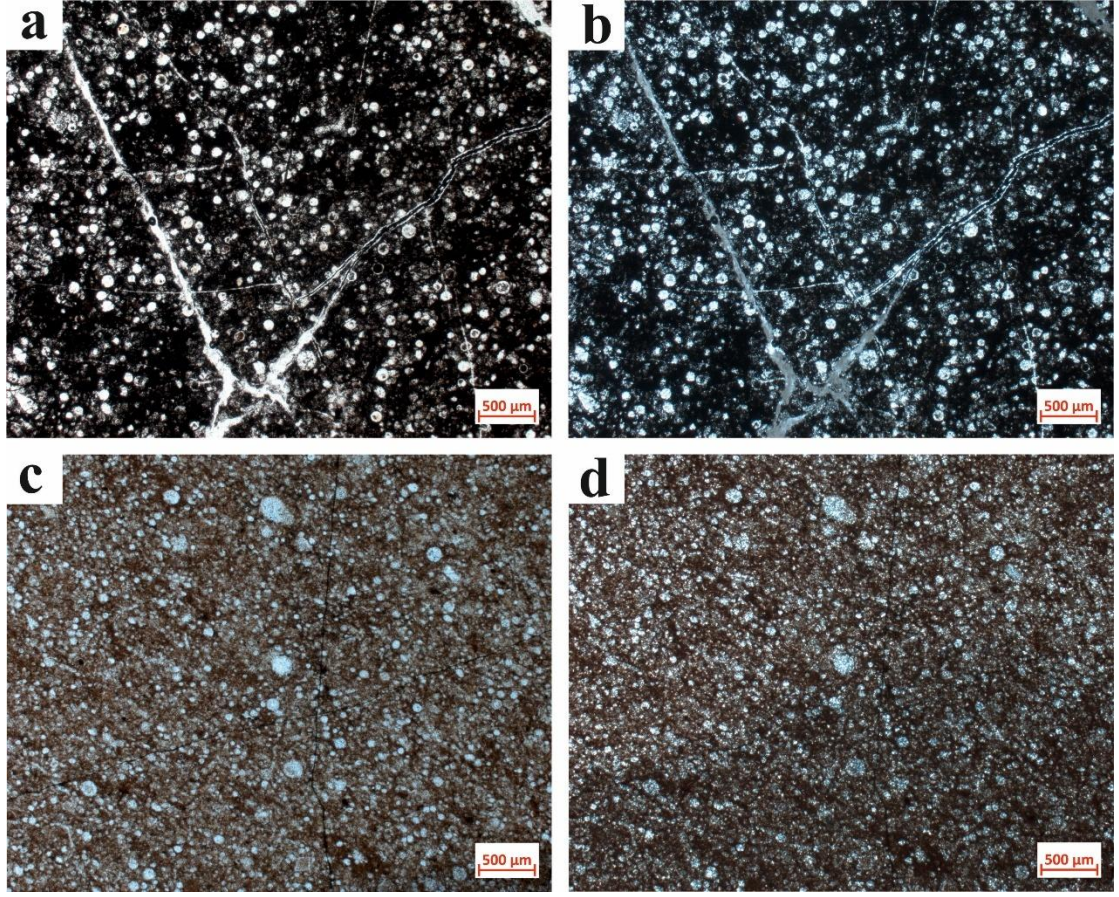
Element analizleri SGS Supervise Gözetme Etüd Kontrol Servisleri Laboratuvarlarında dedeksiyon sınırları 0.01-0.05 ppm arasında değişen tek gaz kanallı NexION 1100 ICP-MS cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Toz haline getirme işlemi ardından örnekler HNO₃ (nitrik asit), HF (hidroflorik asit), HClO₄ (perklorik asit) ve HCl (hidroklorik asit) kullanıldığı çoklu asit çözdürme tekniği ile çözeltiye alınmış ve element konsantrasyonları okunmuştur. Analizlerde ASTM E1479 ve E2371 test yöntemleri esas alınmıştır.

4. MİNERALOJİ

Mineraloji çalışmaları kapsamında iki (2) örnek (cevher ve radyolarit) ince kesit yapılarak, sekiz (8) örnek ise cevher mikroskobisinde incelenmiştir. Bu örneklerle ait mineral bileşimleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. 24-ME-T01 numaralı örneğe ait 1. ve 2. nikel görüntüleri mangan minerallerinin yanında fosil kavkuları, hematit, limonit ve kuvarsın kolloform doku içinde bulduklarını teyit etmiştir. Mangan mineralleri 2. nikelde daha net bir şekilde mavi-gri renklerde gözlenmiştir. Örnekte, farklı yönlerde kesilmiş ve içi mineraller tarafından doldurulmuş çatlak ve damarlar mevcuttur (Şekil 4.1a, b). 24-ME-T13 örneğinde yüksek oranda silis bulunmakta olup fosil kavkuları gözlenmiştir (Şekil 4.1c, d). Piroluzit ve psilomelan düşük sıcaklıklı başlıca mangan mineralleri olup bunlar kısmen manganit, braunit ve hausmanit minerallerine dönüşebilir (Ramdohr, 1969). Tilkiköy sahasında gözlenen mangan mineralleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Tilkiköy sahasından alınan örneklere ait mineral bileşimleri

Örnek Numarası	Mineralojik Bileşim
24-ME-T01	piroluzit, psilomelan, kuvars, hematit, limonit, organik materyal, fosil kavkı
24-ME-T02	piroluzit, psilomelan, kuvars, hematit, limonit, fosil kavkı
24-ME-T03	piroluzit, psilomelan, limonit
24-ME-T04	piroluzit, psilomelan, fosil kavkı
24-ME-T05	kuvars, hematit
24-ME-T07	piroluzit, braunit, kuvars
24-ME-T10	piroluzit, psilomelan (koronadit), braunit, kuvars, kalsit
24-ME-T13	kuvars, fosil kavkı
24-ME-T15	piroluzit, psilomelan, braunit, pirit
24-ME-T16	piroluzit, psilomelan, braunit



Şekil 4.1 24-ME-T01 ve 24-ME-T13 numaralı örneklere ait ince kesit görüntüleri **a)** 24-ME-T01 1. nikol görüntüsü **b)** 24-ME-T01 2. nikol görüntüsü **c)** 24-ME-T13 1. nikol görüntüsü **d)** 24-ME-T13 2. nikol görüntüsü

Çizelge 4.2 Tilkiköy sahasında gözlenen mangan mineralleri

Piroluzit	$Mn^{4+}O_2$
Koronadit	$Pb^{2+} (Mn^{4+}_6Mn^{3+}_2) O_{16}$
Psilomelan	$(Ba, H_2O)_2 Mn_5^{4+}O_{10}$
Braunit	$Mn^{2+}Mn^{3+}_6SiO_{12}$

4.1 Tilkiköy Sahasında Gözlenen Cevher Mineralleri

4.1.1 Piroluzit

Mangan cevherinin başlıca mineralidir. Hidrotermal süperjen ortamlarda oluşur. Refleksiyon rengi kremden sarı tonlara kadar değişir, anizotropisi kuvvetlidir. Sarımsı, kahverengimsi tonlarda gözlenir. İkizlenme gösterebilir. İnce büzüşme çatlakları sık sık manganit tarafından ornatılır (Genç, 1998).

4.1.2 Braunit

Belirgin şekilde anizotropi özellik gösterir. Tam olmayan sönme ve renk tonu değişimi ve ikizlenme gözlenmez. Hafif yansıma ve zayıf mıknatıs özelliği vardır. Rengi manyetite benzer, kahverengimsi gridir. Yarı özşekilli veya özşekilli olarak bulunur (Genç, 1998).

4.1.3 Psilomelan grubu

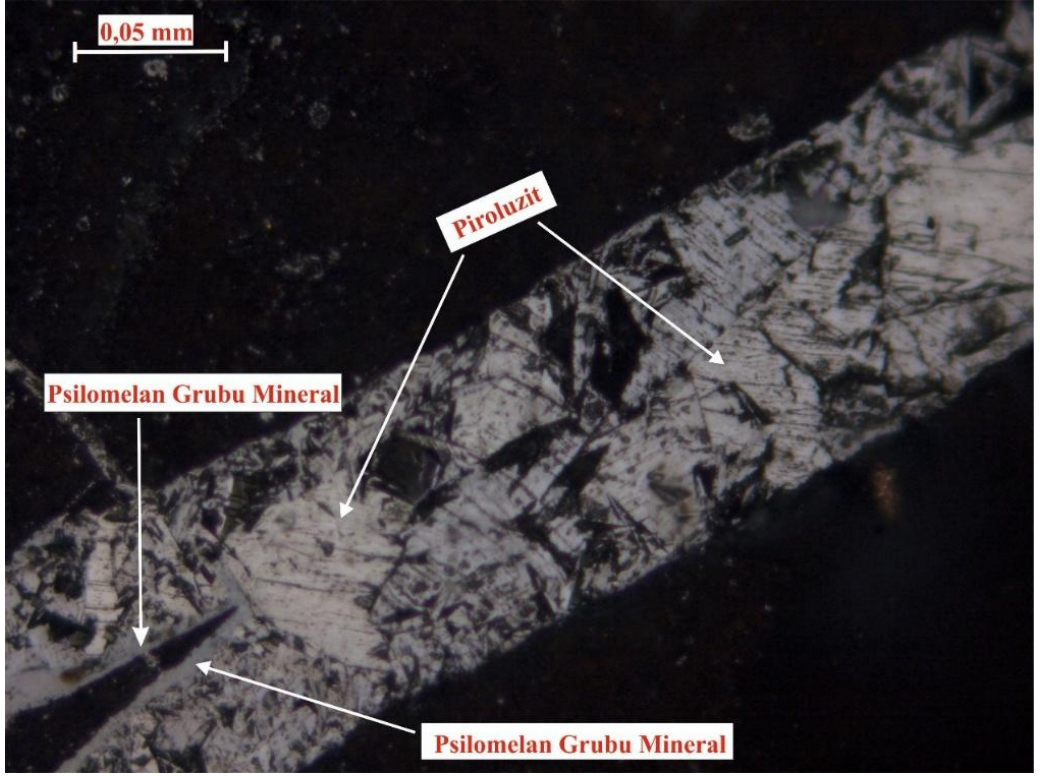
Psilomelan grubunun hollandit, kriptomelan ve koronadit olarak üç çeşidi vardır. Tilkiköy örneklerinde psilomelan grubu mineraller küçük kristalli olarak lifsi iğnemsî ve oval şekillerde gözlenmiştir. Mavimsî, kremî ve çok nadir olarak da pembemî tonlarda olan bu grup minerallerinin refleksiyonları yüksektir (Genç, 1998).

4.1.3.1 Koronadit

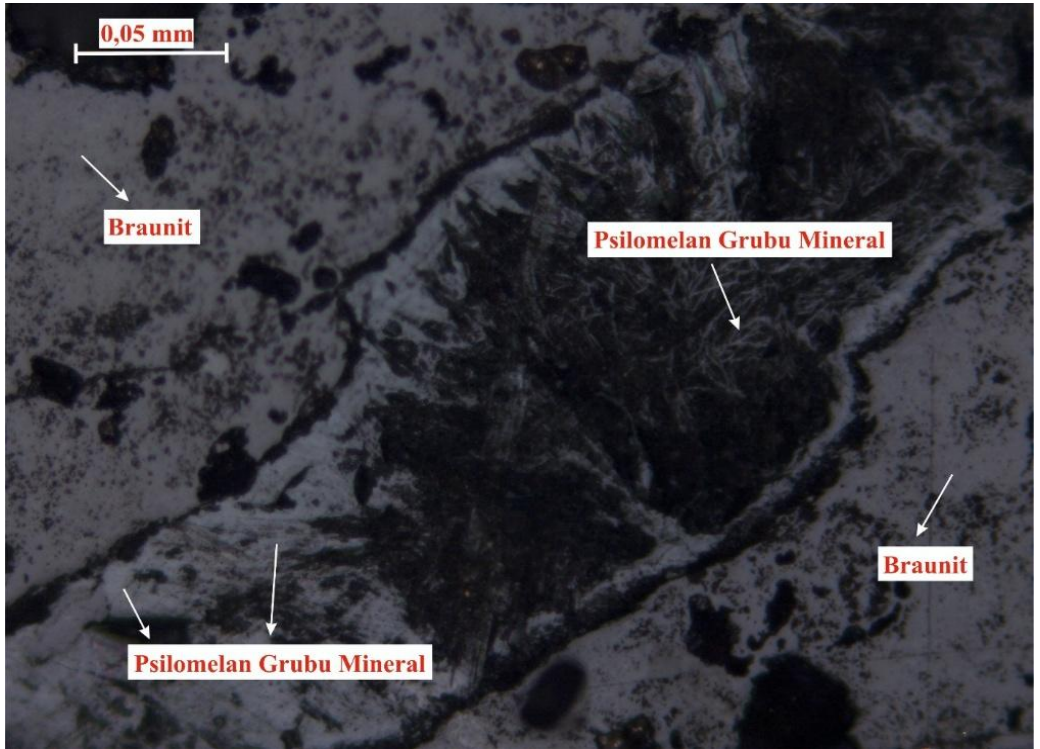
Hidrotermal damarlarda, sıcak su kaynaklarında ve mangan yataklarının oksidasyon zonlarında gözlenir. Genellikle piroluzit gibi diğer mangan oksit mineralleri ile birlikte bulunur. Refleksiyon rengi orta gri olup anizotropisi düşüktür ve koyu gri tonlardadır (Genç, 1998).

4.2 Cevher Mikroskobisi Çalışmaları

Tilkiköy mangan sahasından alınan örneklerin mineralojik özelliklerinin ortaya konulması amacıyla cevher mikroskobisi çalışmaları yapılmıştır. Cevher mikroskobisi analizleri piroluzit ve psilomelan grubu minerallerin genellikle birlikte ve iç içe oluştuklarını göstermiştir. 24-ME-T04 numaralı örnekte piroluzit bir çatlak boyunca özşekilli-yarı özşekilli olarak ve daha az miktardaki psilomelan grubu mineral ile birlikte gözlenmiştir (Şekil 4.2). Bu örnekte piroluzitler iç içe olmakla birlikte ortalama tane boyları 45 µm damar genişliği ise ~104 µm olarak ölçülmüştür. Psilomelan grubu mineraller ise piroluzitlere göre daha küçük tane boylarında olup damar ve çatlak yapılarının çeper kısımlarında yoğunluk göstermektedir (Şekil 4.2). Cevher mikroskobisi çalışmalarında piroluzit ve psilomelan grubunun yanı sıra en çok gözlenen bir diğer mineral braunittir. Bu anlamda, 24-ME-T15 numaralı örnek hemen hemen masif bir yapıda olup bol miktarda braunit gözlenmiştir (Şekil 4.3). Bu örnekte braunitler çok ince tanelerden oluşan birikimler şeklindedir. Braunitin çatlaklarında psilomelan grubu mineraller belirlenmiştir. Braunitler çok ince tane boyunda olup psilomelan grubu mineraller ise iğnemi, lifsi taneler şeklinde ve uzun eksenleri ~16 µm, kısa eksenleri ise ~1 µm boyutlarında görülmüştür (Şekil 4.3).

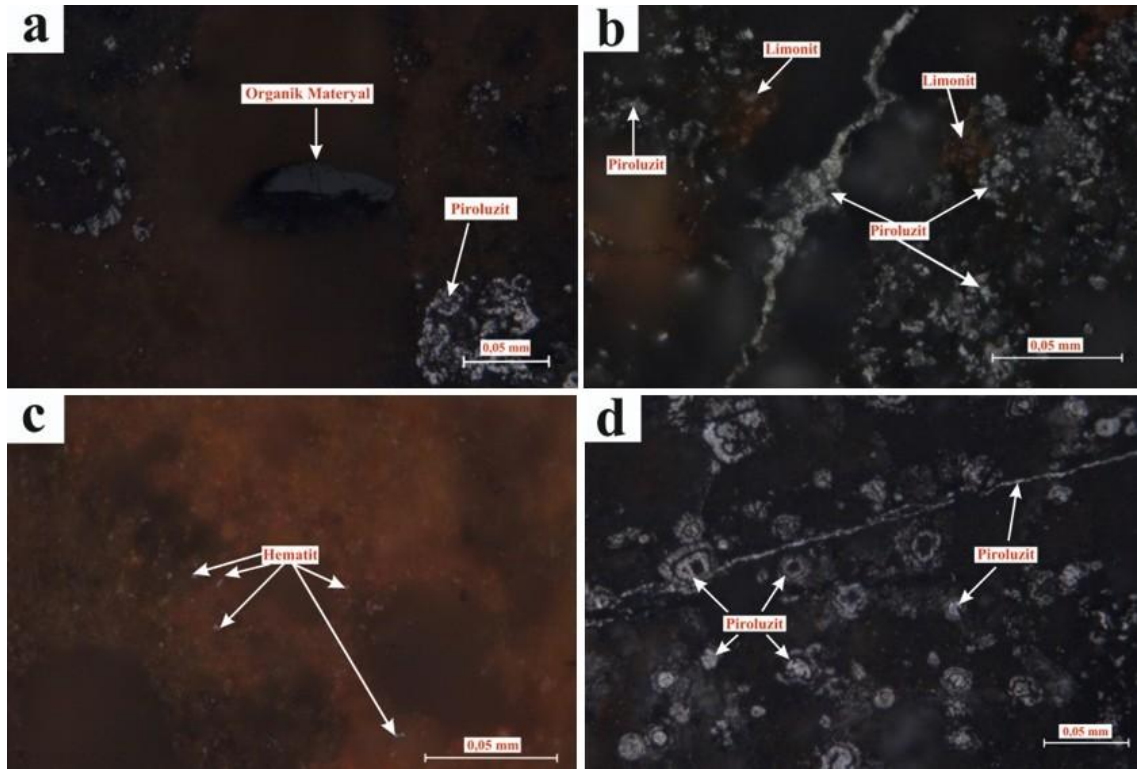


Şekil 4.2 24-ME-T04 numaralı örnekte damar içerisinde gözlenen piroluzit ve psilomelan grubu mineral dolgusu



Şekil 4.3 24-ME-T15 numaralı örnekte bir damar içerisinde gelişen lifsi psilomelan mineral dolgusu ve çevresindeki braunit oluşumu

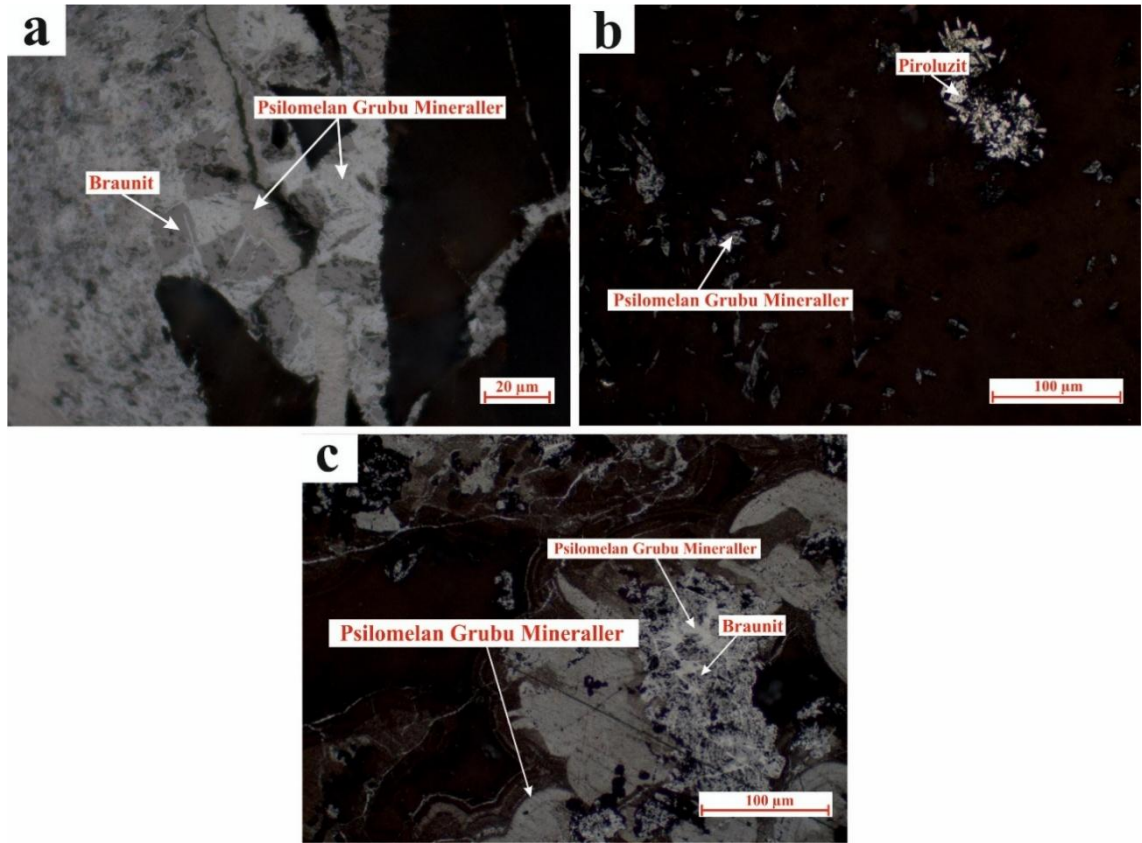
24-ME-T01 numaralı örnekte, piroluzit, psilomelan grubu mineraller beraber gözlenmiş olup aynı örnek içerisinde birkaç adet submikroskopik hematit, ince taneli limonit ve organik materyal (~70 µm) saptanmıştır (Şekil 4.4a, b ve c). Piroluzitin psilomelan grubu minerallere göre daha baskın şekilde gözlendiği söylenebilir. Hematit (1-3 µm) gang mineral olarak gözlenmiştir (Şekil 4.4c). Piroluzit ve psilomelan gang minerallerin arasında çok ince taneler, birikimler-boyamalar şeklinde yer yer kolloform doku olarak izlenmiştir (Şekil 4.4d).



Şekil 4.4 24-ME-T01 numaralı örnekte gözlenen mineral-doku ilişkileri **a)** Piroluzit ve organik materyal **b)** Piroluzit mineralleri, çatlak yapısı ve limonit mineralleri **c)** Gang mineral olarak hematit **d)** Kolloform doku şeklinde piroluzit mineralleri

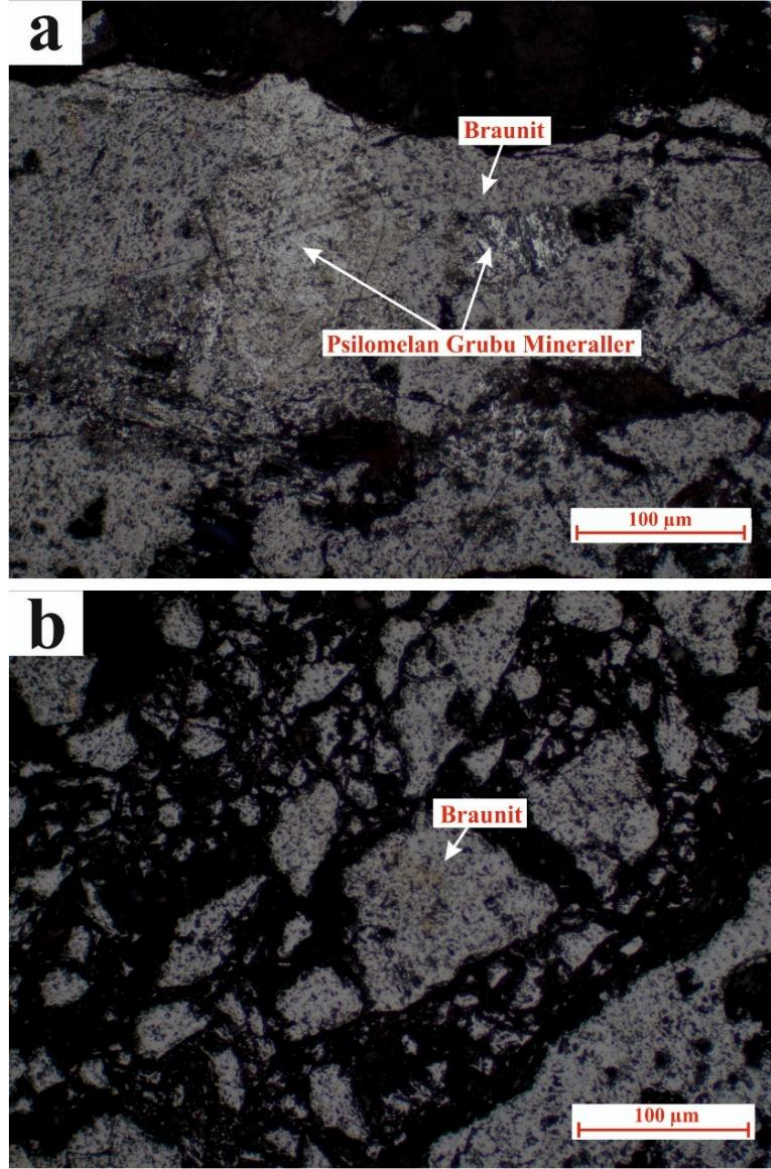
24-ME-T16 numaralı örnekte psilomelan grubu mineraller ve braunit gang mineralleri arasında belirli hatlar boyunca izlenmiştir. Braunit özşekilli-yarı özşekilli yer yer dörtgen şeklinde olup kristallerin boyu 17-20 µm arasında ölçülmüştür (Şekil 4.5a). Aynı örnek içerisinde piroluzit kümelenmiş veya saçınımlı şekilde gözlenmiştir (Şekil 4.5b). Piroluzit iğnemsisi, yarı-özşekilli olup tane boyutları 2-12 µm arasında değişmektedir. Psilomelan

grubu mineraller ise piroluzitlere göre daha net özşekil sunmakta olup kristal boyutları (5-13 μm) piroluzitlere benzerdir. Psilomelan iğnemi veya levhamsı formlarda oluşmuştur (Şekil 4.5b). 24-ME-T16 numaralı örnekte kolloform doku submikroskopik psilomelan grubu minerallerde net bir şekilde görülmüştür (Şekil 4.5c).



Şekil 4.5 24-ME-T16 numaralı örnekte mineral-doku ilişkileri a) Özşekilli braunit ile birlikte bulunan psilomelan grubu mineraller b) Saçınımlı halde piroluzit ve psilomelan grubu mineraller c) Kolloform doku sunan psilomelan grubu mineraller ve braunit

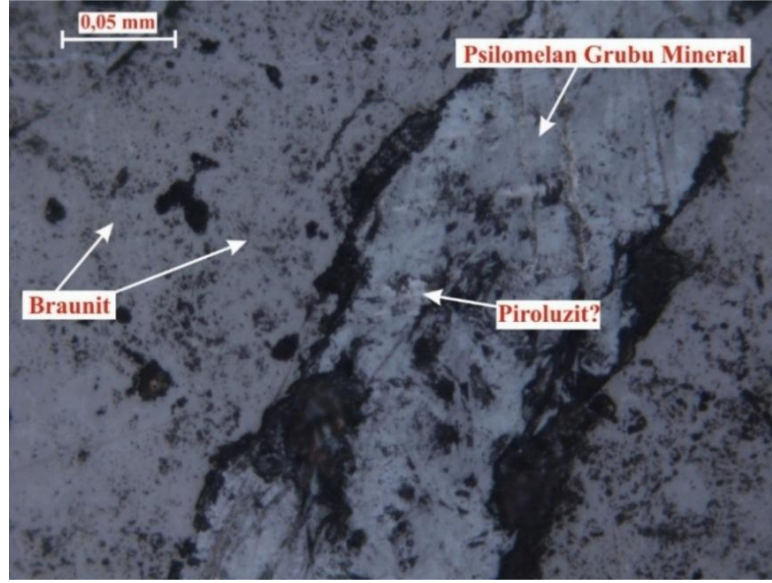
24-ME-T10 numaralı örnekte, braunit ve psilomelan grubu mineraller bir arada veya yer yer submikroskopik boyutlarda iç içe gözlenmiştir (Şekil 4.6a). Aynı örnekte, braunit (~66-71 μm) bol parçalı ve breşik yapıları ile tipik bir kataklastik doku sergilemektedir (Şekil 4.6b). Bu doku, birimlerin çökeltme sonrası maruz kaldıkları yoğun tektonik faaliyetlerin sonucu ortaya çıkan kırılma ve ezilmeye bağlı olarak gelişmiştir.



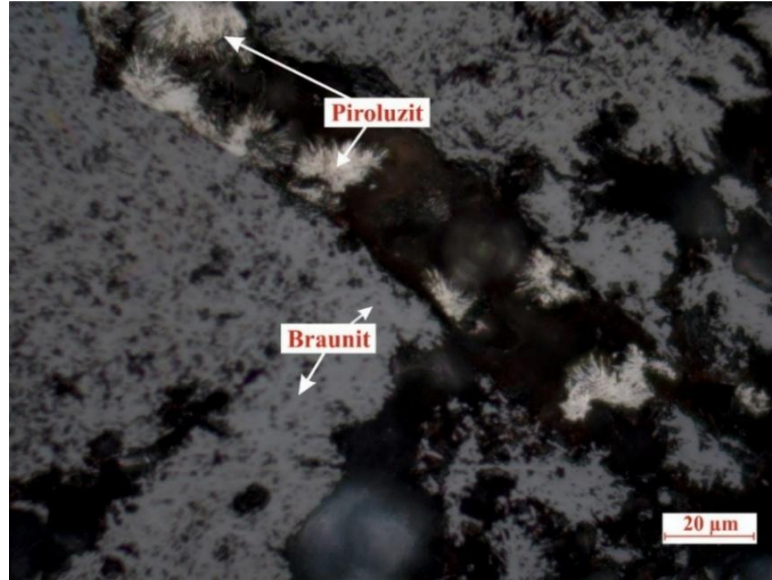
Şekil 4.6 24-ME-T10 numaralı örnekte gözlenen mineral-doku ilişkileri a) İç içe şekilde braunit ve psilomelan grubu mineraller b) Kataklastik doku sunan braunit

Çalışma alanındaki cevherleşmeden alınan örneklerde, farklı yönlerde gelişmiş değişik kalınlıklarda kılcal çatlak ve damarlar mevcuttur. 24-ME-T15 numaralı örnekte, braunit mineralinde gelişen çatlaklar piroluzit ve psilomelan grubu mineraller ile doldurulmuştur. Braunit ve piroluzit çok ince taneler şeklinde, psilomelan grubu mineraller ise dikdörtgenimsi (levhamsı) şekilde ve uzun eksenleri 25-45 µm, kısa eksenleri ise 13-24 µm arasında değişen kristaller halinde izlenmektedir (Şekil 4.7). 24-ME-T07 numaralı örnekte, bir önceki örneğe benzer şekilde, braunit damar-çatlak yapısı içinde gelişmiş olup bu çatlakların iç kısımları piroluzit tarafından doldurulmuştur. Örnekte, piroluzit

mineralleri belirli hatlar, damarlar boyunca ince taneli birikimler halinde olup bir kısmı da ışınsal demetler şeklinde gözlenmiştir. Bu tür piroluzit demetlerinin boyları yaklaşık 15-17 μm arasında değişmekte olup damar kalınlığı ise yaklaşık 30 μm civarındadır. Bu bağlamda, çatlaklar braunit kristalleşmesi sonrasında gelişmiş ve daha sonrasında piroluzit mineralleri çatlaklar içerisine yerleşmişlerdir (Şekil 4.8).

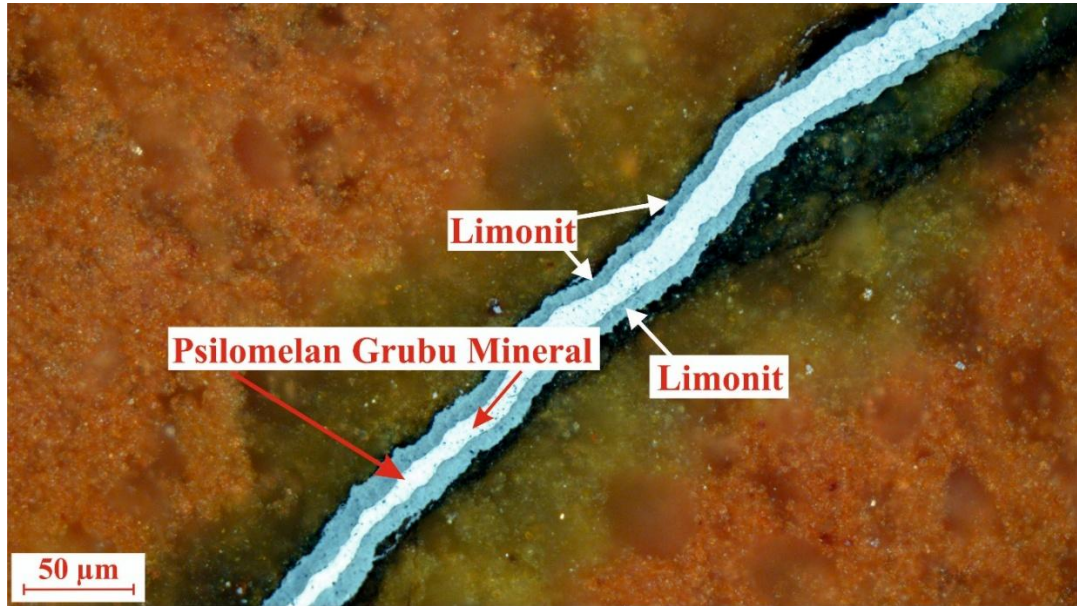


Şekil 4.7 Braunit mineralinin oluşturduğu çatlaklarda piroluzit ve psilomelan mineral dolgusu (24-ME-T15 numaralı örnek)



Şekil 4.8 Braunit mineralinde bulunan çatlaklarda ışınsal şekilde gözlenen piroluzit minerali dolgusu (24-ME-T07 numaralı örnek)

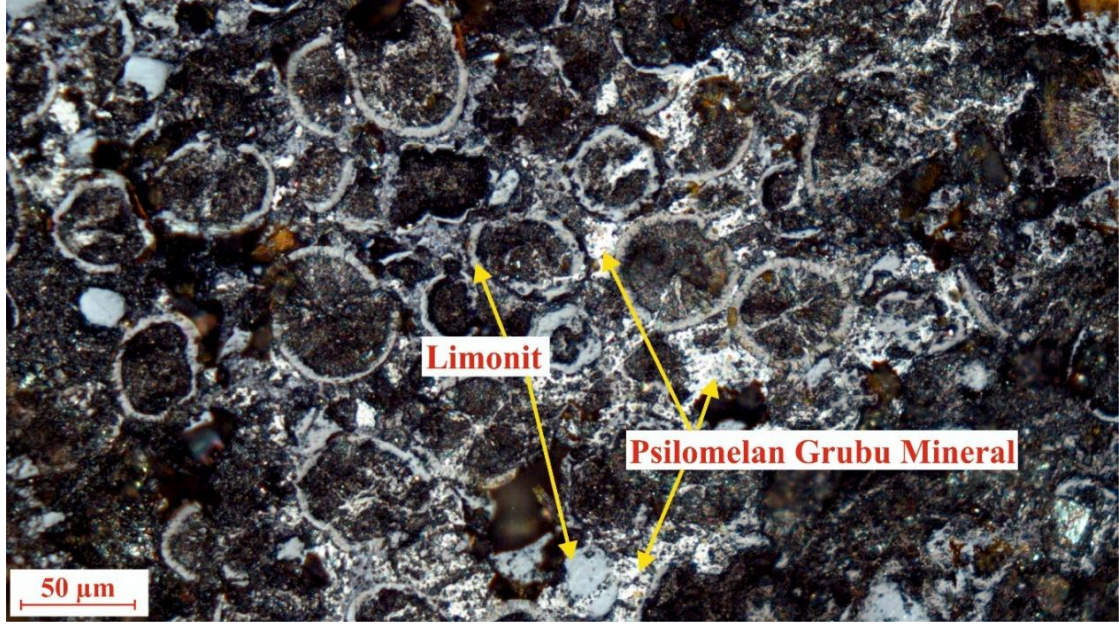
24-ME-T03 numaralı örnekte, gelişmiş güzel çatlaklar gözlenmiş olup kılcal çatlaklarda mangan ve limonit tespit edilmiştir. Bu çatlaklardaki dolgular limonit, limonit+psilomelan+piroluzit, piroluzit+psilomelan veya sadece piroluzit minerallerinden meydana gelmektedir. Kılcal çatlakların çepere yakın kısımları limonit, iç kısımları ince taneli psilomelan grubu mineraller ile dolguludur. Örnekte gözlenen damar 25 µm genişlikte olup damar dolgusu şeklinde gözlenen limonit ve psilomelan minerallerin kalınlıkları ise sırasıyla 7 µm ve 11 µm olarak ölçülmüştür. Limonit, birincil demir minerallerinin oksidasyonu veya hidratasyonu sonucu oluşur. Bu bağlamda, incelenen örnekte limonitin çatlaklar boyunca gelişmesinin oksidasyondan çok hidratasyon (su getirimi) ile ilişkili olduğu sanılmaktadır. Gerçekleşen hidratasyon sonrası mineral oluşumu devam etmiş ve ince taneli psilomelan kristalleşmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Çeperleri limonit tarafından sarılı olan psilomelan (24-ME-T03 numaralı örnek)

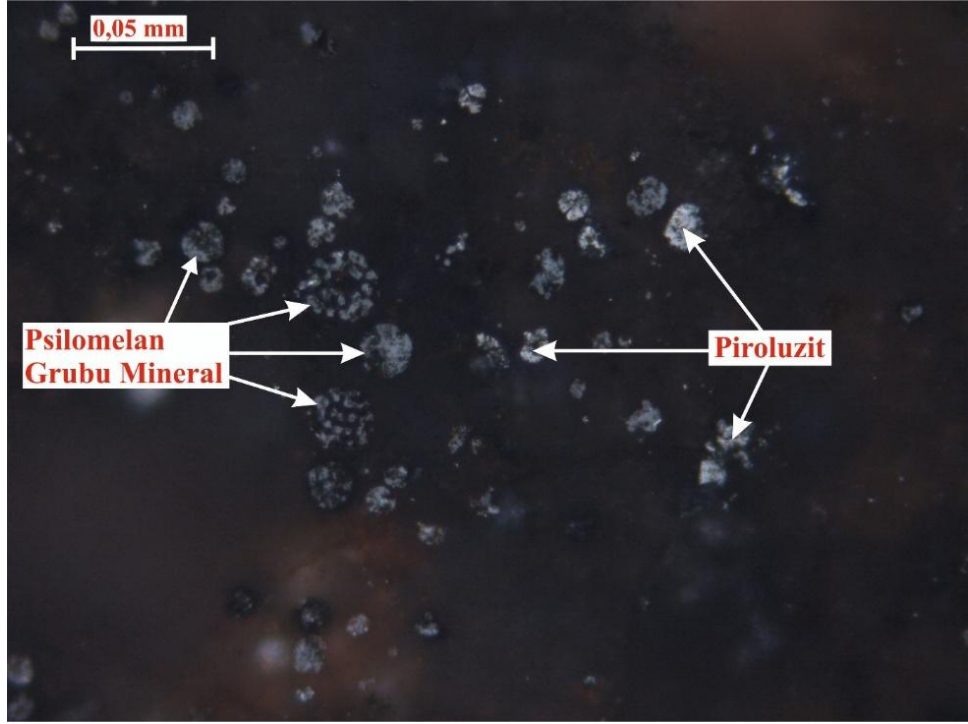
24-ME-T02 numaralı örnekte, limonit mineralleri tarafından çevrelenmiş psilomelan grubu mineraller gözlenmiştir. Örnekte, tipik olarak kolloform doku baskın olup bu yapıların boyutu 29-55 µm arasında değişmektedir. Biyolojik etki ile oluştuğu düşünülen bu doku türü pek çok örnekte yaygın şekilde görülmüştür. Bu bağlamda, fosilleşme sürecinin ardından fosil kavkılarında mineral çökmesi gerçekleşmiş ve böylece

kavkuların iç kısımları piroluzit ile dolmuştur. Limonit çeperlerde gerçekleşen oksitleşme-hidroksitleşme sonucu demir içeren diğer mineralleri ornatmıştır (Şekil 4.10).

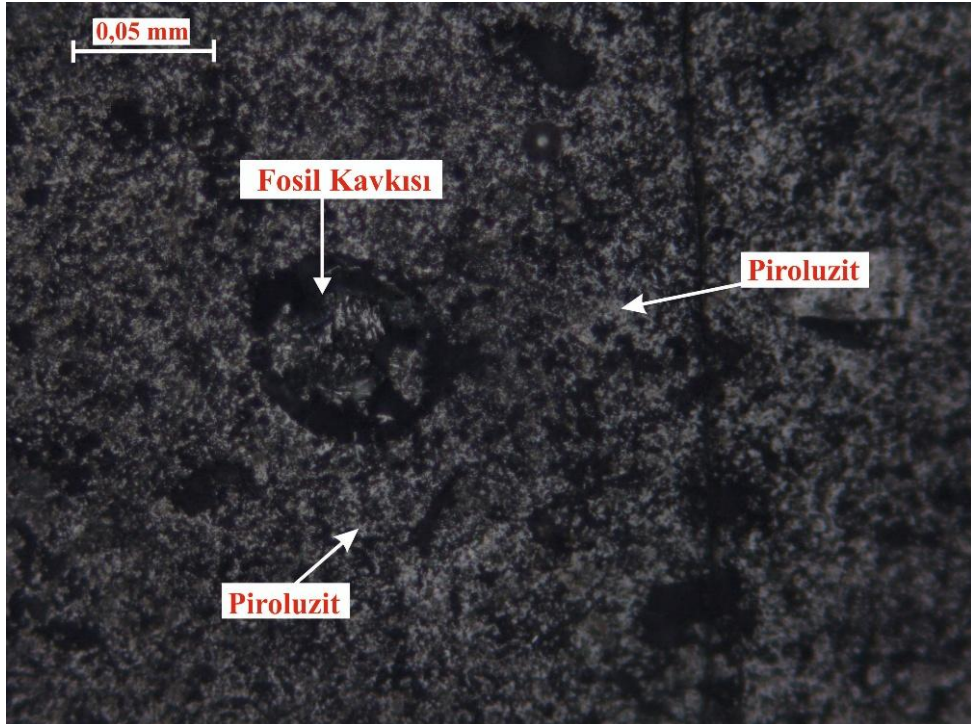


Şekil 4.10 Kolloform doku oluşturan psilomelan ve limonit (24-ME-T02 numaralı örnek)

Bazı cevher örneklerinde, fosil kavkularının iç kısımları mangan minerali ile doldurulmuştur. 24-ME-T01 ve 24-ME-T04 numaralı örneklerde, fosil kavkularının içerisinde piroluzit (~11-26 µm) ile psilomelan grubu (~67 µm) mineraller tespit edilmiştir (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12). Bu kapsamda, fosilleşme sürecinin ardından mangan mineralleri fosil kavkularının localarına yerleşmiştir.

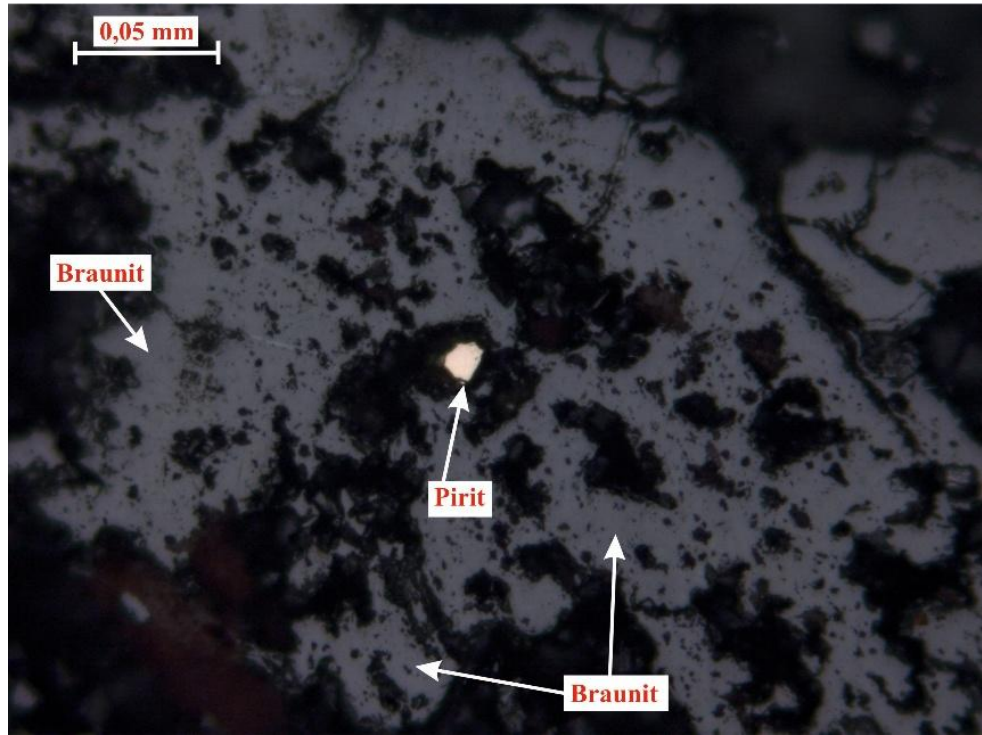


Şekil 4.11 Fossil kavkılarının localarını dolduran piroluzit ve psilomelan grubu mineraller (24-ME-T01 numaralı örnek)

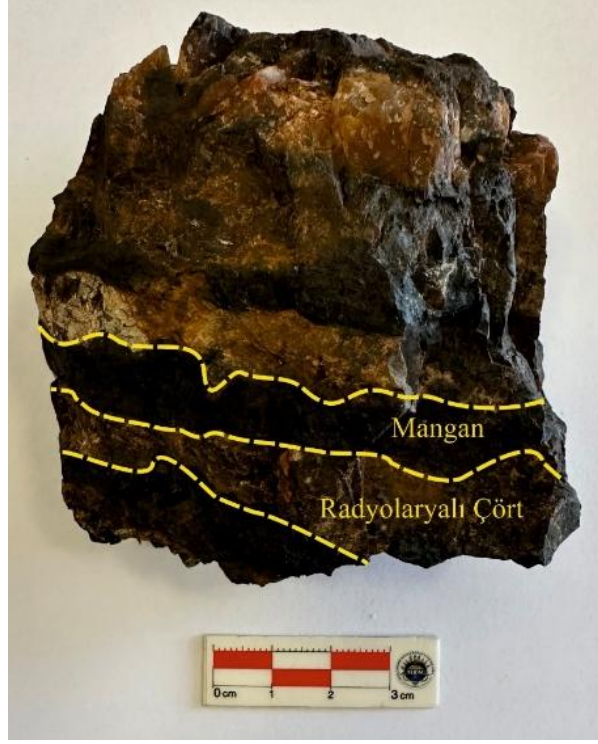


Şekil 4.12 Piroluzit tarafından doldurulmuş fosil kavkısı (24-ME-T04 numaralı örnek)

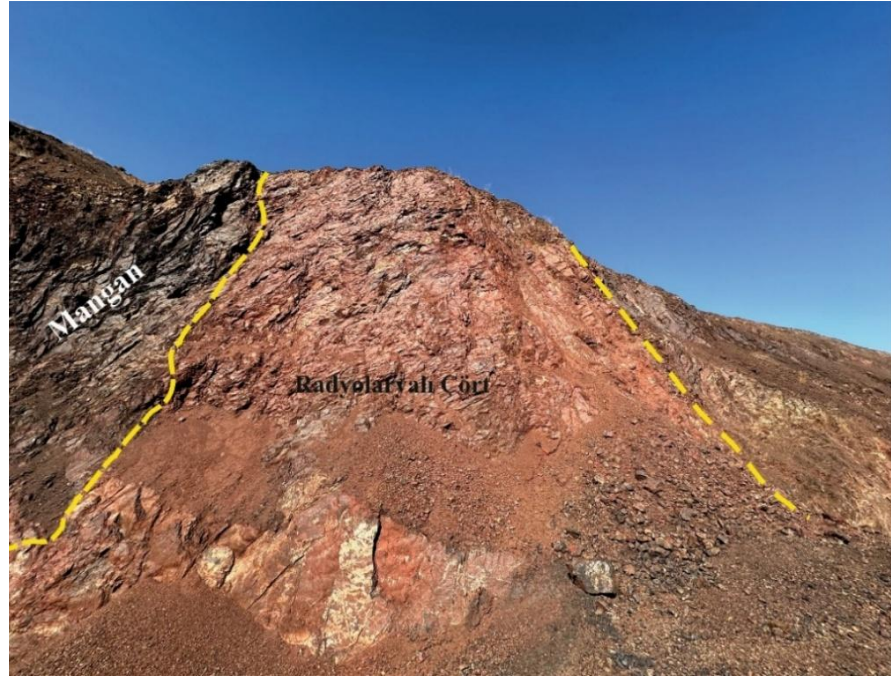
Cevher mikroskobisi incelemelerinde gang minerali olarak hematit, limonit ve çok az pirit (~12 μm) gözlenmiştir (Şekil 4.13). Bu minerallerin yanı sıra, tanımlanamayan opak mineraller de mevcuttur. Çalışma sahasında da yaygın olarak gözlendiği üzere, bu koyu renkli oluşumlar mangan mineralleri ile birlikte görülen kuvars (çört) mineralleridir. Çalışma sahasında mangan-çört geçişi ve ilişkisi yaygın olarak izlenmiş olup alınan örneklerden yapılan analizlerde de neredeyse tüm örneklerde kuvars büyük oranda gözlenmiştir (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15).



Şekil 4.13 24-ME-T15 numaralı örnekte gözlenen braunit içerisinde pirit minerali



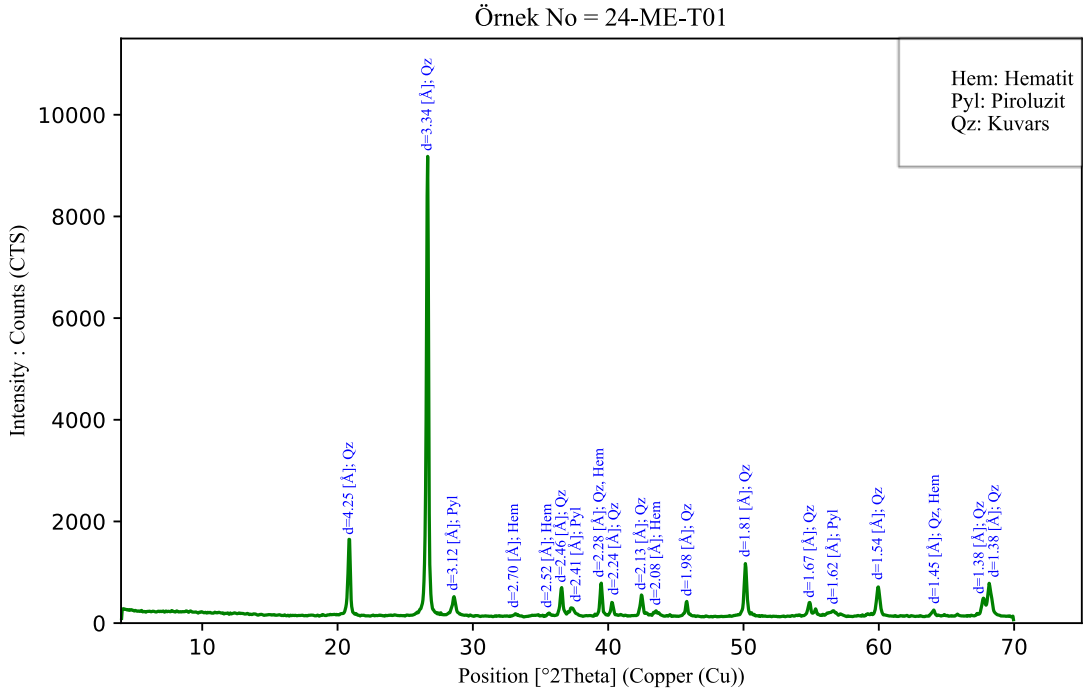
Şekil 4.14 Mangan çört (kuvars) ardalanması (24-ME-T16 numaralı örnek)



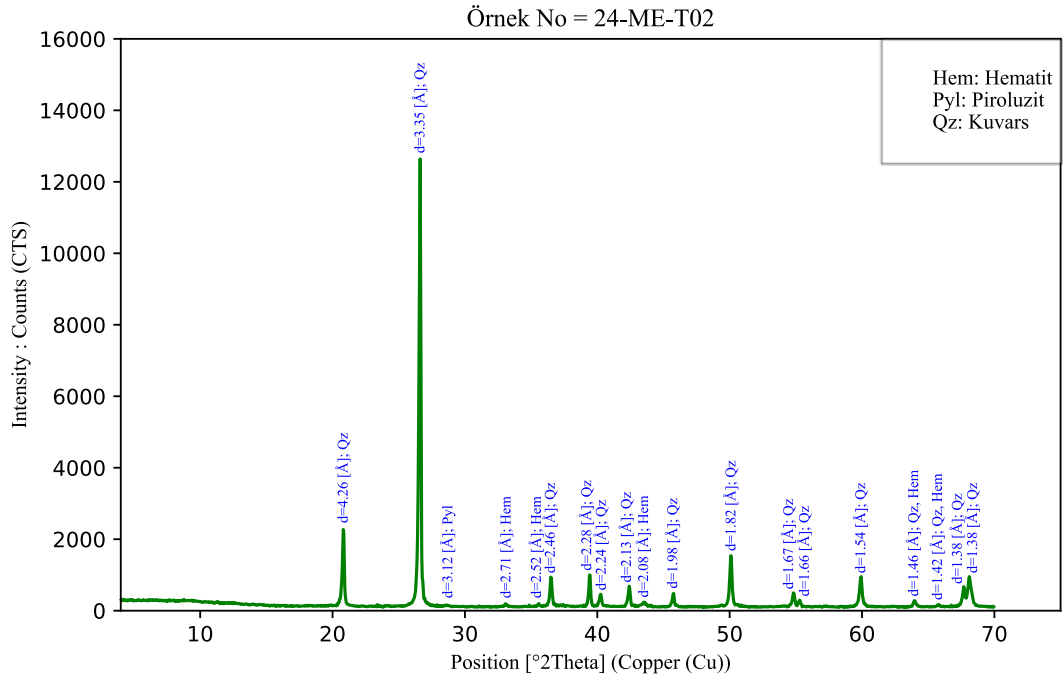
Şekil 4.15 Çalışma sahasının güneyinde bulunan maden ocağında radyolarit-mangan geçiş zonu

4.3 XRD Çalışmaları

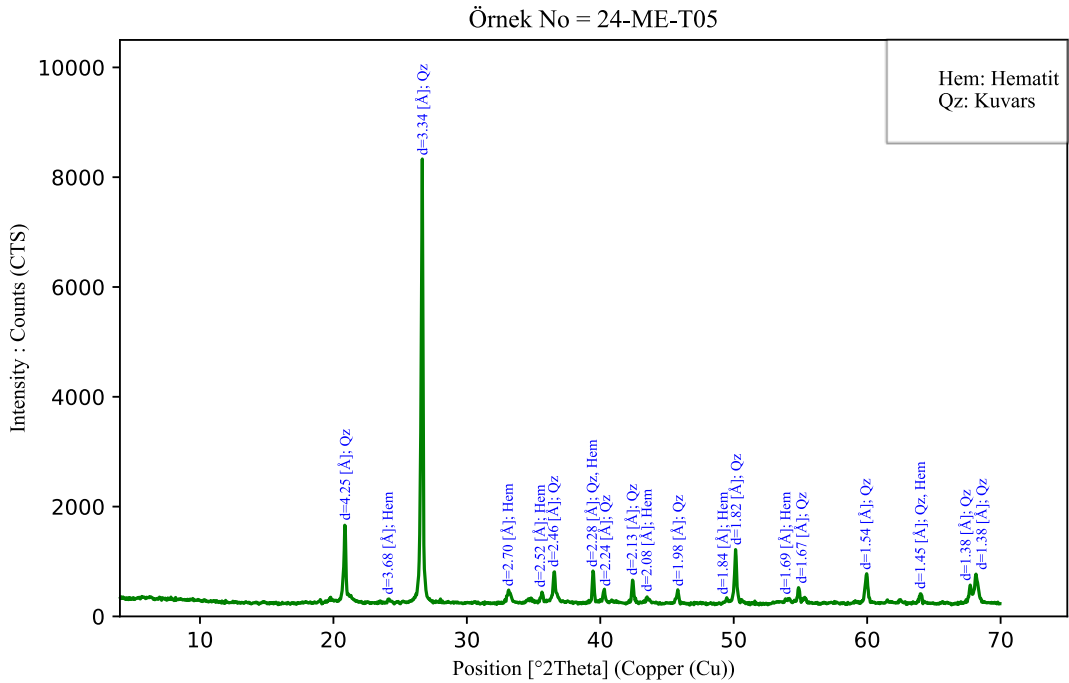
Tilkiköy sahasından alınan cevher ve yan kayaç örneklerine XRD analizi yapılmıştır. 24-ME-T01 numaralı örnekten elde edilen XRD sonuçları cevher mikroskobisi ile paralel çıkmış olup bu bağlamda hematit ve piroluzit mineralleri gözlenmiştir. Cevher mikroskobisinde koyu, siyaha yakın tonlarda görülen kısımların kuvars olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4.16). Mangan çökelleri ile bir arada bulunan çörtlerin XRD analizi sonuçları ise kuvars ve hematitin başlıca gang minerali olduklarını göstermiştir (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18). XRD grafiklerinde yer alan mineral kısaltmaları Whitney ve Evans (2010) esas alınarak yapılmıştır.



Şekil 4.16 24-ME-T01 numaralı örneğe ait XRD grafiği

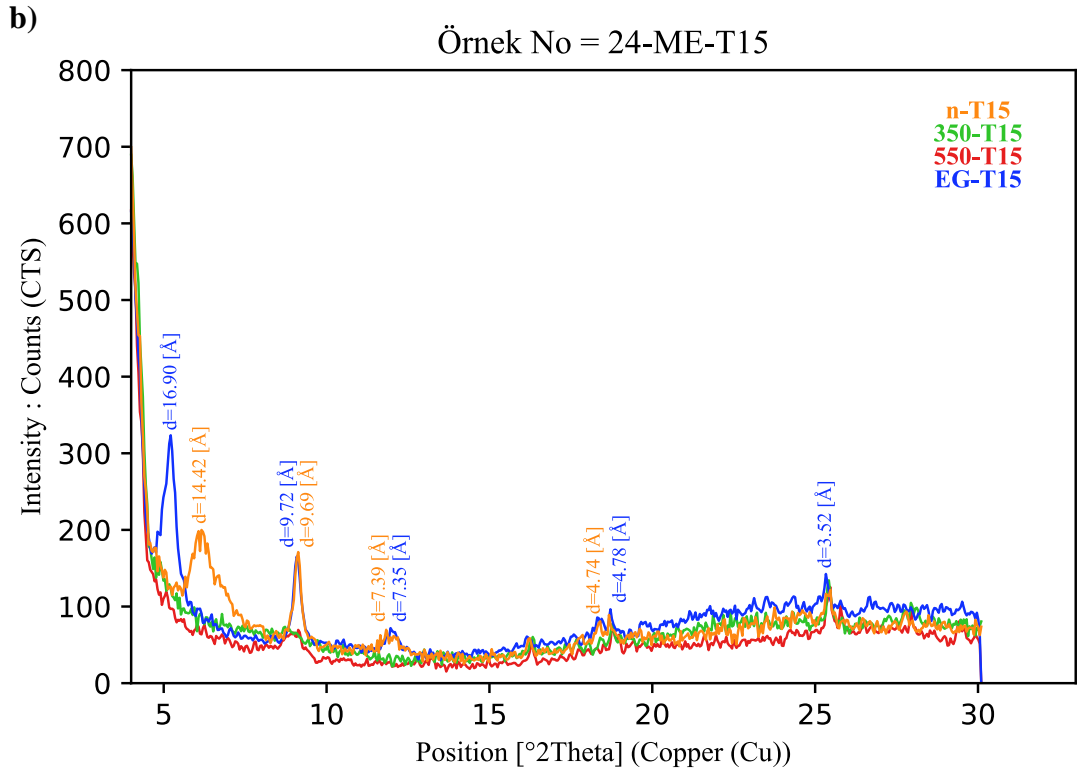
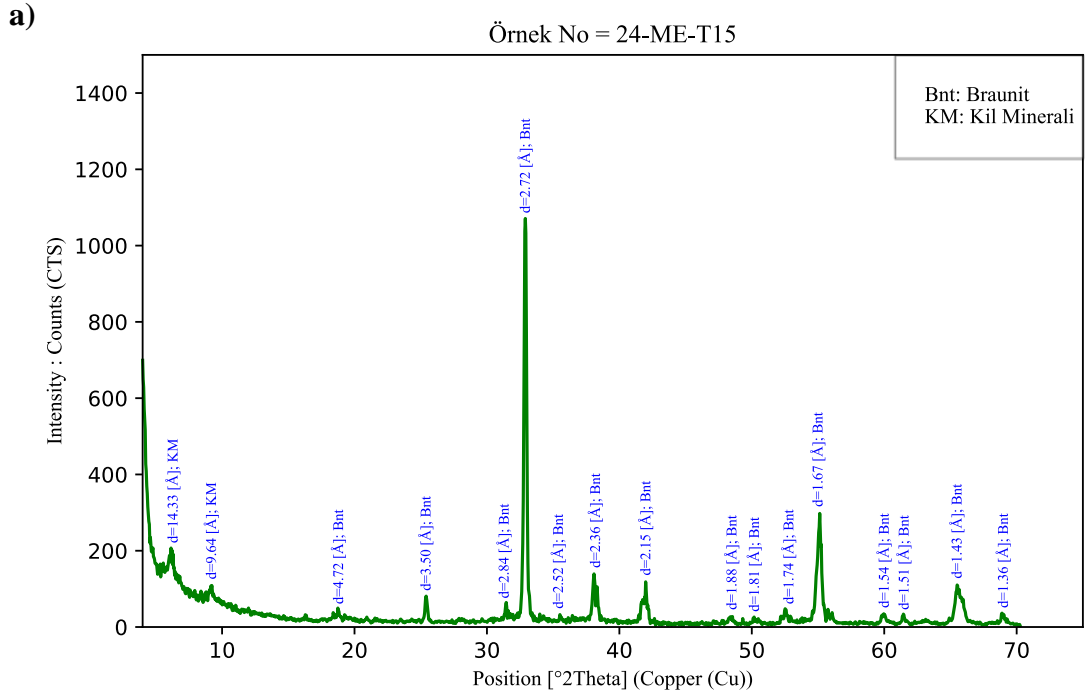


Şekil 4.17 24-ME-T02 numaralı örneğe ait XRD grafiği



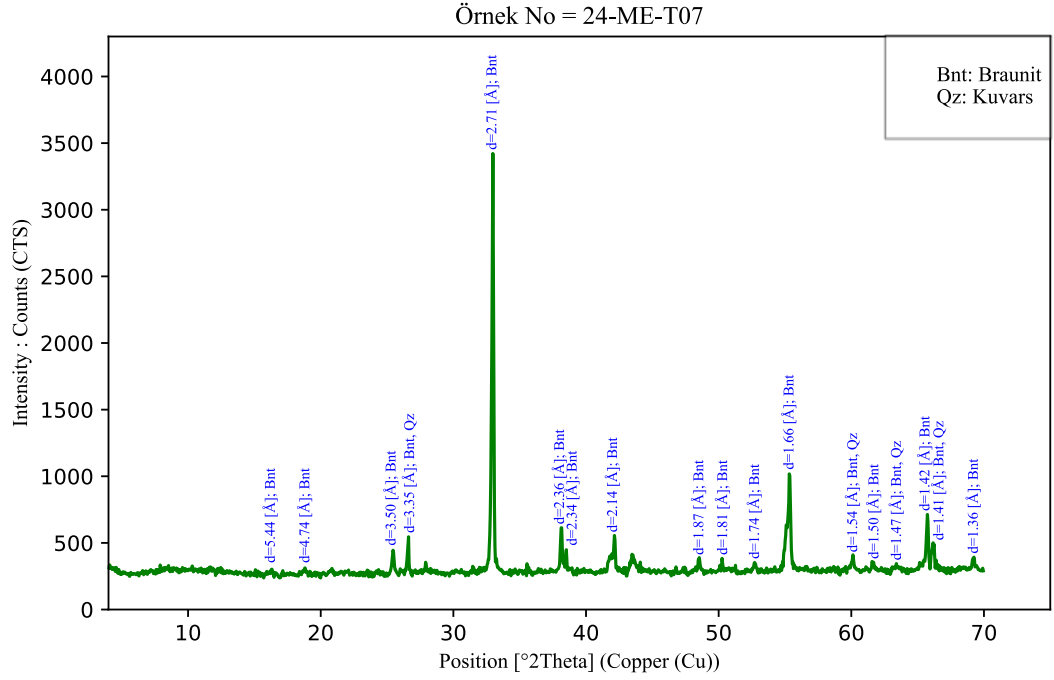
Şekil 4.18 24-ME-T05 numaralı örneğe ait XRD grafiği

Cevher mikroskobisi sonuçlarına paralel olarak, 24-ME-T15 numaralı örneğin XRD analizinde braunit saptanmıştır. Tüm kaya analizi yapılan örnekte 0-15 θ aralığındaki yansımaların kil minerallerine ait oldukları belirlenmiştir. Bu doğrultuda, kil türünü belirleyebilmek adına detaylı kil analizi yapılmıştır. Bunun için örneğin ilk olarak normal (N), fırınlı (350 ve 550°C'de) ve son olarak etilen glikol (EG) ile soğurulmuş olarak XRD analizleri yapılmıştır. Tüm bu çekimlerin ardından oluşan difraktogramlar birbiri ile karşılaştırılıp kil minerallerinin türleri simektit, illit ve kaolen mineralleri olarak belirlenmiştir (Şekil 4.19). Kil türü belirlenirken simektit için normalde ~ 14 A°'da pik veren simektit minerali EG çekimlerde ~ 17 A°'a çıkarken, 350 ve 550°C'de ~ 10 A°'a düştüğü görülmüştür. İllit, yapılan işlemlerden etkilenmeyip tüm analiz sonucunda da ~ 10 A°'a pik vermiştir. Kaolen ise hem normal hem de EG çekimlerinde ~ 7 A° pik göstermiştir.



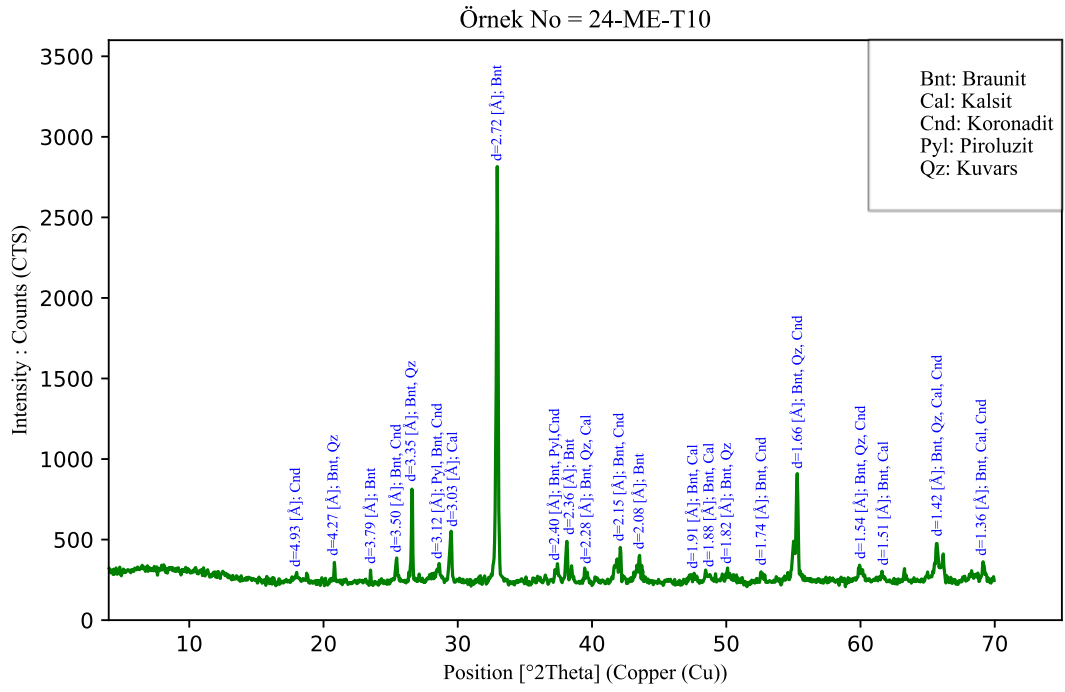
Şekil 4.19 a) 24-ME-T15 numaralı örneğe ait XRD grafiği b) Aynı örneğin kil analizi (n-T15: Normal, 350-T15: 350 °C'de ısıtılan, 550-T15: 550 °C'de ısıtılan, EG-T15: Etilen glikol ile soğurulmuş)

24-ME-T07 numaralı örneğe ait XRD analizinde ise örneğin büyük oranda braunit ve az miktarda kuvars minerallerinden oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 24-ME-T07 numaralı örneğe ait XRD grafiği

Son olarak, 24-ME-T10 numaralı örnekten yapılan XRD analiz sonucuna göre cevher mikroskobisinde görülen minerallere ek olarak kuvars ve kalsit gibi gang mineralleri ve piroluzit gözlenmiştir. Ayrıca, az miktarda psilomelan grubu mineral olan koronadit tanımlanmıştır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 24-ME-T10 numaralı örneğe ait XRD grafiği

5. JEOKİMYA

Bu bölümde, yan kayaç ve cevher örneklerinin jeokimyasal bileşimleri esas alınarak oluşum ortamları ve kökenleri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, 15 adet örneğin nadir toprak element (NTE) ile ana ve eser element tayinleri yapılmıştır. Değerlendirmelerde kullanılan analiz sonuçları Çizelge 5.1, 5.2 ve 5.6'da sunulmuştur. Tüm elementlere ait kimyasal analiz sonuçları ise EK 2 ve EK 3'te verilmiştir.

5.1 Ana ve Eser Element Jeokimyası

Tilkiköy sahasından alınan örneklere ait ana oksit ve eser element içerikleri Çizelge 5.1 ve 5.2'de verilmiştir. Bu verilere göre, örneklerin MnO içerikleri %0.03-64.71 arasında (ortalama %17.0) ve SiO₂ konsantrasyonları %12.3-89.4 arasında (ortalama %65.4) değişmektedir. Örnekler bu bağlamda dört gruba ayrılmış olup mangan sıvımalı radyolarit örneklerinde SiO₂ değerleri yüksek iken MnO içerikleri %5.25-17.60 arasında değiştiği gözlenmiştir. Cevher örneklerinde SiO₂ içeriği %19.3-23.4 arasında ve MnO oranı ise %55.06-64.71 arasındadır. Radyolarit örneklerinde ise SiO₂ değerleri %76.0-89.4 MnO içeriği ise %0.03-0.72 arasında değişmektedir (Çizelge 5.1). Örneklerdeki SiO₂ içeriklerinin yüksek olması (Çizelge 5.1) kuvars varlığı veya ikincil silika oluşmasına yol açan çözelti getirimi ile açıklanabilir. Cevherleşmenin konak kayası olan radyolarit silikanın en önemli kaynağıdır.

Çizelge 5.1 Tilkiköy çalışma sahasına ait örneklerin ana oksit içerikleri (%) (AK: Ateşte kayıp)

Örnek Numarası		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	AK	TOPLAM
24-ME-T01	manganlı radyolarit	74.7	0.22	2.90	0.57	0.29	0.04	0.49	0.07	16.26	0.06	3.98	99.6
24-ME-T02	manganlı radyolarit	85.4	0.01	1.78	0.53	0.27	0.04	0.39	0.06	10.14	0.03	1.70	100.3
24-ME-T03	manganlı radyolarit	85.1	0.01	0.60	0.34	0.21	0.04	0.25	0.01	9.07	0.03	4.57	100.2
24-ME-T04	manganlı radyolarit	73.6	0.01	0.77	0.30	0.23	0.04	0.21	0.01	17.60	0.04	7.64	100.5
24-ME-T05	manganlı radyolarit	72.2	2.09	12.89	1.32	0.32	0.04	0.80	0.18	9.66	0.08	0.37	100.0
24-ME-T06	manganlı radyolarit	80.3	0.69	10.50	0.75	0.31	0.04	0.63	0.09	5.25	0.11	1.56	100.2
24-ME-T07	cevher	23.4	1.71	0.62	1.01	0.59	0.08	0.33	0.08	64.71	0.01	7.56	100.1
24-ME-T10	cevher	23.1	0.73	0.54	2.20	9.71	0.07	0.98	0.01	55.06	0.03	7.83	100.3
24-ME-T15	cevher	19.3	1.13	0.42	3.00	8.99	0.07	0.16	0.00	64.55	0.06	2.55	100.2
24-ME-T08	radyolarit	76.0	7.80	9.96	1.81	0.36	0.03	2.53	0.38	0.72	0.07	0.63	100.3
24-ME-T09	radyolarit	88.8	0.63	5.31	0.51	0.18	0.03	0.46	0.05	0.36	0.06	3.56	100.0
24-ME-T12	radyolarit	88.8	2.27	5.47	0.90	0.23	0.08	0.96	0.12	0.03	0.08	1.67	100.6
24-ME-T13	radyolarit	89.4	0.80	4.91	0.63	0.19	0.18	0.40	0.06	0.10	0.07	3.65	100.4
24-ME-T14	radyolarit	88.8	0.19	4.83	0.51	0.18	0.15	0.21	0.03	0.57	0.07	4.67	100.2
24-ME-T11	marn	12.3	1.68	23.70	14.32	28.10	0.04	0.01	0.02	0.68	0.11	19.74	100.7
En Düşük Değer		12.3	0.01	0.42	0.30	0.18	0.03	0.01	0.00	0.03	0.01	0.37	99.6
En Yüksek Değer		89.4	7.80	23.70	14.32	28.10	0.18	2.53	0.38	64.71	0.11	19.74	100.7
ORTALAMA		65.4	1.3	5.7	1.9	3.3	0.1	0.6	0.1	17.0	0.1	4.8	100.2

Alınan cevher örneklerinin eser element konsantrasyonları (As, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb ve Sr) radyolarit örneklerine kıyasla daha yüksek değerler sunmaktadır (Çizelge 5.2). Hidrotermal akışkanlarda zenginleşen As, Cu, Mo, Pb, Sb, Sr ve V'un Tilkiköy örneklerinde de çoğunlukla yüksek konsantrasyonlara sahip olması hidrotermal akışkan katkısını destekler niteliktedir (Nicholson, 1992; Öksüz ve Kaya, 2021). Mn içerikleri %0.03-50.1 arasında (ortalama %13.2), Fe içerikleri ise %0.30-16.58 arasında (ortalama %3.9) değişmektedir. Fe/Mn oranı 0.01-141 gibi geniş bir aralıkta değişerek eksalatif sedimanter yataklara karşılık gelmektedir (Çizelge 5.3) (Rona, 1978; Nicholson, 1992; Koç vd., 2000). Mn/Fe oranı da benzer şekilde ortam yorumlamasında kullanılmaktadır. Mangan cevherleşmelerinin köken incelemesinde kullanılan bu orana göre, Mn/Fe<1 gölsel yataklara, Mn/Fe~1 ise hidrojenetik, Mn/Fe=1-10 sedimanter eksalatif ve Mn/Fe>10 ise hidrotermal veya hidrotermal+hidrojenetik ortamı ifade etmektedir (Mohapatra vd., 2009). Buna göre, tüm cevher örnekleri hidrotermal veya hidrotermal+hidrojenetik olarak gruplandırılabilir. Aynı zamanda 2 adet manganlı radyolarit örneği de cevher örnekleri ile benzer çıkmış olup hidrojenetik, diğer 2 adet mangan örneği ise sedimanter eksalatif olarak çıkmıştır.

Çizelge 5.2 Tilkiköy çalışma sahasına ait örneklerin eser element içerikleri (ppm)

Örnek Numarası		As	Ba	Be	Bi	Cd	Cs	Cu	Ga	Ge	Hf	In	Mo	Nb
24-ME-T01	manganlı radyolarit	639.1	181	<1	0.1	0.02	2	191	3.7	1	0.28	0.8	3.95	1.2
24-ME-T02	manganlı radyolarit	162.6	255	<1	0.08	0.04	1	124	1.9	1.2	0.29	0.7	2.94	0.8
24-ME-T03	manganlı radyolarit	222.4	582	<1	0.06	<0.02	1	212	4.3	1.9	0.16	0.7	4.67	0.6
24-ME-T04	manganlı radyolarit	356.8	473	<1	0.1	<0.02	<1	610	12.5	1.5	0.14	0.8	21.5	0.6
24-ME-T05	manganlı radyolarit	719.4	223	1	0.17	<0.02	4	464	5.4	1.1	0.92	0.8	5.56	3.3
24-ME-T06	manganlı radyolarit	210.8	170	<1	0.22	0.06	5	161	3.3	0.9	0.6	0.8	1.39	1.7
24-ME-T07	cevher	40.6	359	1	0.09	<0.02	<1	1335	28.1	3	0.35	1.7	28.1	1.4
24-ME-T10	cevher	59	>10000	<1	0.12	0.18	<1	232	21.5	4.3	0.24	2.1	113	1.1
24-ME-T15	cevher	68.7	903	1	0.06	0.11	<1	94.8	26.7	6.5	0.16	1.7	38.1	0.8
24-ME-T08	radyolarit	111.8	235	1	0.42	<0.02	20	65.9	12.8	2.5	2.22	0.7	1	8.4
24-ME-T09	radyolarit	32	117	<1	0.09	<0.02	3	19.9	2.5	0.9	0.28	0.7	0.35	1
24-ME-T12	radyolarit	86.7	90	<1	0.16	<0.02	6	55.3	3.1	2.9	0.65	0.7	0.14	1.6
24-ME-T13	radyolarit	53.3	94	<1	0.14	<0.02	3	62.6	1.7	0.8	0.37	0.7	0.2	1.2
24-ME-T14	radyolarit	54.3	130	<1	0.07	<0.02	2	31.5	1.4	1.3	0.23	0.7	0.74	0.8
24-ME-T11	marn	847.5	22	<1	<0.04	1.15	<1	9.9	3.1	1.2	0.09	0.7	1.7	<0.1
En Düşük Değer		32	22	1	0.06	0.02	1	9.9	1.4	0.8	0.09	0.7	0.14	0.6
En Yüksek Değer		847.5	903	1	0.42	1.15	20	1335	28.1	6.5	2.22	2.1	113	8.4
ORTALAMA		244.3	273.9	1.0	0.1	0.3	4.7	244.6	8.8	2.1	0.5	1.0	14.9	1.8

Örnek Numarası		Ni	Pb	Rb	Sb	Sc	Sr	Ta	Tl	Th	U	V	Zr
24-ME-T01	manganlı radyolarit	67.5	11	13.2	<0.05	3.1	190	0.08	0.23	0.7	0.67	39	13.9
24-ME-T02	manganlı radyolarit	15.4	14	7.4	<0.05	1.9	370	0.07	0.71	0.7	0.29	24	12.5
24-ME-T03	manganlı radyolarit	13.1	69	5.5	<0.05	0.8	154	0.07	0.13	0.4	0.65	26	6.8
24-ME-T04	manganlı radyolarit	37.2	38	4.2	<0.05	1.2	237	0.06	0.89	0.4	1.6	59	7.3
24-ME-T05	manganlı radyolarit	78.9	50	31.1	0.54	6.4	308	0.11	0.38	1.7	0.78	49	42.1
24-ME-T06	manganlı radyolarit	61.2	21	25.3	<0.05	4.2	159	0.08	0.28	1.5	0.39	34	32.7
24-ME-T07	cevher	130	52	2	0.16	2.2	111	0.09	7.88	1.4	2.76	125	13.9
24-ME-T10	cevher	91.1	57	5.6	2.67	1.4	1522	0.05	34.6	0.7	2.99	223	7.2
24-ME-T15	cevher	131	64	2	14	1.3	1067	<0.05	0.52	0.5	2.86	573	6
24-ME-T08	radyolarit	54.5	19	139	2.53	10.9	116	0.5	0.78	6.5	0.89	69	96.7
24-ME-T09	radyolarit	9.9	3	16.7	<0.05	2	76.3	0.06	0.1	1	0.28	12	12.5
24-ME-T12	radyolarit	18.9	13	35.6	<0.05	3.7	84.6	0.11	0.21	2.2	0.62	44	26.1
24-ME-T13	radyolarit	13.4	3	16.9	<0.05	2.1	160	0.09	0.1	0.8	0.2	14	15.7
24-ME-T14	radyolarit	14.3	8	8.7	<0.05	1.6	92.6	0.05	0.2	0.9	1.09	14	10.4
24-ME-T11	marn	2341	5	0.8	6.31	88.9	190	<0.05	<0.02	<0.2	0.63	228	19.8
En Düşük Değer		9.9	3.0	0.8	0.2	0.8	76.3	0.1	0.1	0.4	0.2	12.0	6.0
En Yüksek Değer		2341.0	69.0	139.0	14.0	88.9	1522.0	0.5	34.6	6.5	3.0	573.0	96.7
ORTALAMA		205.2	28.5	20.9	4.4	8.8	322.5	0.1	3.4	1.4	1.1	102.2	21.6

Sedimanter Fe-Mn yataklarında ortalama Al içeriği %8.82, Ti ise %0.91 civarındadır (Karataş ve Akyıldız, 2016). Al ve Ti çökelme ortamına nehirler ile katı partiküller şeklinde taşınan düşük çözünürlüğe sahip elementlerdir. Bu iki elementin bollukları depolanma ortamına giriş yapan kırıntılı fazların miktarını gösterir (Aydoğan, 2022). Tilkiköy örneklerinde Al ve Ti ortalama konsantrasyonları sırasıyla %1.21 ve %0.05 olarak belirlenmiştir. Bu değerler sedimanter tip yataklara göre oldukça düşüktür.

Çizelge 5.3 Tilkiköy çalışma sahasına ait örneklerin Fe, Mn, Fe/Mn ve Mn/Fe oranları (%)

Örnek Numarası		Mn	Fe	Fe/Mn	Mn/Fe
24-ME-T01	manganlı radyolarit	12.59	2.03	0.16	6.22
24-ME-T02	manganlı radyolarit	7.85	1.25	0.16	6.29
24-ME-T03	manganlı radyolarit	7.03	0.42	0.06	16.70
24-ME-T04	manganlı radyolarit	13.63	0.54	0.04	25.47
24-ME-T05	manganlı radyolarit	7.48	9.02	1.21	0.83
24-ME-T06	manganlı radyolarit	4.07	7.34	1.81	0.55
24-ME-T07	cevher	50.12	0.43	0.01	115.94
24-ME-T10	cevher	42.64	0.38	0.01	112.07
24-ME-T15	cevher	49.99	0.30	0.01	168.57
24-ME-T08	radyolarit	0.56	6.97	12.47	0.08
24-ME-T09	radyolarit	0.28	3.71	13.31	0.08
24-ME-T12	radyolarit	0.03	3.83	141.79	0.01
24-ME-T13	radyolarit	0.08	3.43	42.54	0.02
24-ME-T14	radyolarit	0.44	3.38	7.61	0.13
24-ME-T11	mar	0.53	16.58	31.31	0.03
En Düşük Değer		0.03	0.30	0.01	0.01
En Yüksek Değer		50.12	16.58	141.79	168.57
ORTALAMA		13.15	3.97	16.83	30.20

Vanadyum alterasyona dirençli bir elementtir (Jiancheng vd, 2006; Öksüz ve Kaya, 2021). Hidrotermal alterasyon, metasomatizma veya düşük dereceli metamorfizma gibi süreçlerde genellikle duraylıdır. Bundan dolayı $V/(V+Ni)$ oranı ortam hakkında bilgi vermekte olup bu değer karasal katkıya bağlı olarak artmaktadır. Marynowski vd. (2012)'ye göre, $V/(V+Ni)$ değeri <0.6 ise mineralizasyon ortamı anoksik, >0.6 ise oksik karakterdedir. Tilkiköy örnekleri için hesaplanan değerler Çizelge 5.4'te verilmiş olup 6 adet değer >0.6 geriye kalan 9 adet örneğe ait değerler ise <0.6 şeklindedir. Bu bağlamda, Tilkiköy mangan cevherlerinin oksik-anoksik ortam koşullarında oluştuğu söylenebilir.

Her ikisi de geçiş metali olan kobalt (Co) ve nikel (Ni) benzer jeokimyasal özellik göstermelerinden dolayı doğada genellikle birlikte bulunurlar. Bu kapsamda, Co/Ni oranı mangan yataklarındaki oluşum süreçlerini ortaya koymak açısından yaygın olarak kullanılan bir parametredir (Delian vd., 1992; Fernandez ve Moro, 1998; Öksüz ve Kaya, 2021). Co/Ni oranı çökme ortamı ve sedimantasyon türü hakkında bilgi sağlar. Buna göre, $Co/Ni < 1$ sedimanter kökeni, $Co/Ni > 1$ ise derin denizel ortamı ifade etmektedir (Toth, 1980; Delian vd., 1992; Fernandez ve Moro, 1998; Öksüz ve Kaya 2021). Tilkiköy örneklerinin Ni içerikleri 9.9-2341 ppm, Co içerikleri ise 29.5-895 ppm arasında değişmektedir. Örneklerden 4 adeti için Co/Ni oranı 1'den küçük iken 11 adet örneğin ise

Co/Ni oranı 1 ve 1'den büyük çıkmıştır. Buradan elde edilen çıkarıma göre, çökelmenin derin deniz koşullarında gerçekleştiği söylenebilir. Ayrıca Co/Ni oranı 2.82, Co/Zn oranı ise 2.87'dir.

Çizelge 5.4 Tilkiköy çalışma sahasına ait örneklerin V, Ni, V+Ni ve V/(V+Ni) oranları (ppm)

Örnek Numarası		V	Co	Ni	V+Ni	V/(V+Ni)	Co/Ni
24-ME-T01	manganlı radyolarit	39	41.2	67.5	106.5	0.37	0.61
24-ME-T02	manganlı radyolarit	24	87	15.4	39.4	0.61	5.65
24-ME-T03	manganlı radyolarit	26	92.4	13.1	39.1	0.66	7.05
24-ME-T04	manganlı radyolarit	59	93.3	37.2	96.2	0.61	2.51
24-ME-T05	manganlı radyolarit	49	78	78.9	127.9	0.38	0.99
24-ME-T06	manganlı radyolarit	34	61.3	61.2	95.2	0.36	1.00
24-ME-T07	cevher	125	293	130	255	0.49	2.25
24-ME-T10	cevher	223	331	91.1	314.1	0.71	3.63
24-ME-T15	cevher	573	895	131	704	0.81	6.83
24-ME-T08	radyolarit	69	39.6	54.5	123.5	0.56	0.73
24-ME-T09	radyolarit	12	35.7	9.9	21.9	0.55	3.61
24-ME-T12	radyolarit	44	41.3	18.9	62.9	0.70	2.19
24-ME-T13	radyolarit	14	29.5	13.4	27.4	0.51	2.20
24-ME-T14	radyolarit	14	42.7	14.3	28.3	0.49	2.99
24-ME-T11	marn	228	201	2341	2569	0.09	0.09
En Düşük Değer		12.00	29.50	9.90	21.90	0.09	0.09
En Yüksek Değer		573.0	895.0	2341.0	2569.0	0.81	7.05
ORTALAMA		102.20	157.47	205.16	307.36	0.53	2.82

Türkiye'deki diğer denizel mangan yataklarına yönelik jeokimyasal veriler Çizelge 5.5'te verilmiştir. Buna göre, Tilkiköy mangan cevherleri diğer hidrotermal yataklar ile örtüşmektedir. Ancak SiO₂ içerikleri biraz yüksek olmakla birlikte Na₂O, K₂O ve TiO₂ içerikleri diğer hidrotermal yataklara yakındır. MnO içerikleri diğer yataklara kıyasla düşük olmasına karşın hidrotermal yataklara ait değerlerle örtüşmektedir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5 Ülkemizdeki bazı mangan yataklarının ana oksit içerikleri (%)

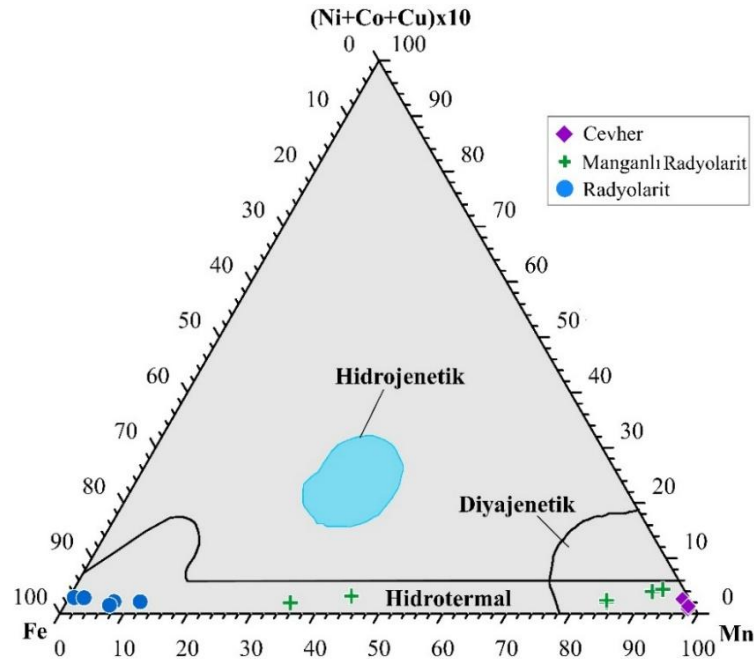
Çalışma Alanı	Cevherleşme Türü	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
İstanbul-Binkılıç [1]	<i>sedimantar</i>	10.65	2.85	2.46	1.27	18.96		0.56	0.02	33.39	0.31
Kırıkkale-Keskin-Kaşmağa [2]	<i>volkanosedimantar</i>	13.43	2.95	14.33	12.72	6.82	0.06	0.19	0.1	40.43	0.08
Yozgat-Cihanpaşa [3]	<i>hidrotermal</i>	55.99	0.41	0.68	0.21	0.47	0.01	0.08	0.01	34.74	0.03
Yozgat-Aşağı Eğerci [4]	<i>hidrotermal</i>	18.17	1.14	16.5	0.54	15.76	0.15	0.69	0.17	27.67	0.2
Ankara-Çayırılı, Harapağlılar, Ortabel [5]	<i>hidrotermal</i>	63.02	0.65	0.68	0.2	0.24	0.05	0.11	0.03	29.22	0.04

[1] Öztürk ve Frakes, 1995; [2] Koç vd., 2000; [3] Aydoğan, 2022; [4] Ökstüz ve Kaya, 2021; [5] Karakuş, 2005.

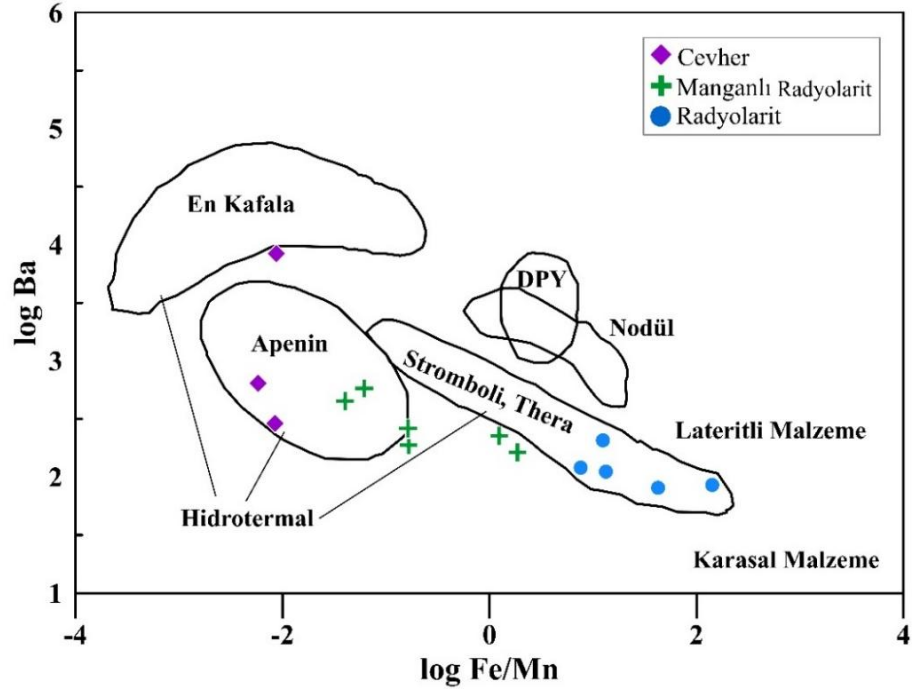
Tilkiköy mangan cevherleşmesinin jeokimya verileri çeşitli diyagramlar ve grafikler ile değerlendirilmiştir. Hidrotermal yataklar yer kabuğunun altında yüksek basınç ve sıcaklık

köşesine yakın dağılım göstermiştir. Ni, Co ve Cu gibi elementlerin hidrotermal yataklarda birikimi hidrojenetik yataklara kıyasla düşüktür (Bonatti vd., 1972). Dolayısıyla, Tilkiköy örneklerinde düşük olan bu elementler ağırlıklı olarak hidrotermal ve kısmen diyajenetik bir kökene işaret etmektedir (Şekil 5.2).

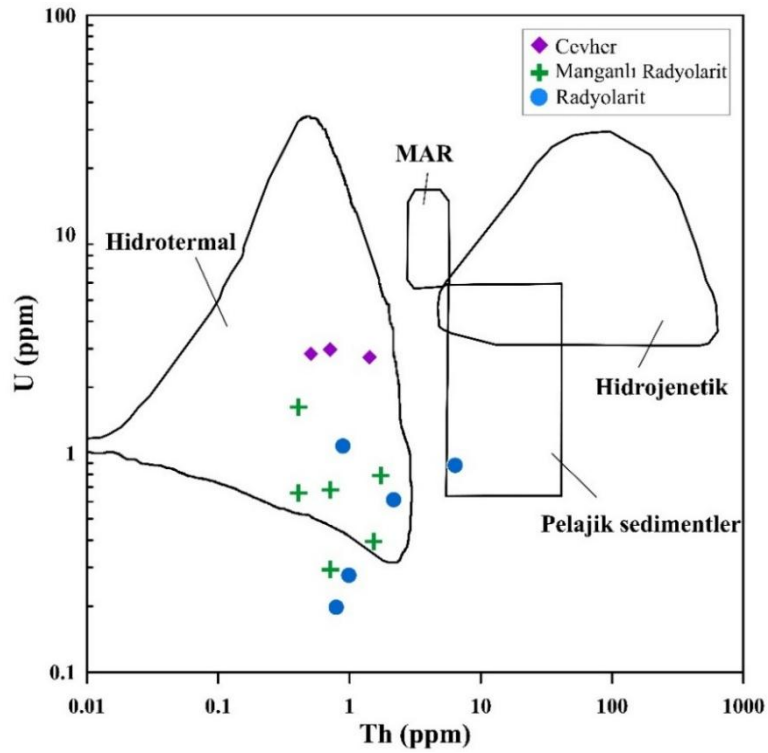
Şekil 5.3'te gösterilen log (Fe/Mn)-log Ba grafiğinde (Boström, 1983), farklı mangan yatakları karşılaştırılmıştır. Bu diyagramda, Tilkiköy örneklerinin geniş bir aralıkta değişen Fe/Mn oranı ancak görece dar bir aralıkta değişen Ba bileşimleri ile hidrotermal yatakların olduğu bölgede yoğunlaştığı görülmüştür. Cevher ve manganlı radyolarit örnekleri ağırlıklı olarak Apenin tipi hidrotermal yataklarla örtüşürken radyolarit örnekleri ise Stromboli, Thera tipi hidrotermal yataklara uyum göstermiştir. Hidrotermal yataklarda U/Th oranı <10.2 iken hidrojenetik yataklarda ise bu oran daha yüksektir (Adachi vd., 1986; Türkyılmaz, 2004; Karataş ve Akyıldız, 2016). Bu kapsamda, Th-U konsantrasyonlarına göre, Tilkiköy mangan örneklerinin büyük bir kısmı hidrotermal alana düşmektedir (Şekil 5.4). Manganlı radyolarit örneklerinden bir tanesi ve iki adet radyolarit örneği ise hidrotermal alanın dışında yer alırken bir adet radyolarit örneği ise pelajik sedimentler sınırında yer almıştır.



Şekil 5.2 Fe-(Ni+Co+Cu)x10-Mn üçgen diyagramı (Bonatti vd., 1972; Crerar vd., 1982; Hein vd., 1992; Öksüz, 2011)



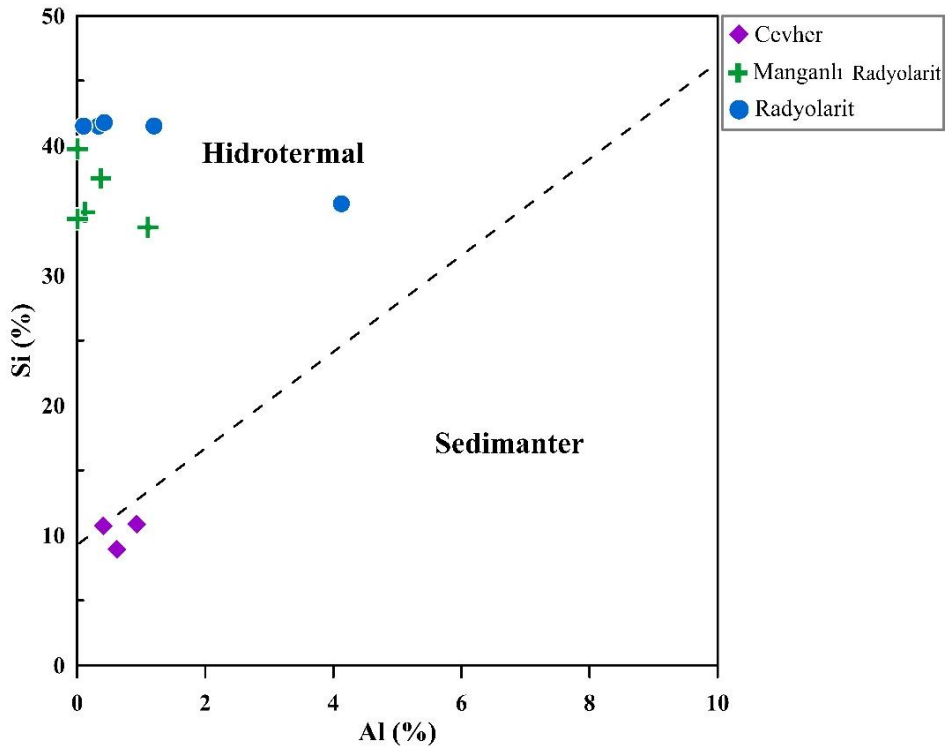
Şekil 5.3 log (Fe/Mn)-log Ba diyagramında farklı tür mangan yataklarının karşılaştırması (DPY: Denizaltı Piroklastik Yığılıkları) (Boström, 1983)



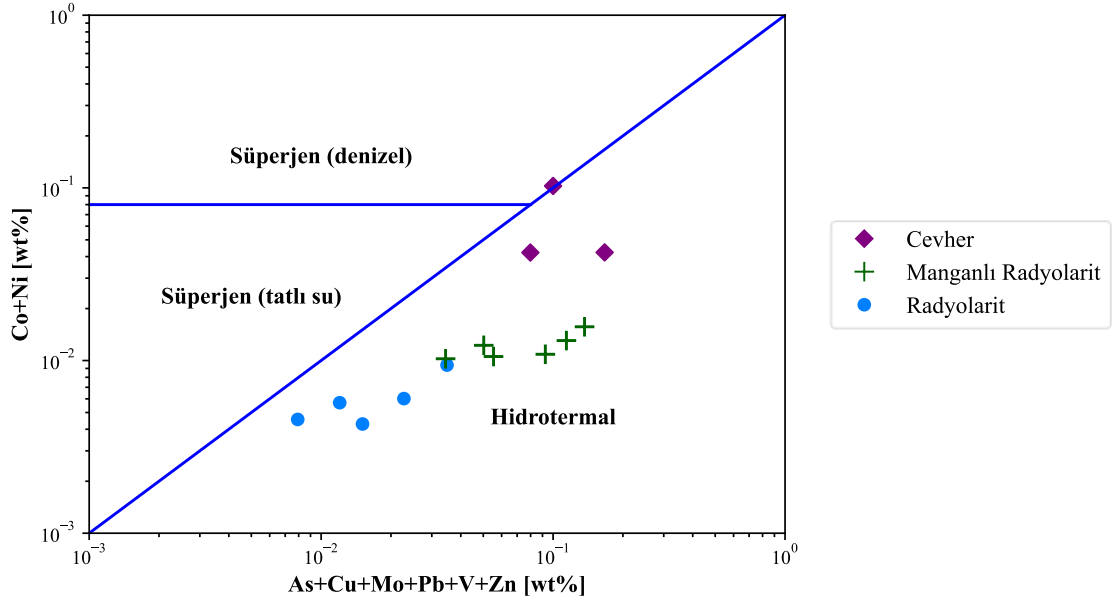
Şekil 5.4 Tilkiköy örneklerine ait Th-U diyagramı (MAR: Orta Atlantik Sırtı) (Adachi vd., 1986; Türkyılmaz, 2004; Karataş ve Akyıldız, 2016)

Toth (1980) tarafından oluşturulan Al-Si diyagramında (Şekil 5.5), Tilkiköy örneklerinin büyük bir çoğunluğu hidrotermal, bazıları (3 cevher örneği) ise sedimanter alana düşmüştür. Krauskopt (1985)'a göre, radyolarya, diatom gibi silis kullanan mikroorganizmalar ve kısmen de glaukonit, otijenik feldispat, klorit ve illit minerallerinin çökmesi deniz suyunda silika içeriğinin çok düşük olmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla, örneklerin bazılarında gözlenen yüksek SiO₂ radyolaritlerden kaynaklanmaktadır.

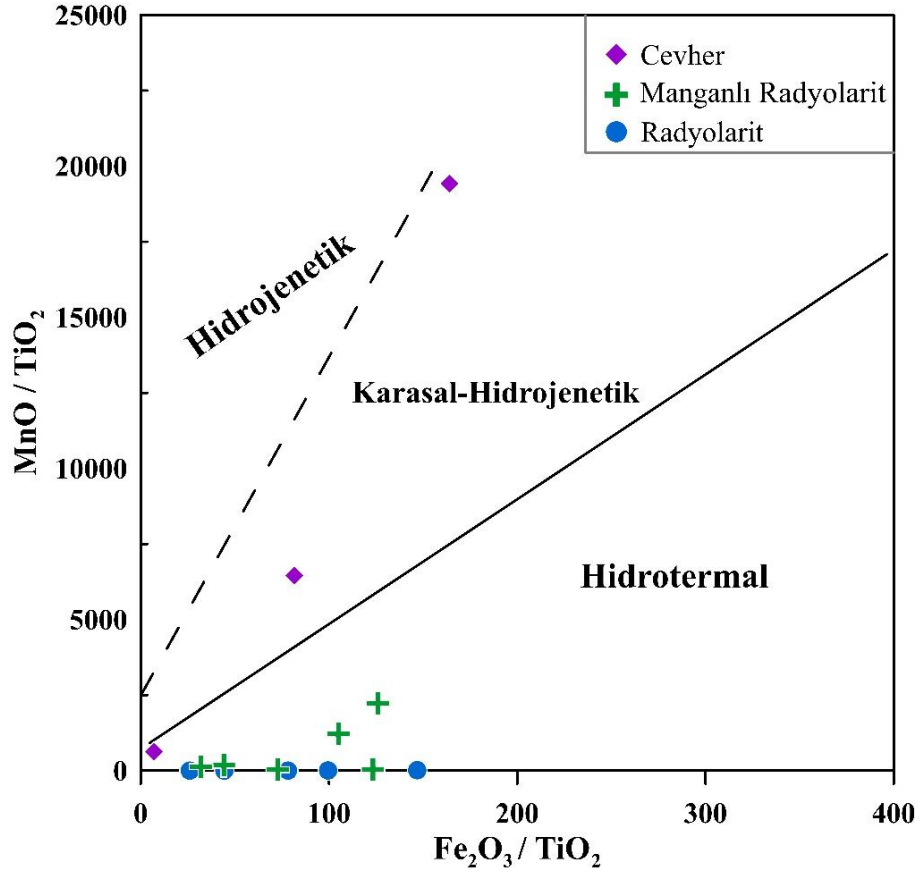
Nicholson (1992) diyagramına yerleştirilen Tilkiköy örnekleri ağırlıklı olarak hidrotermal alana yerleşmiş olup bir cevher örneği süperjen-hidrotermal sınırında yer almıştır (Şekil 5.6). Bu sonuçlar Tilkiköy mangan cevherlerini çökeltten akışkanın başlıca hidrotermal kaynaklı olduğunu göstermektedir. Sedimanter çökellerde Al ve Ti bollukları hidrotermal oluşumlardan daha fazladır. Benzer jeokimyasal özelliklerinden dolayı bu iki element birlikte hareket ederler (Vural ve Ersen, 2019). MnO/TiO₂-Fe₂O₃/TiO₂ diyagramında, iki cevher örneği hariç, Tilkiköy sahasına ait cevher, manganlı radyolarit ve radyolarit örneklerinin büyük bir kısmı hidrotermal alanda yoğunlaşmıştır (Şekil 5.7).



Şekil 5.5 Tilkiköy sahasından alınan örneklerin Al-Si (%) ayırım grafiği



Şekil 5.6 Hidrotermal-süperjen ayırım diyagramı (Nicholson, 1992; Sedki vd., 2019)



Şekil 5.7 Tilkiköy örnekleri için MnO/TiO₂-Fe₂O₃/TiO₂ diyagramı (Sadıklar vd., 1995)

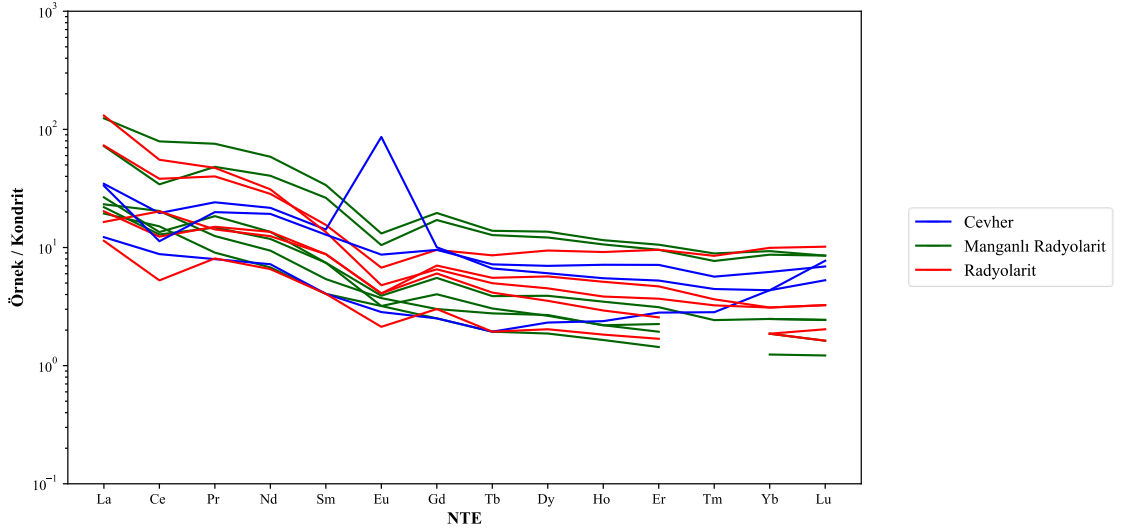
5.2 Nadir Toprak Element (NTE) Jeokimyası

Nadir toprak elementleri (NTE) cevher oluşumunu ve kökenini anlamak açısından büyük önem taşır (Öksüz, 2011). Tilkiköy örneklerinin toplam NTE değerleri 14.48-143.55 ppm arasında değişmekte olup ortalama 55.9 ppm olarak belirlenmiştir. Örneklerin $\sum\text{HNTE}/\sum\text{ANTE}$ (Toplam Hafif Nadir Toprak Elementleri/Toplam Ağır Nadir Toprak Elementler) oranı 1.52-21.17 ve ortalama 7.86 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.6). Örneklerin NTE bileşimleri Sun ve McDonough (1989)'a ait değerler kullanılarak kondrite göre normalize edilmiş ve element değişim diyagramı çizilmiştir (Şekil 5.8). Bu diyagram ile Çizelge 5.6'da hesaplanan Ce*, Eu* gibi değerler birbirini desteklemiştir. Diyagramdan görüleceği üzere, HNTE'ler ANTE'e göre yaklaşık 10 kat zengindirler. Örneklerin çok büyük bir kısmı (1 örnek hariç) Ce ve Eu için belirgin olmakla birlikte Tb ve Tm elementleri dahil negatif anomali sergilemektedir. Örnekler genel olarak Ce negatif anomali sergilemiştir. Bu bulgu hidrotermal yataklara karşılık gelmektedir (Karataş ve Akyıldız, 2016). Ayrıca, Eu da tüm örnekler için negatif anomali gösterirken bir cevher örneği pozitif anomali ile sapma göstermiştir. Yaygın şekilde izlenen negatif Eu anomalisi cevherleşmenin 250°C'nin altında bir sıcaklıkta çökeldiğini gösterirken pozitif anomalisi ise çözeltili sıcaklığının 250°C'nin üzerinde olduğunu işaret eder (Usui ve Someya, 1997; Karataş ve Akyıldız, 2016). Bu durumda, negatif Eu anomalisine göre, cevherleşmeyi oluşturan çözeltili sıcaklığının 250°C'nin altında olabileceği söylenebilir. Pr ve Gd ise pozitif anomali göstermiştir. Ce elementine ait negatif anomali hidrotermal yataklara özgü bir işarettir. Buna karşın, pozitif anomali hidrojenetik yataklar için oldukça tipiktir (Karataş ve Akyıldız, 2016). Hidrotermal ve hidrojenetik ferromangan ve mangan yataklarının NTE içerikleri büyük ölçüde farklılık gösterir. Bu bağlamda, NTE bileşimleri denizaltı mangan ve ferromangan cevherlerinin oluşum süreci hakkında önemli bilgi sağlar (Toth, 1980; Hein vd., 1992; Öksüz ve Okuyucu, 2014). Şekil 5.9'da Tilkiköy örneklerinin NTE bileşimleri Türkiye'deki diğer mangan yataklarından olan Kırıkkale-Keskin-Kaşımağa (Koç vd., 2000), Yozgat-Cihanpaşa (Aydoğan, 2022), Adıyaman-Çağlalı ve Bezardağı (Karataş ve Akyıldız, 2016) verileri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, Tilkiköy ile söz konusu mangan yataklarının NTE verileri hidrotermal yataklarla örtüşmektedir.

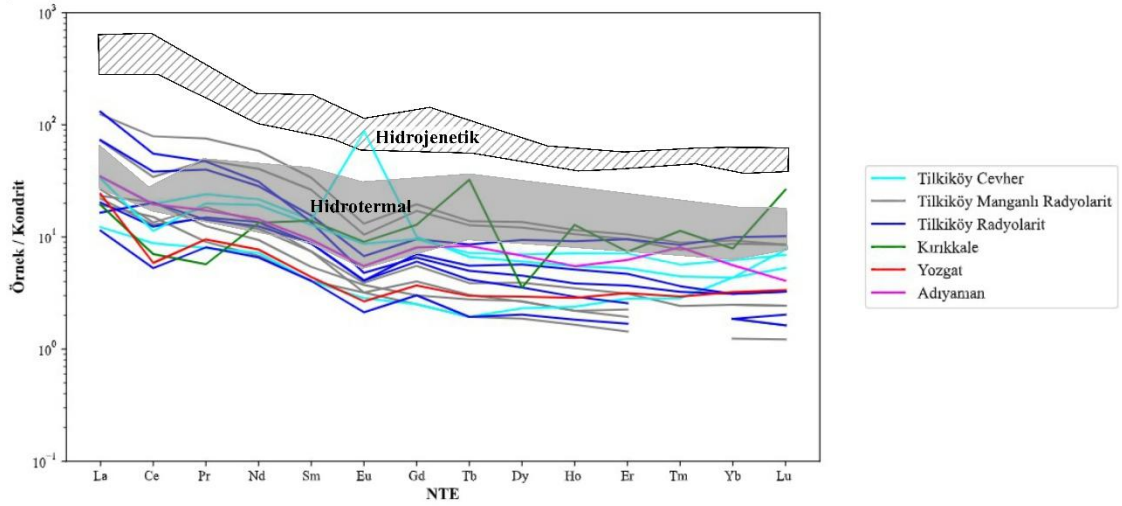
Çizelge 5.6 Tilkiköy örneklerine ait eser element içerikleri (ppm)

Örnek Numarası		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
24-ME-T01	manganlı radyolarit	6.30	8.28	1.71	6.20	1.10	0.18	0.80	0.11	0.65	0.12	0.31	<0.05	0.30	0.04	2.60
24-ME-T02	manganlı radyolarit	5.20	7.90	1.37	5.40	1.10	0.22	1.10	0.14	0.96	0.19	0.50	0.06	0.40	0.06	3.80
24-ME-T03	manganlı radyolarit	4.60	9.26	0.84	3.10	0.60	0.18	0.50	0.07	0.46	0.09	0.23	<0.05	0.20	0.03	2.50
24-ME-T04	manganlı radyolarit	5.50	12.50	1.16	4.30	0.80	0.21	0.60	0.10	0.66	0.12	0.36	<0.05	0.40	0.06	2.80
24-ME-T05	manganlı radyolarit	29.40	48.50	7.01	26.80	5.00	0.74	3.90	0.50	3.35	0.63	1.69	0.22	1.50	0.21	14.10
24-ME-T06	manganlı radyolarit	17.10	21.00	4.47	18.50	3.90	0.59	3.40	0.46	2.99	0.58	1.53	0.19	1.40	0.21	14.10
24-ME-T07	cevher	2.90	5.39	0.74	3.30	0.60	0.16	0.50	0.07	0.57	0.13	0.45	0.07	0.70	0.13	2.90
24-ME-T10	cevher	8.20	12.00	2.24	9.90	2.10	4.86	2.00	0.24	1.49	0.30	0.84	0.11	0.70	0.19	5.10
24-ME-T15	cevher	7.90	6.93	1.85	8.80	1.90	0.49	1.90	0.26	1.72	0.39	1.14	0.14	1.00	0.17	10.20
24-ME-T08	radyolarit	17.30	23.40	3.71	13.00	2.30	0.38	1.90	0.31	2.32	0.50	1.53	0.21	1.60	0.25	12.70
24-ME-T09	radyolarit	2.70	3.23	0.75	3.00	0.60	0.12	0.60	0.07	0.50	0.10	0.27	<0.05	0.30	0.04	2.20
24-ME-T12	radyolarit	31.00	33.90	4.38	14.20	2.00	0.27	1.30	0.18	1.11	0.21	0.59	0.08	0.50	0.08	5.40
24-ME-T13	radyolarit	4.80	7.58	1.39	6.20	1.30	0.23	1.20	0.15	0.87	0.16	0.41	<0.05	0.30	0.05	3.40
24-ME-T14	radyolarit	3.90	12.40	1.32	5.70	1.30	0.33	1.40	0.20	1.40	0.28	0.75	0.09	0.50	0.08	7.60
24-ME-T11	mar	14.60	0.53	3.83	19.20	4.60	0.79	6.30	0.88	7.68	1.76	5.47	0.71	5.00	0.81	53.10
En Düşük Değer		2.70	0.53	0.74	3.00	0.60	0.12	0.50	0.07	0.46	0.09	0.23	0.06	0.20	0.03	2.20
En Yüksek Değer		31.00	48.50	7.01	26.80	5.00	4.86	6.30	0.88	7.68	1.76	5.47	0.71	5.00	0.81	53.10
ORTALAMA		10.76	14.19	2.45	9.84	1.95	0.64	1.83	0.25	1.78	0.37	1.07	0.19	0.99	0.16	9.50

Örnek Numarası		ΣNTE	ΣHNTE	ΣANTE	ΣHNTE/ΣANTE	Ce*	Pr*	Eu*	Ce anom.	LaN/YbN	Y/Ho	Tb/Yb	DyN/YbN	Ce/La
24-ME-T01	manganlı radyolarit	28.70	23.77	2.33	10.20	0.56	1.37	0.49	-0.22	14.27	21.67	0.37	1.42	1.31
24-ME-T02	manganlı radyolarit	28.40	21.19	3.41	6.21	0.66	1.21	0.56	-0.16	8.83	20.00	0.35	1.57	1.52
24-ME-T03	manganlı radyolarit	22.66	18.58	1.58	11.76	0.95	0.90	0.88	0.00	15.62	27.78	0.35	1.51	2.01
24-ME-T04	manganlı radyolarit	29.57	24.47	2.30	10.64	1.04	0.91	0.79	0.04	9.34	23.33	0.25	1.08	2.27
24-ME-T05	manganlı radyolarit	143.55	117.45	12.00	9.79	0.73	1.12	0.44	-0.11	13.31	22.38	0.33	1.46	1.65
24-ME-T06	manganlı radyolarit	90.42	65.56	10.76	6.09	0.53	1.30	0.44	-0.25	8.30	24.31	0.33	1.40	1.23
24-ME-T07	cevher	18.61	13.09	2.62	5.00	0.81	1.01	0.78	-0.08	2.81	22.31	0.10	0.53	1.86
24-ME-T10	cevher	50.27	39.30	5.87	6.70	0.63	1.18	6.54	-0.19	7.96	17.00	0.34	1.39	1.46
24-ME-T15	cevher	44.79	27.87	6.72	4.15	0.39	1.36	0.72	-0.40	5.37	26.15	0.26	1.13	0.88
24-ME-T08	radyolarit	81.41	60.09	8.62	6.97	0.61	1.22	0.48	-0.18	7.35	25.40	0.19	0.95	1.35
24-ME-T09	radyolarit	14.48	10.40	1.88	5.53	0.51	1.39	0.56	-0.27	6.11	22.00	0.23	1.09	1.20
24-ME-T12	radyolarit	95.20	85.75	4.05	21.17	0.54	1.15	0.42	-0.25	42.12	25.71	0.36	1.45	1.09
24-ME-T13	radyolarit	28.04	21.50	3.14	6.85	0.67	1.17	0.50	-0.16	10.87	21.25	0.50	1.90	1.58
24-ME-T14	radyolarit	37.15	24.85	4.70	5.29	1.28	0.90	0.48	0.13	5.30	27.14	0.40	1.83	3.18
24-ME-T11	mar	125.26	43.55	28.61	1.52	0.02	6.91	0.44	-1.80	1.98	30.17	0.18	1.01	0.04
En Düşük Değer		14.48	10.40	1.58	1.52	0.02	0.90	0.42	-1.80	1.98	17.00	0.10	0.53	0.04
En Yüksek Değer		143.55	117.45	28.61	21.17	1.28	6.91	6.54	0.13	42.12	30.17	0.50	1.90	3.18
ORTALAMA		55.90	39.83	6.57	7.86	0.66	1.54	0.97	-0.26	10.64	23.77	0.30	1.31	1.51



Şekil 5.8 Tilkiköy örneklerine ait element değişim diyagramı (Normalizasyon değerleri Sun ve McDonough, 1989'dan alınmıştır.)



Şekil 5.9 Tilkiköy mangan cevherlerinin NTE bileşimlerinin Türkiye'deki mangan yatakları ile karşılaştırılması (Normalizasyon değerleri Sun ve McDonough, 1989'dan alınmıştır.)

Ce ve Eu bollukları günümüzde çökelen ve eski mangan yataklarının depolanma ortamının yorumlanmasında önemli işaretler sunmaktadır (Wright ve Holser, 1987; Murray vd., 1990; Piepgras ve Jacobsen, 1992; Owen vd., 1999; Chen vd., 2006; Aydoğan, 2022). Tilkiköy mangan örneklerinin Ce*, Pr* ve Eu* değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, Ce* değeri için La ve Pr elementlerinin normalize değerlerinden yararlanılmış olup $Ce^* = Ce_{normalize} / [2/3La_{normalize} + 1/3Pr_{normalize}]$ formülü kullanılmıştır. Hesaplanan Ce* 0.02-1.28 ppm aralığında değişmekte olup ortalama değer 0.66 ppm'dir. Formülden de görüleceği üzere, Ce anomalisi La elementinin davranışından etkilenmektedir. La zenginleşmesinin yalancı bir negatif Ce anomalisine neden olduğu durumlarda, Ce*'nin yanı sıra Pr* de hesaplanarak sonuçlar desteklenir. Tilkiköy mangan örnekleri için hesaplanan Ce* değerleri, 2 örnek dışında, negatif anomali sunmuştur. Pr* değerleri ise, Ce*'nin aksine, örneklerin büyük bir kısmı için pozitif anomali göstermiştir. La zenginleşmesi ile Ce tüketilmesi cevherleşmede güncel deniz suyu katkısına işaret ederken pozitif La anomalisinin hidrotermal Fe-Mn yatakları için de gösterge olduğu belirtilmiştir. Eu* değeri $Eu^* = Eu_{normalize} / [2/3Sm_{normalize} + 1/3Gd_{normalize}]$ formülü ile hesaplanmıştır. Eu* değerleri, biri dışında, tüm örnekler için negatif anomali sergilemiştir. Bu durum element değişim diyagramında da net bir şekilde izlenmiştir (Şekil 5.8). $Ce_{anomali}$ değerleri $Ce_{anomali} = \log[3xCe_{normalize} / (2xLa_{normalize} + Nd_{normalize})]$ formülü ile hesaplanmıştır (Wright ve Holser, 1987). Bu değer ortamdaki suyun oksik veya anoksik

olduğuna y6nelik bilgi sağlar. Buna g6re, $C_{e_{anomaly}} > -0.1$ ise, pozitif anomali ortaya çıkar ve 6kelmenin gerçekleştiği su k6tlesinin anoksik karakterli olduğu s6ylenebilir. Ancak $C_{e_{anomaly}} < -0.1$ ise, negatif anomali ve oksik ortam s6z konusudur. Tilkik6y mangan sahası için 4 adet 6rnek anoksik ortamı belirtirken geriye kalan 11 adet 6rnek ise negatif anomali ile oksik ortama işaret etmiştir. Dolayısıyla, 6kelme sırasında oksik ortamın baskın olduğundan s6z edilebilir (izelge 5.6).

Bau ve Dulski (1999)'a g6re, Y/Ho oranı kondrit değerine (~ 27) yakın ise hidrotermal 6zeltiyeye işaret ederken bu oran > 44 ise deniz suyu katkısını belirtir. Tilkik6y 6rneklere için hesaplanan ortalama Y/Ho oranı ~ 24 olup bu değer hidrotermal 6zelti katkısını desteklemektedir (izelge 5.6).

6. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Tilkiköy’de yer alan mangan cevherleşmesinin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri saha gözlemleri ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler ile incelenmiştir. Ofiyolitik çökeller ile ilişkili olan bölgedeki diğer çalışmalar incelendiğinde mineral kompozisyonları, ana, eser ve NTE içerikleri ile diğer çalışmalar ile örtüşmektedir. Bu bağlamda elde edilen bulgular, Tilkiköy cevherleşmesinin oluşum ortamı açısından İç Anadolu’daki diğer sedimanter mangan yatakları ile büyük ölçüde benzerlik sunduğu yönündedir.

Tilkiköy çalışma bölgesinde yapılan mineralojik incelemeler sonucunda; piroluzit, koronadit, braunit ve psilomelan grubu mangan mineralleri gözlenmiştir. Bu minerallerden piroluzit hidrotermal ve süperjen ortamlarda yaygın gözlenen bir mineral iken koronadit ise hidrotermal damarlarda gözlenen bir mineraldir. Braunit ise yer yer dörtgen şeklinde iyi kristallenmiş şekilde izlenmiştir. Bazı örneklerde ise psilomelan grubu mineraller levhamsı şekilde gözlenmiştir. Minerallerin yer yer iyi kristallenmiş şekilde gözlenmesi cevherleşmenin belirli evrelerde mineral kristalini oluşturabilecek zaman aralığını oluşturduğuna dolayısıyla kristalin oluşumu için gerekli zaman aralığını bulduğu yorumunu getirmektedir. Ayrıca, farklı örneklerde gözlenen gelişmiş güzel çatlaklar mangan ve limonit mineralleri dolguludur. Limonit, demir mineralinin oksidasyon veya hidratasyonu sonucu oluştuğu bilinmektedir. Dolayısıyla, limonitin çatlaklarda gelişmesinden ötürü hidrotermal süreçlerden sonra ortaya çıkan hidratasyon ile ilişkili olduğu yorumu yapılmıştır.

Cevher mikroskobisi incelemelerinde kolloform dokuya rastlanmıştır. Bu dokunun biyolojik etkiye bağlı olarak oluştuğu düşünülmektedir. Bazı örneklerde fosil kavkılarının iç kısımları mangan mineralleri tarafından doldurulmuştur. Dolayısıyla, fosilleşme sürecinin ardından mangan mineralleri bu kavkılarının localarını doldurmuştur. Bu durum mangan cevherleşmesinin çökeltme sırasında biyojenik süreçlerle ilişkili olduğunu desteklemektedir. Bu süreç, cevherleşmede hidrotermal katkının yanı sıra biyolojik süreçlerin katkısını da göstermektedir. Radyolarit ve radyolaritli çörtlerin cevherli

birimlerle olan yoğun ilişkisi, ofiyolitik çökeller içinde yer alan mangan cevherleşmesi kuşağı boyunca bulunan Kaşımağa (Keskin-Kırıkkale), Derbent (Yozgat), Cihanpaşa (Yozgat) gibi diğer çalışma alanlarında da yaygın bir şekilde araştırmacılar tarafından gözlenmiştir (Koç vd., 2000; Öksüz, 2011; Aydoğan, 2022).

Tilkiköy çalışma sahasında gang mineral olarak kuvars neredeyse tüm örneklerde büyük ölçüde mevcuttur. Benzer şekilde, ofiyolitik birimler içerisinde yer alan Derbent (Yozgat) bölgesinde gözlenen cevherleşmelerde de yüksek oranda silis içerikli kaya örneklerine rastlanmıştır (Öksüz, 2011). Kuvars mineralinin yanı sıra Tilkiköy cevherleşmesinde gang mineral olarak hematit, limonit ve az miktarda pirit gözlenmiştir. Bu bağlamda, farklı tür gang mineralleri oluşması cevherleşme ortamının oksitlenme-indirgenme koşullarının değişkenlik göstermesi ile açıklanabilir. Oksik ortam, serbest oksijenin veya oksitleyici etmenlerin etkili olduğu ortamdır. Bu tür ortamlarda hematit ve limonit gibi demirin oksit formları oluşur. Örneklerde hematit ve limonit gözlenmesi cevherleşmenin geç dönemlerinde ortamın oksitleyici olduğunu ve demir minerallerinin dönüşümünün devam ettiğini göstermektedir. Örneklerde bol miktarda gözlenen kuvars, cevher çökelten akışkanların silis açısından zengin olduğunu düşündürmektedir. Elde edilen bulgulara göre, Tilkiköy mangan cevherleşmesinin hidrotermal akışkanların çökmesi ile başlayan biyojenetik etkilerle zenginleşen ve hidrasyon süreçleri ile şekillenen karmaşık bir jeokimyasal süreçler bütünü olduğu söylenebilir.

Zarasvandi vd. (2016) İran'da Tetis ofiyolitikleri ile ilişkili olan mangan yataklarının NTE dağılımı ve kökenini araştırmıştır. Çalışılan alanlar Zagros orojenik ve metalojenik kuşağını kapsamakta olup yaygın şekilde mangan ve ferromangan yataklar barındırmaktadır. İncelenen sahalarda ofiyolitiklerin üzerinde radyolaritlerin bulunması ve çörtlerin mangan cevherleşmeleri ile ardışıklı olması Tilkiköy mangan yatağı ile olan önemli benzerlikler arasında sayılabilir. Zagros bölgesinde ele alınan yatakların çoğu, mercek şeklinde veya küçük damarlar şeklinde oluşmuş olup piroluzit ve braunit başlıca cevher mineralleri olarak tespit edilmiştir. Tilkiköy cevherleşmesi de benzer şekilde, küçük damarlar ve kırık zonları boyunca merceksi yapıda gelişmiş cevher oluşumlarıyla karakteristik olup cevher mineralleri olarak piroluzit, braunit ve psilomelan grubu mineraller görülmüştür. Zarasvandi vd. (2016) inceledikleri tüm mangan yataklarında,

Tilkiköy'e benzer şekilde, hidrotermal süreçlere işaret eden yüksek Mn/Fe oranı ve yüksek Ba içeriği belirlemiştir. Ayrıca, Nasirabad dışındaki diğer yataklarda, $Ce_{anomaly} < -0.1$ değeri ile ifade edilen oksitleyici çökelme koşullarını tespit etmişlerdir, bu durum Tilkiköy örneklerinin çoğu için karakteristik olan oksik koşullar ile paralellik göstermektedir. İran'a ait mangan cevher örneklerinin Fe-(Ni+Co+Cu)×10-Mn üçgen diyagramında konumları Tilkiköy cevherleşmesiyle benzer şekilde hidrotermal alana karşılık gelmektedir. Ayrıca, Zagros cevher örneklerinin NTE desenleri de aynı tektonik kuşakta yer alan Tilkiköy cevherleşmesi ile büyük uyum içindedir (Zarasvandi vd., 2016).

7. SONUÇLAR

Bu çalışma Tilkiköy (Kalecik, Ankara) bölgesinde yer alan mangan cevherleşmesinin mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma bulgularına göre;

Tilkiköy mangan yatağı, radyolaritlerle birlikte gelişen hidrotermal ve hidrojenetik kökenli, düşük tenörlü ofiyolitik kayalarla ilişkili yataklar grubunda yer almaktadır. Ofiyolit birimler içinde çört ve kalsedon gibi silika oluşumlarının bulunması cevherleşmenin yüksek silis içeriğine sahip olmasına neden olmuştur.

Cevher mikroskobisi çalışmaları bölgede başlıca mangan minerallerinin piroluzit, psilomelan grubu mineraller ve braunit olduğunu; piroluzit ve psilomelanın genellikle birlikte ve iç içe geçmiş şekilde kristalleştğini göstermektedir. Cevher mikroskobisi incelemelerinde gang mineralleri olarak ise kuvars, hematit, limonit ve az miktarda pirit tespit edilmiştir. Bu bağlamda, örneklerde çatlaklar boyunca gelişen limonitin büyük olasılıkla hidrasyon süreçleriyle ilişkili olduğu değerlendirilmektedir.

Cevherli birimlerde yaygın olarak gözlenen kolloform doku cevherleşmenin oluşumunda biyolojik etkinin rol oynayabileceğini göstermektedir. Fosilleşme sürecini takiben bazı fosil kavkılarının iç kısımları piroluzit ve psilomelan grubu mineralleri (koronadit) ile dolarken çeperlerde meydana gelen oksitlenme ve hidroksitlenme sonucunda limonit, demir içeren diğer minerallerin yerini almıştır.

Tilkiköy sahasından alınan örneklerin ana oksit ve eser element analizleri, MnO içeriklerinin %0.03 ile %64.71 arasında geniş bir aralıkta değiştiğini göstermektedir. SiO₂ konsantrasyonları ise %12.3 ile %89.4 arasında değişmekte olup ortalama %65.4 gibi oldukça yüksek bir değere sahiptir; bu durum, kuvars varlığına veya ikincil silika (kalsedon) oluşumuna neden olan çözelti etkisine bağlanabilir. Cevherleşmenin konak kayası olan radyolarit silikanın başlıca kaynağını oluşturmaktadır.

Analiz edilen örneklerde Mn içerikleri %0.03 ile %50.1 arasında değişmekte olup ortalama %13.2 olarak hesaplanmıştır. Fe içerikleri ise %0.30 ile %16.58 arasında değişmekte ve ortalama %3.9 düzeyindedir. Örneklerde tespit edilen Fe/Mn oranı ise 0.01 ile 141 arasında geniş bir aralık göstermektedir. Bu değerler, cevherleşmenin eksalatif sedimanter karakter taşıdığına işaret etmektedir.

Yapılan farklı diyagram analizlerinde [Ni-Zn-Co, Fe-(Ni+Co+Cu)×10-Mn, Co+Ni+Cu-Co/Zn, log (Fe/Mn)-log Ba, U-Th ve Al-Si] örneklerin büyük çoğunluğunun hidrotermal alanda yer aldığı ve cevherleşmeyi oluşturan akışkanların ağırlıklı olarak hidrotermal kökenli oldukları sonucuna varılmıştır. Vanadyum alterasyona karşı dirençli bir element olup hidrotermal alterasyon, metasomatizma ve düşük dereceli metamorfizma gibi süreçler sırasında genellikle kararlı kalır. Bu nedenle, V/(V+Ni) oranı çökeltme ortamının oksijen miktarı hakkında bilgi sağlar. Bu oran karasal katkının artmasıyla birlikte yüksek değerler alır. Tilkiköy örnekleri için hesaplanan V/(V+Ni) oranları oksik ile anoksik ortam koşullarının geçiş alanında karşılık gelmektedir. Co/Ni oranı ise Tilkiköy mangan cevherlerinin büyük ölçüde derin deniz koşullarında çökelmiş olduklarına işaret etmiştir.

Tilkiköy örneklerinin toplam Nadir Toprak Element (NTE) konsantrasyonları 14.48-143.55 ppm aralığında değişmekte olup ortalama değer 55.9 ppm olarak belirlenmiştir. Örnekler için hesaplanan $\sum\text{HNTE}/\sum\text{ANTE}$ oranı 1.5-21.1 arasında değişmekte olup HNTE'ler ANTE'lere göre yaklaşık 10 kat daha zengindir. Örneklerin büyük çoğunluğu özellikle Ce ve Eu olmak üzere, Tb ve Tm elementlerini de kapsayan belirgin negatif anomalilere sahiptir. Öte yandan, Pr ve Gd ise pozitif anomali göstermiştir. Ce elementinde gözlenen negatif anomali hidrotermal kökenli yataklara özgü bir özelliktir. Tilkiköy örnekleri için hesaplanan ortalama Y/Ho oranı ~24 olup bu değer hidrotermal çözelti katkısını desteklemektedir.

Tilkiköy mangan örneklerine ait Ce*, Pr* ve Eu* anomalileri hesaplanmıştır. Ce* değerleri 0.02-1.28 ppm aralığında değişmektedir. Ce* anomalileri, yalnızca iki örnek dışında, genellikle negatif yönlüdür. Buna karşılık, Pr* değerleri örneklerin büyük çoğunluğunda pozitif anomali göstermiştir. La zenginleşmesi ile birlikte Ce tüketimi,

cevherleşmede modern deniz suyu katkısına işaret ederken, pozitif La anomalisi aynı zamanda hidrotermal kökenli Fe-Mn yatakları için de önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Eu* değerleri ise tüm örneklerde negatif anomali sergilemiştir. Bu durum indirgenmiş koşullarda çökelmeyle ilişkilidir. $Ce_{anomali}$ değerlerine göre çökelme sırasında oksik ortam koşulları baskındır.

Tilkiköy mangan cevherleri jeokimyasal özellikleri bakımından ülkemizde ofiyolitik birimlerle ilişkili yataklara ve Alp-Himalaya orojenez kuşağı boyunca yer alan diğer hidrotermal kökenli yataklarla benzerlik göstermektedir. SiO_2 içerikleri nispeten yüksek olmasına rağmen; Na_2O , K_2O ve TiO_2 içerikleri diğer hidrotermal yataklara yakın değerlerdedir. MnO içerikleri ise genel olarak daha düşük seviyelerde bulunmakla birlikte hidrotermal yataklara ait tipik değer aralıklarıyla uyumludur. Ülkemizde yer alan diğer mangan yatakları ile karşılaştırıldığında Tilkiköy NTE verilerinin hidrotermal yataklar ile örtüşmekte olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Adachi, M., Yamamoto, K. ve Sugisaki, R. 1986. Hydrothermal chert and associated siliceous rocks from the Northern Pacific: Their geological significance as indication of ocean ridge activity. *Sedimentary Geology*, 47, 125-148.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağ, Z., Soysal, Y., ve Sunu, O. 1979. Eldivan-Şabanözü (Çankırı) dolayında ofiyolit yerleşimine ilişkin bulgular. *Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, 9, 5-12.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y. 1982. Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının jeolojisi. *MTA Raporu 7298*.
- Akyürek, B., Akbaş, B. ve Dağ, Z. 1988. 1:100.000 Ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi: Çankırı-E16 paftası. *MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi*, Ankara.
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y. F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. ve Yaşar, T. 1997. 1/100.000 Ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları, Ankara İ29 paftası. *MTA Jeoloji Etütleri Dairesi*, 35, Ankara.
- Aydoğan, S. 2022. Cihanpaşa (Yozgat) bölgesinin güney kesimindeki manganez cevherleşmesinin jeokimyasal özellikleri ve kökeni. *Jeoloji Mühendisleri Odası Türkiye Jeoloji Bülteni*, 65 (2022) 1-34.
- Aydoğanlı, O. ve Güvenilir, E. 1980. Türkiye manganez envanteri. *MTA Raporu*, Ankara.
- Bailey, E. B. ve McCallien, W. J. 1950. The Ankara Mélange and Anatolian Thrust. *MTA Bulletin* 40, 17-21.
- Bau, M. ve Dulski, P. 1999. Comparing yttrium and rare earths in hydrothermal fluids from the Mid-Atlantic Ridge: Implications for Y and REE behaviour during near-vent mixing and for the Y/Ho ratio of Proterozoic Seawater. *Chemical Geology*, 15/1-2, 77-90.
- Bingöl, E. 1976. Evolution géotectonique de l'Ouest. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 18, 235-254.
- Birgili, Ş., Yoldaş, R. ve Ünal, G., 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. *MTA Raporu*, 5621, Ankara (yayımlanmamış).
- Boccaletti, M., Bortolotti, V. ve Saggi, M. 1966. Ricerche sulle ofioliti della catena Alpina. 1. osservazioni sull'Ankara Mélange nella zona di Ankara. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 85, 485-508.

- Bonatti, E., Kraemer, T. ve Rydell, H. 1972. Classification and genesis of submarine iron manganese deposits. In: D. R. Horn (eds), ferromanganese deposits on the ocean floor, Washington, Natural Sciences Foundation, 149-266.
- Boström, K. 1983. Genesis of Ferromanganese Deposits-Diagenetic Criteria for Recent and Old Deposits: Rona. In: P., A. and etc., editor. Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Center, Nato Conference Series IV, Marine Sciences, 12, 473-4879.
- Bragin, N. Y. ve Tekin, U. K. 1996. Age of radiolarian-chert blocks from the Senonian Ophiolitic Mélange (Ankara, Turkey). *Island Arc* 5, 114-122.
- Brinkmann, R. 1966. Geotektonische gliederung von Westanatolien: *Neues jahrbuch für geologie und paläontologie, Monatsh.*, 10, 603-618.
- Channel, J. E. T., d'Argenio, B. ve Horvath, F. 1979. Adria, the African Promontory, in *Mediterranean palaeogeography. Earth Science Reviews*, 15, 213-292.
- Chen, D., Qing, H., Yan, X. ve Li, H. 2006. Hydrothermal venting and basin evolution (Devonian, South China): Constraints from rare earth element geochemistry of chert. *Sedimentary Geology*, 183, 203-216.
- Choi, J. H. ve Hariya, Y. 1992. Geochemistry and depositional environment of Mn oxide deposits in the Tokora Belt, Northeastern Hokkaido, *Japan Economic Geology*, 87, 12.
- Crerar, D. A., Namson, J., Chyi, M. S., Williams, L. ve Feigenson, M. D. 1982. Manganiferous cherts of the Franciscan Assemblage; I. general geology, ancient and modern analogues and implications for hydrothermal convection at oceanic spreading centers. *Economic Geology*, 540.
- Çapan, U. 1984. Ankara Melanjı İçindeki Zeolitli Bazalt Alkali Volkanizmanın Karakteri ve Yaşı Hakkında. *TJK* 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı Bülteni, 121-122.
- Delian, F., Dasgupta, S., Bolton, B. R., Hariya, H., Momoi, H., Jiaju, L. ve Roy, S. 1992. Mineralogy and chemistry of the proterozoic wafangzi ferromanganese deposit, China. *Economic Geology*, 87, 1430-1440.
- Domeier, M. ve Torsvik, T. H. 2014. Plate tectonics in the late Paleozoic. *Geoscience Frontiers*, 5, 303-305.
- Dürr, S. 1975. Über alter und geotektonische stellung des Menderes-Kristallins/SW-Anatolien und seine aequivalente in der Mittleren Aegeis: *Habilitations-Schrift, Marburg/Lahn*, 107.
- Eroğlu, G. ve Şahiner, M. 2020. Üretimden ticarete manganez. *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni* 30: 99-109.

- Erşen, F. 2013. Eski Gümüşhane (Gümüşhane/Merkez) manganez yataklarının mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 94, Gümüşhane.
- Fernandez, A. ve Moro, M. C. 1998. Origin and depositional environment of Ordovician stratiform iron mineralization from Zamora (NW Iberian Peninsula). *Mineralium Deposita*, 33, 606-619.
- Fidancı, S. 2009. Besni ve Gölbaşı (Adıyaman) manganez zuhurlarının jeolojisi ve jeokimyası. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 115, Van.
- Genç, Y. 1998. Cevher Mikroskobisi. Nurol Matbaacılık A.Ş., 170, Ankara.
- Göncüoğlu, M. C., Yalınız, M. K. ve Tekin, U. K. 2006. Geochemistry, tectono-magmatic discrimination and radiolarian ages of basic extrusives within the İzmir-Ankara suture belt (NW Turkey): Time Constraints for the Neotethyan Evolution. *Ofioliti*, 31 (1), 25-38.
- Göncüoğlu, M. C., Sayit, K. ve Tekin, U. K. 2015. Field Trip to the Karakaya Complex and the İzmir-Ankara Suture Belt in Central and Western Turkey. 14. Interrad Antalya 2015 Guidebook, 1-44.
- Guan, Q., Liu, Y., Neubauer, F., Li, S., Genser, J., Yuan, S., Chang, R., Huang, Q. ve Fang, Q. 2021. Opening of the West Paleo-Tethys Ocean: New insights from earliest Devonian meta-mafic rocks in the Saualpe Crystalline Basement, Eastern Alps. *Gondwana Research*, 97 (2021), 121-137.
- Gümüş, A. 1979. Metalik Maden Yatakları. Çağlayan Basımevi, 548, İstanbul.
- Hakyemez, Y., Barkurt, M. Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Can, B., Dağ, Z., ve Sözeri, B. 1986. The geology of Yapraklı-Ilgaz-Çankırı-Çandır surroundings. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Report, No. 7966, Ankara, Turkey.
- Hein, J. R., Marjorie, S. S. ve Gein, L. M. 1992. Central Pacific Cobalt-Rich Ferromanganese Crusts: Historical Perspective and Regional Variability. Springer-Verlag, 261-283, *Geology and Offshore Mineral Resources of the Central Pacific Basin, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Science Series, V. 14.*, New York.
- Hepyükşelen, B. 2019. Abdülaliler (Maçka) manganez cevherleşmesinin jeolojik, jeokimyasal ve minerolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 81, Trabzon.

- Jach, R. ve Dudek, T. 2005. Origin of a Toarcian manganese carbonate/silicate deposit from the Krizna unit, Tatra Mountains, Poland. *Chemical Geology*, 224, 136-152.
- Jiancheng, X., Xiaoyong, Y. ve Jianguo, D. 2006. Geochemical characteristics of sedimentary manganese deposit of Guichi, Anhui Province, China. *Journal of Rare Earths*, 24, 374-380.
- Kandemir, T. 2021. Demirciler (Dursunbey, Balıkesir) radyolarit-çörtlerle ilişkili manganez oluşumlarının jeokimyasal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 42, Balıkesir.
- Karakuş, A. 2005. Çayırılı (Haymana-Ankara) manganez cevherleşmesinin maden jeolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 110, Ankara.
- Karataş, B. ve Akyıldız, M. 2016. Çağalalı ve Bezardağı (Adıyaman) mangan cevherleşmesinin jeokimyasal özellikleri. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(12), 195-208.
- Kartalkanat, A. 2012. Anadolu'da madencilik tarihçesi-3 cumhuriyet dönemi madenciliği. MTA Raporu, 91-97, Ankara.
- Koç, Ş., Özmen, Ö. ve Öksüz, N. 2000. Kaşımağa (Keskin-Kırıkkale) mangan oksit cevherleşmesinin oluşum ortamını tanımlayan jeokimyasal özellikler. *MTA Dergisi* 122, 107-108.
- Koçyiğit, A. ve Tokay, M. 1985. Çatalçam (Zevker)-Erzincan arasında kuzey anadolu fay kuşağı'nın tektonostratigrafisi, sistematiği ve neotektonik özellikleri: ODTÜ Uygulamalı Araştırmalar Proje, No. 82-04-06-00-01 (basılmamış).
- Krauskopf, K. B. 1985. *Introduction to Geochemistry*. 2nd Editon. McGraw-Hill, 617, London.
- Kuşçu, M. ve Gedikoğlu, A., 1989. Ulukent (Tavas Denizli) güneyi manganez yataklarının jeokimyasal özellikleri. *Yerbilimcinin Sesi*, 17, 29-47.
- Marynowski, L., Zatoń, M., Rakociński, M., Filipiak, P., Kurkiewicz, S. ve Pearce, T. J. 2012. Deciphering the Upper Famennian Hangenberg black shale depositional environments based on multi-proxy record. *Paleogeography Paleoclimatology Paleoecology*, 347, 66-86.
- Meriç, E., Ersoy, Ş. ve Görmüş, M. 2000. Loftusia (Foraminifer) türlerinin Maastrichtiyen (Geç Kretase) Tetis Okyanusu'ndaki Paleocoğrafik yayılımı üzerine yeni görüşler. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Yerbilimleri*, 22 (2000), 79-93.

- Misra, K. C., 2000. Understanding Mineral Deposits. Kluwer Academic Publishers, 845, U.S.A.
- Mohapatra, B.K., Mishra, P.P. and Singh, P.P. 2009. Manganese ore deposits in Koira-Noamundi province of iron ore group North Orissa, India: in the light of geochemical signature. *Chemie der Erde Geochemistry*, Volume 69, Issue 4, 377-394.
- Murray, R. W., Buchholtz ten Brink, M. R., Jones, D. L., Gerlach, D. C. ve Russ, G. P. 1990. Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments. *Geology*, 18, 268-271.
- Nicholson, K. 1992. Genetic types of manganese oxide deposits in Scotland: indicators of paleo ocean spreading rate and a Devonian geochemical mobility boundary. *Economic Geology*, 87, 1301-1309.
- Norman, T. 1972. Ankara Yahşihan Bölgesinde Üst Kretase-Alt Tersiyer İstifinin Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, XV/2, Ankara.
- Okay, A. I., 1986. High-Pressure/Low-Temperature metamorphic rocks of Turkey. *Geological Society of America*, 164, 333-348.
- Owen, A., Armstrong, H. ve Floyd, J. 1999. Rare earth elements in chert clast as provenance indicators in the Ordovician and Silurian of the Southern Uplands of Scotland. *Sedimentary Geology*, 124, 185-195.
- Oygür, V. 1990. Çayırılı (Ankara-Haymana) manganez yatağının jeolojisi ve kökeni üzerine görüşler, *MTA Dergisi*, 110, 29-44.
- Öksüz, N. 2011. Derbent (Yozgat) bölgesindeki manganez cevherleşmelerinin jeokimyası ve kökeni. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, Yerbilimleri, 32 (3), 213-234.
- Öksüz, N. ve Okuyucu, N. 2014. Mineralogy, geochemistry, and origin of buyukmahal manganese mineralization in the Artova Ophiolitic Complex, Yozgat, Turkey. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Chemistry*, 1-11.
- Öksüz, N. ve Kaya, S. 2021. Genesis of ferromanganese deposits from the central Anatolian province, Yozgat-Aşağı Eğerci village-Turkey: Geochemical properties and fluid inclusions. *Journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society*, 74/2, 287-303.
- Öztürk, H. 1993. Türkiye manganez yatakları: oluşumları ve tipleri. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü*, İstanbul, 43, 24-33.

- Öztürk, H. ve Frakes, L. A. 1995. Sedimentation and diagenesis of an Oligocene manganese deposit in a shallow subbasin of the Paratethys, Thrace Basin, Turkey. *Ore Geology Reviews*, 10, 117-132.
- Öztürk, H., Kasapçı, C. ve Özbaş, F. 2019. Manganese deposits of Turkey. *Mineral Resources of Turkey*, Springer Verlag, Amsterdam, 261-282.
- Öztürk, N. 2008. Hazar Gölü (Sivrice-Elazığ) doğusundaki manganez cevherleşmelerinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 54, Elazığ.
- Piepgras, D. J. ve Jacobsen, B. 1992. The behavior of rare earth elements in seawater: precise determination of variations in the North Pacific water column. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 56, 1851-1862.
- Ramdohr, P. 1969. *The ore minerals and their intergrowth*. Pergamon Press, Oxford, London, New York.
- Robertson, A. H. F. 1990. Sedimentology and tectonic implications of ophiolite-derived clastics overlying the Jurassic Coast Range Ophiolite, Northern California. *American Journal of Science*, 290, 109-163.
- Rojay, B. 2012. Tectonic evolution of the cretaceous Ankara Ophiolitic Mélange during the Late Cretaceous to Pre-Miocene interval in Central Anatolia, Turkey. *Journal of Geodynamics*, 65 (2013), 66-81.
- Rona, P. A. 1978. Criteria for recognition of hydrothermal mineral deposits in oceanic crust. *Economic Geology*, 73, 135-160.
- Rona, P. A. 1982. Polymetallic sulfides at seafloor spreading centers: a global overview. *Marine Technology Society Journal*, 16, 81-86.
- Rona, P. A. 1984. Hydrothermal mineralization at sea floor sprading centers. *Earh Planet Science Reviews*, 20, 1-104.
- Roy, S. 1968. Mineralogy of the different genetic types of manganese deposits. *Economic Geology*, 63, 760-786.
- Roy, S. 1992. Environments and processes of manganese deposition. *Economic Geology*, 87, 1218-1236.
- Sadıklar, B., Goerg, U. ve Van, A. 1995. Mineralogische und geochemische eigenschaften der terrestirisch-hidrogenetischen Fe-Mn-Knollen von der Trabzon region, NE-Türkei. *Chem Erde*, 55, 177-88.

- Sarıfakıoğlu, E., Dilek, Y. ve Sevin, M., 2014. Jurassic-Paleogene intraoceanic magmatic evolution of the Ankara Mélange, North-Central Anatolia, Turkey. *Solid Earth*, 5, 77-108, 2014.
- Schissel, D. ve Aro, P., 1992. The major early Proterozoic sedimentary iron and manganese deposits and their tectonic setting. *Economic Geology*, 87, 1367-1374.
- Sedki, T., Mohamed, H. A., Ali, S., Zaki, R. ve Afeed, S. 2019. Geology and ore genesis data of Elba manganese deposits, Southern Eastern Desert, Egypt. *Data in Brief*, 27 (2019) 104831, 1-11.
- Stampfli, G. M. ve Borel, G. D. 2002. A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons. *Earth and Planetary Science Letters*, 196, 17-33.
- Stanton, R. L. 1972. *Ore Petrology*. McGraw-Hill, 242, New York.
- Sun, S. S. ve 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*. London Geological Society Special Publications, 313-345.
- Sutcu, N. M. 2019. Kahramanmaraş Dulkadiroğlu ilçesine bağlı Elmalar koyu mangan yatağının jenetik incelenmesi ve Türkiye'nin jeotektonik evrimindeki yeri ve ilişkisi. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, 82, İstanbul.
- şahinoğlu, A. ve özdemir, A. 2019. Tilkiköy Mangan Cevherleşmesinin Jeolojik, Gravite ve Manyetik İncelenmesi (Orta Anadolu). ISAS 2019 (3rd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies), SETSCI Conference Indexing System, Ankara, Turkey.
- şengör, A. M. C. 1979, The north Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance. *Journal of the Geological Society*, 136, 269-282.
- şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y. 1981. Türkiye'de Tetis'in evrimine levha tektoniği açısından bir yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Kurumu Yayınları*, 10.
- şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y. 1983. Türkiye'de Tetis'in Evrimi: levha tektoniği açısından bir yaklaşım. *TJK Yerbilim, zel Diz. No:1*. Ankara.
- şengör, A. M. C. 2003. The repeated rediscovery of melanges and its implications for the possibility and role of objective evidence in the scientific enterprise. *Geological Society of America Special Paper 373*, 385-445.
- Teker, Y. 2004. amoluk (Burdur)-Yazıpınar (Bucak) arasındaki mangan zuhurlarının maden jeolojisi ve kökeninin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman*

Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 72, Isparta.

- Toth, J. 1980. Deposition of submarine crusts rich in manganese and iron. *Geological Society America Bulletin*, 91, 44-54.
- Türkyılmaz, B. 2004. Güneydoğu Anadolu bindirme kuşağındaki mangan yataklarının mineralojik, jeokimyasal ve kökensel olarak incelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 160, Elazığ.
- Usui, A. ve Someya, M., 1997. Distribution and composition of marin hydrogenetic and hydrothermal manganese deposits in the North-West Pasific. *Geological Society, Special Publications*, 19, 177-198.
- Üşenmez, Ş. 1972. Çandır (Kalecik) civarının jeolojisi. *Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü*, 83, 30-53, Ankara.
- Üşenmez, Ş. 1973. Çandır (Kalecik) civarının jeolojisi. *MTA Dergisi*, 83, 30-46.
- Von Raumer, J. F., Bussy, F., Schaltegger, U., Schulz, B., Stampfli, G. M. 2013. Premesozoic Alpine basements-their place in the European Paleozoic framework. *Geol. Soc. Am. Bull.* 125, 89-108.
- Vural, A. ve Ersen, F. 2019. Geology, mineralogy and geochemistry of manganese mineralization in Gumushane, Turkey. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 8 (1), 1051-1059.
- Wan, B., Wu, F. Y., Chen, L., Zhao, L., Liang, X. F., Xiao, W. J. ve Zhu, R. X. 2019. Cyclinal one-way continental rupture-drift in the Tethyan Evolution: subduction-driven plate tectonics. *Science China Earth Sciences*, 62, 2005-2016.
- Whitney, D. L. ve Evans, B. W. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185-187.
- Wright, J. ve Holser, W. T. 1987. Paletedox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in Fossil Appetite. *J. Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51, 631.
- Wu, F. Y., Wan, B., Zhao, L., Xiao, W. J. ve Zhu, R. X. 2020. Tethyan geodynamics. *Acta Petrologica Sinica*, 36, 1627-1674.
- Yuan, S. H., Liu, Y. J., Neubauer, F., Chang, R. H., Genser, J., Guan, Q. B. ve Huang, Q. W. 2020. Tectonic evolution of Proto-and Paleo-Tethyan in the East Alps. *Acta Petrologica Sinica*, 36, 2357-2382.
- Zarasvandi, A., Rezaei, M., Sadeghi, M., Pourkaseb, H. ve Sepahvand, M. 2016. Rare-earth element distribution and genesis of manganese ores associated with

Tethyan Ophiolites, Iran: a review. *Mineralogical Magazine*, February 2016, 80 (1), 127-142.

Zhao, G. C., Wang, Y. J., Huang, B. C., Dong, Y. P., Li, S. Z., Zhang, G. W. ve Yu, S. 2018. Geological reconstructions of the East Asian Blocks: from the breakup of Rodinia to the Assembly of Pangea. *Earth Science Reviews*, 186, 262-286.

EKLER

EK 1 ÖRNEK KOORDİNATLARI

EK 2 TİLKİKÖY ÇALIŞMA SAHASINA AİT ANA OKSİT İÇERİKLERİ

EK 3 TİLKİKÖY ÇALIŞMA SAHASINA AİT ESER ELEMENT İÇERİKLERİ

EK 1 ÖRNEK KOORDİNATLARI

Örnek Numarası	Koordinatlar	
	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>
24-ME-T01	40.203139°	33.516530°
24-ME-T02	40.204227°	33.517184°
24-ME-T03	40.204817°	33.516108°
24-ME-T04	40.204817°	33.516108°
24-ME-T05	40.205005°	33.516250°
24-ME-T06	40.204979°	33.516238°
24-ME-T07	40.204817°	33.516108°
24-ME-T08	40.204746°	33.515884°
24-ME-T09	40.204746°	33.515884°
24-ME-T10	40.204817°	33.516108°
24-ME-T11	40.205719°	33.515891°
24-ME-T12	40.204412°	33.516022°
24-ME-T13	40.204799°	33.516049°
24-ME-T14	40.205042°	33.516051°
24-ME-T15	40.204569°	33.517128°
24-ME-T16	40.205014°	33.516380°

EK 2 TILKİKÖY ÇALIŞMA SAHASINA AİT ANA OKSİT İÇERİKLERİ

Örnek Numarası	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	AK
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
24-ME-T01	0.04	0.57	0.22	74.7	0.06	0.49	0.29	0.07	16.26	2.90	3.98
24-ME-T02	0.04	0.53	0.01	85.4	0.03	0.39	0.27	0.06	10.14	1.78	1.70
24-ME-T03	0.04	0.34	0.01	85.1	0.03	0.25	0.21	0.01	9.07	0.60	4.57
24-ME-T04	0.04	0.30	0.01	73.6	0.04	0.21	0.23	0.01	17.60	0.77	7.64
24-ME-T05	0.04	1.32	2.09	72.2	0.08	0.80	0.32	0.18	9.66	12.89	0.37
24-ME-T06	0.04	0.75	0.69	80.3	0.11	0.63	0.31	0.09	5.25	10.50	1.56
24-ME-T07	0.08	1.01	1.71	23.4	0.01	0.33	0.59	0.08	64.71	0.62	7.56
24-ME-T08	0.03	1.81	7.80	76.0	0.07	2.53	0.36	0.38	0.72	9.96	0.63
24-ME-T09	0.03	0.51	0.63	88.8	0.06	0.46	0.18	0.05	0.36	5.31	3.56
24-ME-T10	0.07	2.20	0.73	23.1	0.03	0.98	9.71	0.01	55.06	0.54	7.83
24-ME-T11	0.04	14.32	1.68	12.3	0.11	0.01	28.10	0.02	0.68	23.70	19.74
24-ME-T12	0.08	0.90	2.27	88.8	0.08	0.96	0.23	0.12	0.03	5.47	1.67
24-ME-T13	0.18	0.63	0.80	89.4	0.07	0.40	0.19	0.06	0.10	4.91	3.65
24-ME-T14	0.15	0.51	0.19	88.8	0.07	0.21	0.18	0.03	0.57	4.83	4.67
24-ME-T15	0.07	3.00	1.13	19.3	0.06	0.16	8.99	0.00	64.55	0.42	2.55

Örnek Numarası	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>
24-ME-T01	26.6	69.5	178.5	25.1	2.70	1.00	639.1	0.40	0.70	13.1	155.6	2.10
24-ME-T02	72.9	17.9	116.5	8.0	1.90	1.20	162.6	0.50	1.10	7.2	306.3	2.80
24-ME-T03	86.9	18.0	193.5	7.0	0.60	1.90	222.4	0.70	1.40	4.6	126.8	1.70
24-ME-T04	74.9	36.2	504.4	5.5	0.70	1.50	356.8	0.70	0.60	3.2	182.7	1.80
24-ME-T05	39.6	69.6	402.2	21.0	4.70	1.10	719.4	0.50	0.80	28.3	241.0	11.70
24-ME-T06	26.8	51.3	126.8	28.1	5.00	0.90	210.8	0.40	0.40	21.0	110.5	10.80
24-ME-T07	204.0	66.5	1113.0	12.0	2.20	3.00	40.6	1.10	4.10	0.5	81.3	1.00
24-ME-T08	50.0	52.9	50.0	71.0	11.50	2.50	111.8	0.20	0.20	116.1	95.2	12.00
24-ME-T09	27.8	13.0	12.6	12.8	2.70	0.90	32	1.00	0.30	15.8	67.8	2.20
24-ME-T10	203.0	54.8	127.7	53.1	1.80	4.30	59	0.80	2.80	3.4	1060.0	1.40
24-ME-T11	199.2	2319.0	1.2	136.0	4.50	1.20	847.5	0.30	0.60	1.0	159.9	52.20
24-ME-T12	35.1	24.6	47.9	26.2	4.90	2.90	86.7	1.60	1.00	37.6	75.0	5.60
24-ME-T13	29.6	14.8	52.5	16.2	2.60	0.80	53.3	1.10	0.30	17.4	133.5	3.20
24-ME-T14	33.7	18.7	24.0	12.6	2.40	1.30	54.3	0.70	0.30	8.3	79.8	7.60
24-ME-T15	551.0	86.0	58.5	120.2	3.10	6.50	68.7	0.90	4.20	1.2	725.4	6.20

Örnek Numarası	Zr	Nb	Mo	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La
	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>
24-ME-T01	23.20	9.10	7.70	0.40	0.80	0.60	0.90	0.90	2.00	3.50	179.5	7.30
24-ME-T02	20.80	4.80	3.60	0.70	0.70	0.80	0.80	1.10	1.90	4.50	250.2	12.90
24-ME-T03	8.60	2.50	6.40	0.70	0.70	0.80	0.80	1.10	2.00	3.50	554.8	12.10
24-ME-T04	14.10	3.00	22.40	0.70	0.80	0.90	0.90	1.20	2.10	3.50	431.8	12.70
24-ME-T05	41.00	3.50	7.40	0.90	0.80	0.90	1.30	1.10	2.00	6.80	216.4	33.90
24-ME-T06	28.80	2.90	4.90	0.90	0.80	0.80	1.00	1.20	1.90	9.20	156.1	29.60
24-ME-T07	22.30	7.20	11.50	2.00	1.70	2.10	2.40	1.60	2.60	4.10	292.0	7.90
24-ME-T08	102.10	8.70	0.70	0.50	0.70	1.60	0.80	1.20	1.50	13.40	207.1	14.30
24-ME-T09	15.10	1.30	1.00	0.50	0.70	0.70	0.40	1.20	1.50	1.90	111.2	6.00
24-ME-T10	39.00	8.20	77.20	3.70	2.10	1.90	1.50	2.30	4.20	6.30	8393.0	8.70
24-ME-T11	16.10	1.10	1.00	0.40	0.70	0.70	4.80	1.20	1.50	2.60	22.6	16.70
24-ME-T12	29.50	3.00	1.00	0.50	0.70	0.40	0.90	1.20	1.50	4.50	85.3	26.20
24-ME-T13	18.30	1.70	1.00	0.50	0.70	0.70	0.50	0.80	1.50	2.70	80.8	6.60
24-ME-T14	11.20	1.30	0.40	0.50	0.70	0.70	0.60	0.50	1.50	2.60	120.3	4.30
24-ME-T15	24.50	6.50	7.60	1.60	1.70	1.60	11.10	1.60	2.60	4.10	648.7	11.40

Örnek Numarası	Ce	Hf	Ta	W	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U
	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>
24-ME-T01	16.30	5.20	6.80	13.10	1.10	1.80	5.40	1.50	0.50	7.90
24-ME-T02	20.00	4.10	5.20	73.30	2.10	1.80	11.00	0.40	0.70	5.80
24-ME-T03	9.60	5.00	7.30	94.00	2.90	2.50	60.50	1.50	0.50	6.50
24-ME-T04	10.00	8.50	12.00	54.70	2.50	5.00	26.10	1.20	0.60	14.50
24-ME-T05	45.60	8.70	11.00	77.70	1.70	3.00	44.50	1.80	0.90	8.00
24-ME-T06	16.70	4.50	5.70	70.10	1.80	1.20	14.80	0.90	0.60	7.40
24-ME-T07	11.00	30.00	38.00	57.00	4.90	3.00	3.80	1.90	2.10	27.00
24-ME-T08	22.10	5.00	3.70	13.40	0.60	1.00	19.30	0.50	6.10	1.50
24-ME-T09	5.20	1.00	2.70	369.20	0.60	0.80	1.90	0.50	1.10	1.50
24-ME-T10	11.00	11.00	13.00	32.30	3.40	22.80	2.80	1.90	1.70	75.00
24-ME-T11	5.80	2.20	7.50	7.30	1.00	1.40	0.80	1.50	1.50	2.70
24-ME-T12	31.90	1.80	3.30	589.00	1.40	1.10	11.40	1.20	2.50	1.50
24-ME-T13	10.80	1.10	3.30	454.90	1.00	1.30	2.90	0.30	1.50	1.50
24-ME-T14	8.50	0.70	2.50	424.60	1.40	1.10	7.70	0.70	0.90	1.60
24-ME-T15	17.70	11.00	11.00	46.50	3.70	5.20	3.70	2.10	2.10	47.00

EK 3 TILKİKÖY ÇALIŞMA SAHASINA AİT ESER ELEMENT İÇERİKLERİ

Örnek Numarası	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs
	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
24-ME-T01	2.03	0.84	645	181	<1	0.1	0.13	0.02	8.28	41.2	13	2
24-ME-T02	1.14	0.56	164	255	<1	0.08	0.12	0.04	7.9	87	4	1
24-ME-T03	1.75	0.34	223	582	<1	0.06	0.08	<0.02	9.26	92.4	2	1
24-ME-T04	4.47	0.36	384	473	<1	0.1	0.1	<0.02	12.5	93.3	6	<1
24-ME-T05	1.06	1.89	757	223	1	0.17	0.16	<0.02	48.5	78	15	4
24-ME-T06	0.47	1.38	242	170	<1	0.22	0.16	0.06	21	61.3	8	5
24-ME-T07	28.9	1.5	41	359	1	0.09	0.45	<0.02	5.39	293	19	<1
24-ME-T08	0.36	4.67	114	235	1	0.42	0.22	<0.02	23.4	39.6	212	20
24-ME-T09	0.03	0.83	32	117	<1	0.09	0.07	<0.02	3.23	35.7	35	3
24-ME-T10	26.7	0.66	73	>10000	<1	0.12	2.71	0.18	12	331	37	<1
24-ME-T11	<0.02	1.06	841	22	<1	<0.04	14.8	1.15	0.53	201	2336	<1
24-ME-T12	0.03	1.72	88	90	<1	0.16	0.11	<0.02	33.9	41.3	18	6
24-ME-T13	0.02	0.97	55	94	<1	0.14	0.08	<0.02	7.58	29.5	6	3
24-ME-T14	0.21	0.57	55	130	<1	0.07	0.06	<0.02	12.4	42.7	10	2
24-ME-T15	30.1	0.73	77	903	1	0.06	2.92	0.11	6.93	895	366	<1

Örnek Numarası	Cu	Fe	Ga	Hf	In	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo
	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
24-ME-T01	191	1.67	3.7	0.28	0.02	0.32	6.3	27	0.04	0.13	>10000	3.95
24-ME-T02	124	1.24	1.9	0.29	<0.02	0.22	5.2	26	0.06	0.09	>10000	2.94
24-ME-T03	212	0.42	4.3	0.16	<0.02	0.13	4.6	7	0.03	0.04	>10000	4.67
24-ME-T04	610	0.57	12.5	0.14	<0.02	0.11	5.5	8	0.06	0.02	>10000	21.5
24-ME-T05	464	6.28	5.4	0.92	0.06	0.58	29.4	69	0.21	0.47	>10000	5.56
24-ME-T06	161	4.32	3.3	0.6	0.03	0.49	17.1	27	0.21	0.29	>10000	1.39
24-ME-T07	1335	0.5	28.1	0.35	<0.02	0.23	2.9	3	0.13	0.7	>10000	28.1
24-ME-T08	65.9	6.96	12.8	2.22	0.07	2.17	17.3	16	0.25	0.83	6904	1
24-ME-T09	19.9	0.9	2.5	0.28	<0.02	0.36	2.7	9	0.04	0.1	2443	0.35
24-ME-T10	232	0.32	21.5	0.24	<0.02	0.94	8.2	4	0.19	0.77	>10000	113
24-ME-T11	9.9	14.4	3.1	0.09	<0.02	0.02	14.6	15	0.81	8.9	5456	1.7
24-ME-T12	55.3	1.68	3.1	0.65	0.02	0.76	31	10	0.08	0.26	264	0.14
24-ME-T13	62.6	1.35	1.7	0.37	<0.02	0.33	4.8	11	0.05	0.14	806	0.2
24-ME-T14	31.5	0.56	1.4	0.23	<0.02	0.18	3.9	8	0.08	0.08	4355	0.74
24-ME-T15	94.8	0.33	26.7	0.16	<0.02	0.06	7.9	4	0.17	1.06	>10000	38.1

Örnek Numarası	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr
	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
24-ME-T01	0.05	1.2	67.5	0.01	11	13.2	0.01	<0.05	3.1	<2	1.3	190
24-ME-T02	0.07	0.8	15.4	0.01	14	7.4	0.01	<0.05	1.9	<2	0.3	370
24-ME-T03	0.05	0.6	13.1	0.01	69	5.5	<0.01	<0.05	0.8	<2	<0.3	154
24-ME-T04	0.06	0.6	37.2	0.01	38	4.2	0.01	<0.05	1.2	<2	<0.3	237
24-ME-T05	0.07	3.3	78.9	0.02	50	31.1	0.01	0.54	6.4	<2	0.7	308
24-ME-T06	0.08	1.7	61.2	0.04	21	25.3	0.01	<0.05	4.2	3	0.6	159
24-ME-T07	0.6	1.4	130	0.02	52	2	<0.01	0.16	2.2	<2	0.4	111
24-ME-T08	0.07	8.4	54.5	0.02	19	139	0.01	2.53	10.9	<2	1.6	116
24-ME-T09	0.06	1	9.9	0.01	3	16.7	0.01	<0.05	2	<2	0.5	76.3
24-ME-T10	0.55	1.1	91.1	0.04	57	5.6	<0.01	2.67	1.4	<2	<0.3	1522
24-ME-T11	0.04	<0.1	2341	0.06	5	0.8	0.02	6.31	88.9	5	<0.3	190
24-ME-T12	0.05	1.6	18.9	0.01	13	35.6	0.01	<0.05	3.7	<2	0.6	84.6
24-ME-T13	0.05	1.2	13.4	0.01	3	16.9	0.01	<0.05	2.1	<2	0.3	160
24-ME-T14	0.06	0.8	14.3	0.01	8	8.7	0.01	<0.05	1.6	<2	<0.3	92.6
24-ME-T15	0.12	0.8	131	0.04	64	2	<0.01	14	1.3	6	0.7	1067

Örnek Numarası	Ta	Tb	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Yb	Zn
	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
24-ME-T01	0.08	0.11	0.11	0.7	0.03	0.23	0.67	39	194	2.6	0.3	36
24-ME-T02	0.07	0.14	0.12	0.7	0.03	0.71	0.29	24	430	3.8	0.4	15
24-ME-T03	0.07	0.07	0.17	0.4	0.01	0.13	0.65	26	837	2.5	0.2	19
24-ME-T04	0.06	0.1	0.25	0.4	0.02	0.89	1.6	59	556	2.8	0.4	29
24-ME-T05	0.11	0.5	0.35	1.7	0.1	0.38	0.78	49	171	14.1	1.5	41
24-ME-T06	0.08	0.46	0.29	1.5	0.05	0.28	0.39	34	175	14.1	1.4	43
24-ME-T07	0.09	0.07	0.61	1.4	0.04	7.88	2.76	125	240	2.9	0.7	87
24-ME-T08	0.5	0.31	0.26	6.5	0.22	0.78	0.89	69	13	12.7	1.6	80
24-ME-T09	0.06	0.07	0.07	1	0.03	0.1	0.28	12	319	2.2	0.3	12
24-ME-T10	0.05	0.24	0.12	0.7	0.02	34.6	2.99	223	52	5.1	0.7	100
24-ME-T11	<0.05	0.88	<0.05	<0.2	0.01	<0.02	0.63	228	11	53.1	5	138
24-ME-T12	0.11	0.18	0.05	2.2	0.06	0.21	0.62	44	516	5.4	0.5	27
24-ME-T13	0.09	0.15	0.1	0.8	0.03	0.1	0.2	14	447	3.4	0.3	16
24-ME-T14	0.05	0.2	0.08	0.9	0.02	0.2	1.09	14	374	7.6	0.5	11
24-ME-T15	<0.05	0.26	0.32	0.5	0.02	0.52	2.86	573	76	10.2	1	153

Örnek Numarası	Zr	Dy	Er	Eu	Gd	Ho	Nd	Pr	Sm	Tm
	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>
24-ME-T01	13.9	0.65	0.31	0.18	0.8	0.12	6.2	1.71	1.1	<0.05
24-ME-T02	12.5	0.96	0.5	0.22	1.1	0.19	5.4	1.37	1.1	0.06
24-ME-T03	6.8	0.46	0.23	0.18	0.5	0.09	3.1	0.84	0.6	<0.05
24-ME-T04	7.3	0.66	0.36	0.21	0.6	0.12	4.3	1.16	0.8	<0.05
24-ME-T05	42.1	3.35	1.69	0.74	3.9	0.63	26.8	7.01	5	0.22
24-ME-T06	32.7	2.99	1.53	0.59	3.4	0.58	18.5	4.47	3.9	0.19
24-ME-T07	13.9	0.57	0.45	0.16	0.5	0.13	3.3	0.74	0.6	0.07
24-ME-T08	96.7	2.32	1.53	0.38	1.9	0.5	13	3.71	2.3	0.21
24-ME-T09	12.5	0.5	0.27	0.12	0.6	0.1	3	0.75	0.6	<0.05
24-ME-T10	7.2	1.49	0.84	4.86	2	0.3	9.9	2.24	2.1	0.11
24-ME-T11	19.8	7.68	5.47	0.79	6.3	1.76	19.2	3.83	4.6	0.71
24-ME-T12	26.1	1.11	0.59	0.27	1.3	0.21	14.2	4.38	2	0.08
24-ME-T13	15.7	0.87	0.41	0.23	1.2	0.16	6.2	1.39	1.3	<0.05
24-ME-T14	10.4	1.4	0.75	0.23	1.4	0.28	5.7	1.32	1.3	0.09
24-ME-T15	6	1.72	1.14	0.49	1.9	0.39	8.8	1.85	1.9	0.14