

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ULUKENT (DENİZLİ-TAVAS) MANGAN YATAĞINDA SIVI
KAPANIMI İNCELEMELERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUĞÇE TENLİK

DENİZLİ, EYLÜL 2022

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**ULUKENT (DENİZLİ-TAVAS) MANGAN YATAĞINDA SIVI
KAPANIMI İNCELEMELERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUĞÇE TENLİK

DENİZLİ, EYLÜL 2022

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından 20FEBE015 nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Tuğçe TENLİK

ÖZET

**ULUKENT (DENİZLİ-TAVAS) MANGAN YATAĞINDA SIVI KAPANIMI
İNCELEMELERİ,
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TUĞÇE TENLİK
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. GÜLCAN BOZKAYA
DENİZLİ, EYLÜL - 2022**

Türkiye'deki manganez yatakları, buldukları yan kayaç, mineralojik ve yapısal özelliklerine göre dört gruba ayrılmıştır: i. Siyah şeylli yan kayaçlı yataklar, ii. Radyolaryalı çört yan kayaçlı yataklar, iii. Oligosen yaşlı sedimanter yan kayaçlı yataklar, iv. Volkanotortul yan kayaçlı yataklar. Batı Toroslarda Alt Kretaseyaşlı karbonatlar içindeki siyah şeyllerle ilişkili yatakların en önemli örneklerinden biri olan Ulukent (Denizli-Tavas) mangan yatağı Türkiye'deki en büyük rezerve sahiptir (4.000.000 ton görünür+mümkün, 55.000 ton muhtemel rezerv). Bu tez çalışması Ulukent mangan yatağının jeolojik ve mineralojik özellikleri ve kuvars ve kalsit minerallerindeki sıvı kapanım çalışmalarını kapsamaktadır. İnceleme alanında cevherleşme genellikle karbonatlı mineraller şeklinde; Üst Liyas-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ile organik maddece zengin, pirit içeren ve siyah renkli killi kireçtaşlarının arasında gözlenmektedir. Cevher mineralleri psilomelan, pirolusit, rodokrozit, braunit ve pirit iken kalsit ve kuvars gang mineralleridir. Sıvı kapanımı incelemeleri Ulukent mangan yatağında; cevher oluşturuvcu çözeltileri temsil eden erken evre çözeltilerin tuzluluklarının (%1,4 NaCl eşdeğerinde) ve sıcaklıklarının (129°C) düşük olduğu, cevherleşme sonrası metamorfik süreçlerle ilişkili geç evre çözeltilerin ise tuzluluklarının (%17 NaCl eşdeğerinde) ve sıcaklıklarının (191°C) ise daha yüksek olduğunu göstermektedir. Yapılan izotop jeokimyası incelemelerinden Ulukent yatağındaki sülfürlü minerallerin yapısındaki kükürtün kökeninin bakteriyel/biyolojik kökenli olduğu, karbonatlı minerallerin oluşumu için ise CO₂ bileşimine göre mangan cevherleşmesi ile ilişkili derin kökenli sıcak sular ve cevherleşme sonrası sahada gelişen metamorfizma ile ilişkili iki farklı kökeni işaret ettiği görülmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Denizli-Tavas Mangan yatağı, sıvı kapanımı

ABSTRACT

**FLUID INCLUSIONS STUDIES OF ULUKENT (DENİZLİ-TAVAS)
MANGANESE DEPOSIT
MSC THESIS
TUĞÇE TENLİK
PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING
SUPERVISOR: PROF. DR. GÜLCAN BOZKAYA
DENİZLİ, SEPTEMBER - 2022**

According to the host rocks, geological-tectonic settings and formation processes, manganese deposits in Turkey are generally divided into four main types; (i. black shale – hosted deposits, ii. radiolarian chert – hosted deposits, iii. Oligocene aged sedimentary rocks –hosted deposits and iv. volcanosedimentary rocks– hosted deposits). This thesis covers the studies of geological and mineralogical properties of Ulukent Mn deposits and the fluid inclusions within quartz and calcite minerals. Mineralizations in the study area are generally observed as carbonate minerals between the Liassic-Lower Cretaceous aged Hausmannite, psilomelane, pyrolusite, braunite, and rhodochrosite can be seen as ore minerals, and calcite and quartz are gangue minerals. Fluid inclusion studies show that; the salinity (1.4% NaCl equal.) and temperature (129°C) of the early-stage solutions representing the ore-forming solutions are low, and the salinities (17% NaCl equal.) and temperatures (191°C) of the late-stage solutions associated with post-mineral metamorphic processes appears to be higher in Ulukent manganese deposit. From the isotope geochemistry results, it has been determined that the origin of the sulfur in the structure of the sulfide minerals is bacterial/biological origin and two different origins in terms of related with CO₂ composition for carbonate minerals as associated with the deep-origin hot waters and the metamorphic process which developed in the field after manganese mineralization in Ulukent.

KEY WORD: Denizli-Tavas Manganese deposit, fluid inclusion

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	1
1.2 İnceleme Alanının Tanımı.....	1
1.3 Önceki Çalışmalar.....	3
2. MATERYAL VE YÖNTEM	4
2.1 Saha incelemeleri.....	5
2.2 Laboratuvar İncelemeleri.....	5
3. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ	6
3.1 Bölgesel Jeoloji.....	6
3.2 Yerel Jeoloji.....	10
3.2.1 Çörtlü kireçtaşları.....	11
3.2.2 Killi Kireçtaşları.....	15
3.2.3 Rudist Kırıntılı Kireçtaşları.....	22
3.2.4 Konglomera.....	23
3.2.5 Koyu Bordo Renkli Killi Kireçtaşları.....	24
3.2.6 Üst Kretase Çörtlü Kireçtaşı.....	24
3.2.7 Alüvyon.....	25
3.3 Yapısal Jeoloji.....	25
3.3.1 Kıvrımlar.....	25
3.3.2 Faylar.....	25
3.3.3 Tabakalanma.....	26
4. MANGAN MİNERALLERİ, OLUŞUM TİPLERİ ve TÜRKİYE'DEKİ DAĞILIMLARI	27
4.1 Manganın Genel Özellikleri.....	27
4.2 Mangan Yataklarının Oluşum Ortamları ve Yatak Tipleri.....	28
4.3 Türkiye Manganez Yatakları ve Oluşum Şekilleri.....	32
5. MADEN JEOLJİSİ	34
5.1 Yataklanma Şekli.....	34
5.2 Cevherleşmenin Mikroskobik Özellikleri.....	37
5.3 X- Işınlari Kırınımı İncelemeleri.....	41
6. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ	44
6.1 Kapanımların Morfolojik Özellikleri.....	48
6.2 İlk buz erime sıcaklığı (T_{fm}) Ölçümleri.....	48
6.3 Son Buz Erime Sıcaklığı (T_{mICE}) Ölçümleri.....	48
6.4 Homojenleşme Sıcaklığı (T_H) Ölçümleri.....	49
6.5 Sonuçlar.....	51

7. İZOTOP JEOKİMYASI İNCELEMELERİ	53
7.1 Karbon İzotop Jeokimyası.....	53
7.2 Kükürt izotop Jeokimyası.....	57
8. SONUÇLAR.....	60
9. KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ.....	64

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Ulukent Mn yatağının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 3.1: İnceleme alanı ve çevresinin 1/500000 lik jeoloji haritası	10
Şekil 3.2: İnceleme alanındaki birimlerin genel görünümü	11
Şekil 3.3: Ulukent Mn yatağının stratigrafisi.....	12
Şekil 3.4: Gri renkli çörtlü kireçtaşlarının sahadaki görünümü	13
Şekil 3.5: Çörtlü kireçtaşlarının mikroskopik görünümü.....	14
Şekil 3.6: Cevherleşme ile ilgili siyah renkli kireçtaşlarının görünümü.....	15
Şekil 3.7: Siyah renkli killi kireçtaşlarındaki silis dolguları içerisinde gözlenen hidrotermal kalsit oluşumları	16
Şekil 3.8: Granat, epidot, klorit şistlerden mikroskopik görünüm.....	17
Şekil 3.9: Bol opak mineralli kloritler.....	17
Şekil 3.10: İnce tabakalı sarımsı killi kireçtaşlarından bir görüntü	18
Şekil 3.11: İri kalsit dolgulu damar ve çatlaklar içeren mikritik kireçtaşları.....	19
Şekil 3.12: İnceleme alanındaki bordo renkli killi kireçtaşlarının görünümü.....	20
Şekil 3.13: Demir oksit-hidroksit gelişimleri kuvars ve opak mineral dolgular.....	21
Şekil 3.14: Mangan silikat minerali içeren örnekte demir oksit çatlak dolgularından görünüm	21
Şekil 3.15: Kuvars ve kalsit damarları içeren fosilli biyomikritlerden görünüm.....	23
Şekil 3.16: İnceleme alanındaki kçt ve mangan çakıllarından oluşan konglomeralar ve koyu bordo renkli killi kçt.....	24
Şekil 3.17: İnceleme alanının bölgesel jeolojisi.....	26
Şekil 4.1: Türkiye'deki mangan yataklarının oluşum yerleri ve yataklanma şekilleri.....	33
Şekil 5.1: Ulukent mangan yatağının genel görünümü.....	35
Şekil 5.2: Mangan oksit mineralleri tarafından kuşatılmış mangan karbonat minerallerinden oluşan bloklar.....	35
Şekil 5.3: İnceleme alanındaki açık ocaktan alınan örnek yerleri.....	36
Şekil 5.4: Bakteriyel piritlerden görünüm.....	38
Şekil 5.5: Opak mineralce zengin örneklerin optik mikroskop görünümü	39
Şekil 5.6: Piroluzit, hematit ve pirit minerallerinin oluşturduğu parajenez	40
Şekil 5.7: Gang minerali kalsit tarafından ornatılan hematite ve piroluzit mineralleri	40
Şekil 5.8: UK-5 örneğinin tek ve çift nikolde görüntüsü.....	41
Şekil 5.9: Ulukent Mangan Yatağından alınan yan kayaç ve manganlı örneklerin X ışınları kırınımı desenleri ve bileşimi.....	43
Şekil 6.1: Sıvı kapanım incelemek için hazırlanan iki yüzü parlak kesitlerden görünüm	44
Şekil 6.2: Ulukent Mn yatağındaki kuvars ve kalsit kristalleri içerisinde gözlenen kapanımlar.....	49
Şekil 6.3: Kalsit ve kuvarsta ölçülen son buz ergime sıcaklığından itibaren hesaplanan tuzluluk değeri.....	50
Şekil 6.4: Kalsit ve kuvarsta ölçülen homojenleşme sıcaklık değerleri.....	51
Şekil 6.5: Ulukent mangan yatağındaki kuvars ve kalsit minerallerindeki homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerlerinin dağılımları	52

Şekil 7.1:Ulukent mangan sahasından alınan hidrotermal kalsit mineralleri ile bunlardan itibaren hesaplanan CO ₂ bileşimlerinin $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ (‰) izotopik verilerinin sedimanter karbonat, deniz suyu, yeraltı suyu bileşimleri ile atmosferik, manto ve metamorfik CO ₂ verilerine göre dağılımı.....	55
Şekil 7.2: Ülkemiz ve Dünyadaki önemli mangan yataklarındaki Mn karbonat kayaçlarının karbon ve oksijen izotop verilerinin dağılımı ve Ulukent mangan sahasından hidrotermal kalsitlerinin konumu.....	56
Şekil 7.3: Uludere mangan sahasından alınan kalsit örneklerinin $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ – sıcaklık ilişkisi.	57
Şekil 7.4: İzotop analizleri için seçilen özşekli piritlerin stereo mikroskop altındaki görüntüsü ve saf pirit tanelerinin agat havanda öğütülmesi...	58
Şekil 7.5: Ulukent mangan sahasından alınan pirit örneğinin $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ değeri ve bu değerden itibaren hesaplanan H ₂ S bileşimi ile bunların çeşitli kayaç bileşimleriyle karşılaştırılması	59

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: Ekonomik değere sahip manganez mineralleri.....	28
Tablo 4.2: Mn Yataklarının sınıflandırılması.....	29
Tablo 5.1: Ulukent mangan yatağındaki örneklerin XRD analiz sonuçları.....	42
Tablo 6.1: Ulukent Mangan Yatağına ait örneklerin sıvı kapanım inceleme sonuçları	45
Tablo 7.1: Kararlı izotoplar jeokimyası incelemesinde yaygın olarak kullanılan bazı elementlerin izotopları ve analizlerde kullanılan standartları.....	53
Tablo 7.2: Ulukent Mnagan sahası hidrotermal kalsitlerin karbon ve oksijen izotop bileşimleri.....	54

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde, 2021-2022 Eğitim Öğretim Dönemi içerisinde Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Tez çalışmasının amacı, Tavas- Ulukent (Denizli) Manganez yatağını oluşturan cevherli çözeltilerin özelliklerinin sıvı kapanım ve izotop jeokimyası incelemeleri ile belirlenmesidir.

Tez çalışmamın her aşamasında, bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyen, her zaman varlığını ve güçlü desteğini hissettiren değerli hocam Prof. Dr. Gülcan BOZKAYA'ya, yüksek lisans eğitimim süresince derslerimi aldığım bütün hocalarıma ve ayrıca değerli hocam Prof. Dr. Ömer BOZKAYA'ya. Bu zamana kadar bana desteklerini esirgemeyen canım ailem; annem Gülten GÖĞÜŞ'e ve babam Bekir GÖĞÜŞ'e ve de eğitim hayatımı destekleyen eşim Hilmi TENLİK'e bütün içtenliğim ile teşekkürlerimi sunuyorum.

TUĞÇE TENLİK
Denizli, 2022

1. GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Batı Toros'larda Alt Kretase yaşlı karbonatlar içindeki siyah şeyllerle ilişkili manganez yatakları, rodokrosit gibi mangan karbonatlar ve bunların oksitlenme ürünlerinden oluşmaktadır. Ülkemizdeki en büyük manganez rezervine sahip olan Denizli-Tavas-Ulukent yatağı da bu tipteki oluşumlardan olup, 90'lı yıllarda büyük miktarlarda üretim gerçekleşmiştir. İşletmenin çalıştığı dönemlerde yılda ortalama 20.000 ton üretim gerçekleşmiş ve bu üretim ağırlıklı olarak Erdemir olmak üzere İsdemir ve Kardemir fabrikaları tarafından tüketilmiştir.

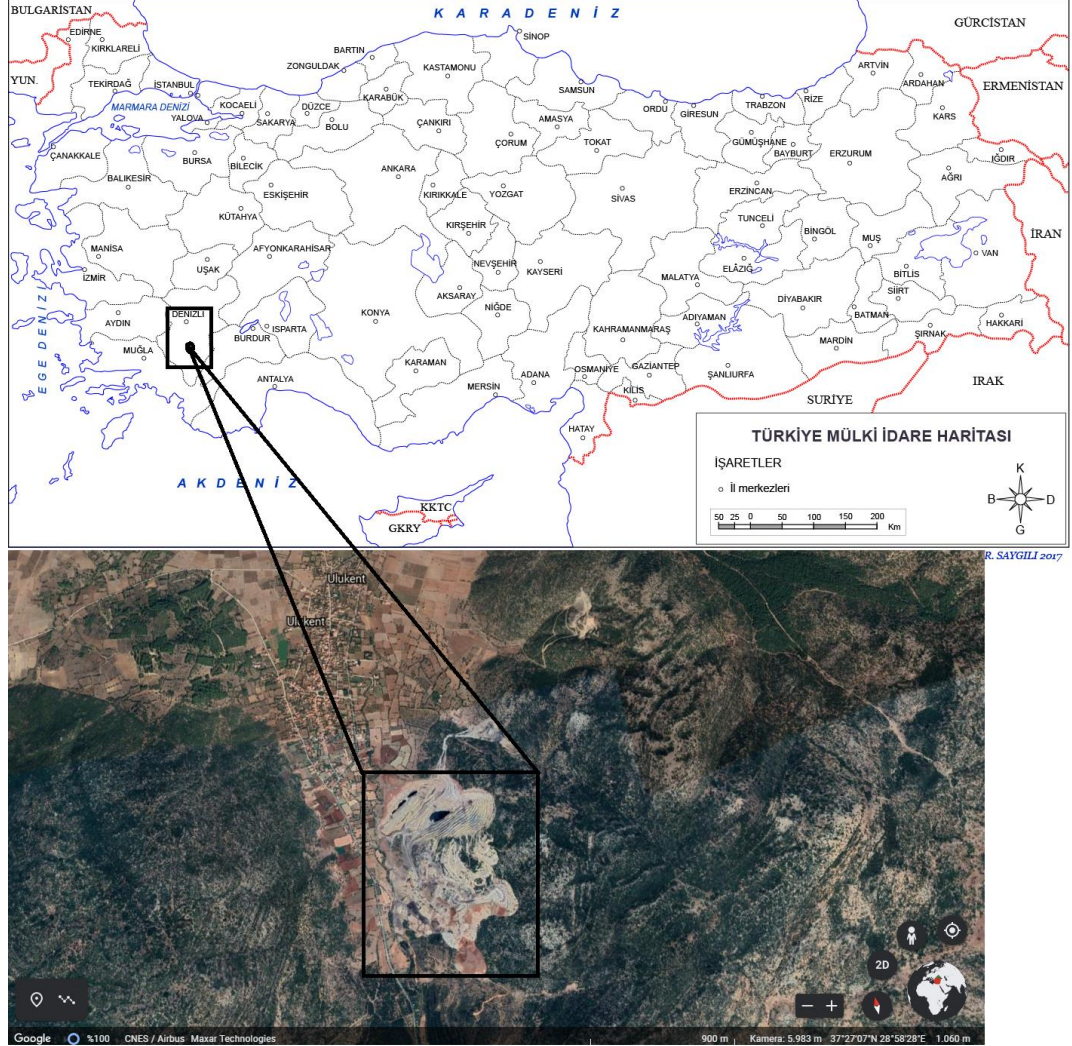
Bu çalışma, 2021-2022 Eğitim Öğretim Yılında “Yüksek Lisans Tezi” olarak hazırlanmış olup, Denizli ili Tavas ilçesinde bulunan Ulukent mevkiindeki mangan yatağından alınan örnekler üzerinde yapılmış detaylı saha, laboratuvar ve büro çalışmaları doğrultusunda hazırlanmıştır. Tezin amacı Denizli-Tavas-Ulukent mangan yatağını oluşturan çözeltilerin özelliklerinin ve kökeninin sıvı kapanım çalışması ile belirlenmesidir.

1.2 İnceleme Alanının Tanımı

İnceleme alanı 1/25000 ölçekli Denizli N21-b2 ve N22-a1 paftasında yer almakta olup, Tavas ilçe merkezine yaklaşık 19 km uzaklıkta olup, Ulukent kasabasının güneyinde, Değirmen Dere ve İslamoğlu Dere arasında Maden Sırtı mevkiindedir (Şekil 1.1). Çalışma alanının en önemli ovası Tavas ovası, en önemli yükseltisi ise Maden Sırtı'dır (1170 m).

Denizli'nin güney batısında yer alan Tavas ilçesinin, denizden yüksekliği 950 metre olup, 1691 km² yüz ölçümüne sahiptir. Tavas'ı doğudan Acıpayam, batıdan Aydın Karacasu, güneyden Kale, kuzey batıdan Babadağ ilçeleriyle, kuzeyden Denizli ili çevrelemektedir. Tavas, yüzey şekilleri bakımından etrafı dağlarla çevrili düz bir ova görünümünde olup, bu ova 30.000 hektardır. Kuzeyde Babadağ, güneyde Bozdağ,

doğuda (Kızılıhisar) Serinhisar dağları, batıda Kale ilçesiyle çevrilmiştir. Bu ovanın Bozdağ eteklerinde bulunan bölümüne Barza ovası denir.



Şekil 1.1: Ulukent mangan yatağının yer bulduru haritası.

1.3 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve çevresini kapsayan bölge, bugüne kadar farklı araştırmacılar tarafından ele alınmıştır. Fakat Denizli-Tavas-Ulukent Manganez cevherleşmesi üzerinde sıvı kapanımları ile ilgili çalışma bulunmamaktadır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde yapılan bazı çalışmalar aşağıda kronolojik sıraya göre özetle verilmiştir.

Çelebi ve diğ. (1988), Sahada Üst Liyas-Alt Kretase yaşlı çörtlü kireçtaşları, siyah renkli killi kireçtaşları, gri, sarımsı-yeşilimsi ve bordo renkli killi kireçtaşları, Üst Kretase yaşlı rudist kırıntılı kireçtaşları ve çörtlü kireçtaşlarıyla Neojen karasal konglomera ve Kuvaterner-Aktüel yaşlı alüvyon yüzeylemiş olduğundan bahsetmişlerdir. Yatakta manganez cevherleşmesi volkano sedimanter kökenlidir. Cevherleşmenin çörtlü kireçtaşlarının üst düzeylerini oluşturan plaketli kireçtaşlarıyla siyah renkli killi kireçtaşlarının arasında genellikle karbonat (rodokrozit) şeklinde ve siyah renkli killi kireçtaşlarının bulunmadığı yerlerde cevher oksit şeklinde, yüzey ve yüzeye yakın yerlerde karbonat cevher ve birincil oksit cevher, atmosferik etkilerle kısmen veya tamamen okside olmuş ve ikincil oksit manganez mineralleri olan piroluzit ve psilomelan'a dönüştüğünden, ayrışmamış karbonat cevher oksit cevher içinde bloklar şeklinde kalmış olduğuna değinilmiştir. Cevher mineralleri; rodokrozit, mangana dolomit, braunit, hausmanit, manganit, piroluzit, psilomelan, jakopsit, tefroid, stilpnomelan ve spessartin gang minerallerinin de klorit, hidrogranat, hidrobiyotit, kuvars, kalsit, serisit ve değişik kil mineralleri olarak belirlenmiştir.

Kuşcu ve Gedikoğlu (1989), Ulukent (Tavas-Denizli) yatağı ve güneyindeki manganez cevherleşmelerinin jeokimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmada; cevherleşmenin, kireçtaşları içinde ara seviye olarak bulunan organik maddece zengin, pirit içerikli, yapraklanmalı siyah şeyller arasında, siyah şeyl düzeyi yanal ve düşey yönde düzensiz kalınlık gösterdiğini ve maksimum kalınlığı 42 metreye ulaştığını belirtmişlerdir. Cevher minerallerini, rodokrosit, manganokalsit, hausmanit, braunit, rodonit, tefroit, yakopsit, pirolusit, kriptomelan, manganit ve psilomelandan gang mineralleri ise kalsit, dolomit, kuvars ve klorit şeklinde olarak belirlemişlerdir.

Doğan ve diğ. (1993), Cevherleşmenin killi kireçtaşlarının genellikle de siyah renkli killi kireçtaşlarının, oksit cevherin üstte bulunduğu yerler ve oksidasyon zonunun dışında kalan yerlerde cevherleşme, siyah renkli killi kireçtaşları ve cevhere

doğru siyah renkli killi kireçtaşlarıyla geçişli olarak izlenen klorit kalk fels veya klorit kalk şist olarak tanımlanan kayaçların kontrolünde olduğunu ifade etmiş, bu siyah renkli birim genellikle cevherin üzerinde bulunmasına karşın yer yer cevherin altında da izlenmiş olduğunu belirtmiştir.

Öztürk (1993), Türkiye’deki manganez yataklarını yan kayaçları, kimyasal, mineralojik ve yapısal özelliklerine göre dört ana gruba ayırmıştır. Batı Toros’larda Alt Kretase yaşlı karbonatlar içindeki siyah şeylerle ilgili yataklardaki en büyük rezerve sahip Denizli-Tavas- Ulukent’i ikinci grup olarak tanımlamıştır. Bu cevherleşmeler rodokrosit gibi mangan karbonatlar ve bunların oksitlenme ürünlerinden oluşmakta ve diyajenetik oluşumludurlar.

Doğan ve Türkmen (1993), Ulukent manganez yatağı ve civarında yoğun tektonizma geçirmiş nap paketleri şeklinde Paleozoyik karbonatları, Triyas kırıntılıları, Jura kireçtaşları ve Kretase yaşlı başlıca çörtlü kireçtaşlarından oluşan üste doğru regresif özellik gösteren çökel kayaçlar izlendiğinden bahsetmiştir.

Teker (2010), Isparta ve Burdur bölgesindeki manganez ve demir-manganez yataklarının Ulukent be Binkılıç Manganez yatakları ile karşılaştırdığı çalışmasında; Ulukent’teki yatağın mangan karbonat minerallerinin %17,82 C, %38,63 O, %5,46 Ca., %38,09 Mn; demiroksit bileşenlerinin ise %24,21 O, %1,02 Si, %4,82 Mn ve %69,94 Fe içerdiği belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Saha incelemeleri

Bu tez çalışmasına ait arazi çalışması Denizli İli Tavas ilçesi Ulukent mevkiindeki Mangan sahasında yapılmıştır. Saha incelemesinden önce genel jeolojisi ve maden jeolojisi hakkında detaylı literatür taraması yapılmıştır. Ulukent maden sahası içerisinde cevherleşme ile ilişkili alterasyon zonlarından ve cevher damarlarından 24 adet cevher ve kayaç örnekleri alınmıştır.

2.2 Laboratuvar İncelemeleri

Maden sahasından alınan kayaç örnekleri, mineralojik bileşimleri, petrografik özellikleri ve cevher yan kayaç ilişkilerini tespit etmek amacıyla Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümündeki incekesit Laboratuvarında yapılmıştır. İncekesitler, Olympus BX51 marka alttan aydınlatmalı polarizan mikroskobunda incelenerek kayaç adlandırmaları yapılmıştır.

Sıvı kapanım incelemeleri için cevherleşme ile ilişkili lokasyonlardan alınan örneklerden, iki yüzü parlatılmış kesitler ve yaklaşık 100 mikron kalınlığa kadar inceltilmiş (wafers) kesitler hazırlanmıştır. Kesitler, Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliğinde bulunan Maden Yatakları Cevher Mikroskobu ve Sıvı Kapanım Kesit hazırlama laboratuvarındaki parlak kesit makinesinde; ilk önce kaba toz (silis tozu) ile aşındırılarak daha sonrasında 600, 800, 1000 ve 1200'lük aşındırma tozları ile inceltilip en son DUR, DAC ve NAP solüsyonları ile keçeler yardımı ile parlatılmıştır. Hazırlanan parlak kesitler Olympus BX51 marka üstten aydınlatmalı polarizan mikroskobunda incelenerek örneklerin parajenezi ve cevher minerallerinin dokusal özellikleri belirlenmiştir. İki yüzü parlak kesitler ise Olympus BX51 marka alttan aydınlatmalı polarizan mikroskobunda incelenerek kapanımların petrografik özellikleri belirlenip, sıvı kapanımı toplulukları tespit edilerek ardından sıvı kapanımı ölçümleri NIKON Labophot-pol tipi mikroskoplara monte edilmiş, LINKAMTHMS-600 ve TMS-92 tipi ısıtma - soğutma sisteminde gerçekleştirilmiştir. Sıvı kapanımlarını dondurmak için sıvı azot kullanılmıştır.

Kükürt izotop incelemeleri, saha incelemeleri sırasında cevherleşmelerin gözlendiği yerlerden alınmış örneklerden ayrılmış saf pirit kristalleri üzerinde

yapılmıştır. Mineral ayırma işlemleri, daha saf minerallere ulaşmak amacı ile örnekler kırılıp öğütüldükten sonra, serbestleşmenin en iyi olduğu “-250 - +125 mikron” tane boyu fraksiyonu iyice yıkandıktan sonra binoküler mikroskop altında elle seçme yöntemi ile yapılmıştır. Saf pirit mineral ayırımları, agat havanda öğütülerek toz haline getirildikten sonra izotop analizleri için Arizona Üniversitesi İzotop Araştırmaları Laboratuvarlarına gönderilmiş ve analiz edilmiştir. Sülfür izotop analizleri VG SIRA 10 kütle spektrometresinde yapılmıştır. Sülfürlü mineraller Robinson ve Kusakabe (1975) tarafından geliştirilmiş metoda göre hazırlanarak analiz edilmiştir.

Karbon ve oksijen izotop analizleri, sıvı kapanım incelemeleri sırasında ölçüm yapılan örnekler üzerinde yapılmıştır. Mineral ayırma işlemleri, daha saf minerallere ulaşmak amacı ile örnekler kırılıp öğütüldükten sonra, serbestleşmenin en iyi olduğu “-250 - +125 mikron” tane boyu fraksiyonu iyice yıkayıp temizlenip kurutulduktan sonra binoküler mikroskop altında daha temiz örnek seçimi için elle seçme yöntemi ile yapılmıştır. İzotop analizleri Arizona Üniversitesi İzotop Araştırmaları Laboratuvarlarında yapılmıştır.

3. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

3.1 Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı Batı Toros'larda Büyük Menderes Grabeni'nin güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 3.1). Grabenin güney horstu boyunca Prekambriyen temelinin altta yer yer migmatitik özellikteki gnayslar, üstte ise kuvarsit ve mermer mercekli gnays ve amfibolitler bulunmaktadır. Babadağ Napı'nın Prekambriyen temeli altta yer yer migmatitik özellikteki gnayslarla, üstte ise mermer mercekli ve siyah metaçört ara düzeyli gnays ve amfibolitlerle temsil edilmektedir. (Konak 2003). Denizli-Tavas yöresinde Babadağ Napı tarafından tektonik, olarak üzerlenen Tavas Napı'nın temelinde Permo-Karbonifer çökelleri, Honaz Dağı'nda ise Honaz metaşeylleri yer alır. Bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelen ve bir bölümü metamorfik olan ve farklı çökeltme süreçleriyle oluşan Jura-Eosen istifleri, altta bordo-renkli karasal çakıltaşı ve kumtaşlarıyla başlar. Liyas'ta neritik kireçtaşlarıyla temsil edilen Jura-Eosen istifleri, Dogger'de yer yer ammonitico-rosso fasiyesindeki bazik volkanik, ve çört ara katkılı çökellere, Malm-Üst Kretase'de ise pelajik-yan pelajik kireçtaşlarına geçer. Yer yer rudist parçalı olan Üst Kretase kireçtaşları üzerine belli uyumsuzlukla Paleosen yaşlı kırmızı mikritler ve/veya Eosen yaşlı yer yer olistostrooial karakterdeki şeyl-marn ardalaması gelir (Konak 2003).

Babadağ ve Tavas Napları'nın Paleosen-Eosen yaşlı kayaları üzerinde olası Orta?- Üst Eosen yaşlı olistostromal- breşik karakterli çökeller yer almaktadır. Bölgedeki napların Oligosen moloz çökelleri tarafından açısız uyumsuzlukla örtülmesi bölgedeki bindirmeli yapıların Oligosen öncesinde geliştiğini göstermekte, izleyen dönemlerdeki gerilmeli tektonik rejim ve/veya rejimler sürecinde, bazı bindirme düzlemlerinin sıyrılma fayı olarak yeniden çalıştığı düşünülmektedir (Konak 2003).

Bu bölgede Menderes masifini tanımlayan başlıca birimler şunlardır (Graciansky 1966; Başarır 1970; Dürr 1975; Alkanoglu 1978; Çağlayan ve diğ. 1980; Okay 1985; Konak ve diğ. 1987): (1) Menderes masifi istifi alttan üste doğru Prekambriyen gnayslar; Alt Paleozoyik yaşta mikaşistler; Permo-Karbonifer yaşta metakuvarsit, siyah fillat ve siyah rekristalize kireçtaşları; Mesozoyik yaşta, boksit seviyeli, kalın tabaka ,rekristalize, neritik kireçtaşları; yaşlı Alt Eosene kadar çıkan rekristalize pelajik kireçtaşı ve filişten oluşmuştur. (2) Menderes masifinin en genç

birimi olan Eosen filisi üzerinde, tektonik bir dokanakla, Orta Eosende yerleşmiş olan Likya napları yer alır; (3) Menderes masifinde, alttan üste doğru tedricî olarak azalan, Eosen yaşta Barroviyen tipte bir rejyonal metamorfizma gözlenir (Ashworth ve Evirgen 1984; Okay 1985; Satır ve Friedrichsen 1986). Likya naplarının Menderes masifi üzerine yerleşmesine bağlı olarak gelişen bu rejyonal metamorfizma (Şengör ve diğ. 1984), Likya naplarının alt kesimlerini de etkilemiştir. Metamorfizma açısından Menderes masifi ile üzerinde yer alan naplar arasında bir süreksizlik yoktur. Menderes masifinde Eosen metamorfizması dışında, Pan-Afrikan yaşta eski bir metamorfizmanın izleri Prekambriyen gnayslarda saptanmıştır; (4) Menderes masifi, Bafa gölü ile Muğla arasında en alt tektonik birimi teşkil etmektedir ve nispî otokton konumdadır; (5) Menderes masifinin, Oligosende meydana gelen bölgesel yükselme ve aşınmaya bağlı olarak gelişmiş, güneye dalımlı basit bir yapısı vardır.

Okay (1986), Denizli-Tavas arasında yaptığı çalışmada bölgede yüzeylenen birimleri Menderes masifi, Denizli birimi, Tavas birimi, Ortaçağ birimi, Göbeciktepe birimi ve Kızılca birimleri olarak ayırmıştır. Göbeciktepe ve Kızılca birimleri dışındaki birimlerin allohton olduğunu belirtmiştir.

Ulukent manganez yatağı ve civarında bölgesel olarak büyük ölçekte gözlenen bu birimlerden; tektonizma geçirmiş nap paketleri şeklinde Paleozoyik karbonatları, Triyas kırıntılıları, Jura kireçtaşları ve Kretase yaşlı başlıca çörtlü kireçtaşlarından oluşan ve üste doğru regresif özellik gösteren çökel kayaçlar izlenir (Doğan ve Türkmen 1993).

Kuşçu (1986) bölgedeki birimleri tabandan tavana doğru Karbonifer-Permiyen yaşlı Sorkun Formasyonu, Triyas- Alt Jura yaşlı Altepe formasyonu, Jura- Alt Kretase yaşlı Ulukent Formasyonu, Üst Kretase- Paleosen-Alt- Orta Eosen yaşlı Dodu Formasyonu ile ultrabazik kayaçlar, Neojen yaşlı Duranlar konglemerası ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar olarak ayırt etmiş olup, birimleri özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

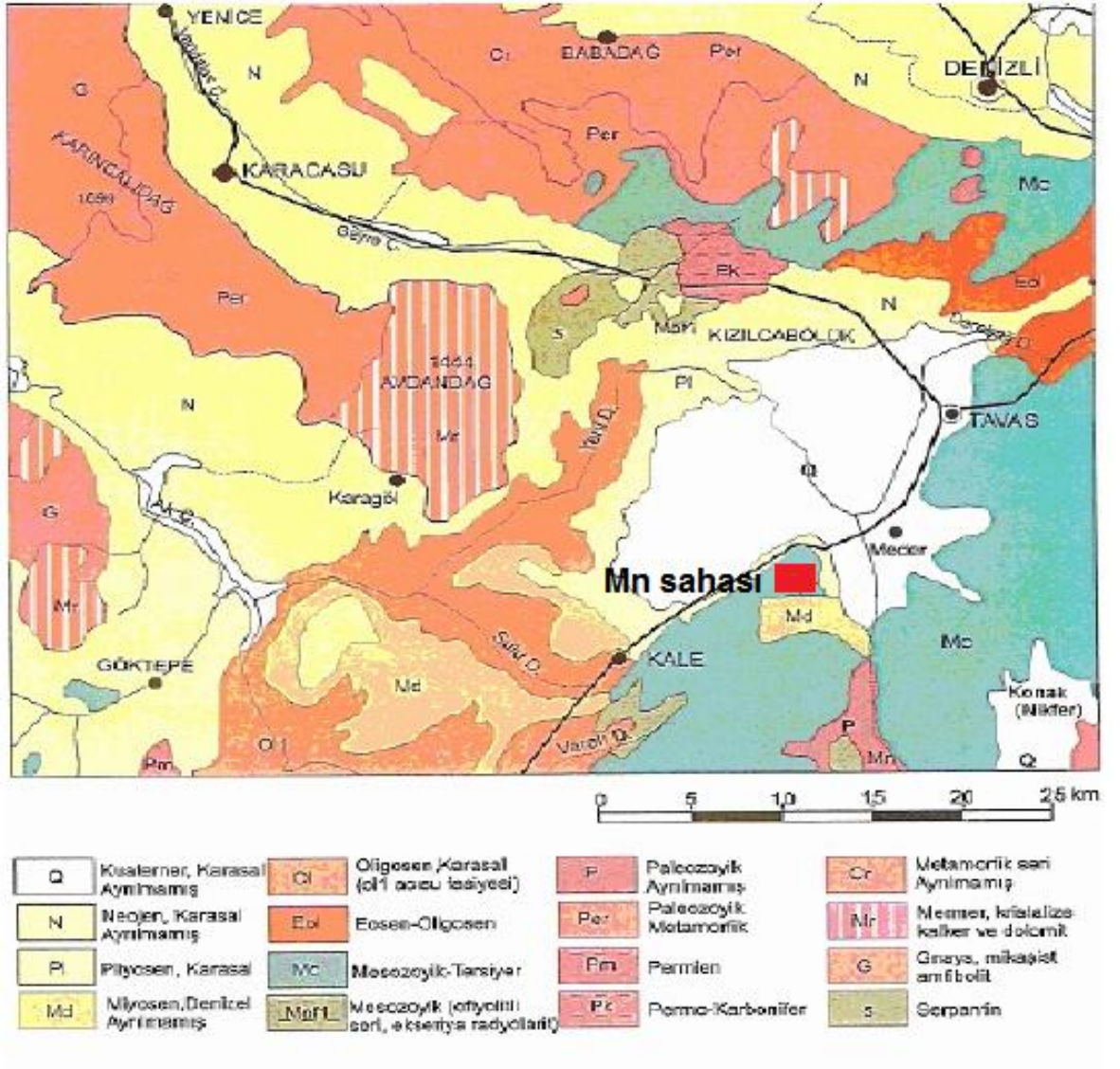
Sorkun Formasyonu: Formasyonu aşağıdan yukarıya doğru gri renkli şeyl-kireçtaşı-kumtaşı, bol fosilli kireçtaşı düzeyleri ile kuvarsitler oluşturur ve tahmini olarak 600-700 m kalınlık sunar.

Alttepe Formasyonu: Alttan üste doğru alacalı, kırmızı kumtaşı-konglomera, dolomitik kireçtaşı ve açık gri, krem renkli masif görünümlü kireçtaşlarından oluşur. Formasyon altta Sorkun Formasyonu ile açısız uyumsuz iken üstte Ulukent Formasyonu ile uyumludur. Konglomeraların kalınlığı birkaç metre ile 10m arasında değişirken üzerindeki dolomitik kireçtaşlarının kalınlığı en fazla 10 m ye ulaşmaktadır.

Ulukent Formasyonu: Birim tabandan tavana kalınlığı 50 ile 100 m arasında değişen çörtlü, laminalı, gri kireçtaşları, manganez katmanları içeren 30-60 m arasında değişen kalınlığa sahip koyu gri renkli, killi kireçtaşları, bordo kırmızı renkli ve kalınlığı 25m'ye varan şeyle ve radyolaritli ve yer yer manganez çakıllı konglomeratik seviyeler ile temsil edilmektedir.

Dodu Formasyonu: Çok kalın bir istiflenme sunan bu birim, tabanda kalınlığı birkaç metre ile 50 m arasında değişene siyah, rudistli kireçtaşları ile başlar ve üzerine yeşil konglomera düzeyleri ve daha üstte de bordo ve kırmızı renklerin egemen olduğu, yer yer çörtlü ve silis bantlı, laminalı kireçtaşları ile gri, koyu gri kalkışist görünümlü kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Duranlar Formasyonu: Birim alacalı konglomera, kıltaşı, marn ve kıltaşı, marn ve killi kireçtaşlarından oluşmakta olup Dodu Formasyonu ve genç alüvyonlar ile açısız uyumsuz olarak gözlenmektedir.



Şekil 3.1: İnceleme alanı ve çevresinin 1/500000'lik jeoloji haritası (MTA 1980)

3.2 Yerel Jeoloji

Ulukent mangan yatağı çevresinde yaşları Üst Liyas-Üst Kretase arasında değişen ve farklı araştırmacılar tarafından değişik isimlerle adlandırılan çörtlü ve killi kireçtaşlarına ait birimler yüzeylemektedir (Şekil 3.2 ve 3.3).



Şekil 3.2: İnceleme alanındaki birimlerin genel görünümü GB dan KD'ya bakış

3.2.1 Çörtlü kireçtaşları

Mangan yatağının tabanında gri renki, belirgin katmanlanmalı, 5-15 cm çaplı gri ve bej renkli çört yumruları ile 5-10 cm kalınlığında çört bantları içeren çörtlü kireçtaşları bulunmaktadır. Renkleri genellikle gri, gri-mavi olup, alt düzeylerde koyu gri üst düzeyleri sarımsı gri renklidir. Düzgün tabakalanma gösterirler ve tabaka kalınlıkları alt düzeylerde 40-50 cm olup üste doğru incelmekte (30-40 cm) ve en üstte kil içermeleri sebebiyle plaketli bir görünüm sergilemektedir (Şeki 3.4). Birim Kuşçu (1986) tarafından Ulukent Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Üst Sis.		SENOZOYİK		MESOZOYİK		PALEOZOYİK		KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
SİSTEM	SERİ	TERSIYER	KUVAT	JURA	KRETASE	TRİYAS	PERMIYEN		
FORMASYON		PALEOJEN	NEOJEN	DOĞGER-MALM	ALT-ORTA KRETASE	ALTEPE FORMASYONU	ALT-ORTA-ÜST		
DURANLAR KONGLOMERA					ÜST KRETASE-PALEOSEN ALT EOSEN	ULUKENT FORMASYONU	SORKUN FORMASYONU		
								ks1	İnce kireçtaşı içeren, haki, yeşilimsi, gri şeyl
								ps2	Bol makro ve mikro fosilli, sarımsı kahverenkli kireçtaşı
								ps3	Sarımsı kahve, pembe renkli kuvarit ve kuvars arenit
								ta1	Alacalı bordo renkli konglomera
								ja2	Açısal diskordans
								ja3	Kalın tabakalı masif açık gri kireçtaşı, tabanında yer yer sarımsı gri renkli dolomitik kireçtaşı
								ju1	Açısal diskordans
								ku2	İnce tabakalı, çörtlü kireçtaşı
								ku3	Alt ve üstünde koyu gri, siyah renkli, karbonlu, karbonatlı kayalar bulunan manganez katmanları
								ku3	Kuvar kumlu yapraklanmalı kill kireçtaşı, kireçtaşı
								ka1	Mn çakıllı bordo renkli konglomera
								ka1	Bordo renkli ince lamine ve yapraklanmalı yer yer radiolaritli kireçtaşı
								ka1	Kırmızı gri koyu gri ince orta tabakalı çörtlü pelajik kireçtaşı
								ka1	Diyabaz çamurtaşı radiolarit ve çört çakıllı konglomera ve b
								ka1	Siyah klastlı rudistli kristalize kireçtaşı
								ka1	Ked3 Tak
								ka1	Kiltası silttaşı konglomera çamurtaşı ve kireçtaşı ile ofiyolitik çakıl bloklar içeren kırıntılı düzeyler
								ka1	Açısal diskordans
								ka1	Açık gri renkli konglomera kumtaşı, kiltası ve kireçtaşı
								ka1	Açısal diskordans
								ka1	Kum, çakıl bloklardan oluşmuş genellikle gevşek dokulu alüv

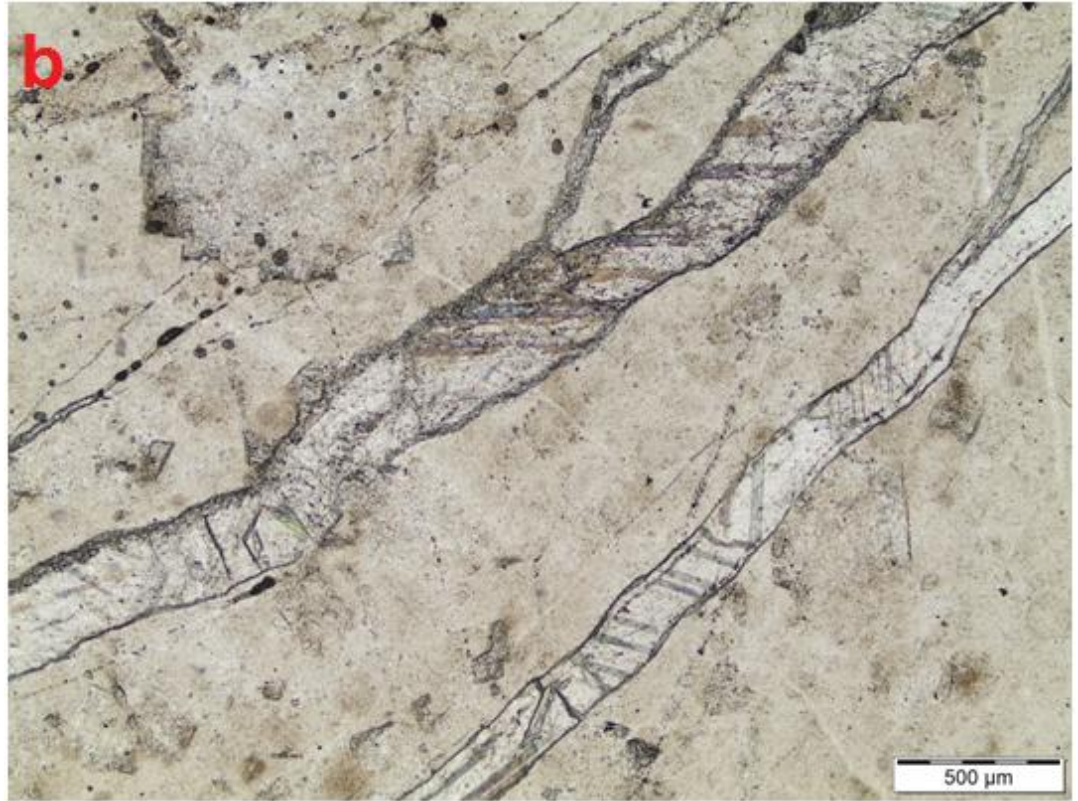
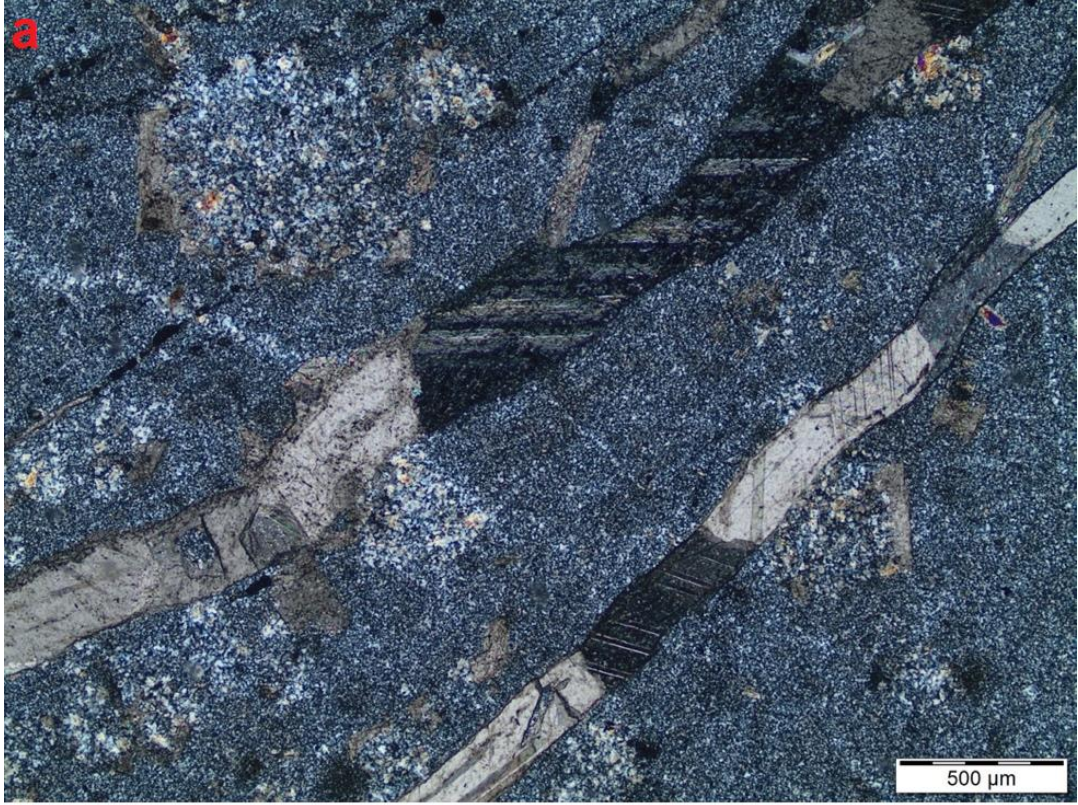
Ölçeksiz

Şekil 3.3: Ulukent mangan yatağının stratigrafisi (Kuşçu ve Gedikoğlu 1989)



Şekil 3.4: Gri renkli çörtlü kireçtaşlarının sahadaki görünümü

Birimden alınan örneklerin mikroskobik incelemelerinde kriptokristallen kalsitten oluşmuş mikrit ve biyomikrit olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.5). Minerallerin belirgin yönlendiği vardır ve yer yer opak mineraller içermektedir. Kalsit dolgululu çatlaklar gözlenmektedir.



Şekil 3.5: Çörtlü kireçtaşlarının mikroskobik görünümü (Örnek No: UK-8, TN(a), ÇN (b)).

3.2.2 Killi Kireçtaşları

İnceleme alanında oldukça geniş bir yayılım gösteren birim, bölgede çalışan araştırmacılar tarafından farklı formasyon isimleri altında incelenmiş ve sınıflandırılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında birim; arazideki renk ve mineralojik bileşimlerindeki farklılığa göre ele alınmıştır.

Siyah Renkli Killi Kireçtaşları

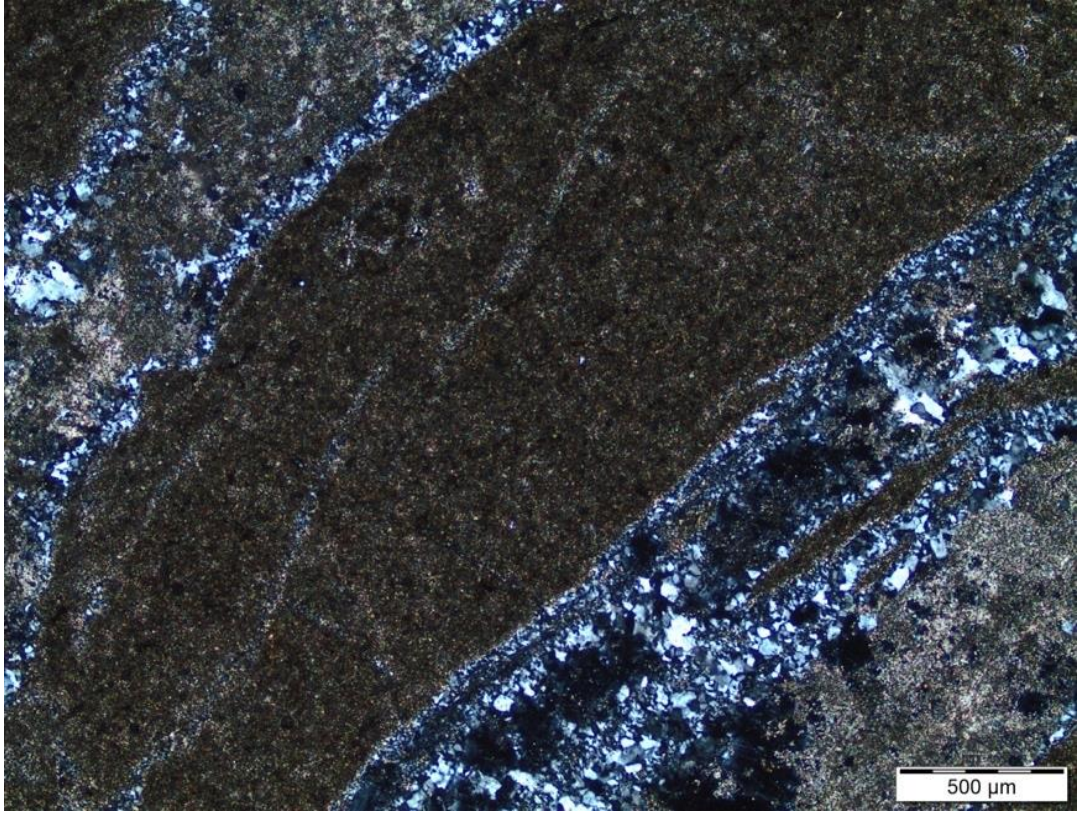
Birim yaklaşık 25m kalınlığında olup, cevherli zonun hem altında hem de üstünde izlenmektedir (Şekil 3.6). Bol miktarda pirit içeren siyah renkli killi kireçtaşları içerisindeki piritler genellikle tabakalanmaya paralel bir şekilde gözlenmektedir.



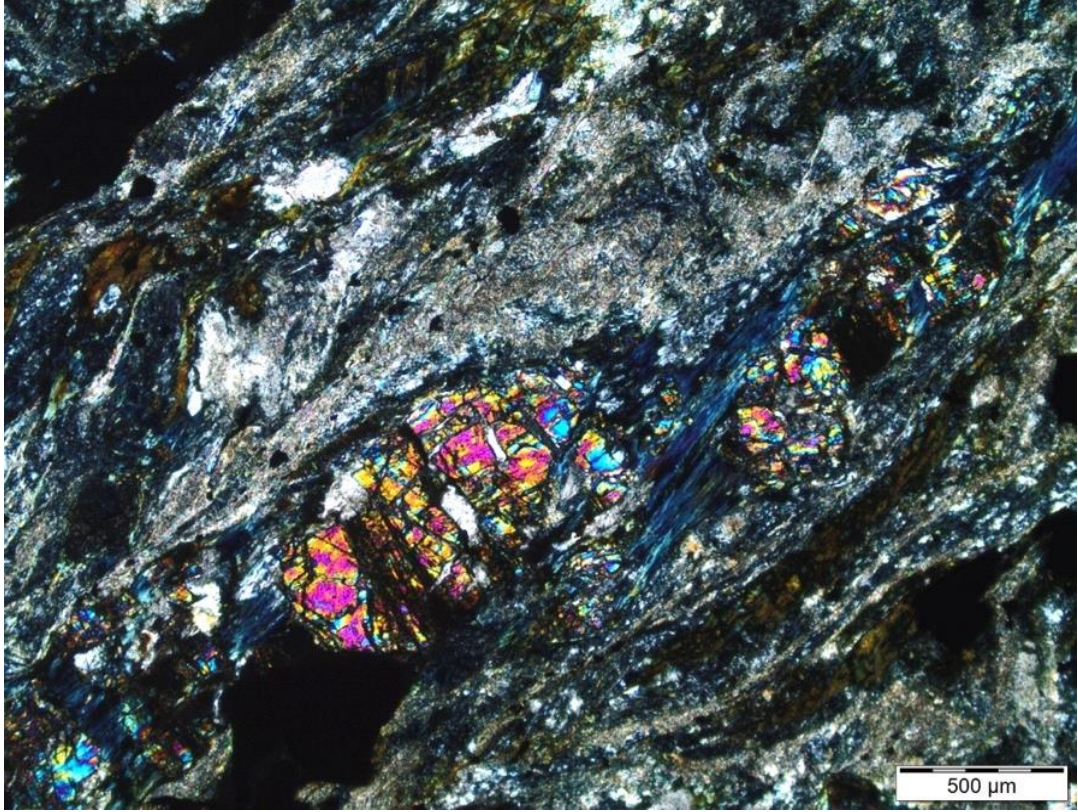
Şekil 3.6: Cevherleşme ile ilişkili siyah renkli kireçtaşlarının görünümü

Birim sahada özellikle cevherli zonlarda karbonat, klorit ve kuvars oranının artmasıyla yer yer koyu gri ve yeşilimsi siyah renkli olarak gözlenir. Cevhere yakın kesimlerde pirit miktarında artış görülmekte olup, yeşilimsi siyah kısımlar rodokrozit içermektedir.

Birimden alınan örneklerin mikroskopik incelemelerinde 0,5 mm kalınlığa ulaşan silis dolgulu veya damarcıkları içerdiği ve bu silis dolgular içerisinde ikincil/hidrotermal kalsit oluşumları olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.7). Yeşilimsi siyah renkli kesimlerden alınan örnekler granat, epidot, klorit kalk şist olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.8). Örneklerin bol miktarda opak mineralli mika ve kloritler içerdiği ayrıca gözeneklerde silis ve kalsit oluşumları görülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3.7: Siyah renkli killi kireçtaşlarındaki silis dolguları içerisinde gözlenen hidrotermal kalsit oluşumları (Örnek No: UK-3, 4X, çift nikol)



Şekil 3.8: Granat, epidot, klorit şistlerden mikroskobik görünüm (Örnek No: UK-2, 4X, Çift nikol)



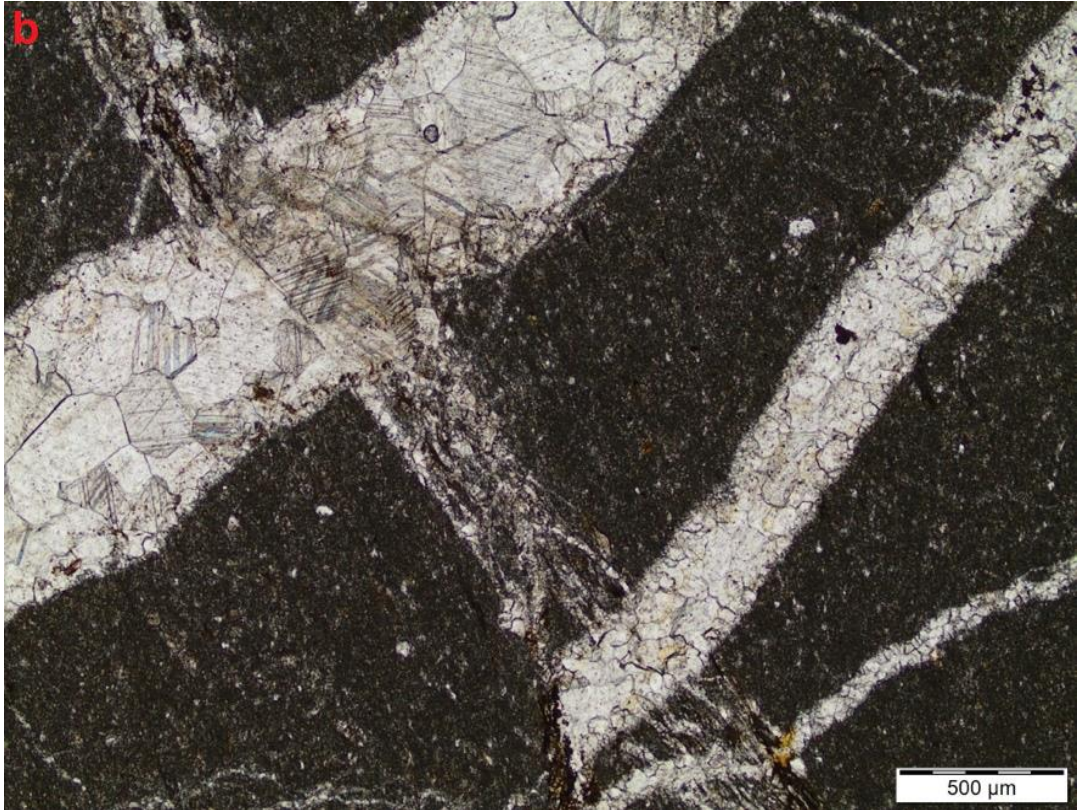
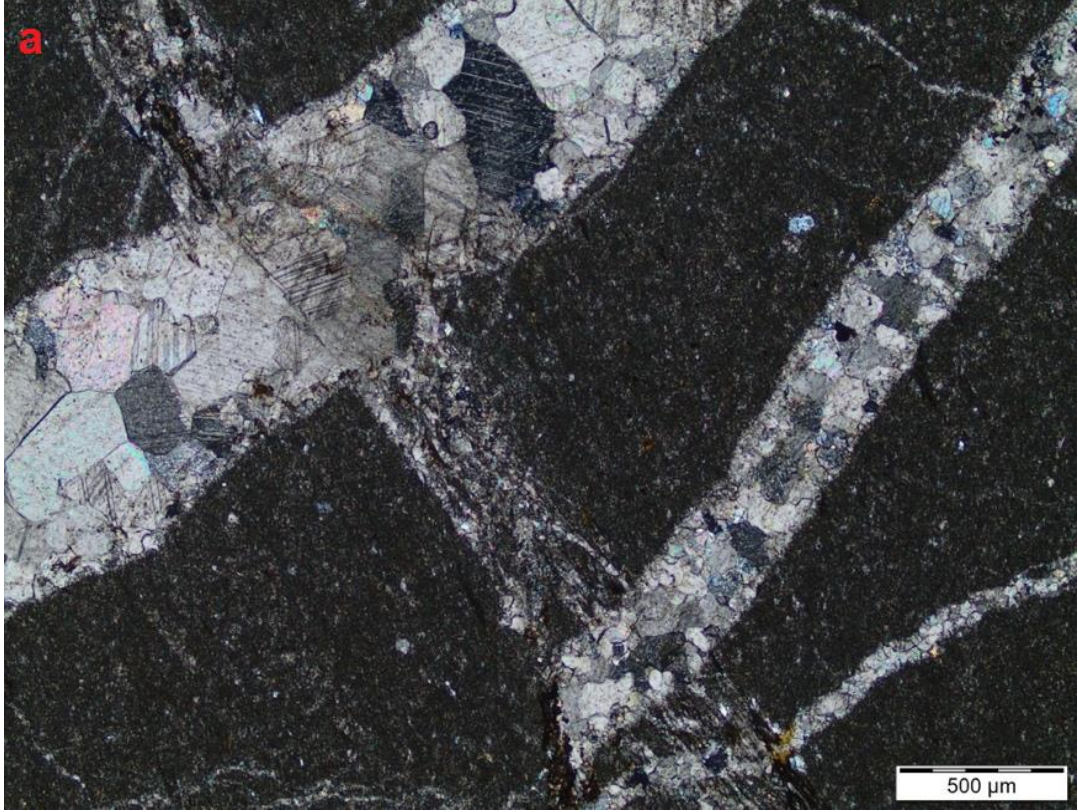
Şekil 3.9: Bol opak mineralli (pirit?) kloritler (Örnek No: UK-4, 4X, Çift Nikol).

Yeşilimsi-Sarımsı ve Gri renkli killi kireçtaşları:

Birim sahada gri, gri-mavi, siyah renkli killi kireçtaşlarına yakın kesimlerde koyu gri renkli olup ince tabakalıdır (Şekil 3.10). Yeşilimsi sarımsı ve siyah renkli killi kireçtaşları ile yanal ve düşey geçişli olup; kalınlığı 0,5 ila 35 metre arasında değişmektedir. Birimden alınan örneklerin optik mikroskopisi incelemelerinde kayacın mikritik kireçtaşı olduğu belirlenmiştir. Kayaçta eser miktarda kuvars, mika ve klorit gözlenmekte olup, yer yer ince ve iri dolgulu kalsit damarları içermektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.10: İnce tabakalı sarımsı renkli killi kireçtaşlarından bir görünüm.



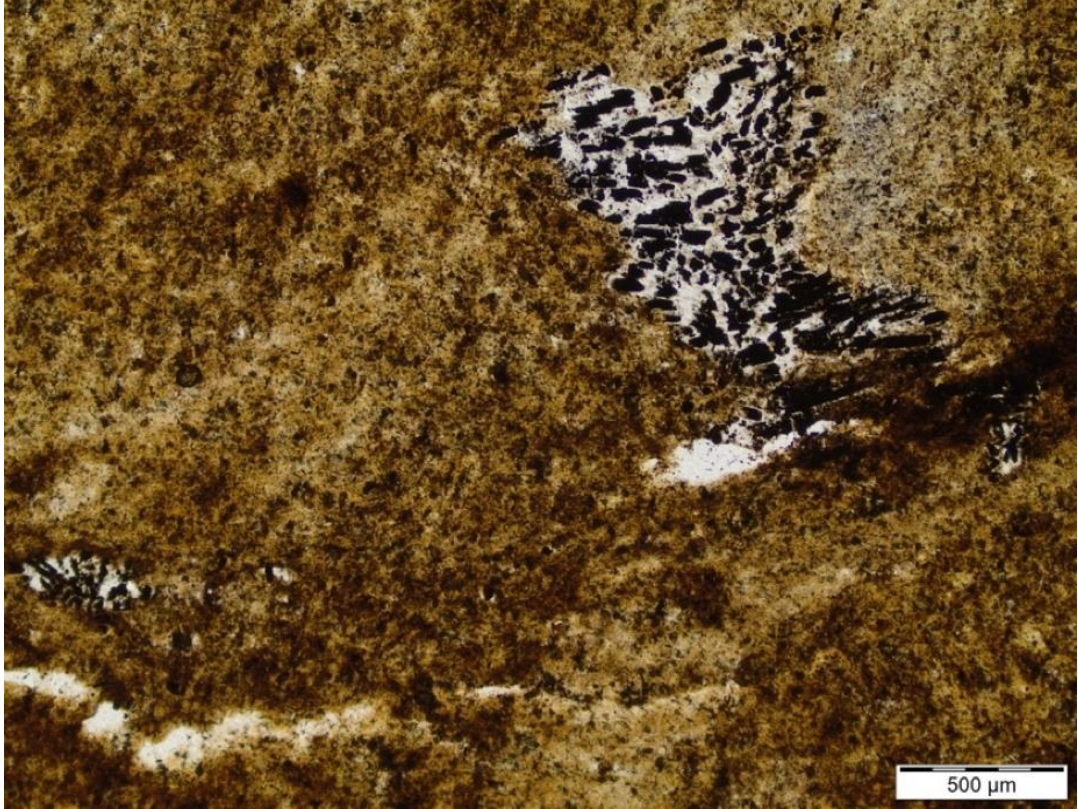
Şekil 3.11: İri kalsit dolgulu damar ve çatlaklar içeren mikritik kireçtaşları (Örnek no: UK-10,4X,(a) Çift Nikol, (b) Tek Nikol).

Bordo Renkli Killi Kireçtaşları:

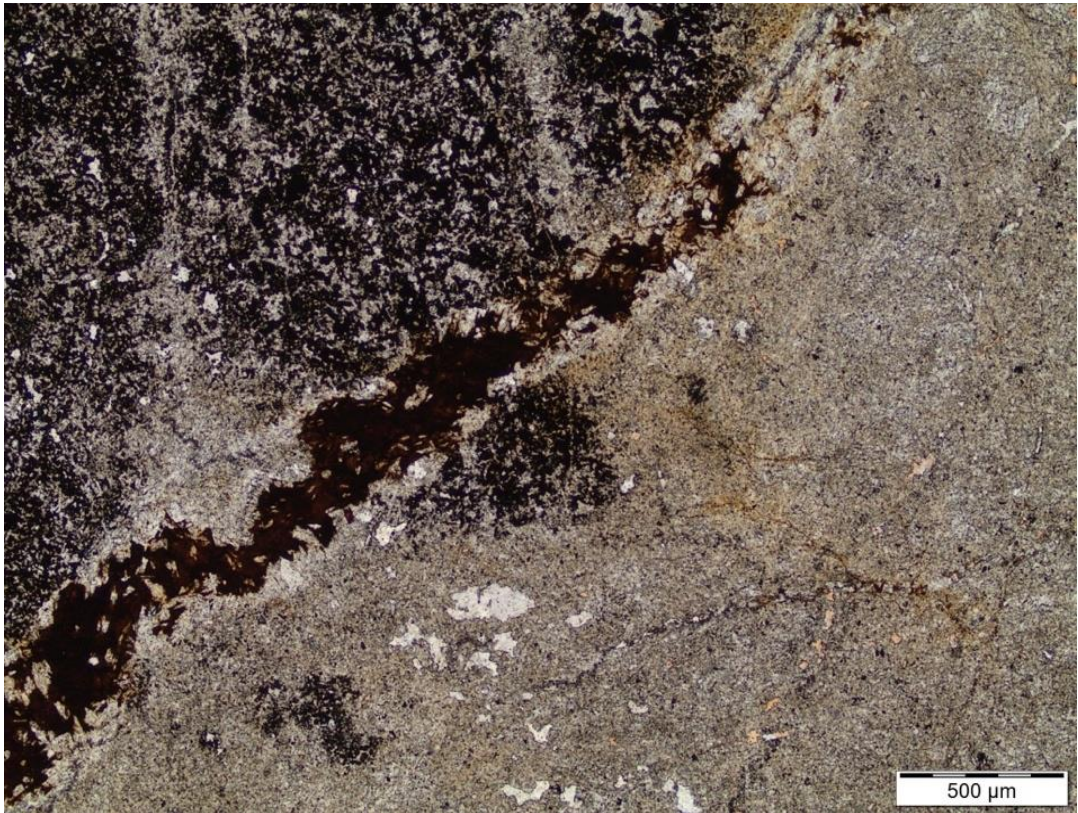
Birim sahada Rudist kırıntılı kireçtaşlarının altında kumlu ince tabakalı ve laminalı olarak gözlenmekte olup, bordo renkli killi çimentolu konglomera ile yanıl geçişlidir (Şekil 3.12). Kalınlıkları 0,5 ila 25m arasında değişmektedir.



Şekil 3.12: İnceleme alanındaki bordo renkli killi kireçtaşlarının görünümü



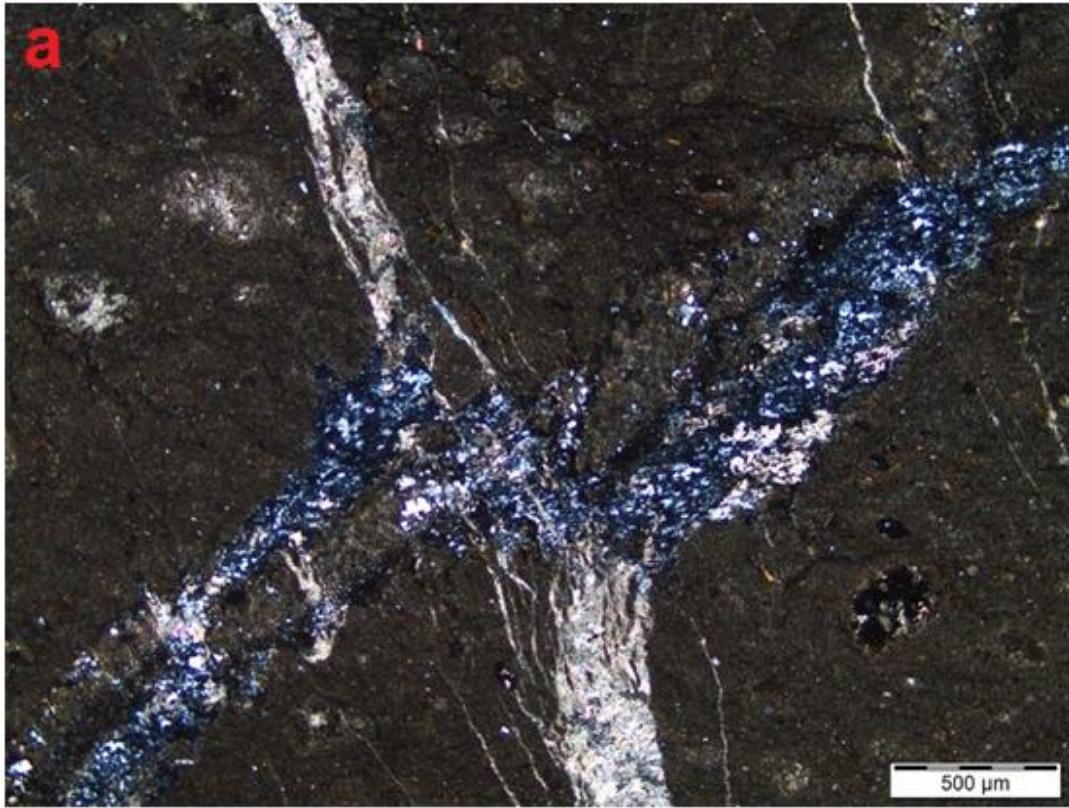
Şekil 3.13: Demir oksit-hidroksit gelişimleri, kuvars ve opak mineral dolguları (Örnek No: Uk-11, 4X, Tek nikol)



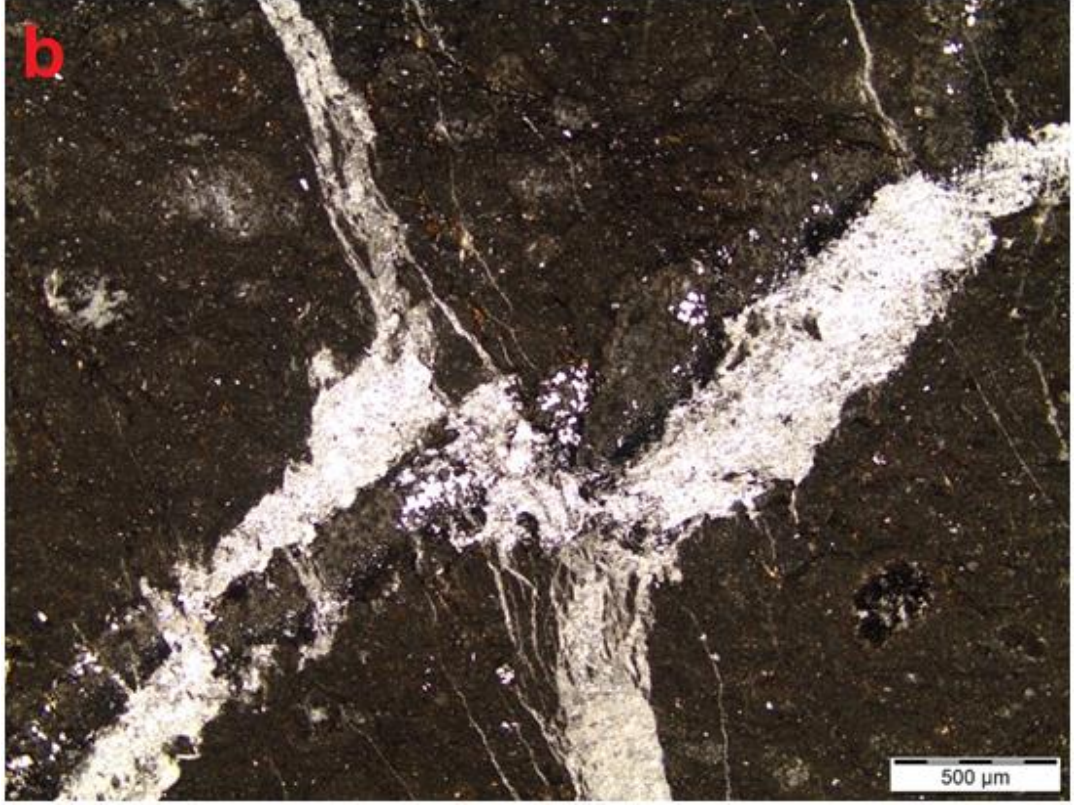
Şekil 3.14: Mangan silikat mineralleri içeren örnekte demiroksit çatlak dolgularından görünüm (Örnek No: UK-13, 4X, Tek Nikol).

3.2.3 Rudist Kırıntılı Kireçtaşları

Rudist kırıntılı kireçtaşları sahada Üst Kretase yaşlı pelajik kireçtaşlarıyla yanal ve düşey yönde geçişli olarak gözlenmekte olup kalınlıkları 0-60m arasında değişmektedir. Birim inceleme alanında genellikle bordo renkli killi kireçtaşlarının üzerinde bulunmalarına karşın; sahanın doğusunda doğrudan çörtlü kireçtaşlarının üzerine gelmektedir. Örneklerin optik mikroskop incelemelerinde bol miktarda fosil içerdiği görülmüş ve kayaç kuvars ve kalsit damarları içeren fosilli biyomikrit olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15: Kuvars ve kalsit damarları içeren fosilli biyomikritlerden görünüm (Örnek No: UK-22-2X, (a) Çift Nikol, (b) Tek Nikol).



Şekil 3.15: Kuvars ve kalsit damarları içeren fosilli biyomikritlerden görünüm (Örnek No: UK-22-2X, (a) Çift Nikol, (b) Tek Nikol).

3.2.4 Konglomera

Rudist kırıntılı kireçtaşlarının üzerinde geçişli olarak bulunan birim; kalınlığı birkaç milimetreden 5-6 cm'ye kadar değişen kireçtaşı ve manganez çakıllarından oluşmaktadır. İnceleme alanında Rudist kırıntılı kireçtaşlarıyla Üst Kretase yaşlı çört kireçtaşları arasında 10-15 metrelik bir zonda yüzeylemektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: İnceleme alanındaki kireçtaşı ve manganez çakıllarından oluşan konglomeralar ve koyu bordo renkli killi kireçtaşları

3.2.5 Koyu Bordo Renkli Killi Kireçtaşları

Konglomeratik seviyenin üzerinde yer alan birim 1-11m kalınlıkta olup, renklerinin daha koyu olması ile bordo renkli kireçtaşlarından ayrılırlar (Şekil 3.16) Koyu bordo renk birimin hematit içeriğinin yüksekliğinden kaynaklanmaktadır.

3.2.6 Üst Kretase Çörtlü Kireçtaşı

Birim sahada gri, bej renkli ve ince tabakalı olarak gözlenmekte ve 5-10 cm kalınlığında band ve 10-15 cm büyüklüğünde çört yumruları içermektedir. Kireçtaşlarının tabaka kalınlıkları alt düzeylerde daha fazla üste doğru gidildikçe azalmaktadır. Altında yer alan koyu bordo renkli killi kireçtaşları ile uyumludurlar.

3.2.7 Alüvyon

Kuvaterner yaşlı kil, çakıl ve mil boyutunda çevrede yüzeyleyen kayalardan oluşmaktadır.

3.3 Yapısal Jeoloji

İnceleme alanı Batı Anadolu'da oldukça geniş bir alanda gözlenen Menderes Masifinin güneydoğusundaki Batı Toros (Likya) Naplarının içinde yer almaktadır (Şekil 3.17). Saha Dodupınarı, Köpekasma Tepe, Tabaklar tepe batısında, Alama Dağı ve Dedekılıç Tepeden geçen KD-GB yönlü yer yer doğuya devrik ve alt kanadı üzerinde bindirmeli antiklinalin kuzey kanadındadır.

Sahada egemen olan yapısal unsurlar antiklinal ve senklinal şeklinde gözlenen asimetrik kıvrımlar olup, ayrıca eğim atımlı faylar da ikinci derecede önemli yapısal unsurlardır.

3.3.1 Kıvrımlar

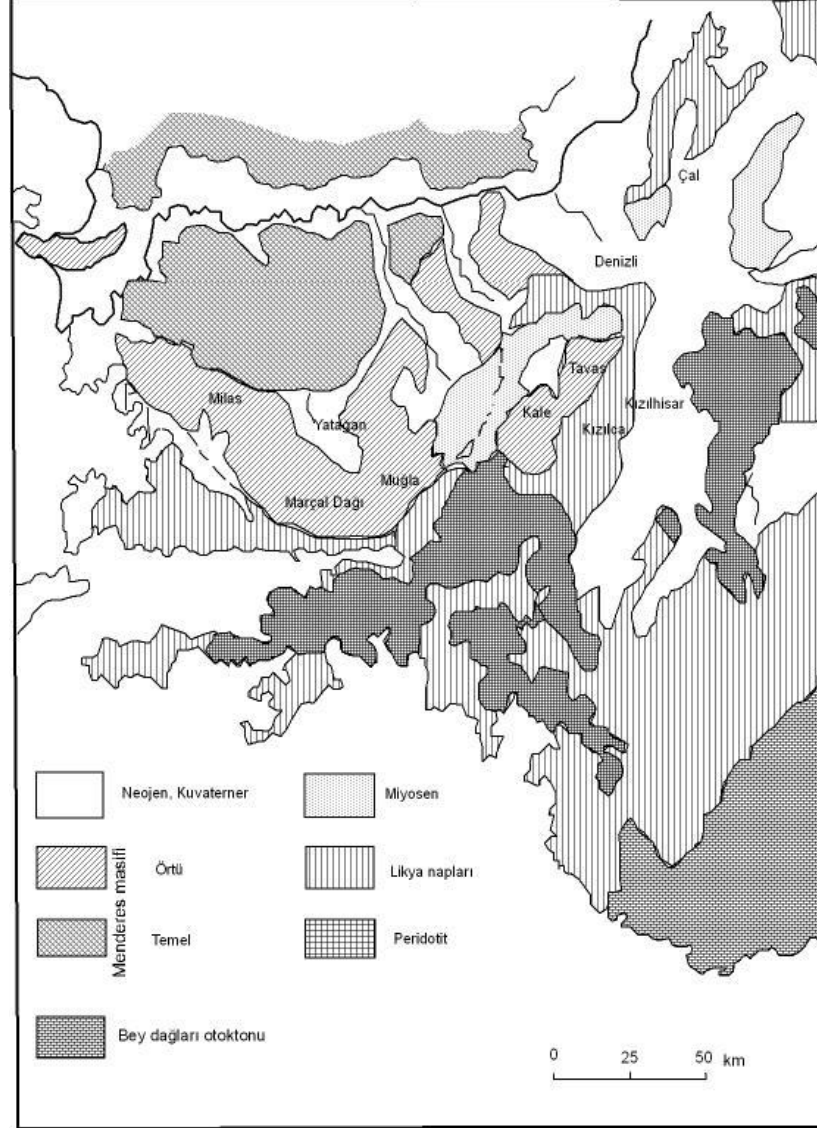
İnceleme alanındaki en önemli kıvrımlar KD-GB yönlü antiklinal olup, senklinal ve antiklinallerin kanatlarındaki eğimler KB-GD yönünde ve 40-50 ° arasındadır.

3.3.2 Faylar

İnceleme alanındaki en önemli fay K20° D doğrultulu ve 70° GD eğimli normal fay olup, sahada 13 km'lik bir uzunluğa sahiptir.

3.3.3 Tabakalanma

Sahadaki Üst Kretase ve daha yaşlı kayaların genel doğrultuları KD-GB eğimleri ise KB-GD yönündedir. İnceleme alanında gözlenen çörtlü kireçtaşlarının doğrultuları K10-70° D ve eğimleri ise 40-70° KB' dır.



Şekil 3.17: İnceleme alanının bölgesel jeolojisi (Okay (1989)'dan değiştirilmiştir).

4. MANGAN MİNERALLERİ, OLUŞUM TİPLERİ ve TÜRKiYE'DEKİ DAĞILIMLARI

4.1 Manganın Genel Özellikleri

Manganez cevheri, magmanın kristalleşmesi sırasında Fe^{2+} iyonuyla beraber magmatik minerallerin yapısına girerek özellikle amfibol grubu biyolitlerin ve minerallerin yapısında zenginleşir. Doğada bileşiminde manganez bulunan 300'den fazla mineral bulunmakla birlikte, "U.S. Bureau of Mines"a göre en az %35 mangan içeriğine sahip cevherler "manganez cevheri" olarak adlandırılmaktadır. Önemli mineralleri; pirolüsit (MnO_2), psilomelan ($BaMn_9O_{18} \cdot 2H_2O$) Manganit ($Mn_2O_3 \cdot H_2O$), Braunit ($3 Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$), Rodokrozit ($MnCO_3$), Hausmanit ($MnMn_2O_4$) dir. Manganez cevheri, içerdiği manganez miktarına göre manganezli demir (%5-10 Mn), demirli manganez (%10-35 Mn) ve manganez cevheri (%35'den fazla Mn) olarak sınıflandırılırlar. (Tablo 4.1)

Manganez yatakları genel olarak hidrotermal ve sedimanter yataklar olarak iki ana gruba ayrılırlar. Her iki tip yataktaki, manganez mineralleri oksitler, karbonatlar ve silikatlar şeklindedir. Ticari yönden en önemlilerini manganez oksitler oluşturur. Karbonatların önemi daha azdır, Silikatlar ise sadece mineralojik olarak önem arz eder. Bu nedenle jeolojik literatürde manganez yatakları çoğunluğu manganez oksit yatakları olarak dikkate alınır.

Tablo 4.1: Ekonomik değere sahip manganez mineralleri (MTA)

Mineral Adı	Formül	Renk	Mn içeriği (%)	Sertlik	Yoğunluk (ton/m ³)
Pirolüsit	MnO ₂	Çelik grisi - siyah	63	6-7	5
Ramsdellit	MnO ₂	Koyu gri - siyah	63	3	4,7
Polianit	MnO ₂	Siyah - çelik grisi	...	6-6,5	5
Manganit	Mn ₂ O ₃ .H ₂ O	" " "	62	4	4,3
Kriptomelan	KMn ₈ O ₁₆	" " "	45-60	5-6	4,3
Psilomelan	BaMn ₉ O ₁₈ .2H ₂ O	Siyah - koyu gri	35-60	5-6	4,4-4,7
Hausmanit	MnMn ₂ O ₄	Kahverengi - siyah	72	4,8	4,7-5
Braunit	3Mn ₂ O ₃ .MnSiO ₃	" "	50-60	6-6,5	4,7-4,9
Bixbit	(Mn, Fe) ₂ O ₃	Siyah	30-40	6	5
Jakopsit	MnFe ₂ O ₄	"	24	6	4,8
Hollandit	BaMn ₈ O ₁₆	Siyah - çelik grisi	24	6	4,5-5
Koronadit	PbMn ₈ O ₁₆	" " "	24	5,2-5,6	4,5-5
Rodokrosit	MnCO ₃	Kırmızı-pembe-kahve	48	3,5-4,5	3,3-3,6
Rodonit	MnSiO ₃	Pembe	42	5,5-6,5	3,4-3,6

(metalpedia.asianmetal.com, 2019)

4.2 Mangan Yataklarının Oluşum Ortamları ve Yatak Tipleri

Mangan yataklarının oluşum şekli ve sınıflandırmasını birçok araştırmacı farklı şekillerde yapmıştır (Tablo 4.2).

Hewett Sınıflaması; Hewett ve Fleischer (1960)'a göre manganez yatakları ya **süperjen** (oluşum nedenlerinin yerküresinin dış olaylarına bağlı olduğunu belirtir. Tortullaşmaya atmosferik etkenlerle ayrışmaya, taşınmaya bağlı maden yatakları dış kökenlidir) ya da **hipojen** (oluşum nedenlerinin yer kürenin iç olaylarına bağlı olduğunu belirtir. Magmatizmaya ve metamorfizmaya bağlı maden yatakları iç kökenlidir).

Hidrotermal mangan yataklarında cevherin merccek ve yığın kütleli halde olup damar tipi cevherleşme az gelişmiştir. Yataklar dasitik veya traki-riyolitik volkanik kayalarla ilişkilidir. Başlıca cevher mineralleri psilomelan ve pirolözittir.

Tablo 4.2: Mangan yataklarının sınıflandırılması (Tözün 2013)

Maden Yatağı	Zaman İlişkisi	Ana Kaya	Oluşum Yaşı	Örnekler	Referans
Sedimanter Kayalarla İlişkili Yataklar	Sinjenetik	Kırıntılı	Oligosen (28 My.)	Nikopol-Ukrayna Chiatura-Gürcistan	Varentsov, 2002
			Oligosen (28 My.)	Binkılıç-Türkiye	Öztürk, 1998
			Geç Kretase (94 My.)	Ulukent Gökçeovacak Türkiye	Öztürk ve Hein, 1997
			Geç Kretase (99 My.)	Groote Eyland Avustralya	Frakes ve Bolton 1984
			Erken Jura (183 My.)	Ürküt-Macaristan	Polgari ve diğ., 2004
		Karbonatlı	Geç Jura (156 My.)	Molango-Meksika	Okita, 1992
		Tabakalı Demir Fm. (BIF)	Neoproterozoik (700 My.)	Urucum-Brezilya	Klein ve Ladeira, 2004
			Paleoproterozoik (2050 My.)	Kalahari-Mamatwan Güney Afrika	Tsiko ve diğ., 2003
	Epijenetik	Karstik	Geç Kretase (95 My.)	İmini-Fas	Gutzmer ve diğ., 2006
			Kambriyen (501 My.)	Timna-İsrail	Laznicka, 1992
			Paleoproterozoik (2100 My.)	Postmasburg Güney Afrika	Gutzmer ve Beukes, 1996
		Süperjen	Geç Kretase (99 My.)	Groote Eyland Avustralya	Pracejus ve Bolton, 1992
			Mezoproterozoik (1740 My.)	Moanda-Gabon	Hein ve Bolton, 1993
	Sindiyajenetik			Artillary-ABD	Spencer, 1991
Volkanik Kayalarla İlişkili Yataklar	Sinjenetik	Metabazikler	Geç Kretase (85 My.)	Çayırılı-Türkiye	Öygür, 1990
		Dasit	Geç Kretase (85 My.)	Ocaklı-Türkiye	Öztürk, 1997
		Yeşil Kayalar (Greenstone)	Paleoproterozoik (2300 My.)	Nsuta (Birimian) Gana	Roy, 2006
	Epijenetik	Felsik-Ortaç Volkanikler	Pliyosen	Kimolos Adası Yunanistan	Lykakis ve Kilias 2010
			Paleoproterozoik	Bergslagen-İşveç	Hogmalm ve diğ., 2012

Roy Sınıflaması: Roy (1968), Mangan yataklarını üç ana köken tipine ayırmış ve **Hipojen damarlı**, **hidrotermal tip** ve **sedimanter** manganez yatakları olarak isimlendirmiştir.

Bonotti Sınıflaması: Bonotti (1975), **Hidrojenetik** (deniz suyundan yataklanma), **diyajenetik, hidrotermal ve halmirolitik** (bazaltik kalıntıların deniz suyu ile ayrışması) manganez yataklarıdır.

Spencer (1991)' e göre **Sindiyajenetik manganez yatakları** sediman çökeliminden sonra gömülme esnasında, porozitelerinde (boşluklarda) dolaşan formasyon sularından, manganez iyonlarının uygun jeokimyasal şartlarda çökelmeleri ile geliştiğinden bahsetmiştir.

Nicholson (1992), **Sedimanter yataklar**, bir diğer adıyla ‘‘süperjen yataklar’’ geniş çökeltme ortamını simgeler, özellikle nötr veya asidik özellikli sulu ortamlarda ideal pH’ larda ayrışması, bikarbonat, oksit, sülfür, klorür şeklinde taşınması ve çökeltme alanlarında ideal pH şartlarında çökeltimi sonucu oluşan manganez cevherleşmeleri yumru, özşekilsiz veya oolitik yapıda çok büyük rezerv sahip olan yataklardır. Süperjen manganez yataklarında oluşum ortamlarının su içeriğine bağlı olarak farklı türde manganez mineralleri oluşur.

Okita (1992), **Karbonatlı kayalarda gelişen sedimanter yataklar**, Prekambriyen’den Paleojen’e kadar uzanan geniş zaman diliminde oluşmuş bu yataklarda ana kayalar kireçtaşı/dolomit iken, ana cevher minerali rodokrosittir (az miktarda ikincil Mn oksitler de oluşabilir) Zenginleşmenin boyutu, sürekliliği kesintisiz stratiform yataklardan, küçük mercek ve bantlara kadar değişebilmektedir.

Hein ve diğ. (1992) tarafından manganez oksit yataklarının sınıflandırılmasında esas olarak yataklanma şekli dikkate alınır. Denizel Fe- Mn oksit yatakları nodul, kabuk, sedimanter bir istif içinde tabaka veya mercek ve sıvama türü cevherleşmeler olarak gruplandırılmış iken hidrotermal, diajenetik ve hidrojenetik kökenli olabilen nodul türü cevherleşmeler, çoğunlukla abisal düzlüklerde, ve kırık zonlarında oluşurken, kabuk tipi cevherleşmeler volkanik yayılma merkezleri veya bunların sınırları içindeki kırık zonları ile ilişkili. Sedimanter dizilimler içinde rastlanılan tabaka ve mercek şekilli yataklar, kıta kenarlarında diajenetik, diğer alanlarda ise (özellikle aktif volkanik yayılma merkezlerinde) hidrotermal etkilerle oluşurlar. Sıvama türü cevherleşmeler, volkanik yapılarla ilişkili kırık ve damar dolgusu, volkanik breş çimentosu veya kumtaşı ve süttası çimentosu olarak

yataklanırlar ve oluşumlarında **hidrojenetik, hidrotermal** veya **diajenetik** etkileri bir arada içerebilirler.

Force ve Cannon (1988); Frakes ve Bolton (1992); Okita (1992) ve ; Maynard (2010) ekonomik mangan yataklarını **sedimanter ve volkanik** kayalarla ilişkilendirirler ve oluşum zamanlarına göre **sinjenetik, epijenetik ve sindiyajenetik** olarak gruplara ayırır. En önemli mangan yatakları dünyada, denizel koşullarda meydana gelmiş **sedimanter tip mangan** yataklardır. Dünya genelinde büyük rezervli yatakların %93'ü denizel çökeltilerde sinjenetik olarak gelişir.

Ferenczi (2001), **Sinjenetik** (Cevher kütlelerinin veya cevher minerallerinin içinde buldukları yan kayalarla aynı zamanda ve benzer koşullarda) oluşmuş yatakların süperjen alterasyonlarla zenginleşip, **epijenetik** (Cevher kütlelerinin veya cevher minerallerinin içinde buldukları yan kayalardan sonra ve farklı koşullarda oluşması) yataklar olarak gözlendiğini belirtmiştir.

Bazaltik ve andezitik kayaların bulunduğu **volkanik ve volkanosedimanter** birimlerde mangan yataklanmasında hidrotermal etkinin rol oynadığı belirlenmiştir. **Sinjenetik** olarak deniz altı volkanizması, **epijenetik** olarak sıcak hidrotermal sulu çözeltilerle yan kayalardan çözülen mangan iyonlarının oksidasyon ve asitliliğin azaldığı bölgelerde oksitli mangan mineralleri halinde çökelip dış şekli düzensiz, iç şekli masif halde bulunmaktadır. Damar, tabakalı, stockwork ve stratabound yataklanma şekilleri görülebilmekte ve volkanik birimlerin üst seviyelerinde mangan çökelimi görülebildiği gibi volkanik birimlerden uzak tortul birimlerde de mangan geliştiği görülmektedir. Ofiyolit alanlarla kaplı sahalarda mangan yatakları, özellikle gabroik ve bazaltik kayaların fazla olduğu bölgelerde, hidrotermal süreçten kimyasal kalıntı tip sürecine kadar zenginleşme küçük boyutludur ve devamlılıkları yoktur, dış şekilleri düzensiz olmakla birlikte çörtler ve radyolaritlerin çevresinde görülür (Gökçe 2009).

Gökçe (2009), **Ofiyolit alanlarla kaplı sahalarda mangan yatakları**, özellikle gabroik ve bazaltik kayaların fazla olduğu bölgelerde, hidrotermal süreçten kimyasal kalıntı tipi sürecine kadar zenginleşme küçük boyutludur ve devamlılıkları yoktur, dış şekilleri düzensiz olmakla birlikte Çörtler ve radyolaritlerin etrafında görülür.

Nikopol tipi yataklar mangan içeriği yüksek granitoyitik ve andezitik kayalarla ilişkili olup bu bölgelerle kıyası olan sığ denizel ortamlarda oluşur. Tabanlarında açık renkli ortokuvarsitik taneli kayalar, üstlerinde ise değişik karışımlar halinde kumlu-siltli-killi kayalar, yan kayalar içerisinde de sığ denizel gastropod kavrıkları, köpek balığı dişleri ve mercanlara ait fosillere rastlandığından bahsetmiştir. Bu yatakların; kıtaya yakın kesimleri oksitli (piroluzit, psilomelan), açık deniz tarafındaki kesimlerinde ise karbonatlı (Mn-Kalsit, rodokrosit) minerallerinden meydana geldiği belirlenmiştir. **Morocco tipi (Karbonatlı kayalarla ilişkili) yataklarda;** cevherleşme 2 veya 3 farklı seviyede gözlenir, alt seviyelerde piroluzit, üst seviyelerde ise braunit. Karbonatlı mineraller çokça gözlenmiş ve genellikle bu yataklar karalardan taşınmış mangan çökelimi sonucu oluşur (Gökçe 2009).

Sedimanter kayalarda gelişen mangan yataklarının çoğunda rodokrosit egemenken (% 92), **volkanik kayalarda gelişen mangan yataklarında** braunit egemen (% 75). Mangan yataklarının **süperjen** (sedimentasyon atmosferik ayrışmalar, taşınmalar sonucu oluşmuş yataklar) olarak ikincil zenginleşmeye uğramış kısımlarında çeşitli Mn oksit mineralleri gelişmektedir (Maynard 2010).

Bataklık ve göl ortamlarında oluşmuş mangan yatakları güncel oluşumlu yataklar sınıfında olup, bir kısmı henüz kristallenmemiş manganlı çamurlar halinde ve kristallenmişlerin içeriği ise kriptomelan, psilomelan ve piroluzit gibi minerallerdir (Bayat 2010).

4.3 Türkiye Mangan Yatakları ve Oluşum Şekilleri

Türkiye'deki manganez yatakları oluşumları, yaşları, kökenleri ve yapısal özelliklerine göre dört ana gruba ayrılır (Öztürk 1993).

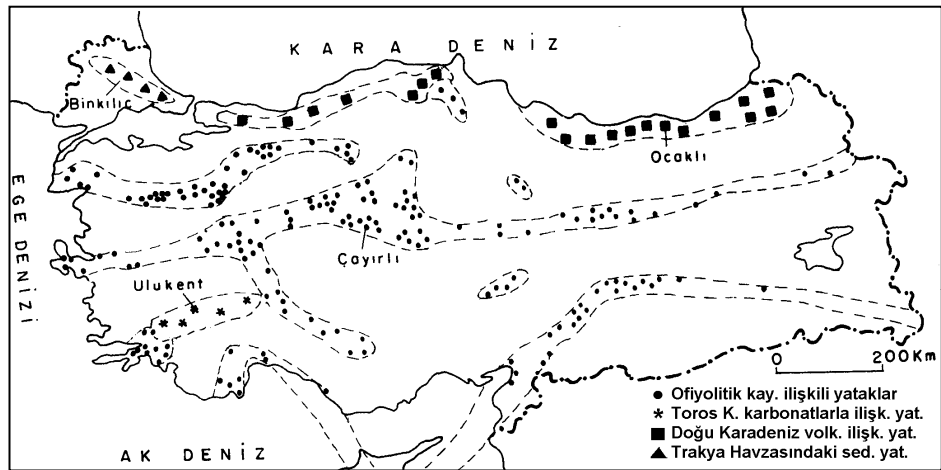
Birinci grup genellikle radyolaryalı çörtlere içindeki hidrotermal ve hidrojenetik türdeki manganez yataklarıdır. Bunlar, yüksek Mn-Si ve düşük Al-Fe içeriklidirler. Paleotetis, Karakaya, İzmir-Ankara-Erzincan-Kars ve Güneydoğu Anadolu Sütur Kuşağı'nın epiofiyolitleri içinde yaygındırlar.

İkinci grup, Batı Troslar'da Alt Kretase yaşlı karbonatlar içindeki siyah şeylerle ilişkili yataklardır. Diyajenetik oluşumlu bu yatakların Fe içeriği radyolaryalı çörtlere ilişkili yataklardan yüksek, Si içeriği ise düşüktür.

Üçüncü grup, Karadeniz ve kıta yanının volkanotortulları içindeki hidrotermal oluşumlu yataklardır.

Dördüncü grup, Trakya havzasındaki Oligosen çökelleri içindeki yataklardır. Düşük Mn-Si içerikli ancak büyük rezervlidirler.

Türkiye'deki manganez yatakları genelde düşük tenörlü ve küçük rezervli yataklardır. Bilinen manganez rezervleri toplamı 4,5 milyon ton düzeyindedir. Bu rezervin büyük bir bölümü, 4 milyon ton ile Denizli-Tavas-Ulukent yatağındadır.



Şekil 4.1: Türkiye'deki mangan yataklarının oluşum yerleri ve yataklanma şekilleri (Öztürk 1993)

5. MADEN JEOLJİSİ

5.1 Yataklanma Şekli

Ulukent mangan yatağında cevherleşme, Alt Kretase yaşlı Ulukent Formasyonu içerisindeki çörtlü kireçtaşlarının üst düzeylerini oluşturan plaketli kireçtaşları ile killi kireçtaşlarının arasında ve yan kayaçla uyumlu olarak oluşmuştur (Şekil 5.1). MTA tarafından sahada gerçekleştirilen etütlerden hazırlanan raporda yatağın görünür + muhtemel rezervi 4 milyon ton ve, tenörü %33,86 olarak belirtilmekte olup, yatak Türkiye'nin en büyük rezervine sahiptir. Sahada 90'lı yıllarda büyük miktarlarda üretim gerçekleşmiştir. İşletmenin çalıştığı dönemlerde yılda ortalama 20.000 ton üretim gerçekleşmiş ve bu üretim ağırlıklı olarak Erdemir olmak üzere İsdemir ve Kardemir fabrikaları tarafından tüketilmiştir. Şu anda sahada aktif bir madencilik faaliyeti bulunmamaktadır.

Sahada ana cevher minerali karbonatlı mangan mineralleri; rodokrosit; olup, daha sonra gelişen oksitlenme sonucu bu mineraller piroluzit ve psilomelan gibi mangan oksit minerallerine dönüşmüştür. İnceleme alanında oksitlenmeyen mangan karbonat mineralleri mavimsi siyah renkli mangan oksit mineralleri tarafından kuşatılmış bir şekilde büyük bloklar halinde gözlenmektedir (Şekil 5.2). İnceleme alanından cevherleşmenin gözlemlendiği zonlar ve yan kayaçlardan örnekleme yapılmıştır (Şekil 5.3). Yatakta rodokrosit $MnCO_3$, manganokalsit $[(Ca,Mn)CO_3]$, hausmanit (Mn_3O_4), braunit, piroluzit (MnO_2), kriptomelan, manganit $[MnO(OH)]$ ve psilomelan $[(Ba,H_2O)_2Mn_5O_{10}]$ başlıca cevher mineralleri; kalsit ve kuvars ise gang minerallerini oluşturmaktadır.



Şekil 5.1: Ulukent mangan yatağının genel görünümü



Şekil 5.2: Mangan oksit mineralleri tarafından kuşatılmış mangan karbonat minerallerinden oluşan bloklar.



Şekil 5.3: İnceleme alanındaki açık ocaktan alınan örnek yerleri

Ulukent mangan yatağının yataklanma şekli ile farklı görüşler bulunmakta olup; bu görüşler şunlardır:

Akçay (2004) sahadaki cevherleşme, karbonatlı birimler içinde bulunan siyah şeyllerle ilişkilidir ve şeyller yapraklanmalı, organik maddece zengindir, pirit içerir; yanal ve düşey yönde düzensizdir. Cevher, küçük merceklerden, çok geniş yayımlı manganlı kireçtaşı katmanlarına kadar değişen şekillerde bulunur. Mercekler stratigrafik istif içinde genellikle mangan bakımından zengin karbonatlı zonlarda gruplar halindedir. Cevher minerali, çoğunlukla mangan karbonlar (rodokrozit ve manganokalsit); mangano-stipnomelan da $[K(Mn,Fe,Al)_{10}Si_{12}O_{30}(OH)_{13}]$ mevcuttur.

Akçay (2004) bu tür ortamlarda cevherleşmenin gelişebilmesi için şu koşulların gerekliliğini belirtmektedir:

1) Organik maddece zengin tortul koşulları. Bol yağışlı ortamlarda bol bitki gelişimi ve böylece tortulaşma havzasına bol organik madde girişi ile.

2) Bitki gelişimi, bitki kökleri fiziksel ayrışmaya yol açar ve köklerin salgıladığı asitler kayaktan Mn ve Fe' i çözerek çözeltiliye alır ve tortulaşma havzasına Mn ve Fe girişi sağlanır. Fe, Fe^{+2} , $Fe(OH)_2$ veya $Fe(HCO_3)_2$ şeklinde taşınır. Mn'in taşınması benzer olaydır.

3) Denizel ortama taşınan organik karbon, ortamın oksijenini kullanır CO_2 ve HCO_3 'e dönüşür. Oksijen tüketimi ile ortam indirgen karakter kazanır, bu şartlarda organik maddelerin parçalanması ile oluşan asitler de ortamın asidik karakter kazanmasına yol açar. Böylece Mn^{+2} ve Fe^{+2} çözeltide kalarak çözeltilinin konsantrasyonu artar.

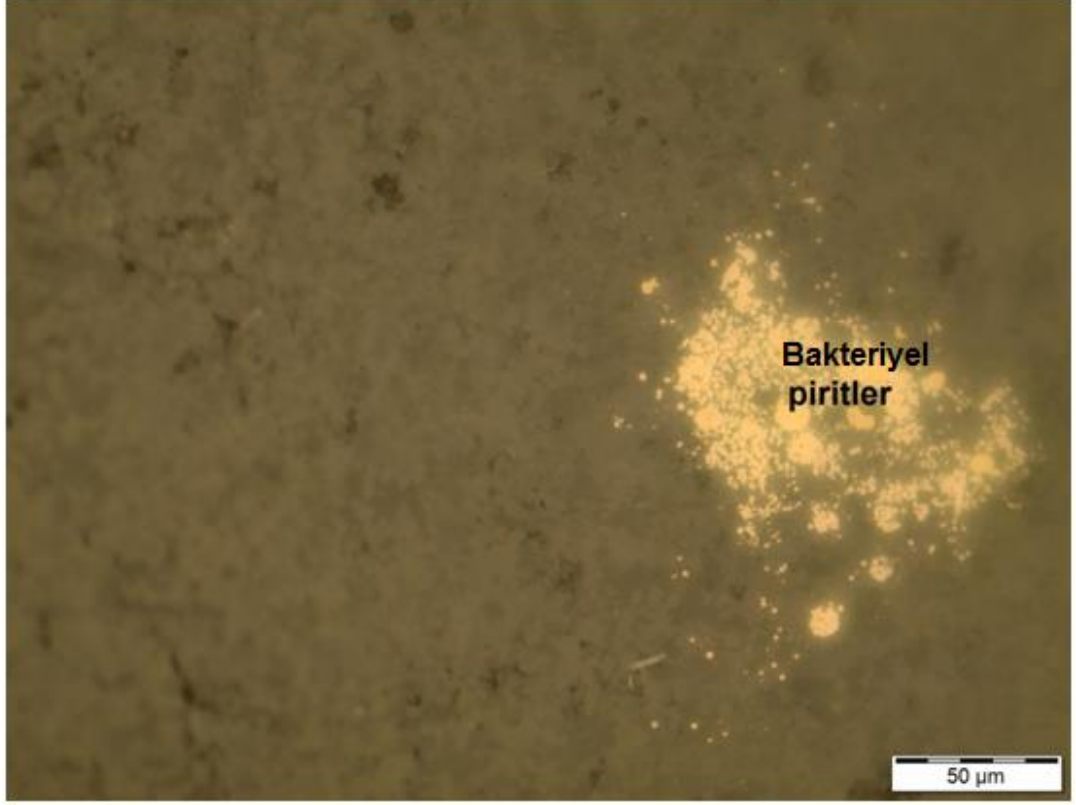
4) Ortamdaki Mn^{+2} ve HCO_3 ile birleşerek $MnCO_3$ (rodokrozit) oluşturur. Ortamın oksijen içeriğinin artmasıyla da (ki bu regresyon ile sağlanabilir) $MnCO_3$, MnO_2 ye dönüşür.

Gökçe (2006) Cevherleşmelerin, Mesozoyik yaşlı karbonat istifinin Alt Kretase yaşlı seviyelerinde ara katlılar şeklinde bulunan organik maddece zengin, pirit içerikli yapraklanmalı siyah şeyller içinde manganın önce $MnCO_3$ şeklinde çöktüğü, daha sonra oksitlenerek bugünkü şeklini aldığı belirtmiştir.

5.2 Cevherleşmenin Mikroskobik Özellikleri

Ulukent Mn yatağından alınan cevher ve gang minerallerinin mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla ince kesit ve parlak kesitler hazırlanmıştır. İnce kesitlerin mikroskopta incelenmesi sonucunda gang minerali olarak kalsit, kuvars ve klorit belirlenmiştir. Cevher örneklerinden yapılan parlak kesitlerde ise cevher minerali olarak; pirit, piroluzit, rodokrosit, braunit ve hematit; gang minerali olarak da kalsit ve kuvars ayırt edilmiştir.

Pirit (FeS_2): Parlak kesitlerde genellikle özşekli kristaller halinde ve çoğunlukla küp şeklinde bulunur. Ayrıca düzensiz tane, damar ve kütleler halinde de bulunmaktadır. Ender olarak bakteriyel piritlerde gözlenmiştir (Şekil 5.5) İncekesitlerin optik mikroskopik incelemesinde gözlenen yaygın opak minerallerin aynı örneklerden hazırlanan parlak kesitlerde pirit olduğu görülmüştür (Şekil 5.6)



Şekil 5.4: Bakteriyel piritlerden görünüm (Örnek No:UK-15)



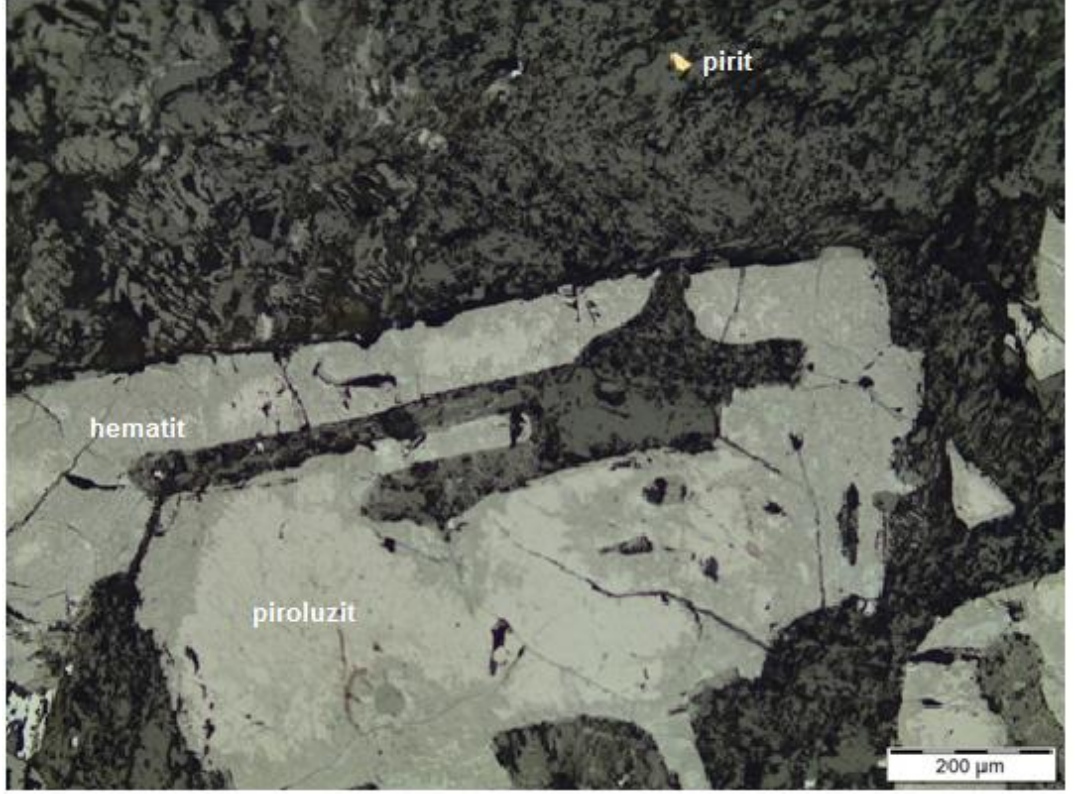
Şekil 5.5: Opak mineralce zengin örneklerin optik mikroskop görünümü (Örnek No: UK-20)

Prolusit; Açık gri renkli ve yarı özşekilli bir şekilde gözlenmekte olup, hematit ile birliktelik sunmaktadır (Şekil 5.6).

Rodokrozit; Mangan karbonat minerali sahada yüzeyden alınan örneklerde tesbit edilememiş; ancak yapılan XRD sonuçlarında örneklerde varlığı belirlenmiştir.

Braunit; Koyu gri renkli ve yarı özşekilli olarak parlak kesitlerde görülen braunit minerali genellikle hematit ve pirolusit ile birliktelik sunmaktadır.(Şekil 5.6)

Hematit; Kesitlerde koyu kahverenkli ve özşekilsiz olarak gözlenen hematit minerali yatak en çok bulunan cevher minerallerinden birisidir (Şekil 5.7).

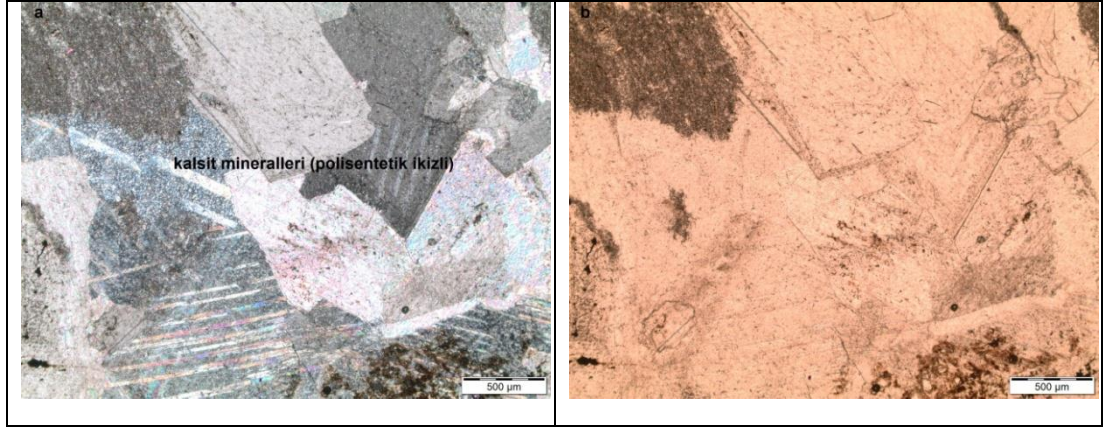


Şekil 5.6: Piroluzit, hematit ve pirit minerallerinin oluşturduğu parajenez (Örnek No: UK-2)



Şekil 5.7: Gang minerali kalsit tarafından ornatılan hematit ve piroluzit mineralleri (Örnek No: UK-2)

Kalsit ($CaCO_3$): Sahadan alınan kalsitli örnekler incelendiğinde polisentetik ikizlenmeli, özşekilli kristalli vr mozayik doku sergiledikleri gözlenmiştir.



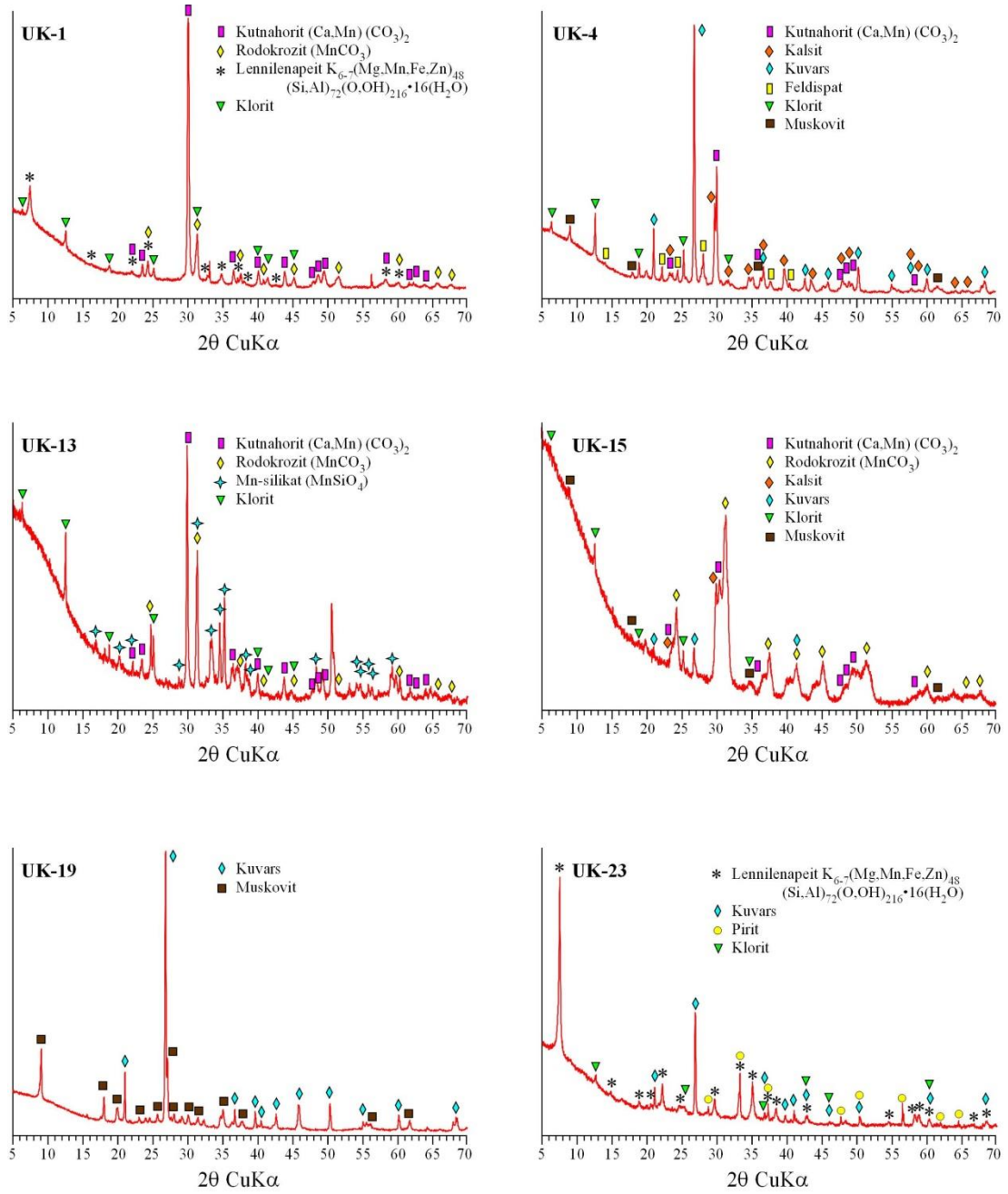
Şekil 5.8: UK-5 örneğinin a) çift nikol ve b) tek nikolde polisentetik ikizli kalsitin görüntüsü

5.3 X- Işınları Kırınımı İncelemeleri

Ulukent manganez yatağından alınan 11 örneğin X-Ray difraktometre analizi yapılarak inceleme alanında bulunan manganez cevherleşmesi ile ilişkili cevher ve gang mineralleri belirlenmiştir. Elde edilen verilerden inceleme alanında rodokrozit, pirit, kutnahorit, lennilenapetite, kalsit, muskovit, klorit, şmozit, mangan silikat ve mangan karbonat minerallerinin varlığı tesbit edilmiştir (Tablo 5.1). Ulukent Mangan yatağındaki kutnahorite ve lennilenapetite mineralleri ilk defa bu çalışmada belirlenmiştir. (Şekil 5.9)

Tablo 5.1: Ulukent mangan yatağındaki örneklerin XRD analiz sonuçları

Örnek No	Mineralojik Bileşim
UK-1	Rodokrosit, Lennilenapeit, Kutnahorit, Klorit
UK-4	Kuars, Kutnahorit, Kalsit, Klorit, Feldispat, Muskovit,
UK-8	Kalsit, Kuvars
UK-13	Kalsit, Mangan silikat, Klorit, Kutnahorit
UK-15	Kalsit, Kutnahorit, Muskovit, Rodokrosit, Klorit
UK-17	Kalsit, Kuvars, Muskovit
UK-19	Kalsit, Kuvars, Muskovit
UK-23	Kalsit, Pirit, Lennilenapeit, Şamozit, Kuvars
UK-24	Kalsit
UK-25	Kalsit, Kuvars

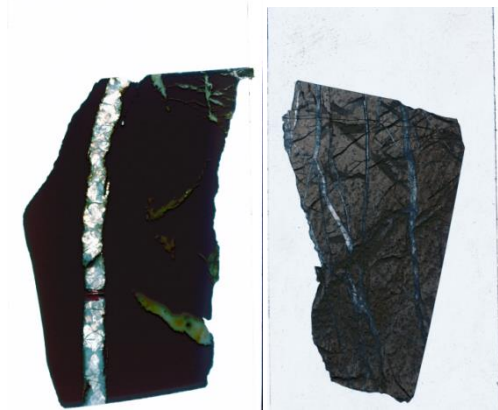


Şekil 5.9: Ulukent mangan yatağından alınan yan kayaç ve manganlı örneklerin X- Işınları kırınımı desenleri ve mineralojik bileşimi

6. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

Gerek derin ortam koşullarında, gerekse yüzeysel ortam koşullarında maden yataklarının pek çoğu, sıcak ve soğuk sulu çözeltilerden itibaren oluşmaktadırlar. Sıvı kapanımları, minerallerin oluşumu sırasında kristal yapı içinde hapsolmuş sıvı damlacıklarıdır. Çoğu kapanımlarda hapsolan ana madde su olup, ayrıca su buharı, CO₂, CH₄ gibi gazlar, tuz kristalleri ve silis cam da gözlenebilmektedir. Sıvı kapanım incelemeleri cevher oluşturuvcu çözeltilerin özelliklerini belirlemede kullanılan çok önemli bir inceleme yöntemlerinden biridir.

Ulukent mangan yatağına ait sıvı kapanım incelemeleri, mangan yatağı içerisindeki farklı lokasyonlardan alınan örnekler üzerinde kuvars ve kalsit minerallerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.1). Cevherleşme ile ilişkili lokasyonlardan alınan örneklerden, altı adet örnek seçilerek iki yüzü parlatılmış ve yaklaşık 100 mikron kalınlığa kadar inceltilmiş kesitler (wafers) hazırlanmıştır. Hazırlanan wafersların petrografik özellikleri belirlenip, sıvı kapanımı toplulukları tespit edilip ardından sıvı kapanımı ölçümleri yapılmıştır. Çok sayıda kesit hazırlanmasına rağmen; pek çoğunda gözlenen kapanımlar ölçüm yapılamayacak kadar küçük boyutlu olması ve bazılarında hiç kapanım bulunamaması sebebiyle sıvı kapanım incelemesi yapılamamıştır. Mikrometrik incelemeler 4 adet örnek içerisindeki kalsit ve kuvars örneklerinde gerçekleştirilmiştir. (Tablo 6.1)



Şekil 6.1: Sıvı kapanım incelemeleri için hazırlanan iki yüzü parlak kesitlerden görünüm

Tablo 6.1: Ulukent mangan yatağına ait sıvı kapanım inceleme sonuçları

ÖRNEK NO	MİNERAL	Tmice	Th	TUZLULUK
UK-7	kuvas	-2.5	130	4.18%
UK-7	kuvars	-2.8	120	4.65%
UK-7	kalsit	-0.8	110	1.40%
UK-7	kalsit	-0.9	105	1.57%
UK-7	kalsit	-0.8	107	1.40%
UK-8	kalsit	-14	151	17.79%
UK-8	kalsit	-6	189	9.21%
UK-8	kalsit	-10	184	13.94%

UK-8	kalsit	-6.1	154	9.34%
UK-8	kalsit	-7.2	142	10.73%
UK-8	kalsit	-10	198	13.94%
UK-8	kalsit	-12	220	%15.96
UK-8	kalsit	-6.8	144.1	10.24%
UK-8	kalsit	-3.3	190	5.41%
UK-8	kalsit		206	
UK-15	kuvars	-1.5		2.57%
UK-15	kuvars	-1.6	115.8	2.74%

UK-15	kuvars	-3.5	133.6	5.71%
UK-15	kuvars	-1.7	120.7	2.90%
UK-15	kuvars		135	
UK-24	kalsit	-3.7	140	6.01%
UK-24	kalsit	-1.7	141	2.90%
UK-24	kalsit	-1.3	139	2.24%
UK-24	kalsit	-1.5	153	2.57%
UK-24	kalsit	-0.8	105	1.40%
UK-24	kalsit	-0.7	100	1.23%

6.1 Kapanımların Morfolojik Özellikleri

Hazırlanan örneklerdeki sıvı kapanımlar, birincil ve ikincil kapanımlar şeklinde gözlenmekte olup; birincil kapanımlar genellikle kristaller içinde gelişigüzel veya kristal kenarlarına paralel dizilimler ile, ikincil kapanımlar ise kristal kenarlarından dışarı çıkan kılcal çatlaklar boyunca çizgisel dizilimleri ile karakteristiktir. İki fazlı gaz içeren kapanımlarda gaz sıvı oranı %50-65 gaz %40-20 sıvı olarak belirlenmiştir.

Kalsit ve kuvars minerallerindeki birincil kapanımlar gerek boyut gerekse bolluk açısından ölçüme daha uygun olması nedeniyle ölçümlerde tercih edilmiştir. Sadece tek bir örnekte hem kuvars hem de kalsit mineralleri üzerinde, diğer örneklerde ise ya sadece kalsit ya da kuvarsta mikrotermometrik ölçümler gerçekleştirilmiştir (UK-7) (Şekil 6.2).

6.2 İlk buz erime sıcaklığı (T_{fm}) Ölçümleri

İncelenen kesitlerde ilk buz ergime sıcaklığı ölçümleri sadece bir kaç kapanımda gözlenebilmiş olup; değerler -52 ile -50 °C arasında değişmektedir. Bu sıcaklık değerleri; yaygın bazı tuz su sistemlerinin ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırıldığında (Shepherd ve diğ. 1985); kapanımlardaki cevher oluşturuç çözeltiler içerisinde; H_2O , KCl , $CaCl_2$ ve $MgCl_2$ gibi tuzların varlığına işaret etmektedir.

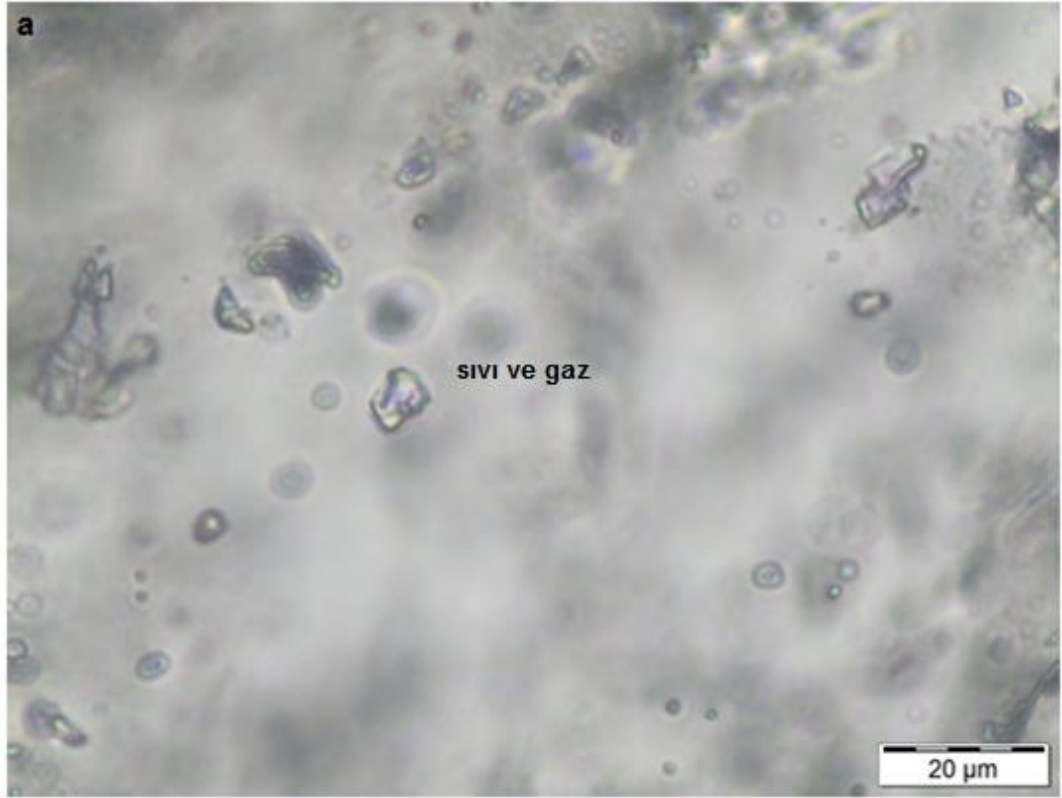
6.3 Son Buz Erime Sıcaklığı (T_{mice}) Ölçümleri

Sıvı kapanım ölçümleri sırasında elde edilen son buz ergime sıcaklık değerleri (T_{mice}) kuvarslarda -3.5 °C ile -1.5 °C arasında, kalsitlerde ise -14 °C ile -0.8 °C arasında değişmektedir (Şekil 6.3). Ölçülen son buz erime sıcaklığı değerleri dikkate alınarak Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş formül yardımıyla, çözeltilerin

tuzluluklarının ortalama; kuvars mineralleri içerisinde %4 NaCl eşdeğerine sahip olduğu belirlenmiştir.

6.4 Homojenleşme Sıcaklığı (T_H) Ölçümleri

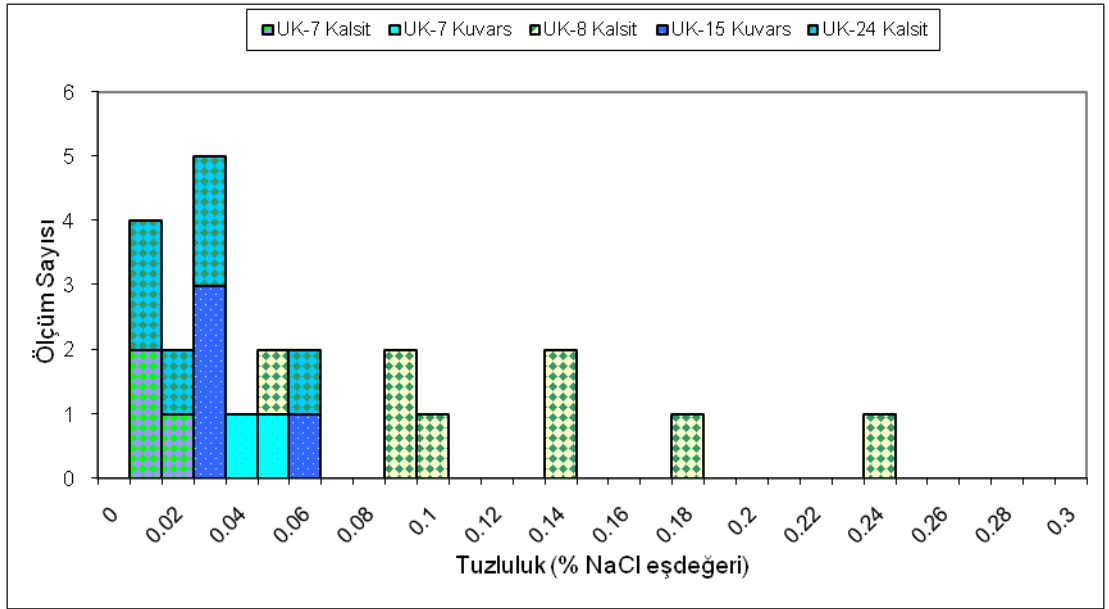
İncelenen kuvars ve kalsit kristallerindeki birincil kapanımların homojenleşme sıcaklığı değerlerinin sırasıyla; (T_H) 115 °C ile 135 °C ve 105 °C ile 220 °C arasında olduğu belirlenmiştir..



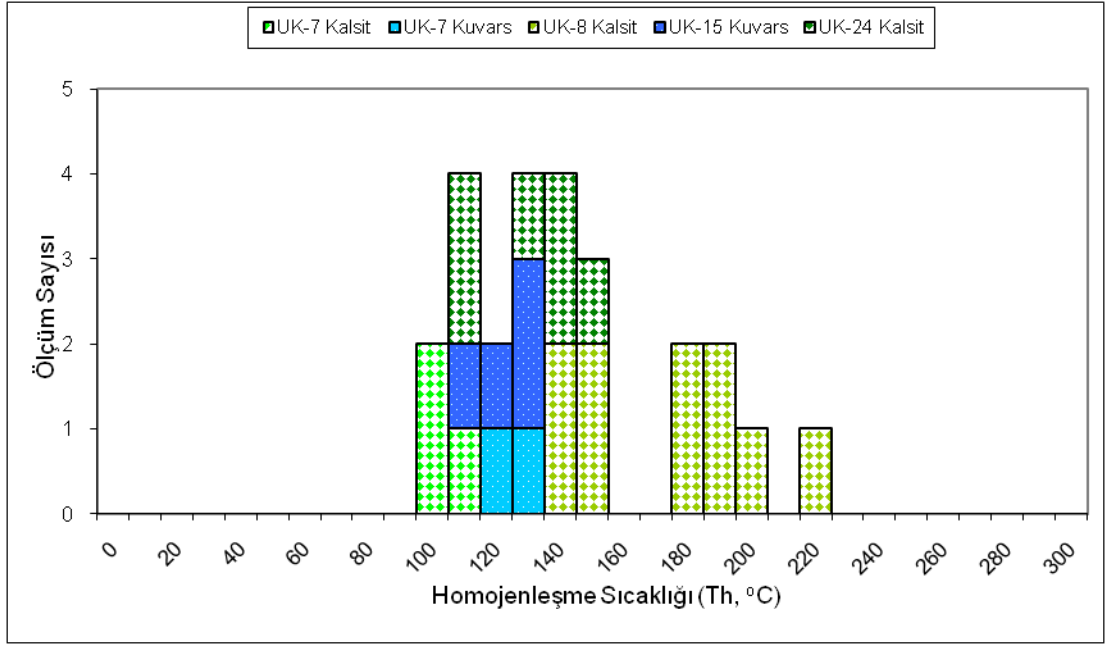
Şekil 6.2: Ulukent Mangan yatağındaki kuvars ve kalsit kristalleri içerisinde gözlenen kapanımlar
a) Kalsit içindeki sıvı kapanımlar (UK-24) b) Kuvars içindeki sıvı kapanım (UK15)



Şekil 6.2: Ulukent Mangan yatağındaki kuvars ve kalsit kristalleri içerisinde gözlenen kapanımlar
a) Kalsit içindeki sıvı kapanımlar (UK-24) b) Kuvars içindeki sıvı kapanım (UK15)



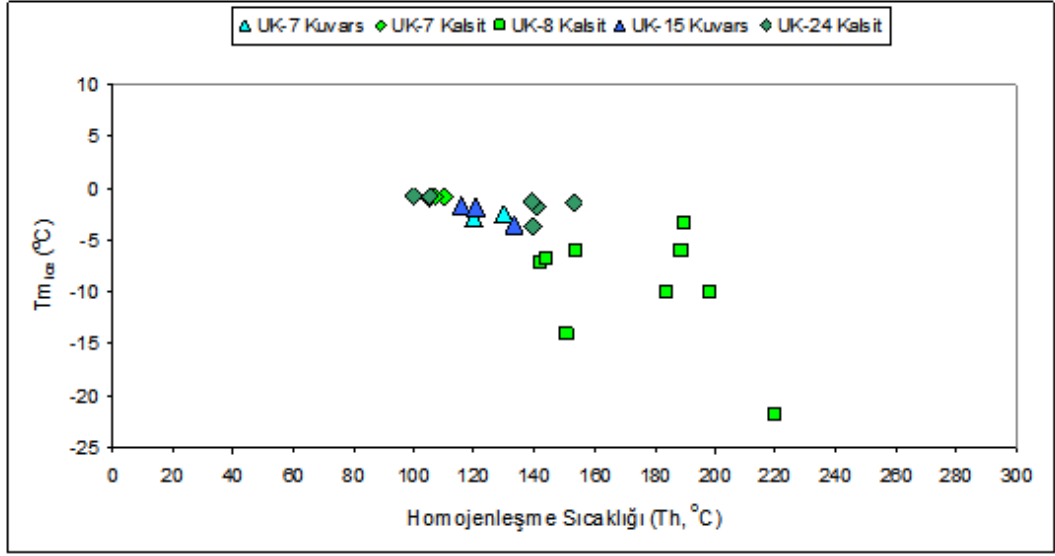
Şekil 6.3: Kalsit ve Kuvarsta ölçülen son buz ergime sıcaklıklarından itibaren hesaplanan tuzluluk değerleri



Şekil 6.4: Kalsit ve Kuvarlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı değerlerinin dağılımları

6.5 Sonuçlar

Kuvars ve kalsit kristallerinde yapılan sıvı kapanım incelemelerinde kapanım topluluklarının genellikle iki fazlı (L+V) olduğu ve çoğunlukla küçük boyutlu olduğu görülmüştür. Kuvarlarda ölçülen son buz ergime sıcaklığından elde edilen tuzluluk değerlerinin ortalama %3,5 NaCl eşdeğerinde ve homojenleşme sıcaklıklarının ise ortalama 125 °C olduğu belirlenmiştir. Kalsit minerallerindeki ise son buz ergime sıcaklıklarından itibaren hesaplanan tuzluluk değerlerinin ortalama % 1,4 ile %17 NaCl eşdeğerinde ve homojenleşme sıcaklıklarının da 129 °C ile 191 °C olduğu belirlenmiştir. Ulukent mangan yatağındaki kalsitlerde yapılan mikrotermometrik ölçümlerden; cevher oluşturuvcu çözeltileri temsil eden erken evre kalsitlerdeki çözeltilerin tuzluluklarının ve sıcaklıklarının düşük, cevherleşme sonrası metamorfik süreçlerle oluşan geç evre kalsitlerin oluşumunda etken olan çözeltilerin ise tuzluluklarının ve sıcaklıklarının daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5: Ulukent mangan yatağındaki kuvars ve kalsit minerallerindeki homojenleşme sıcaklıkları ile tuzluluk değerlerinin dağılımları.

7. İZOTOP JEOKİMYASI İNCELEMELERİ

Maden yataklarında gözlenen sülfürlü ve sülfatlı minerallerin bileşiminde bulunan kükürtün, oksitli minerallerin bileşiminde bulunan oksijenin, karbonatlı minerallerin bileşiminde bulunan karbon ve oksijenin izotopsal bileşimleri incelenerek kökenleri ve oluşum koşulları hakkında bilgi edinilmektedir. Belirtilen elementlerin izotoplarına ait bazı özellikler ve kullanılan standartlar tablo 7.1 de belirtilmiştir. Duraylı (kararlı) izotoplar, radyoaktif bozunma göstermeyen izotoplardır. Bu izotopların doğadaki derişimleri İzotop ayrışması adı verilen bir süreç ile kontrol edilmektedir.

Tablo 7.1: Kararlı izotoplar Jeokimyası incelemesinde yaygın olarak kullanılan bazı elementlerin izotopları ve analizlerde kullanılan standartları (Gökçe 2006 dan değiştirilmiştir)

Element	Doğada Bulunan İzotopları	Atomik Bolluğu	Analiz Edilen İzotop Oranı	Kullanılan Standartlar
Kükürt	³² S	95.02%	³⁴ S / ³² S	CDT (Canon Diablo Triyoliti)
	³³ S	0.75%		
	³⁴ S	4.21%		
	³⁶ S	0.02%		
Oksijen	¹⁶ O	99.7630%	¹⁸ O / ¹⁶ O	SMOW (Okyanus Suyu)
	¹⁷ O	0.0375%		
	¹⁸ O	0.1995%		
Hidrojen	¹ H	99.9844%	D/H	SMOW (Okyanus Suyu)
	² H (D)	0.0156%		
Karbon	¹² C	98.89%	¹³ C / ¹² C	PDB(Pee Dee Belemniti)
	¹³ C	1.11%		

7.1 Karbon İzotop Jeokimyası

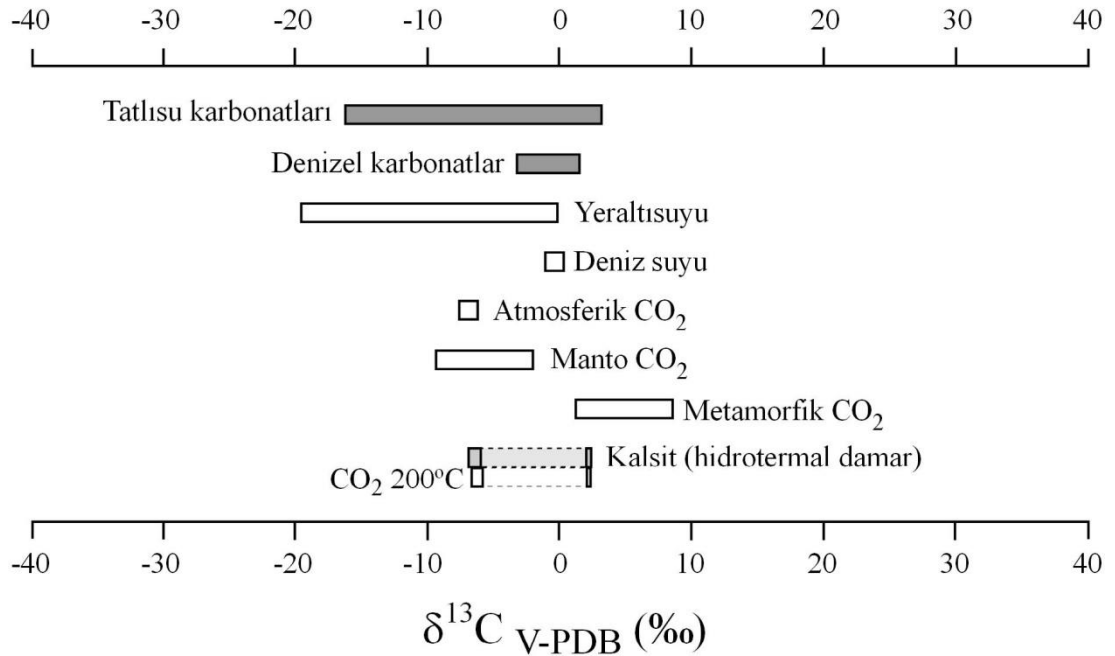
Karbon izotopları incelemeleri ise karbonatlı minerallerin ve sıvı kapanımı içindeki CO₂ ve CH₄ gibi gazların yapısındaki karbonun kökenlerinin araştırılmasında yararlı olmaktadır. Karbon izotop jeokimyası analizleri inceleme alanında en çok bulunan gang minerali olan kalsitlerden seçilen mineral fraksiyonlarında gerçekleştirilmiştir. Ulukent manganez yatağında cevherleşme ile ilişkili kalsitlerin $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ değerleri Tablo 7.2’de verilmiştir.

Tablo 7.2: Ulukent mangan sahası hidrotermal kalsitlerin karbon ve oksijen izotop bileşimleri

Örnek No	Mineral	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ (SMOW)*	$\delta^{13}\text{C}$ (S.D.)	$\delta^{18}\text{O}$ (S.D.)	Voltaj
Analitik sapma (1 sigma)		± 0.08	± 0.10				
UK-8	Kalsit	2.17	-2.77	28.05	0.020	0.026	2.40
UK-24a	Kalsit	0.58	-1.32	23.64	0.030	0.066	1.60
UK-24b	Kalsit	4.26	3.17	23.63	0.018	0.054	1.67

(*) Coplen ve diğ. (1983) eşitliğine göre dönüştürülmüştür, S.D.= Standart Sapma

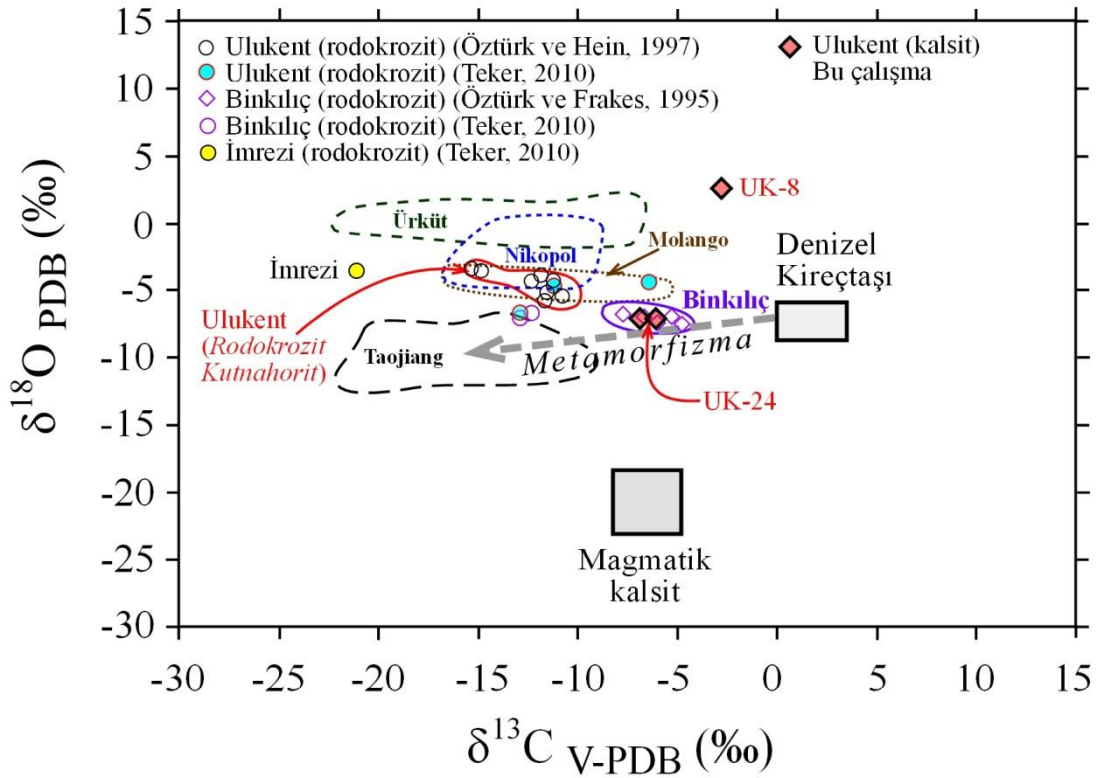
Kalsitlerin $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ (‰) izotopik bileşimleri sedimanter karbonat, deniz suyu, yeraltı suyu bileşimleri ile atmosferik, manto ve metamorfik CO_2 verilerine (Hoefs 1987) göre dağılımı Şekil 7.1’de verilmiştir. Kalsitlerin $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}}$ bileşiminden dönüştürülen $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ değerlerinin farklı kayaç grupları ve değişik ortamlardaki su bileşimlerine (Hoefs 1987) göre dağılımı ise Şekil 7.2’de verilmiştir. Kalsitlerin oksijen izotop verilerinden itibaren kalsit-su izotop ayrışma eşitliklerinden (Zheng 1999) itibaren 200 °C sıcaklık koşullarına göre karbonat mineral-oluşturucu suların bileşimleri de hesaplanmıştır.



Şekil 7.1: Ulukent mangan sahasından alınan hidrotermal kalsit mineralleri ile bunlardan itibaren hesaplanan CO_2 bileşimlerinin $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ (‰) izotopik verilerinin sedimanter karbonat, deniz suyu, yeraltı suyu bileşimleri ile atmosferik, manto ve metamorfik CO_2 verilerine (Hoefs, 1987) göre dağılımı

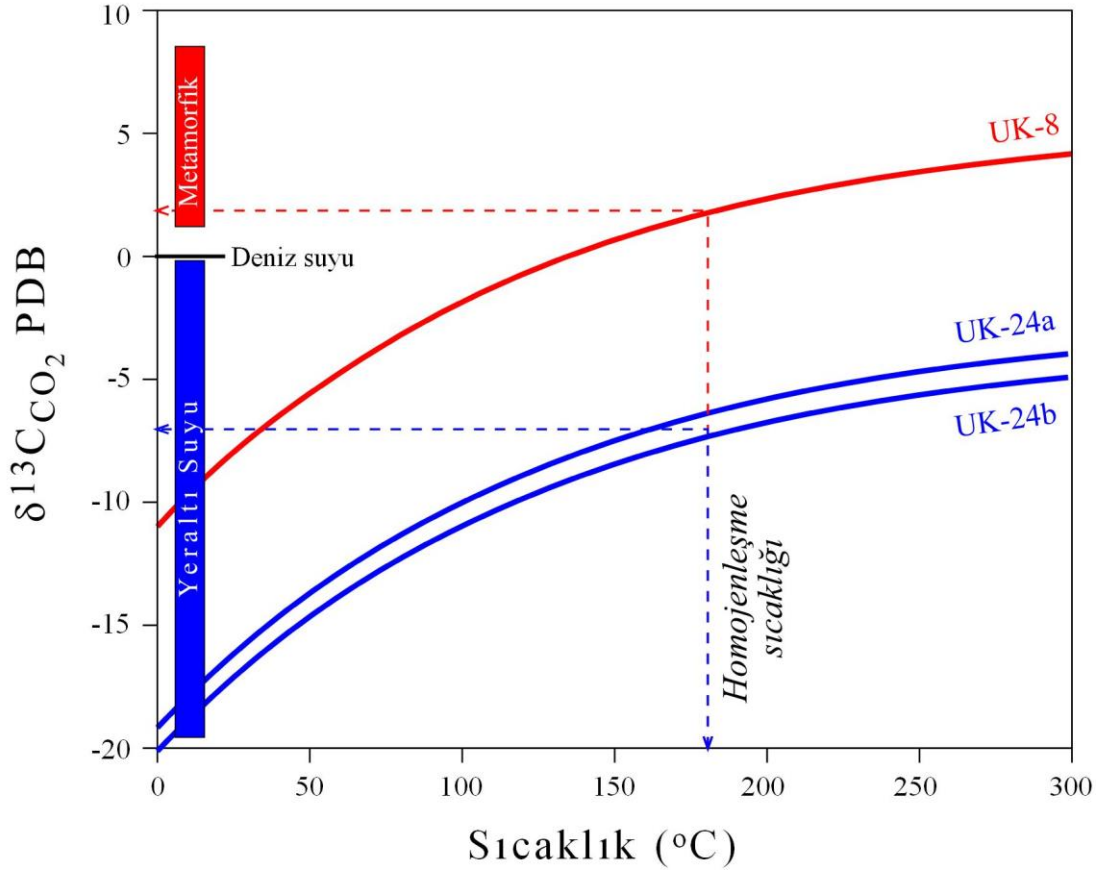
Karbon izotop verileri sahadaki mangan cevherleşmesi ile ilişkili karbonat minerallerindeki karbonun kaynağının denizel karbonatlarla ilişkili olduğunu göstermektedir (Şekil 7.1). Kalsitlere ait oksijen izotop verileri de karbon izotop verilerine uygun biçimde mangan oluşumlarının sedimanter kayaçlar (denizel karbonatlar) ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Şekil 7.2).

Öztürk ve Hein (2000) Ulukent mangan yatağındaki karbonat minerallerinde (rodokrozit ve kutnahorit) yapmış oldukları izotop jeokimyası çalışmalarında belirledikleri ortalama $\delta^{13}\text{CPDB}$ ve $\delta^{18}\text{OV-PDB}$ değerlerinin (sırasıyla ‰-12.2 ve ‰-4.5) karbonun önemli bir kısmının (yaklaşık % 50), diyajenetik zondaki organik maddenin bakteriler tarafından bozunmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Teker (2010) Ulukent manganez yatağında $\delta^{13}\text{CPDB}$ değerini ortalama ‰-10.2 bulmuş ve manganez karbonatları oluşturan karbonatların önemli ölçüde organik madde oksidasyonu ile gelişen karbondioksitlerle veya bikarbonatlarla ilişkili olduğunu belirtmiştir. Bu tez çalışmasında kalsitlerden elde edilen izotop verileri Ulukent yatağındaki mangan karbonatlardan farklı, ancak Binkılıç yatağındakilere benzerdir (Şekil 7.3). İki farklı kalsit bileşimi söz konusu olup, birisi mangan oluşumuyla ilişkili (UK-24: sedimanter manganların metamorfizması), diğeri ise (UK-8) mangan oluşumundan bağımsız metamorfizmayla ilişkilidir (Şekil 7.3).



Şekil 7.2: Ülkemiz ve Dünyadaki önemli mangan yataklarındaki Mn karbonat kayaçlarının karbon ve oksijen izotop verilerinin dağılımı (Oligosen Binkılıç Mn yatağı: Öztürk ve Frakes, 1995; Kretase Ulukent Mn yatağı: Öztürk ve Hein, 1997; Oligosen Nikopol, Ukrayna: Hein and Bolton, 1992; Jura Molango, Meksika: Okita, 1992; Jura Ürküt, Macaristan: Polgari ve diğ., 1991, Ordoviziyen Taojiang, Çin: Fan ve diğ., 1992) ve Ulukent mangan sahasından hidrotermal kalsitlerinin konumu.

Kalsit ve dolomitlerin $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ verilerinden itibaren sıcaklığa bağlı kalsit- CO_2 izotopik ayırılma eşitliği (Ohmoto ve Rye 1979) ile farklı sıcaklıklar için elde edilen $1000 \ln \alpha_{\text{CO}_2}$ değerleri kullanılarak 0-300 °C sıcaklık aralığında her iki örnek için ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2} (\text{‰}) = \delta^{13}\text{C}_{\text{mineral}} (\text{‰}) - 1000 \ln \alpha_{\text{CO}_2}$) eğrileri oluşturulmuştur (Şekil 7.4). İki kalsit örneğinin ortalama 180 °C homojenleşme sıcaklığı için farklı izotop bileşimi, diğer bir ifadeyle farklı kökeni söz konusudur. UK-24 nolu örnekteki kalsitler mangan oluşumlarıyla ilişkili olup, köken olarak yeraltı suyu CO_2 bileşimini, UK-8 nolu örnek ise metamorfizmayla ilişkili CO_2 bileşimini temsil etmektedir.



Şekil 7.3: Uludere mangan sahasından alınan kalsit örneklerinin $\delta^{13}C_{CO_2}$ – sıcaklık ilişkisi. (Deniz suyu, yeraltı suyu ve metamorfik CO_2 verileri Hoefs (1987)’den alınmıştır. Homojenleşme sıcaklığı verisi sıvı kapanımlardan elde edilen ortalama değer olarak alınmıştır.

7.2 Kükürt izotop Jeokimyası

Kükürt izotopları incelemeleri, saha incelemeleri sırasında cevher damarından alınmış örnekler arasından seçilmiş örneklerden ayrılmış saf pirit kristalleri üzerinde yapılmıştır. Mineral ayırma işlemleri, örnekler kırılıp elendikten sonra, temiz piritler stereo mikroskop altında elle seçme yöntemi ile yapılmıştır. Analize yetecek kadar sadece bir adet örnekte pirit minerali ayrılmış olup, saf pirit mineralleri agat havanda öğütülerek toz haline getirildikten sonra analiz edilmiştir (Şekil 7.4).

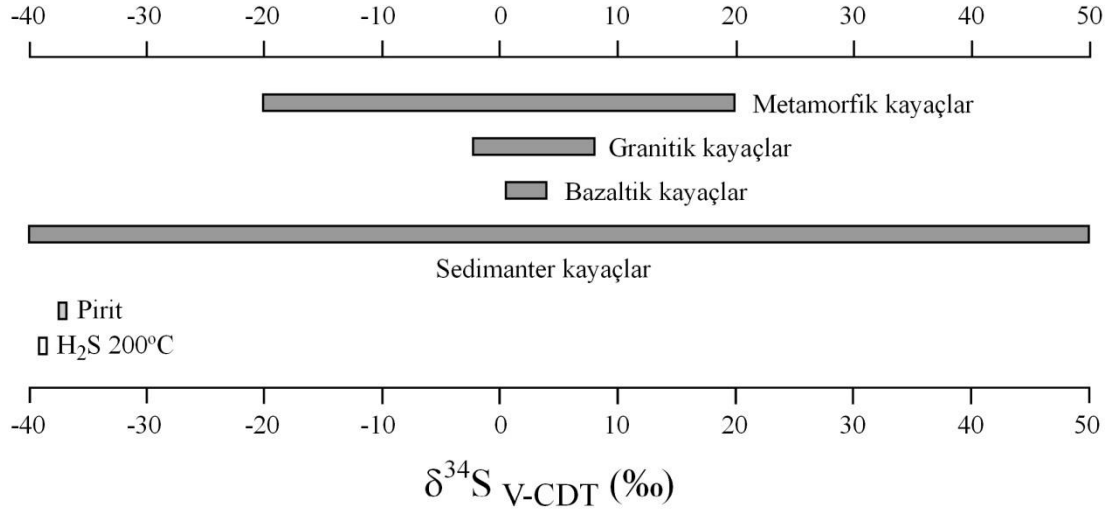


Şekil 7.4: İzotop analizleri için seçilen özşekli piritlerin stereo mikroskop altındaki görüntüsü ve saf pirit tanelerinin agat havanda öğütülmesi.

Kükürt izotopları incelemeleri, sülfürlü minerallerin yapısında bulunan kükürtün kökeni belirlenmeye çalışılmaktadır. Jeolojik bakımdan önemli bazı malzemelerin kükürt izotopları bileşimleri Şekil 7.6'da olduğu gibi belirlenmiş olup, magmatik kayalarda 0 ‰' e yakın, deniz suyu içindeki sülfatta +18 ile +20 ‰ arasında, sülfatlı minerallerde +5 ile +25 ‰ arasında, sedimanter ve metamorfik kayalarda ise çok daha geniş aralıklarda değişen $\delta^{34}\text{S}$ değerleri gözlenmektedir. Diğer yandan sülfatlı mineraller ağır, sülfürlü mineraller ise hafif izotopsal bileşimler göstermektedir. Analiz sonuçları, mineraller arası ayrılanma durumları da dikkate alarak; 0'a yakın ise magmatik kökenli, +8'den daha yüksek ise denizel sülfat kökenli, -10' dan daha hafif ise bakteriyel / biyojenik kökenli şeklinde değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Özellikle -10 ile +8 arasındaki değerler tartışmalı olup, ya pozitif değerler için magmatik kökenli kükürt ile denizel sülfat kökenli kükürtün karışımı, negatif değerler için ise magmatik kökenli kükürt ile biyolojik kükürtün karışımı şeklinde bir karma köken önerilmekte veya pH ve Eh koşullarındaki değişime bağlı ayrılaşmalar düşünülmektedir (Gökçe 2009).

Yapılan analiz sonucunda pirit örneği içerisindeki kükürt $\delta^{34}\text{S}$ değeri -37,3 ‰ olarak belirlenmiştir. Parlak kesitlerin mikroskopik incelemelerinde belirlenen bakteriyel piritler, elde edilen sonuç ile değerlendirildiğinde cevherli minerallerin

bileşimindeki kükürtün kökeninin bakteriyel / biyolojik kökenli olduğu söylenebilir (Şekil 7.5).



Şekil 7.5:Ulukent mangan sahasından alınan pirit örneğinin $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ değeri ve bu değerden itibaren hesaplanan H_2S bileşimi ile bunların çeşitli kayaç (Hoefs, 1987) bileşimleriyle karşılaştırılması

8. SONUÇLAR

Batı Toroslarda gözlenen Ulukent (Denizli-Tavas) mangan yatağı, Alt Kretase yaşlı karbonatlar içindeki siyah şeyllerle ilişkili mangan cevherleşmelerinin en büyük rezervine sahiptir.

İnceleme alanında cevherleşme genellikle karbonatlı mineraller şeklinde; Üst Liyas-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ile organik maddece zengin, pirit içeren ve siyah renkli killi kireçtaşlarının arasında gözlenmektedir. Cevher mineralleri psilomelan, pirolusit, rodokrozit, braunit ve pirit iken kalsit ve kuvars gang mineralleridir.

Sıvı kapanımı incelemeleri yataktan alınan örneklerden hazırlanan iki yüzü parlak kesitlerdeki kalsit ve kuvars minerallerinde gerçekleştirilmiştir. Kalsit kristalleri daha büyük boyutta kapanımlar içerirken, kuvars minerallerindeki kapanımlar daha küçük boyutlu ve yaygın değildir. Kuvars kristallerinde ki kapanımlarda yapılan mikrotermometrik incelemelerde tuzluluk değerlerinin ortalama %3,5 NaCl eşdeğeri ve homojenleşme sıcaklıklarının ise 125 °C (ort.) olduğu belirlenmiştir. Kalsit minerallerindeki sıvı kapanım incelemelerinden birden fazla çözeltinin mangan yatağında etkin olduğu belirlenmiştir. Erken evre kalsit minerallerindeki tuzluluk değerlerinin ortalama %1,4 NaCl eşdeğerinde ve homojenleşme sıcaklıklarının da 129°C olduğu, cevherleşme sonrası geç evre kalsitlerdeki ölçümlerde ise tuzluluğun %17 NaCl eşdeğerinde ve homojenleşme sıcaklıklarının da 191°C olduğu belirlenmiştir. Ulukent mangan yatağındaki mikrotermometrik ölçümlerden; cevher oluşturuvcu çözeltileri temsil eden erken evre çözeltilerin tuzluluklarının ve sıcaklıklarının düşük, cevherleşme sonrası metamorfik süreçlerle ilişkili geç evre çözeltilerin ise tuzluluklarının ve sıcaklıklarının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Yapılan izotop jeokimyası incelemelerinden cevherleşmedeki sülfürlü minerallerin yapısındaki kükürtün kökeninin bakteriyel / biyolojik kökenli olduğu, karbonatlı minerallerin oluşumu için mangan cevherleşmesi ile ilişkili derin kökenli sıcak sular ile ilişkili CO₂ bileşimine sahip ve cevherleşme sonrası sahada gelişen metamorfizma ile ilişkili CO₂ bileşimine sahip iki farklı kökene sahip olduğu belirlenmiştir.

9. KAYNAKLAR

Akçay, M., “*Maden Yatakları Ders Notları*”, Trabzon, Karadeniz Teknik Üniversitesi (2004).

Bonatti, E., “Metallogenesis at oceanic spreading centers” ,*Ann. Rev. Earth Planet.*, 3, 401-431, (1975).

Coplen, T.B., Kendall, C. and Hople, J., “Comparison of stable isotope reference samples”, *Nature*, 302, 236-238, (1983).

Doğan, H. ve Turkmen, H., “Ulukent – Tavas manganez yataklarının jeoloji Raporu”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 345, 87s*, (1983). (Türkçe, Yayınlanmamış)

DPT, Sekizinci beş yıllık Kalkınma Planı: Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu, Diğer metal madenler Çalışma Grubu Alt Raporu, (2001).

Fan. D., Lui. T. and Ye. J., “The process of formation of manganese carbonate deposits hosted in black shale series”, *Econ. Geol.*, 87, 1419-1429, (1992).

Ferenczi, P., “Iron ore, manganese and bauxite deposits of the Northern Territory”, Northern Territory Geological Survey Report , 13,1-123, (2001).

Gökçe, A., “*Maden Yatakları Ders Kitabı*”, Sivas, Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları, (2009).

Gültekin, A.H., “Manganez Yataklarının Köken Tespitinde Mineralojik ve Kimyasal veriler”, İstanbul, *İTÜ Maden Fakültesi*, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 50,39-46, (1997).

Hein, J.R. and Bolton, B.R., “Stable isotope composition of Nikopol and Chiatura manganese ores”, USSR: implications for genesis of large sedimentary manganese deposits [abs.]. International Geological Congress, 29th, Kyoto Japan, Abstracts, 1, 209, (1992).

Hoefs, J., “Stable Isotope Geochemistry”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 241p, (1987).

Konak, N., “Menderes Masifinin Güneydoğusundaki Naplı Yapılar”, *MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi*, Ankara (56. Jeoloji Kurultayı), (2003).

Kuşçu, M. ve Gedikoğlu, A., “Ulukent (Tavas-Denizli) güneyi manganez yataklarının jeokimyasal özellikleri”, *Geosound*, 17:29–48, (1989).

Laznicka P., “Manganese deposits in the global lithogenic system Quantitative approach”, *Ore Geology Reviews*, 7, 279-356, (1992).

Maynard, J.B., “The Chemistry of Manganese Ores through Time: A Signal of Increasing Diversity of Earth-Surface Environments”, *Economic Geology*, 105, 535–552, (2010).

MTA, “Türkiye manganez yatakları”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, bar. No: 120, 38 s, (1972), (Türkçe olarak).

MTA, “Dünyada ve Türkiyede Manganez”, *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı*, Hazırlayanlar: Gonca Eroğlu ve Mesut Şahiner, 19s, (2019).

MTA, “Türkiye Manganez Envanteri”, *MTA Genel Müdürlüğü Yayınları*, No:180, Ankara, (1980).

Nicholson, K., “Genetic types of manganese oxide deposits in scotland: Indicators of paleo- ocean- spreading rate and a Devonien geochemical mobility bondary”, *Econ Geol.*, 87, 1301-1309, (1992).

Nicholson, K., Hein, J.R. and Buhn, B., Dasgupta,S. “Manganese mineralization: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits”, *Geol. Soc, London Spec.Publ.*, 119,117-198, (2016).

Ohmoto, H. and Rye, R.O., “Isotopes of sulfur and carbon. In: Barnes, H.L. (Ed.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*”, 2nd ed. Wiley, New York, pp. 509-567, (1979).

Okay A., “Denizli-Tavas Arasındaki Bölgenin Jeolojisi”, *TPAO Genel Müdürlüğü*, Rapor No: 2128, Ankara, (1986).

Okay, A.İ., “Denizli’nin Güneyinde Menderes Masifi ve Likya Naplarının Jeolojisi”, *MTA Dergisi*, 109, 45-58, (1989).

Okita, P.M., “Manganese carbonate mineralization in the Molango District”, *Econ. Geol.*, 87(5):1345-1366, (1992).

Öztürk H., Kasapçı C. ve Özbaş F. (2019) Türkiye Manganez Yatakları. İçinde: Pirajno F., Ünlü T., Dönmez C., Şahin M. (ed) Maden Kaynakları Türkiye. Katı Yer Bilimlerinde Modern Yaklaşımlar, cilt 16. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0_6

Öztürk H., Öztunalı Ö. and Frakes L., “Siyah şeyller İçindeki Manganez Cevherleşmeleri ve Anoksik-oksik Olayların Gelişim; Ulukent Ve Gökçeovacık Manganez Yatakları, GB Türkiye”, *Türkiye jeoloji Kurultayı Bülteni*, 10, 114-122, (1995).

Öztürk, H. and Hein, J.R., “Mineralogy and stable isotopes of black shale – hosted manganese ores, Southwestern Taurides”, *Econ. Geol.*, 92, 733–744 (1997).

Öztürk, H., “Manganese deposits in Turkey: distribution, types and tectonic setting”, *Ore Geol. Rev.*, 12, 187–203, (1997).

Öztürk, H., “Türkiye'deki mangan cevherleşmeleri: oluşum süreçleri ve Türleri”, *Geol Müh.*, 43:24–33, (1993).

Öztürk, H., “Türkiye'deki mangan yatakları: yayılışları, türleri ve tektonik yerleşimi”, *Cevher Geol Rev*, 12:187-203, (1997).

Öztürk, H. and Frakes, L.A., “Sedimentation and diagenesis of an oligocene manganese deposit in a shallow subbasin of the paratethys: Thrace Basin”, Turkey, *Ore Geology Reviews*, 10, 117-132, (1995).

Polgari, M., Okita, P.M, and Hein, J.R., “Stable isotope evidence for the origin of the Urkut manganese ore deposit”, Hungary, *Sediment. Petrol.*, 61, 384-393, (1991).

Teker, Y., “Isparta ve Burdur Yöresi Manganez Cevherleşmeleri ile Türkiye'nin farklı kökenli bazı önemli Manganez Yataklarının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri ile Oluşumlarının Karşılaştırılması” , Doktora tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 261s (2010).

Tözün, K.A., “Binkılıç (İstanbul) Manganez Yatağının, Jeolojisi, Petrografisi ve Jeokimyası”, Yüksek Lisans tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, (2013).