

**MUSALI (MERSİN) BÖLGESİNDEKİ AZURİT VE
MALAHİT MİNERALLERİNİN GEMOLOJİK
İNCELENMESİ VE SÜSTAŞI OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BETÜL DEMİR
ORCID ID: 0000-0003-0174-467X**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMOLOJİ
ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ MELTEM GÜRBÜZ
ORCID ID: 0000-0003-2501-0697**

**MERSİN
TEMMUZ - 2023**

ONAY

Betül DEMİR tarafından Dr. Öğr. Üyesi Meltem GÜRBÜZ danışmanlığında hazırlanan “Musalı (Mersin) Bölgesindeki Azurit ve Malahit Minerallerinin Gemolojik İncelenmesi ve Süstaşı Olarak Değerlendirilmesi” başlıklı çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından 27/07/2023 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda oybirliği ile Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Görevi	Unvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Başkan	Dr. Öğr. Üyesi Meltem GÜRBÜZ
Üye	Prof. Dr. Utku BAĞCI
Üye	Dr. Öğr. Üyesi İlkay KAYDU AKBUDAK

Jüri kararı, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun aşağıdaki tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Tarih :

Sayı :

Prof. Dr. Cahit BİLİM
Enstitü Müdürü

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, tablo ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ETİK BEYAN

Mersin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü Mersin Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
- Tezin tüm telif haklarını Mersin Üniversitesi'ne devrettiğimi,

beyan ederim.

ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Mersin University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written information and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Mersin University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Mersin University.

27/07/2023

İmza / Signature

Betül DEMİR

ÖZET

MUSALI (MERSİN) BÖLGESİNDEKİ AZURİT VE MALAHİT MİNERALLERİNİN GEMOLOJİK İNCELENMESİ VE SÜSTAŞI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Mersin ilinin kuzey batısın da yer alan Musalı köyü civarında gözlemlenen malahit ve azurit mineralleri Üst Kretase’de tektonik olarak bölgeye yerleşen Mersin ofiyoliti içerisinde yer almaktadır. Mersin ofiyolitinin çoğunluğunu serpantinize olmuş büyük harzburjit dilimleri ve bunları kesen toleyitik diyabaz daykları ile yer yer dünit, harzburjit, orto piroksenit bantları oluşturur. Bölgedeki ofiyolitik birimlerde krom cevheri işleten ocaklar olduğu saptanmış, fakat bakır cevherleşmeleri ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak malahit ve azuritlerin varlığı bölgede bakır cevherleşmelerinin de olabileceğini göstermektedir. Bölge de yapılan arazi çalışmaları sırasında çatlak ve gözenek boşluklarında oluşan malahit ve azuritler bir arada çoğunlukla kayaçların yüzeyinde sıvama şeklinde olduğu gözlemlenmiştir.

Mavi renkli bakır karbonat minerali olan azurit ($Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$) ve psödomorfu olan malahit ($Cu_2(CO_3)(OH)_2$) genellikle bakır yataklarının üzerindeki oksitleyici bölgede sığ derinliklerde oluşurlar. Biraz asidik olan ve bakır içeren sular, kayadaki çatlaklar ve gözenek boşluklarından aşağıya doğru süzülürken karbonat minerallerinin çökmesine izin veren jeokimyasal bir ortamla karşılaştığında ikincil mineral olarak azurit ve malakit mineralleri oluşur. Azurit genelde malahite dönüştüğü için aynı ortamda birlikte bulunurlar, bu nedenle tez içerisinde bu ikili bakır minerali azurmalahit olarak adlandırılmıştır.

Çalışma alanından alınan azurmalahit ve yan kayaçları üzerinde parlak-ince kesit incelemeleri, XRD, XRF, ICP-MS analizleri yapılmıştır. Parlak-ince kesit incelemeleri ve XRD sonuçlarına göre alınan örneklerde pirit, kalkopirit, azurit, malahit, piroksen ve amfibol minerallerine rastlanmıştır. XRF analizlerinde Al_2O_3 , CaO, Cu, Fe_2O_3 , S ve SiO_2 değerlerinin yüksek olduğu gözlenmiştir. ICP-MS sonuçlarına göre Cu, V, Cr, Sr Ni, Co ppm değerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bölgedeki azurmalahitlerin mineralojik-gemolojik olarak incelenmesi ve süstaşı olarak kullanılabilirliğini içeren bu çalışma Mersin Üniversitesi BAP birimi (proje no: 2021-1-TP2-4291) tarafından desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Azurit, Azurmalahit, Bakır Karbonat, Malahit, Süstaşı, Mersin.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Meltem GÜRBÜZ, Mersin Üniversitesi, Gemoloji Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

GEMOLOGICAL INVESTIGATION OF AZURITE AND MALACHITE MINERALS IN THE MUSALI (MERSİN) REGION AND THEIR EVALUATION AS ORNAMENTAL STONES

The malachite and azurite minerals found near Musalı village, located in the northwest of Mersin province, are in the Mersin ophiolite, which was tectonically deposited in the Upper Cretaceous. The majority of the Mersin ophiolite is composed of large serpentinized slices of harzburgite and tholeiitic diabase dykes cutting these slices as well as occasional dunite, harzburgite, and ortho pyroxenite bands. Quarries operating chromium ore were found in the ophiolitic units in the region, but no studies were found to have investigated copper mineralization. However, the presence of malachite and azurite also indicates the probable presence of copper mineralization in the region. Field surveys in the region showed that malachite and azurite minerals are predominantly present in cracks and pore spaces, mostly appearing as vein-like formations on the surface of the rocks.

Azurite ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$), a blue copper carbonate mineral, and its pseudomorph malachite ($\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$) usually occur at shallow depths in the oxidizing zone above copper deposits. The minerals azurite and malachite form as secondary minerals when slightly acidic, copper-bearing waters encounter a geochemical environment that allows carbonate minerals to precipitate as they percolate downward through cracks and pore spaces in the rock. Since azurite is often converted to malachite, they are found together in the same environment. Therefore, in this thesis, this dual copper mineral is referred to as azurmalachite.

Bright-thin section examinations, XRD, XRF, and ICP-MS analyses were performed on azurmalachite and side rocks taken from the study field. According to the bright-thin section analyses and XRD results, the samples were found to have pyrite, chalcopyrite, azurite, malachite, pyroxene, and amphibole minerals. XRF analyses showed that Al_2O_3 , CaO, Cu, Fe_2O_3 , S and SiO_2 values were high. According to ICP-MS results, Cu, V, Cr, Sr, Ni, Co ppm values were high.

This study on the mineralogical-gemological analysis of azurmalachites in the region and their use as ornamental stones was funded by Mersin University BAP unit (project no: 2021-1-TP2-4291).

Keywords: Azurite, azurmalachite, Copper Carbonate, Malachite, Ornamental Stone, Mersin.

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Meltem GÜRBÜZ, Mersin University, Department of Gemology, Mersin.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin her aşamasında destekleyici olduğu kadar öğretici yönlendirmeleriyle yanımda olan ve bu çalışmanın tamamlanmasına büyük katkı sunan kıymetli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Meltem GÜRBÜZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez jüri üyeleri Prof. Dr. Utku Bağcı ve Dr. Öğr. Üyesi İlkay KAYDU AKBUDAK'a değerli katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Bu çalışmadaki önerileri ve değerli katkılarından dolayı Doç. Dr. Hayati KOÇ'a çok teşekkür ederim.

Süreç boyunca her daim tez ile ilgili sorularıma samimiyetle cevap veren, görüş ve önerilerini paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Musa ALPASLAN'a çok teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olduklarını bildiğim, görmek istediklerini vermekten mutlu olduğum, tüm süreç boyunca temel motivasyon kaynağım olan canım annem Nihal ve babam Necmi DEMİR'e bana verdikleri her şey için çok teşekkür ediyorum, minnettarım.

Her koşulda yanımda olup, koşulsuz destek oldukları gibi tez sürecinde de yanımda olan Pınar ÇAM ve Yılay ÇAM'a çok teşekkür ediyorum.

Bu tez çalışması, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2020-1-AP7-4091 numaralı proje ile desteklenmiş olup katkılarından dolayı BAP birimine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLOLAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışma Alanı	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	4
2.1. Azurit ve Malahit Genel Özellikleri	4
2.1.1. Azurit ve Malahit Strüktür Özellikleri	4
2.1.1.1. Kristal Form	5
2.1.1.2. Botryoidal Form	6
2.1.1.3. Kokard (Cockode) Form	7
2.1.1.4. Küresel Form	8
2.1.1.5. Psödomorf Azurmalahit	9
2.1.1.6. Bantlı Form	10
2.2. Önceki Çalışmalar	11
2.2.1. Azurit ve Malahit Oluşum Ortamları	11
2.2.2. Bölgesel Jeoloji	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM	16
3.1. Materyal	16
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Literatür Çalışmaları	16
3.2.2. Arazi Çalışmaları	16
3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları	16
3.2.3.1. İnce Kesit Çalışmaları	17
3.2.3.2. X-Işınları Difraksiyon Analizi (XRD)	19
3.2.3.3. X-Işını Floresans Spektroskopisi Analizi (XRF)	19
3.2.3.4. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi Analizi (ICP-MS)	20
3.2.4. Büro Çalışmaları	21
4. BULGULAR	22
4.1. Arazi Çalışmaları	22
4.2. İnce Kesit Mikroskop İncelemeleri	24
4.3. X-Işınları Difraksiyon Analizi (XRD) Sonuçları	27
4.4. X-Işını Floresans Spektroskopisi Analizi (XRF) Sonuçları	31
4.5. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi Analizi (ICP-MS) Sonuçları	31
4.6. Gemolojik (Süstaşı) Çalışmalar	33
4.7. Takı Çalışmaları	38
5. SONUÇLAR	42
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	49

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4.1. A-1, M-1 ve YK-1 kodlu örneklerin MTA Numune Biriminde yapılan analizler için halkalı öğütücüde öğütölmek üzere seçilen numune dilimleri ve A-1, M-1 ve YK-1 kodlu örneklerin XRD verileri sonucu tespit edilen mineraller.	28
Tablo 4.2. Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yapılan XRD analizi için yontma işlemiyle toz numune elde edilen örnekler ve A-1, M-1 kodlu örneklerin XRD verileri sonucu tespit edilen mineraller.	29
Tablo 4.3. X-Işını Floresans Spektroskopisi Analizi (XRF) sonuçları.	32
Tablo 4.4. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi Analizi (ICP-MS) sonuçları.	33

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Toroslar tektonik konumu (Işık V., 2016)	2
Şekil 1.2. Çalışma alanının içinde bulunduğu birimler ve yer bulduru haritası (MTA1:100 ölçekli Türkiye Jeoloji haritalarından No:131'den değiştirilerek kullanılmıştır).	3
Şekil 2.1. Dünyanın faklı bölgelerindeki madenlerden kristal formlu azurit örnekleri (Mindat.org).	5
Şekil 2.2. Dünyanın faklı bölgelerindeki madenlerden kristal formlu malahit örnekleri (Mindat.org).	5
Şekil 2.3. Dünyanın faklı bölgelerindeki madenlerden kristal formlu azurmalahit örnekleri (Mindat.org).	6
Şekil 2.4. Dünyanın faklı bölgelerindeki madenlerden botryoidal formlu azurit örnekleri (Mindat.org).	6
Şekil 2.5. Dünyanın faklı bölgelerindeki madenlerden botryoidal formlu azurmalahit örnekleri (Mindat.org).	7
Şekil 2.6. Dünyanın faklı bölgelerindeki madenlerden kokard formlu azurit ve malahit örnekleri (Mindat.org).	7
Şekil 2.7. Dünyanın faklı bölgelerindeki madenlerden küresel formlu azurit örnekleri (Mindat.org).	8
Şekil 2.8. Dünyanın faklı bölgelerindeki madenlerden küresel formlu malahit örnekleri (Mindat.org).	8
Şekil 2.9. Dünyanın faklı bölgelerindeki madenlerden küresel formlu azurmalahit örnekleri (Mindat.org).	8
Şekil 2.10. Dünyanın faklı bölgelerindeki madenlerden psödomorf azurit ve malahit örnekleri (Mindat.org).	9
Şekil 2.11. Dünyanın faklı bölgelerindeki madenlerden bantlı formdaki azurit ve malahit örnekleri (Mindat.org).	10
Şekil 2.12. Bakır yataklarının farklı derinliklerindeki katmanlarda minerallerin oluşumunu gösteren çizim değiştirilerek kullanılmıştır (https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/).	13
Şekil 3.1. Retsch RS 200 markalı halkalı öğütücü ve öğütme işlemi aşamaları.	17
Şekil 3.2. Esadulus Lapidary Machine markalı sulu kesim makine.	18
Şekil 3.3. İnce kesit için seçilen el örnekleri ve dilimleri.	18
Şekil 4.1. Çalışma bölgesinin genel görünümü.	22
Şekil 4.2. Çalışmanın bölgesindeki yarık duvarlarında gözlemlenen azurmalahit damarları.	23
Şekil 4.3. Çalışma bölgesinden incelenmek üzere alınan örnekler.	23
Şekil 4.4. Çalışma bölgesinden incelenmek üzere alınan boyutları 10-20cm arasında değişen örnekler.	24
Şekil 4.5. A-1 ve A-2 Kodlu, kalkopirit ve azurit bakımından zengin olan ince kesit örnekleri cp: Kalkopirit, az: Azurit, lm: Limonit, hmm: Hematit, mal: Malahit (Mineral kısaltmaları https://www.unige.ch/ adresinden alınmıştır).	25
Şekil 4.6. M-1 ve M-2 Kodlu, malahit bakımından zengin olan ince kesit örnekleri cp:Kalkopirit, mal: Malahit, lm: Limonit hmm: Hematit .	26
Şekil 4.7. YK-1 ve YK-2 Kodlu, yan kayaç ince kesit örnekleri prx: Piroksen, plj: Plajiyoklas, ep: epidot.	27
Şekil 4.8. A-1 Kodlu örneğin XRD pikleri.	30
Şekil 4.9. M-1 Kodlu örneğin XRD pikleri.	30
Şekil 4.10. YK-1 Kodlu örneğin XRD pikleri.	31
Şekil 4.11. Esadulus Lapidary Machine de dilim alma, aşındırma ve şekillendirme çalışmaları.	34
Şekil 4.12. Süstaşı şekillendirme çalışmaları.	35
Şekil 4.13. Süstaşı şekillendirme sonrası zımpara çalışmaları.	36
Şekil 4.14. Nihai şeklini almış ve bütün aşamaları bitmiş süstaşı örnekleri.	37
Şekil 4.15. Nihai şeklini almış ve bütün aşamaları bitmiş süstaşı örnekleri.	38

	Sayfa
Şekil 4.16. Azurmalahit süstaşı ile kaynaklız olarak üretilen kolye ucu çalışması	39
Şekil 4.17. a) ve b) Amorf kesim uygulanan azurmalahit süstaşı ile bakır üzerine gümüş kaplama yapılan kolye ucu. c) ve d) Amorf kesim uygulanan azurmalahit süstaşı ile bakır üzerine gümüş kaplama yapılan broş çalışması	40
Şekil 4.18. a) ve b) amorf kesim uygulanan azurmalahit süstaşı ile bakır üzerine gümüş kaplama yapılmış küpe. c) ve d) Prizma formda kesilen azurmalahit süstaşı ile bakır üzerine gümüş kaplama yapılmış yüzük.	41

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma/Simge	Tanım
A-1	Azurit Yoğunluğu Fazla Olan Numune Kodu
A-1/A-2	Azurit Yoğunluğu Fazla Olan İnce Kesit Kodu
az	Azurit
cp	Kalkopirit
ÇN	Çift Nikol
ep	Epidot
hmm	Hematit
ICP-MS.	İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi
lm	Limonit
M-1	Malahit Yoğunluğu Fazla Olan Numune Kodu
M-1/M-2	Malahit Yoğunluğu Fazla Olan İnce Kesit Kodu
mal	Malahit
MTA	Maden Tetkik ve Arama
plj	Plajiyoklaz
prx	Piroksen
TBMYO	Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu
TN	Tek Nikol
YK-1	Yan Kayaç Numune Kodu
YK-1/YK-2	Yan Kayaç İnce Kesit Kodu
XRD	X-Işımları Difraksiyon Analizi
XRF	X-Işını Floresans Spektroskopisi Analizi

1. GİRİŞ

Bu çalışma Mersin ilinin kuzey doğusunda yer alan Musalı köyü bölgesindeki Şahinpınar'ı civarından elde edilen azurmalahit mineral örnekleri üzerinde tanımlama yapılması, oluşum koşullarını belirlenmesi, yan kayaçlarıyla olan ilişkilerinin tespit edilmesi ve yapılacak tüm gemolojik incelemeler sonucunda süstaşı olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

En karakteristik özelliği olan koyu maviden menekşe mavisine değişen rengeyle bilinen azurit, ismini özel renginden almıştır. Azurit, eski Farsça da mavi anlamına gelen "Lazhward" kelimesinden türemiştir. Malahit ile birlikte oluşan ve iç içe geçmiş yapılar içinde "azurmalahit" ismi kullanılmaktadır (<https://www.gemdat.org/gem-447.html>).

Azurmalahit binlerce yıldır bilinen ve kullanılan bir bakır karbonat mineralidir. Antik çağlardan bu yana bakır kaynağı olarak kullanılan azurit, eski Mısırlılar tarafından Sina Yarımadası'ndan çıkartıp, bakır üretmek için eritilmiştir. Bununla birlikte azuritin pigment, değerli taş ve süstaşı olarak kullanımlarıyla karşılaşmaktadır. Ancak azuritin cezbedici mavi rengi pigment olarak kullanıldığında, özellikle tablolarla zamanla atmosfere ve ışığa maruz kalması sonucunda solarak malahite dönüştüğünden bu kullanım şekli önemini kaybetmiştir (<https://geology.com/minerals/azurite.shtml#:~>).

Azurit, genellikle azurit kristalleri ve agregaları üzerinde psödomorf olarak yerleşen yeşil lekeler, küreler veya bantlar şeklinde oluşum gösteren malahit ile birlikte bulunmaktadır. Tek başına da oluşum gösterebilen azurit monoklinik sistemde kristallenmektedir. Azurit minerali bazı kimyasal etkenlerle hatta daha çok oksitlenme yolu ile malahit mineraline dönüşmektedir.

Azurmalahitler çoğunlukla bakır içerikli diğer minerallerin çözünmesi sonucu oluşan ikincil minerallerdir. Bakır minerallerinin büyük bölümü kükürtlü bileşikler halinde sülfür mineralleri iken daha az oranlarda da oksit mineralleri şeklinde bulunur. Metalik bakır formu çok ender oluşmaktadır. Ekonomik bakır yataklarında en yaygın olarak pirit (CuS_2), kalkopirit (CuFeS_2) başta olmak üzere kalkosit (Cu_2S), enarjit ($\text{Cu}_3(\text{AsSb})\text{S}_4$), bornit (Cu_5FeS_4), krizokole ($\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) rastlanmaktadır. Bu bakır içerikli minerallerin O_2 - CO_2 içeren sularla karşılaşması sonucu, farklılaşarak malahit ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) ve azurit ($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) gibi karbonatlı mineraller ile nadiren de sülfatlı başka mineraller oluşabilmektedir (Arzutuğ, 1996).

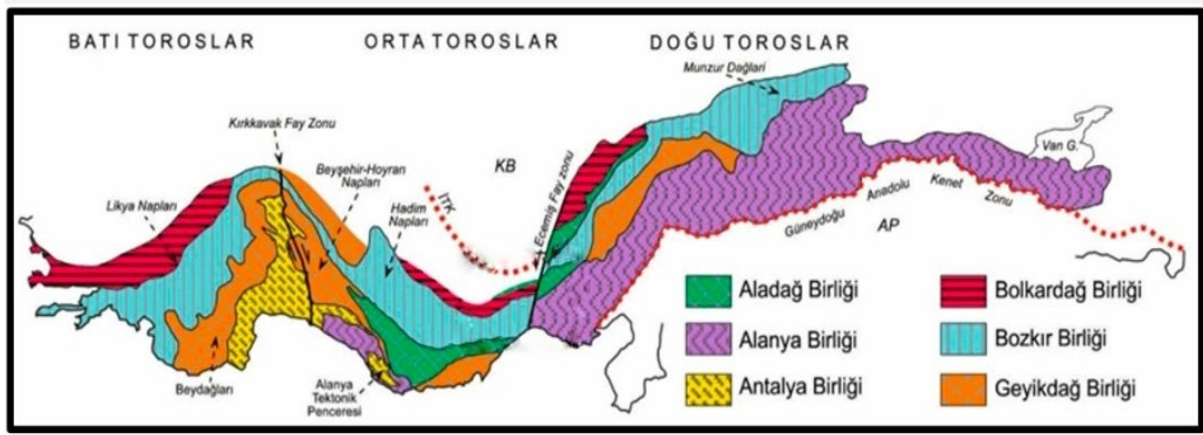
Bilinen ve elde edilen azurit ve malahitler, oluşum ortamlarına bağlı olarak buldukları fiziksel koşullara göre farklı şekiller göstermektedir. Koşullar uygun olduğunda büyük tek parça kristallenme gösterebildikleri gibi farklı koşullar altında masif, sarkıt, botryoidal ya da bantlı gibi oluşumlar göstermektedir (<https://geologyscience.com/minerals/azurite/>).

Ülkemizde özellikle bakır yataklarının bulunduğu bölgelerde büyük ölçüde yüzeye yakın oluşum gösteren azurmalahitler, gemolojik ve süstaşı olarak yeterince değerlendirilmemektedir. Bu doğrultu da yapılacak çalışmalarla bakır minerali olan azurit ve malahit ülkemizde süstaşı kategorisindeki yerini bulabilir.

1.1. Çalışma Alanı

Mersin ilinin 55 km kuzey doğusundaki Musalı köyü civarında bulunan, Şahinpinarı bölgesinin yaklaşık 5 km kadar güneyinde 1/100.000 ölçekli Mersin O33 a1-a2 paftasında yer alan çalışma alanı genel olarak orman arazisi olduğundan ulaşım için patika yollar kullanılmaktadır.

Çalışma alanının yer aldığı bölgenin genel jeolojisine bakıldığında Toros kuşağının değişik havza koşullarını yansıtan kaya topluluklarına sahip olduğu görülmektedir. Temel kayaçları Prekambriyen yaşlı olan Toros Orojenik Kuşağı'nda, Paleozoyik-Mezozoyik yaş aralığındaki kayaçlar, Geç Kretase'de Neotetis'in farklı kollarının da kapanması nedeni ile Şekil.1.1 de görüldüğü üzere fazla sayıda nap sistemleri yer almaktadır. Bunlar Aladağ, Alanya, Antalya, Bolkardağı, Bozkır ve Geyikdağı birlikleri olarak ayırtlanmıştır (Özgül, 1976; Şengör Yılmaz, 1981; Işık, 2016).



Şekil 1.1. Toroslar tektonik konumu (Işık V., 2016)

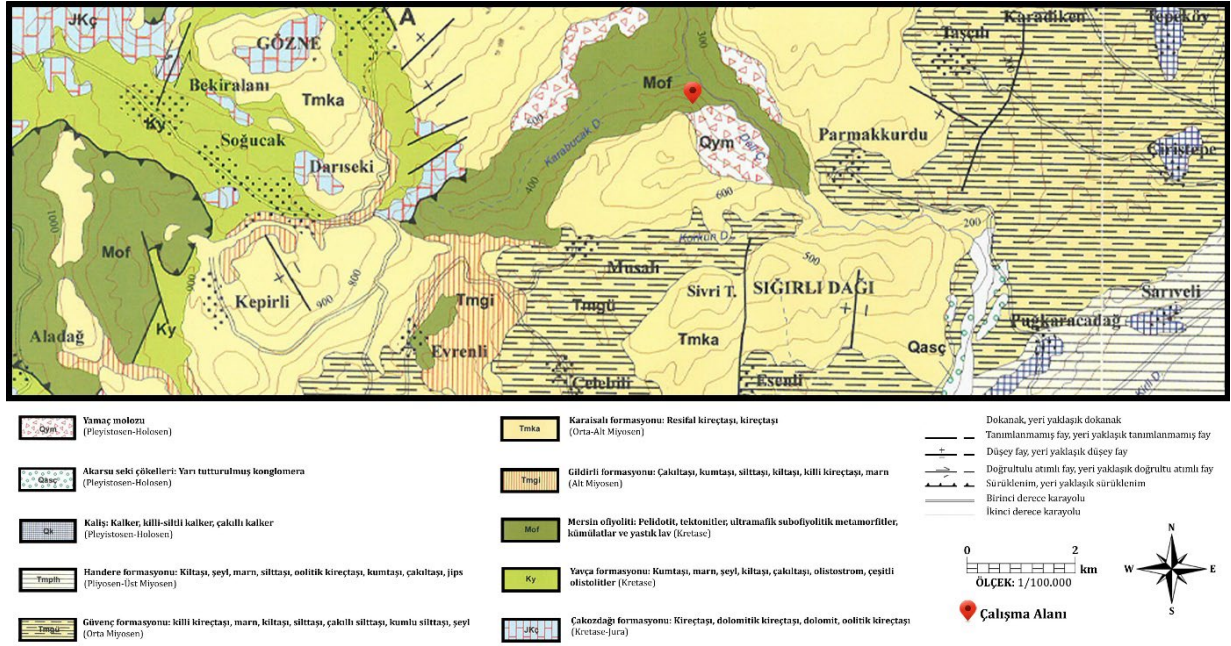
İnceleme alanı Orta Torosların doğu kesiminde Bozkır birliğinin içerisinde bulunan Mesozoyik yaşlı ofiyolitik birimler içerisinde yer almaktadır. İlk defa Özgül (1976) tarafından adlandırılan Bozkır Birliği, büyük bir ofiyolit kümesi ve üzerine çökelmiş pelajik kireçtaşı ile sipilitler radyoloritler yeşil tüfler diyabaz serpantin ve diğer ultramafik bloklardan oluşan olistostromal melanjdan ibaret kompleks bir napdır.

Bozkır Birliği; Torosların değişik kesimlerinde Ofiyolitli Melanj (Demirtaşlı, 1975), Karaman Melanjı (Koçyiğit, 1976), Beyşehir-Hoyran Napı (Monod,1977), Batı Likya Napları (Graciansky, 1972), Ofiyolitli seri (Özgül 1971), Doğu Nikya Napları (Burn ve diğerleri, 1971), Şist Hornstein serisi (Nichoff, 1960), Şist radyolarit formasyonu (Blumental,1956) adları altında incelenmiştir (Ulu 2009).

Çalışmanın konusunu oluşturan azurmalahitlerin içinde bulunduğu Mersin ofiyolitleri Parlak ve diğerlerinin (1995) tanımlarına göre yaklaşık 6 km kalınlığında bir okyanus kabuğunu temsil etmekte olup, Bolkar dağlarının Mesozoik karbonatları üzerine yerleşmiştir. Tabandan tavana

doğru metamorfik bir dilim, tektonitler, harzburjitler, ultramafik, mafik kümülatlar ile derin deniz sedimanları ve bunlarla ardalanmış bazalt şeklinde sıralanmaktadır.

Mersin ofiyoliti yer yer Aladağ birliğine ait Yavça Formasyonunu tektonik olarak üzerlemektedir. Azurmalahit örneklerinin tespit edildiği ofiyololitik kayalar ise bölgedeki yamaç molozları ve Karaisalı formasyonu resifal kireç taşları ile dokanak halindedir.



Şekil 1.2. Çalışma alanının içinde bulunduğu birimler ve yer bulduru haritası (MTA 1:100 ölçekli Türkiye Jeoloji haritalarından No:131'den değiştirilerek kullanılmıştır.)

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

Kaynak araştırmaları; “Azurit ve Malahit Genel Özellikleri” ve azurmalahitlerin oluşum ortamları ile bölgede yapılan jeolojik çalışmaları içeren “Önceki Çalışmalar” şeklinde iki başlık altında toplanmıştır.

2.1. Azurit ve Malahit Genel Özellikleri

Azurit ($Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$); mavi ve mavinin tonlarını barındıran bir bakır karbonat mineralidir. Malahit ($Cu_2(CO_3)(OH)_2$); yeşil ile yeşilin tonlarını barındıran ve azuritin psödomorfu şeklinde oluşan bir bakır karbonat mineralidir. Azurmalahit ise azurit ve malahit içeren iki bakır karbonat mineralinin bir arada oluşum göstermesi şeklinde tanımlanmaktadır. Genellikle bakır yataklarının oksidasyon zonunda ve sığ derinlikler de oluşan azurmalahit minerali, bakır içeren asidik suların yan kayaçta oluşturduğu çatlak ve boşluklara çökmesiyle meydana gelmektedir.

Azurit; Mohs sertlik ölçeğinde 3,5-4 sertliğinde ve özgül ağırlığı 3,7-3,9'dur. Konkoidal kırılma gösterir ve monoklinik sistemde kristallenir. Azuritin kırılma indisi 1,720-1,850 ve çift kırılması 0,108-0,110 arasında değişmektedir. Oluşum koşullarına göre opak, yarı saydam ve saydam olabilmektedir. Isıya oldukça duyarlıdır. Azurit pigment olarak kullanıldığında zamanla mavi rengi değişime uğrayarak malahit yeşiline dönüşmektedir.

Malahit; Mohs sertlik ölçeğinde yine azurit gibi 3,5-4 sertliğindedir. Özgül ağırlığı 3,25-4,10'dur. Konkoidal kırılma gösterir ve monoklinik sistemde kristallenir. Malahitin kırılma indisi 1,655-1,909 ve çift kırılması 0,250-0,254 arasındadır. Malahit genel de opak olarak oluşmaktadır. Isıya ve sıcak suya karşı duyarlıdır. Azuritin aksine pigment olarak kullanıldığında rengini korumaktadır. Her iki mineral de karbonat minerali olduğundan hidroklorik asitle temas ettiklerinde köpürerek reaksiyona girmektedirler (<https://www.gemdat.org/gem-447.html>,).

2.1.1. Azurit ve Malahit Strüktür Özellikleri

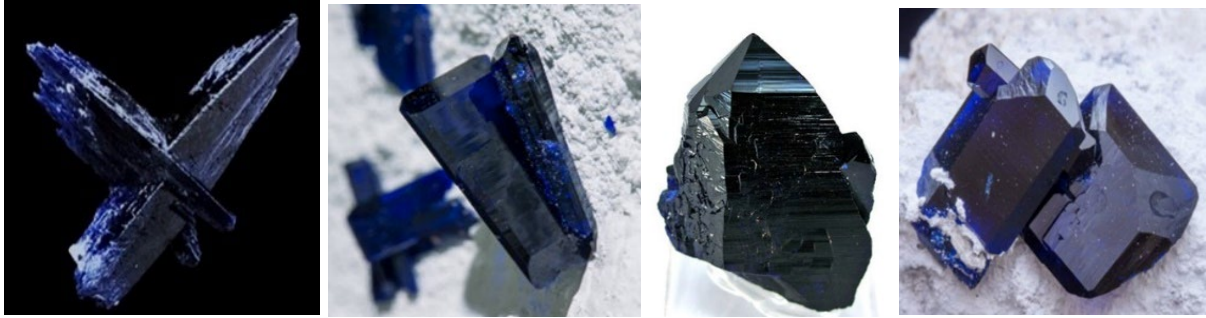
Bakır karbonat minerali olan azurit ve malahit bakır damarlarında buldukları derinliklere göre farklı oluşum şekilleri ve doku özellikleri göstermektedirler. Her iki mineral de bakır yataklarının oksidasyon zonlarında genellikle bir arada oluşmaktadır. Tek başına azurit oluşumları olabildiği gibi iç içe büyümüş formlarda azurmalahit sıklıkla görülmektedir. Psödomorf malahit şeklindeki oluşumlar da oldukça fazladır. Azurit ve malahit çok nadir de olsa uzun veya kısa tek prizma kristaller şeklinde oluşum gösterebilmektedir. Azurit; prizmatik kristaller, masif, sarkıt, botryoidal formlarda oluşabilirken malahit; genellikle lifsi yapı, botryoidal veya eş merkezli bantlı sarkıtlar şeklinde oluşabilmektedir (<https://geologyscience.com/minerals/azurite/>, <https://geologyscience.com/minerals/malachite/>).

Azurmalahitlerin strüktür özelliklerini ana başlıklar altında toplayacak olursak;

2.1.1.1. Kristal Form

Kristal yapı minerallerin düzenli atomik dizilimiyle oluşmaktadır. Monoklinik sistemde kristallenen azurit genellikle karmaşık ve çarpık yapıya kristaller şeklinde oluşmaktadır. Malahit ise yine monoklinik sistemde ve prizmatiktir ancak genellikle ince yapıya ve nadiren belirgindirler. Bakır yataklarının daha derin noktalarında azurit kristalleri malahit ile bulunabildiği gibi nadir olarak tek başına azurit kristali şeklinde de oluşabilmektedir (Şekil 1.3). Tek başına azurit kristal oluşumu nadir olduğundan dolayı çok kıymetlidir. Ancak azurit kristalleri makro boyutlardan ortalama 10-15 cm çapında kristaller şeklinde bulunmaktadır. Daha çok koleksiyon değerine sahip olmasına rağmen yeteri kadar büyük ve tek parça halinde olması durumunda gemolojik olarak değerlendirilerek süstaşı için uygun formlarda şekillendirilebilmektedir.

Dünyadaki madenlerden iyi kristallenmiş azurit ve malahit örnekleri;



Fas 4cm İkizlenmiş Azurit	Sonora, Meksika 6,5 x 4,4 x 1,9 cm	Sonora, Meksika 3,1 x 2,2 x 1 cm	Sonora, Meksika 122 x 54 x 31 mm
------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

Şekil 2.1. Dünyanın farklı bölgelerindeki madenlerden kristal formu azurit örnekleri (Mindat.org).



Arizona, ABD 3,5 x 3,5 x 2 cm	Toskana, İtalya 2.73 mm	Arizona, ABD 3,1 x 2 x 0,9 cm	Arizona, ABD 3,5 x 1,9 x 1,0 cm
----------------------------------	----------------------------	----------------------------------	------------------------------------

Şekil 2.2. Dünyanın farklı bölgelerindeki madenlerden kristal formu malahit örnekleri (Mindat.org).



Fas 2,7 x 2,4 cm	Fas 3,1 x 1,8 x 1,8 cm	Arizona, ABD 3,7 x 1,5 x 1 cm	Attika, Yunanistan 8 mm
------------------	------------------------	----------------------------------	----------------------------

Şekil 2.3. Dünyanın farklı bölgelerindeki madenlerden kristal formlu azurmalahit örnekleri (Mindat.org).

2.1.1.2. Botryoidal Form

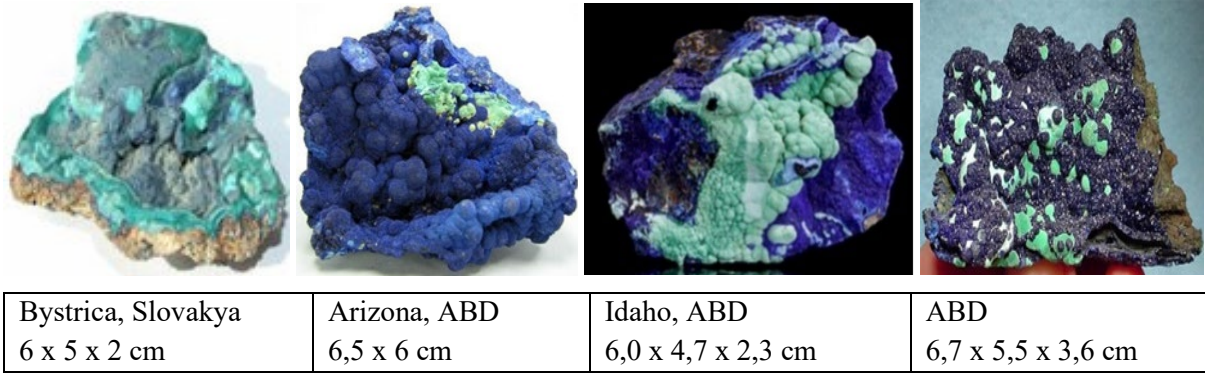
Botryoidal form bir mineralin yüzeyinde küresel olarak oluşmuş bir dokudur. Bakıldığında üzüm salkımı gibi bir görünüme sahiptir. Aynı zamanda reniform yani böbreğimsi form olarak da bilinir. Ancak botryoidal form böbreğimsi formdan daha küçüktür. Birçok mineralde görülebilen botryoidal form daha çok hematit ve malahitte görülmektedir (<https://educalingo.com/tr/dic-en/botryoidal>, <https://en.wikipedia.org/wiki/Botryoidal>). Küresel kümeler şeklinde oluşum gösteren botryoidal form, ortamda bulunan bir kum tanesi veya herhangi bir parçacık çekirdek çevresinde radyal olarak birikerek meydana gelmektedir. Birikme arttıkça küreler büyüyerek diğer kürelerle örtüşür ve birleşen mineral küreleri botryoidal kümeleri oluşturur.

Dünyadaki madenlerden botryoidal azurit ve malahit örnekleri;



Arizona, ABD 7,6 x 6,3 x 3,8 cm	Arizona, ABD 11,2 x 10,3 x 5,4 cm	Arizona, ABD 9,2 x 8,2 x 3,3 cm	Bystrica, Slovakya 6,5 x 4,5 cm
------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

Şekil 2.4. Dünyanın farklı bölgelerindeki madenlerden botryoidal formlu azurit örnekleri (Mindat.org).

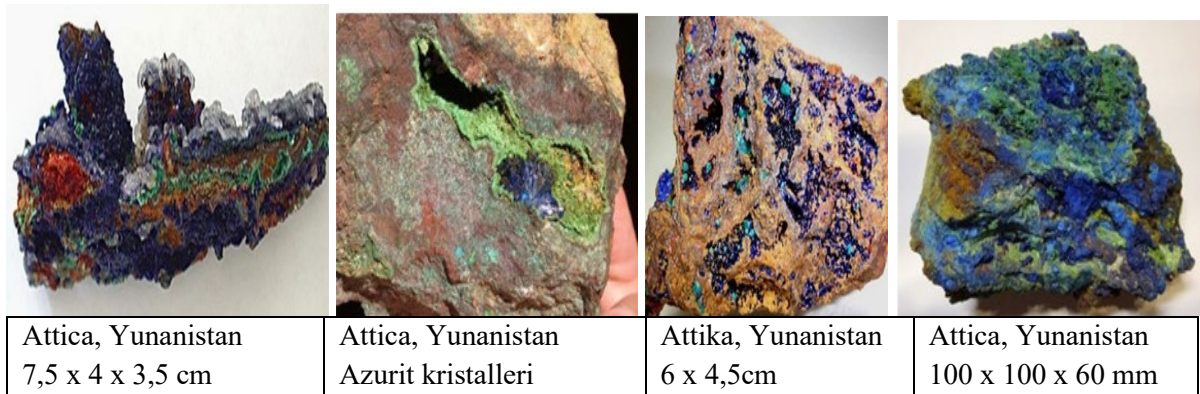
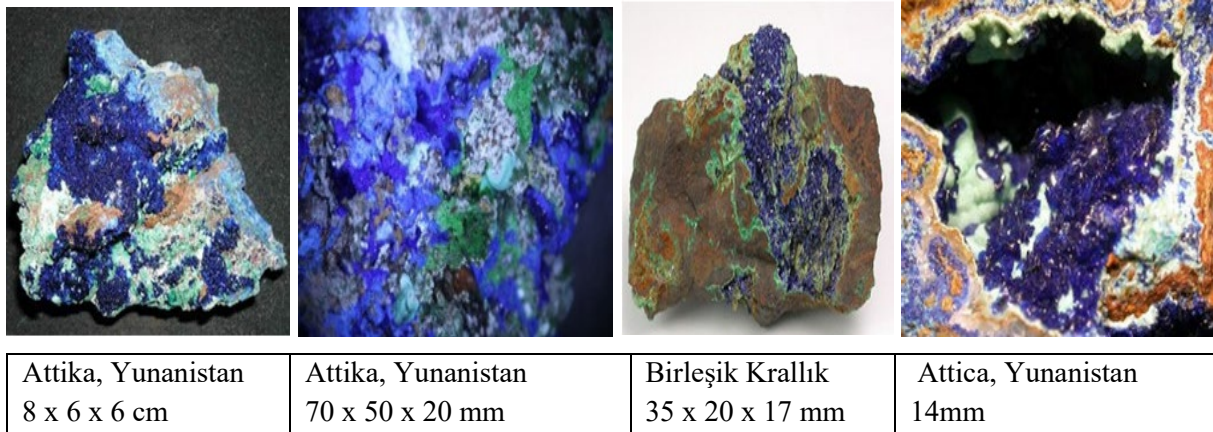


Şekil 2.5. Dünyanın farklı bölgelerindeki malahitlerden botryoidal formu azurmalahit örnekleri (Mindat.org).

2.1.1.3. Kokard (Cockode) Form

Kokard formdaki azurmalahitler, bakır yataklarında asidik olan suların yan kayada oluşturduğu boşluk ve çatlakları doldurarak meydana gelmektedir (Şekil 1.8). Azurmalahitlerin genel oluşumu çökme şeklinde olduğundan boşluk ve çatlak dolduran formu ile daha çok karşılaşılmaktadır.

Dünyadaki malahitlerden kokard azurit ve malahit örnekleri;



Şekil 2.6. Dünyanın farklı bölgelerindeki malahitlerden kokard formu azurit ve malahit örnekleri (Mindat.org).

2.1.1.4. Küresel Form

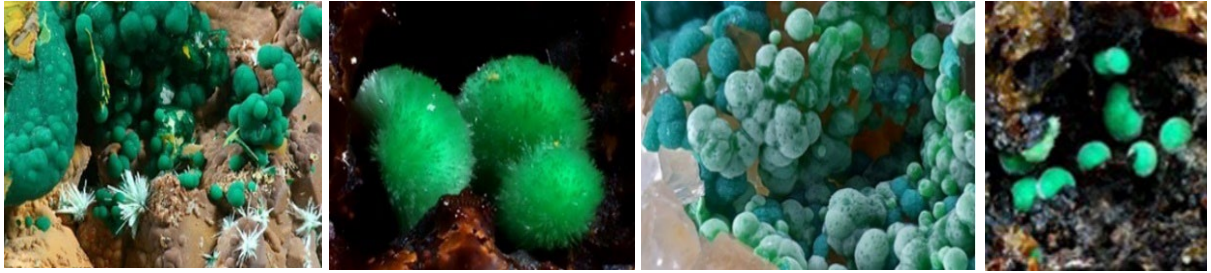
Yuvarlak, bilye benzeri şekiller oluşturan bir formdur. Herhangi bir çekirdek etrafında azurit veya malahitin radyal olarak birikmesiyle meydana gelmektedir. Nadir olmasıyla birlikte oldukça küçük boyutlar da oluşmaktadır.

Dünyadaki madenlerden küresel form örnekleri;



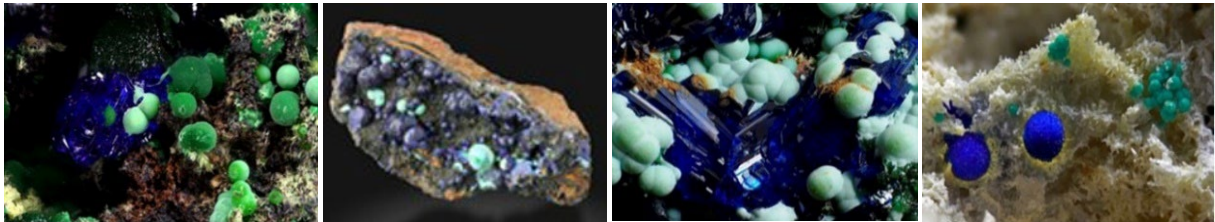
Attica, Yunanistan 3 mm	Attika, Yunanistan 1 cm	Attica, Yunanistan 2 mm	Attika, Yunanistan 5 mm
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Şekil 2.7. Dünyanın farklı bölgelerindeki madenlerden küresel formlu azurit örnekleri (Mindat.org).



Baden-Württemberg, Almanya 4,23 mm	Toscana, İtalya 1,36 mm	Baden-Württemberg, Almanya 4,3 mm	Toscana, İtalya 1,5 mm
---------------------------------------	----------------------------	--------------------------------------	---------------------------

Şekil 2.8. Dünyanın farklı bölgelerindeki madenlerden küresel formlu malahit örnekleri (Mindat.org).



Attica, Yunanistan 2 x 2 x 1 cm	Arizona, ABD 53 x 53 x 34 mm	Attika, Yunanistan 6 mm	Baden-Württemberg, Almanya 2,65 mm
------------------------------------	---------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

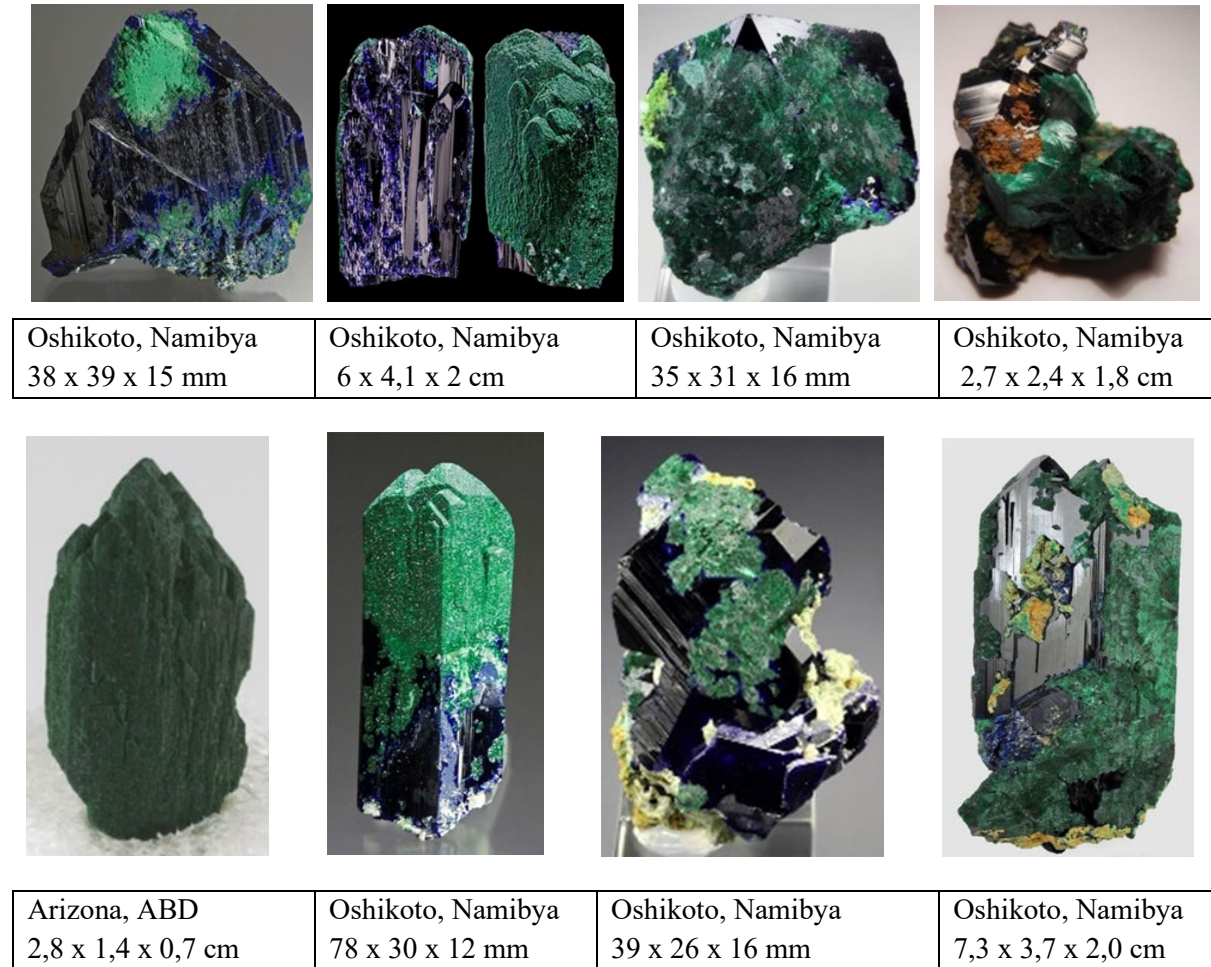
Şekil 2.9. Dünyanın farklı bölgelerindeki madenlerden küresel formlu azurmalahit örnekleri (Mindat.org).

2.1.1.5. Psödomorf Azurmalahit

Psödomorf oluşum; bir mineralin bazı kimyasal olayların etkisiyle (oksitleyici ortam, sıcaklık veya su kimyasının değişimi vb.) kısmi ya da tamamen değişerek ilk mineralin yerini başka bir mineralin almasıdır hatta ilk mineralin şekline bürünerek oluşan yeni bir mineraldir (Şekil 1.12). Psödomorf mineral ilk minerali şeklen ve yapısal olarak taklit ederek onun yerine geçmektedir. İlk mineral ve psödomorf mineral kimyasal olarak benzerlik gösterebilmekte ya da tamamen farklı da olabilmektedirler.

Psödomorf, azurit ve malahit minerallerinde sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Özellikle malahit çok büyük bir oranda azuritin psödomorfu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak Azurit ve malahit genellikle bir arada oluşum gösteren iki farklı mineraldir. İkisi bir arada bulunduğu azurmalahit olarak adlandırılmaktadır. Aynı ortamda oluşum gösteren azurmalahit ile psödomorf olan azurmalahit aynı gibi görünür. Fakat yapıda malahit azuritin üzerini örter ve bir katman gibi kaplayarak zamanla azuritin yerine geçer. Dönüşüm tamamlandığında ortamda sadece malahit bulunur.

Dünyadaki madenlerden psödomorf azurmalahit örnekleri;



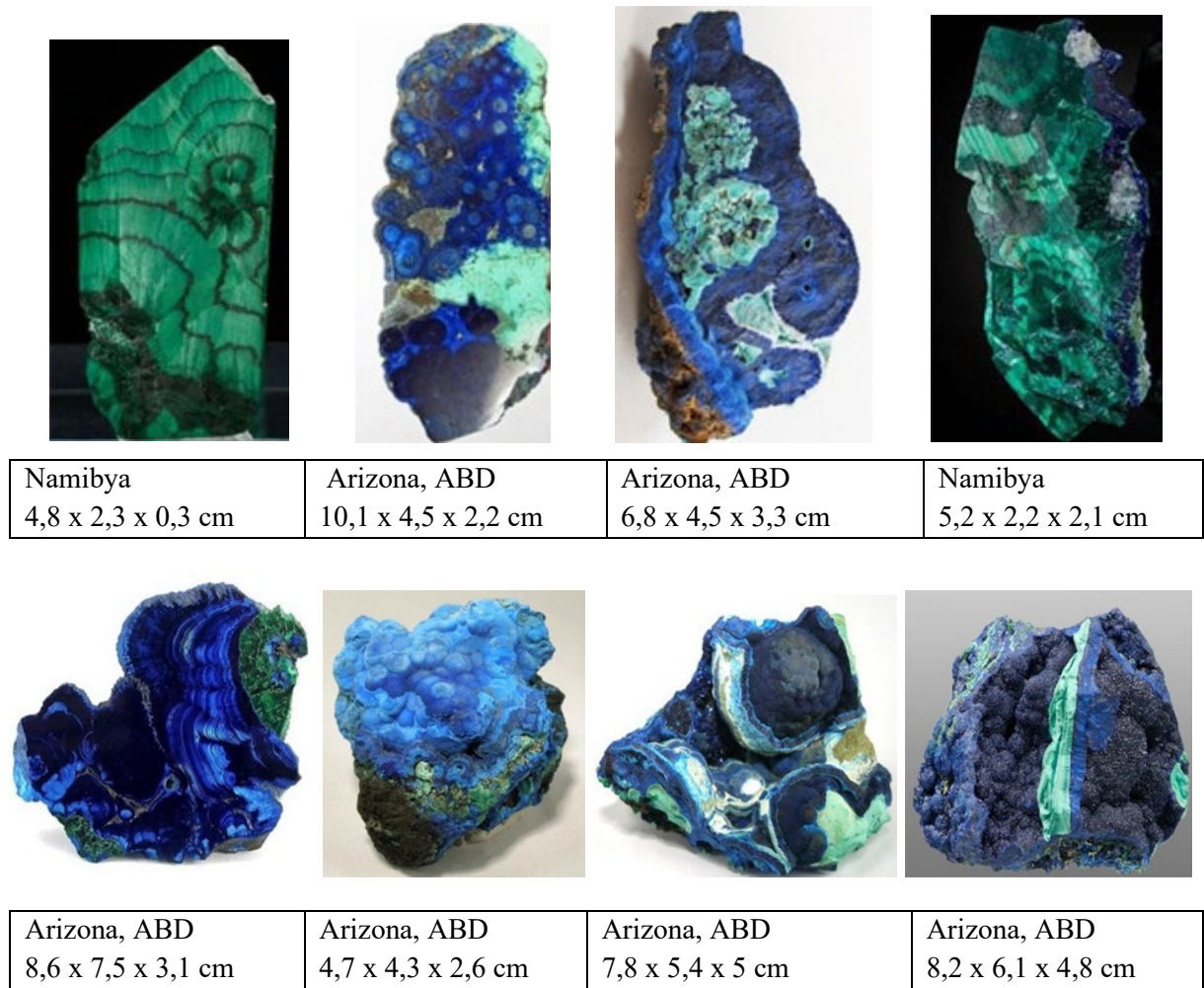
Şekil 2.10. Dünyanın farklı bölgelerindeki madenlerden psödomorf azurit ve malahit örnekleri (Mindat.org).

2.1.1.6. Bantlı Form

Bantlı form birçok mineralde oluşabilmektedir. Farklı renk veya tonlarda birbirini tekrar eden katmanlar şeklinde tanımlanabilir. Bu bantlar aynı rengin tonları şeklinde olabildiği gibi farklı renk ve minerallerden de oluşabilmektedir.

Bantlı form azurit ve malahit minerallerinde de oluşur ve oldukça güzel örnekleri mevcuttur. Tek başına bantlı azuritin eşsiz mavi renginin tonlarından oluşmuş örneklerin yanında azurit ve malahitin birlikte yeni tonlar oluşturduğu bantlı formlarda bulunmaktadır. Özellikle süstaşı formuna geldiğinde bu bantlar daha belirgin ve hoş bir görünüme sahiptir.

Dünyadaki madenlerden bantlı azurit ve malahit örnekleri;



Şekil 2.11. Dünyanın farklı bölgelerindeki madenlerden bantlı formdaki azurit ve malahit örnekleri (Mindat.org).

2.2. Önceki Çalışmalar

2.2.1. Azurit ve Malahit Oluşum Ortamları

Azurit ve Malahit minerallerini içeren birçok literatür taranarak bu minerallerin oluşumlarının bakır yatakları ve ofiyolitler ile olan bağlantıları anlaşılmaya çalışılmıştır. İncelenen aşağıdaki çalışmalarda bu minerallerin genelde volkanik oluşan birincil bakır minerallerinin hidrotermal ve meteorik sular etkisi ile alterasyona uğraması sonucu oluştuğu saptanmıştır.

Ovaloğlu (1974), Türkiye Bakır Yataklarının Jenetik Tipleri, Rezerv Durumu adlı çalışmasında Türkiye'nin bakır yataklarını sınıflandırarak, Türkiye de önemli olan bakır rezervlerinden söz etmiş ve mevcut işletilenlerin dışında 7.500.000 ton civarında tahmini cevher potansiyeline sahip olduğunu, bakır cevherlerinin hangi kayaç tiplerinde, hangi bölgelerde, hangi tipte bakır yataklarında aranması gerektiği konusunda bilgiler vermiştir.

Arzutuğ (1996), Amonyak Gazı ile Doyurulmuş Amonyak Çözeltilerinde Malahit Cevherinin Çözünürlüğünün İncelenmesi adlı çalışmalarında bakır içeren minerallerin çoğunlukla kükürtlü bileşikler olan sülfür mineralleri bir kısmının da oksit mineralleri olduğu ve bakırın nabit halde pek az bulunduğundan söz eder. Kalkopirit (CuFeS_2), kalkosit (Cu_2S), enargit, bornit (Cu_5FeS_4) krizokol ($\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) gibi bakır içeren minerallerinin sularla teması sonunda, suyun ihtiva ettiği O_2 ve CO_2 'in etkisi ile değişikliğe uğrayarak malahit ve azurit gibi karbonatlı mineraller ile nadiren sülfatlı mineraller de oluşabildiğine değinmiştir.

Koptagel ve Efe (1997), Avcıpınarı (Yıldızeli-Sivas) Sülfid Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Kökeni adlı çalışmalarında bölgede bolca pirit ve ona eşlik eden tüfler içinde barit, jips, malahit, azurit, kovelin, sfalarit ve galenit minerallerine rastlamışlardır. Öz şekilli sfalaritlerin etrafını saran kovalinler ile azurit daha az iken malahit yaygın olarak gözleendiği ve küçük jips kristallerinde malahit ve azurit kapanımlarının da yoğun olduğunu belirtmektedirler.

Teğin (2007), Hatay Yöresinde Bulunan Altın İçerikli Bakır Cevherinin Değerlendirilmesi adlı çalışmasında nabit olarak da bulunan bakırın ekonomik önem taşıyan minerallerin arasında oksit minerali olarak azuritinde yer aldığından söz etmektedir.

Örü Cansu (2011), Çavdır (Burdur) Kuzeydoğusundaki “Alterasyonla İlişkili Bakırlı Cevher Minerallerinin Oluşumu” adlı çalışmasında Marmaris ofiyolit napı gablo ve serpantinleşmiş harzburjitleri içinde bakır oluşumları ve beraberindeki kuvars damarlarında demir minerallerinin varlığından söz etmektedir. Yapmış oldukları cevher mikroskobu çalışmalarında ilk evrede kalkopirit, daha sonra bu minerallerin etrafında bornit minerallerinin oluştuğunu ikinci evrede demir mineralleri ile kuvars geliştiğini son evrede ise alterasyon ürünü olarak malakit, azurit, klorit, kil ve zeolit minerallerinin oluştuğunu tespit etmiştir.

Yıldırım vd. (2015), Maden Karmaşığının diyabazik-gabroyik kayaçlarını kesen ve yer yer yoğun silisifiye olmuş dasitik kayaçlar içerisinde saçınım-stokvork ve damarcık halinde gelişmiş Cu

cevherleşmelerini incelemiş, cevherleşmenin en yaygın olduğu alanda 50-30 m boyutlarında silisleşmiş bir kafa şeklinde mostra verdiğini belirtmiştir. Yan kayaç alterasyonu olarak limonitleşme, hematitleşme, kloritleşme, silisleşme ve epidotlaşma izlediği, cevher mineralleri; baskın olarak pirit, pirotin, kalkopirit daha az kalkozin-kovellin olduğunu, oksidasyon zonlarında hematit, limonit, malakit ve azurit bulunduğunu tespit etmiştir.

Ahmed vd. (2017), Pakistan- Belucistan, Kuzeyindeki Değerli Taşların Sınıflandırılması ve Dağılımı konulu çalışmada bölgedeki değerli taşların ofiyolit ve tortullar içinde olduğunu, krizokol, malakit, azurit, brusit, serpantin, epidot, granat, natrolit, mermer ve kuvarsitlerin ofiyolitler içinde kuvars, florit ve kalsitin tortul kayalarda bulunduğunu belirtmiştir. Ofiyolitik kayaların değerli taşların olan krizokol, malakit ve azuritin bazalt içinde hidrotermal süreçlerle oksitlenmiş zonlarda çatlaklarda lifli kütleler ve kalsitli damarlar halinde oluştuğundan bahsetmişlerdir.

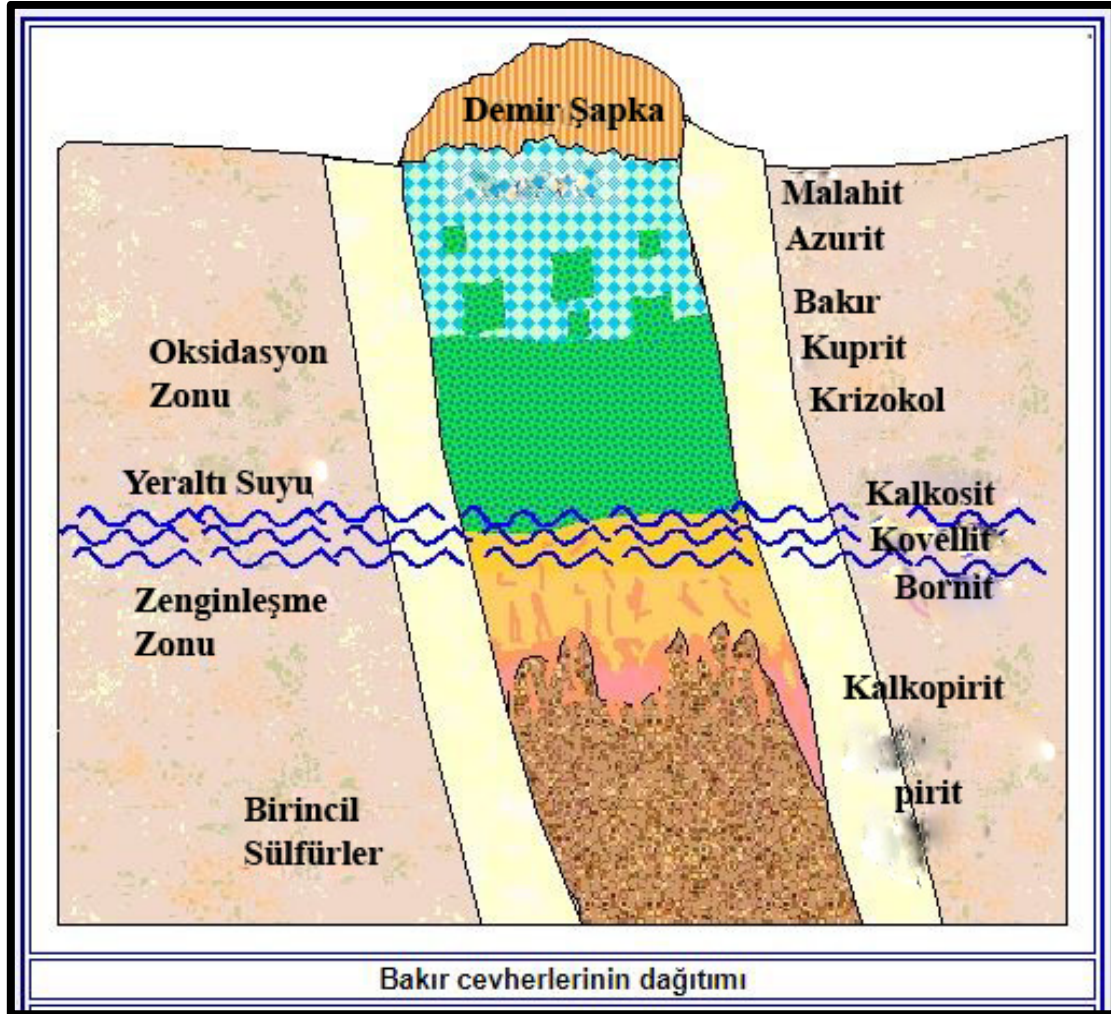
Aydurmuş (2018), Karadağ (Torul, Gümüşhane) Fe-Cu Skarn Cevherleşmesinin Petrografik ve Sıvı Kapanım Özelliklerinin İncelenmesi adlı yüksek lisans tezinde cevher mineralleri olarak skarn zonunda kalkopirit, pirit ve manyetit minerallerinden başka ikincil cevher mineralleri olarak kalkopiritin oksidasyonu sonucu limonit; piritin ve hematitin oksidasyonu sonucu götit, epidokrozitin bakırlı minerali olan pirit ve kalkopiritin alterasyonu sonucu azurit ve malakit geliştiğinden söz etmektedir.

Akbudak Kaydu vd. (2021), “Orta Eosen Yaşlı Çekerek Formasyonu İçerisinde Yücepınar Köyü (Zile-Tokat) Bölgesinde Aglomera İçerisinde Bulunan Silisleşmiş Ağaç” ile ilgili yaptıkları çalışma da dal ve gövde parçalarının çoğunlukla açık kahverengimsi kremi bazılarında ise koyu kahverengi, yeşil ve mavi renkler gösterdiklerini gözlemlemişlerdir. Örnekler üzerinde yaptıkları analiz sonuçlarına göre (XRD ve FT-IR) silisleşmiş odun oluşumlarının kuvars, kristobalit, malakit, azurit, hematit, grafit ve götit minerallerinden oluştuğu belirlemişlerdir.

Öksüz vd. (2021), Kahyaköy (Yerköy-Yozgat) “Polimetal Mineralizasyonunun Cevher Mikroskobik Özellikleri” ni inceledikleri çalışmalarında Geç Kretase-Erken-Paloesen yaşlı Kötüdağ Volkanitleri Orta Anadolu Granitoidlerini intrüzif olarak keserek hidrotermal akışlara bağlı cevherleşmeler oluştuğunu belirtmişlerdir. Kalkopiritin ve kovellinin götit tarafından ornatıldığı ve manyetitinde hematite dönüşmesi cevherleşmenin birkaç evreden oluştuğu şeklinde yorumlanmıştır. Birincil cevherleşmeyi oluşturan Kretase-Erken-Paloesen döneminde yaşanan volkanizma olurken ikincil minerallerin oluşmasına ya da var olan minerallerin değişimine neden olan daha sonra gelen hidrotermal ve meteorik sular olduğunu vurgulamışlardır.

De Putter vd. (2010), Malakit oluşumu için üç temel koşul gerektirildiğine değinmişlerdir. Birincisi ana kaya içinde herhangi bir boyutta boşlukların varlığı, ikincisi hareketli $Cu_2 + 'n'$ varlığı ve üçüncüsünde sıvılarda çözülmüş atmosferik gaz formunda veya karbonatlı kayalardan türetilen bir formda CO_2 in mevcudiyetinden, ana kayada diyajenetik ve sinorojenik küçük ölçekli evaporit çözelti süreçlerinden mega breş oluşumuna kadar birçok boşluk oluşumlarından bahsetmektedirler. Mevcut boşlukların hidrotermal veya meteorik sıvıların sirkülasyonu genişletebildiğinden ve buralara -sülfitlerin

oksitlenmesi ile hareketli Cu_2^{+} 'nın gelmesi sonucu bu boşluklarda malakit olarak çökeceğini, sulu silika miktarı yeterli olduğunda ortamda krizokol oluşumlarının da söz konusu olabileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 2.12. Bakır yataklarının farklı derinliklerdeki katmanlarda minerallerin oluşumunu gösteren çizim değiştirilerek kullanılmıştır (<https://www.tf.uni-kiel.de/matwis>).

2.2.2. Bölgesel Jeoloji

Azurmalahit ile ilgili ülkemizde yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır fakat çalışma bölgesinde (Bozkır Birliği içerisinde yer alan ofiyolitleri kapsayan) Jeolojik-Petrografik açıdan yapılan çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Juteau (1980), Türkiye Ofiyolitleri adlı çalışmasında Orta Toros ofiyolitlerinin özelliklerini ayrıntılı olarak incelemiştir. Araştırmacı Toros ofiyolitlerinin özelliklerini tabandan tavana doğru değişik yaşlarda birden çok tektonik birliğin bir araya gelmesi ile karmaşık bir yapı gösterdiğini belirterek; bu birimlerin genel olarak aşağıdan yukarıya: volkanik ve sedimanter birim, metamorfik kayaların oluşturduğu birim ve kaba taneli tolyolitik kayalardan oluşan büyük bir birim ile ilk iki birimi kesen diyabaz dayklarının bulunduğunu belirtmiştir.

Pampal (1984), Aslanköy – Tepeköy (Mersin) dolaylarının jeolojisini incelemiş, Üst Kretase-Paleosen yaşı verdiği Tepeköy Türlüsü'nün tabanında serpantinit, diyabaz ve peridotitten oluşan ofiyolitik birimlerin yer aldığı ve serpantinitlerin elek dokusu gösteren ojit ve seyrek olarak barit içeren küçük kristaller halinde kromit tanelerinin bulunduğunu belirtmiştir.

İşler (1989), Fındıkpınarı ve Yöresi (Mersin) Ofiyolitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi adlı çalışmada bölgede yerleşme yaşı Üst Kretase olan ofiyolitli seri ve ofiyolitik melanj ile Alt Orta Miyosen yaşlı kireçtaşlarını ayırtlamıştır.

Abasıkeleş (1993), Fındıkpınarı-Şahna Sinap (Mersin) civarındaki çalışmada Toros kuşağının güney kısmındaki bölgede yüzeyleyen Mesozoik ve Tersiyere ait birimler incelenmiş, ofiyolit oluşumu ve ofiyolitik melanj ilişkilerine değinmiş, kromit oluşumlarının ultramafik kayalarla olan ilişkilerine değinmiştir.

Açlan (1995), Namrun'un Güneydoğusu (Mersin) Yöresini üzerine yapılan çalışma da Mesozoik ve Senozoik yaşlı 8 litostratigrafi birimi ayırtlayarak, allokton ve otokton konumlu birimleri haritalanmışlardır.

Beyazçiçek (1996), Gözne ilçesi kuzeyindeki çalışma da bölgenin jeolojik haritasını yaparak bölgenin jeolojik evrimi ortaya koymuştur. Bu çalışmalar sırasında Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı 5 litostratigrafi (allokton ve otokton konumlu) birimler ayırtlanmıştır. 130 adet jeokimyasal sediment örnekler ve 4 adet ağır mineral örnekleri alınarak kimyasal analizleri yapılmıştır.

Parlak ve Delaloye (1996), Mersin ofiyolitindeki metamorfizma sonrası daykın jeokimyası üzerine yaptığı çalışmalarında volkanik kayaların jeokimyasal ve yapısal olarak iki farklı özellikte olduğunu belirtmiştir. Üst- Jura Alt Kretase yaşlı derin deniz sedimanları ile ilişkili bazaltik kayaların, alkalin özellik gösterdiği, bazaltik yastık lavları ve diyabazlarla temsil edilen Üst Kretase yaşlı birimlerden oluşan bazalt ve diyabazların ise toloyitik karakterli olması nedeni ile diğerlerinden ayrıldığını belirtmektedirler.

Şahin (1997), Mersin ilinin yaklaşık 60km kuzeybatısında yer alan Aslanköy-Yavça köyleri civarında yapılan jeolojik ve petrografik araştırmaları içermektedir. Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı 4 litostratigrafi birimden söz ettikleri çalışmalarında temeli üst Kretase yaşlı Yavça kireçtaşı, üst Kretase-Paleosen yaşlı Fındık Karmaşığı oluşturduğunu belirtmektedirler. Senozoyik yaşlı birimler ; Kaplankaya (Alt Miyosen) ve Karaisalı (Alt - Orta Miyosen) formasyonu ile temsil edildiği, Miyosen birimleri temel üzerinde uyumsuz olarak bulunduğu, Alt Miyosen yaşlı Kaplankaya formasyonu, Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal Karaisalı formasyonu ile yanal ve düşey geçişli olduğunu bildirmişlerdir.

Parlak vd. (1997), Mersin Ofiyolitinde ultramafik ve mafik kümallerin mineralojisi ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi 3/14 sonucu olivinin magnezyumca yüksek değerler göstermesi bazaltik ultramafik kümüllerin da plajiyoklasların bulunmaması bir adayayı ortamında ilksel bazaltik eriyiklerden yüksek basınç altında kristal farklılaşması ürünleri ile uyumlu olduğu ve subrasubdiksiyon zonu ofiyolitlerini temsil ettiğini bildirmişlerdir.

Bağcı (1998), Musalı Köyü kuzeybatısında ofiyolitleri üzerine araştırmalar sunmaktadır. Bölgenin jeolojisi hakkında bilgiler verilmiştir. Mersin Ofiyolitinin ana bileşenini ileri derecede serpantinleşmiş ultramafik kayaların oluşturduğu bilgileri, yapılan kimyasal incelemeler de kromitler de demir içeriğinin yüksek olduğu bildirilmiştir.

Parlak ve Delaloye (1999), tarafından bildirildiğine göre Mersin ofiyolitleri metamorfik tabanı migmatitik dokulu olup, metamorfik yönelme göstermekte ve alterasyon ürünlerinden epidotça zengin metamorfik bantlaşma ile karbonat tabakaları içermektedir.

Ekingen (2003), Çamlıyayla (Namrun) ve yakın yöresindeki kaya birimlerini ve tektonostratigrafik özelliklerini belirlemeyi amaç edinen bu çalışmada 7 ayrı kaya stratigrafi birimi ayrılanmıştır.

Moix vd. (2011), Mersin ofiyoliti ile ilişkili ofiyolit-altı melanjlarının detaylı bir tasvirini yapmışlardır. Mersin melanjlarının hem güney Türkiye’de hem de diğer bölgelerdeki melanj benzeri birliklerin yeni deneştirmeleri yapılarak paleotektonik anlamları da tartışmışlardır.

Nazlıcan (2011), Musalı – Evrenli (Mersin) Yöresinin Jeolojik ve Petrografik İncelenmesi adlı çalışmada kırmızı renkli çakıltası ve ofiyolit çakıllı kumtaşlarında ofiyolit seriyeye ait tüm birimler gabro, diyorit, serpantin, serpantinize peridotit, radyolarit, amfibol şist, klorit şist, kıtasal kabuğa ait kireçtaşı, kumtaşı, kuvarsit parçaları oluştuğunu belirtmiştir.

Öztürk (2015), Mersin Ofiyolitine ait Magmatik ve Metamorfik Kayaçların U-Pb Yöntemi ile Yaşlandırılması adlı çalışmasında magmatizma ve metamorfizma oluşumunun eş zamanlı olmasından dolayı okyanus içi ortamda dengeli yitim zonu (steady state subduction) modeline bağlayarak Mersin ofiyolitinin, Geç Kretase’de İç Toros okyanusunda okyanus içi yitim zonu üzerinde oluştuğunu ve Toros platformu üzerine yerleştiğini belirtmektedir.

Taga vd. (2015), Açık Ocak İşletmesi Şeklinde Yürütülen Krom Madenciliği ve Kütle Hareketleri Arasındaki İlişkinin Araştırılması adlı çalışmada açık ocak işletmesi ile kütle hareketi arasında bir ilişkinin olduğu teodolit bazlı klasik izleme sistemi ile gerçekleştirilen deformasyon ölçümleri ile ortaya koymuşlardır. Açık ocak faaliyetleriyle birlikte hareket gözlenen bir bölgenin içindeki heyelanın tetiklendiği ve ayrıca kütle hareketinin topuğuna, açık işletmeden çıkarılan pasa (dekapaj malzemesi) konulmasıyla, kütle hareketinin durduğunu belirlemişlerdir.

Ishimaru vd. (2018), Türkiye Mersin ofiyoliti, okyanus ortası sırt (MOR) afinitesi belirtisi göstermeyen kabuklu kayaların jeokimyasına dayanan tipik yay tipinde olduğunu belirterek, ark altı manto süreçlerini ortaya çıkarmak için ultramafik kayalarını incelemişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Mersin O33 a1-a2 paftası içerisinde yer alan Şahinpinar'ı bölgesinden alınan azurmalahit içeren kayalar bu çalışmanın materyalini oluşturmaktadır.

3.2. Yöntem

Bu tez çalışması dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Bölge jeolojisini tanımak için önceki çalışmaların yürütüldüğü literatür çalışmaları ilk aşamayı oluşturmaktadır. İkinci aşama da gemolojik, petrografik ve jeokimya analizlerinde kullanılmak üzere çalışma bölgesinden azurmalahit el örnekleri elde etmek için arazi çalışmaları yürütülmüştür. Üçüncü aşamayı çalışma bölgesinden alınan el örnekleri üzerinde gemolojik, petrografik ve jeokimya analizleri yapıldığı ve şekillendirme-takıya dönüştürme işlemlerini içeren laboratuvar çalışmaları oluşturmaktadır. Dördüncü ve son aşama ise tüm verilerin değerlendirildiği tez yazımını içeren büro çalışmalarıdır.

3.2.1. Literatür Çalışmaları

Mersin ili Musalı ilçesine bağlı Şahinpinar'ı bölgesinde bulunan çalışma arazisinin jeolojisi, azurmalahit oluşumları hakkında bilgi edinmek için, bölgeye ait harita ve raporları içeren tüm literatürler taranmıştır. Bu amaçla birçok kütüphane, ulusal-uluslararası dergiler ve araştırma bölgesine ait Maden Tetkik ve Arama (MTA) jeoloji etüt dairesi tarafından hazırlanan 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları incelenmiştir.

3.2.2. Arazi Çalışmaları

Literatür çalışmaları sonrasında elde edilen bilgiler doğrultusunda 2021 Haziran aylarında O33 a1-a2 paftası içerisinde bulunan Şahinpinar'ı bölgesinde arazi çalışmaları yürütülmüştür. Bu çalışmalar sırasında azurmalahitlerin bulunduğu yan kayaların ve bölgenin fotoğraflanmasıyla birlikte çok sayıda el örneği alınmıştır. Alınan örnekler boyutlarına göre gruplandırılmış ve uygun görülen örnekler analizler için ayrılmıştır.

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Araştırma bölgesinden alınarak gruplandırılan örneklerden uygun bulunanlar X-Işınları Difraksiyon Analizi (XRD), X-Işını Floresans Spektroskopisi Analizi (XRF) ve İndüktif Eşleşmiş

Plazma-Kütle Spektroskopisi (ICP-MS) analizleri ve ince kesitlerinin yapılması için seçilmiştir. Seçilen örneklerin iç yapılarının analizler için uygunluğunu kontrol etmek adına ve kaboşon şekillendirmeler de kullanılmak üzere Takı Teknolojisi ve Tasarımı Yüksekokulu süstaşı işleme laboratuvarında dilimler alınmıştır. Alınan dilimler de özellikle minerallerin iç yapılarına yoğun olarak nüfuz edenleri seçilerek, MTA da incelenmek üzere XRD, XRF ve ICP-MS analizleri için Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne ait Retsch RS 200 markalı halkalı öğütücü de her bir örnek ayrı ayrı toz halinde öğütülerek hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.1). Yapılan öğütme işlemi sonrası her örnek kodlanıp, MTA'nın analizler için istediği gramaj doğrultusunda ayarlanarak paketlenmiştir. Paketlenen toz numuneler tez çalışmasına yön verecek olan sonuçları almak üzere MTA'da incelenmek üzere gönderilmiştir.

Yine MTA'da ince kesit alımı yapılacak örnekler ön hazırlık olması amacı ile Mersin Üniversitesi Takı Teknolojisi ve Tasarımı Yüksekokulu'ndaki süstaşı işleme laboratuvarında dilimler alınarak, kodlanmış ve ince kesit için hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.2). Bu dilim alınan örneklerde diğer toz numunelerle birlikte MTA'ya gönderilmiştir.

MTA'da yapılan analizler de kullanılan toz numunelerden farklı olarak Mersin Üniversitesi'nde yapılan XRD analizinde kullanılan toz numuneler, mavi ve yeşil rengin yoğun olarak gözlemlendiği örnekler üzerinden ve diğer mineraller hariç tutularak yontu yoluyla elde edilmiştir. Mavi ve yeşil renge sahip olan minerallerin XRD piklerinin tanımlanmasını sağlamak için yontu olarak elde edilen toz numuneler Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde XRD analizi için teslim edilmiştir.

Farklı boyutlardaki el örneklerinin uygun olanları seçilerek süstaşı olarak değerlendirilebilirliğini ölçmek adına kaboşon kesimler yapılmış ve takıya dönüştürülmüştür.



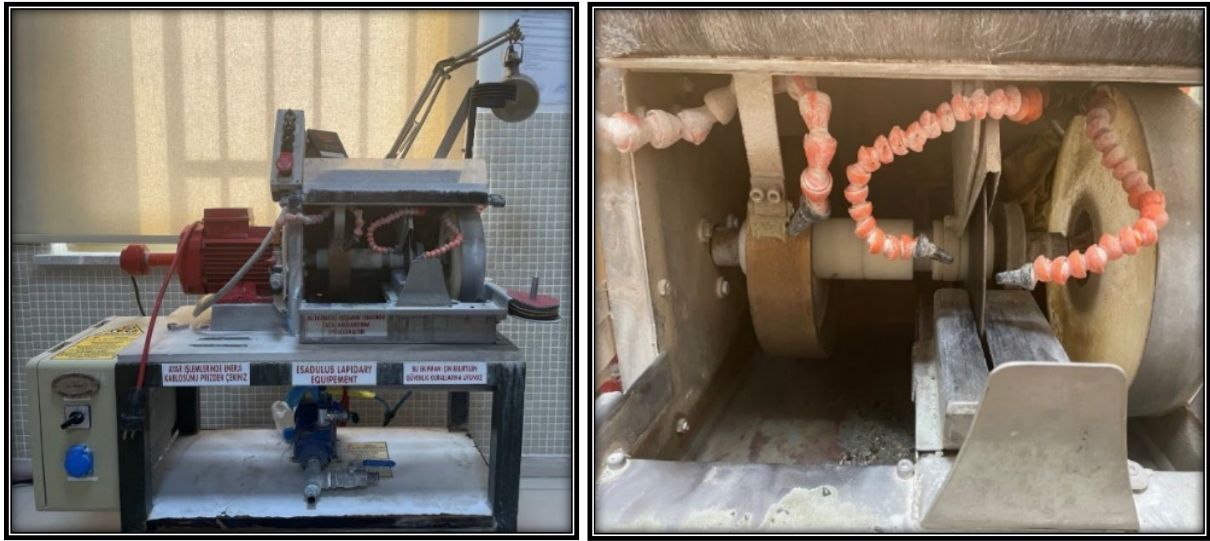
Şekil 3.1. Retsch RS 200 markalı halkalı öğütücü ve öğütme işlemi aşamaları.

3.2.3.1. İnce Kesit Çalışmaları

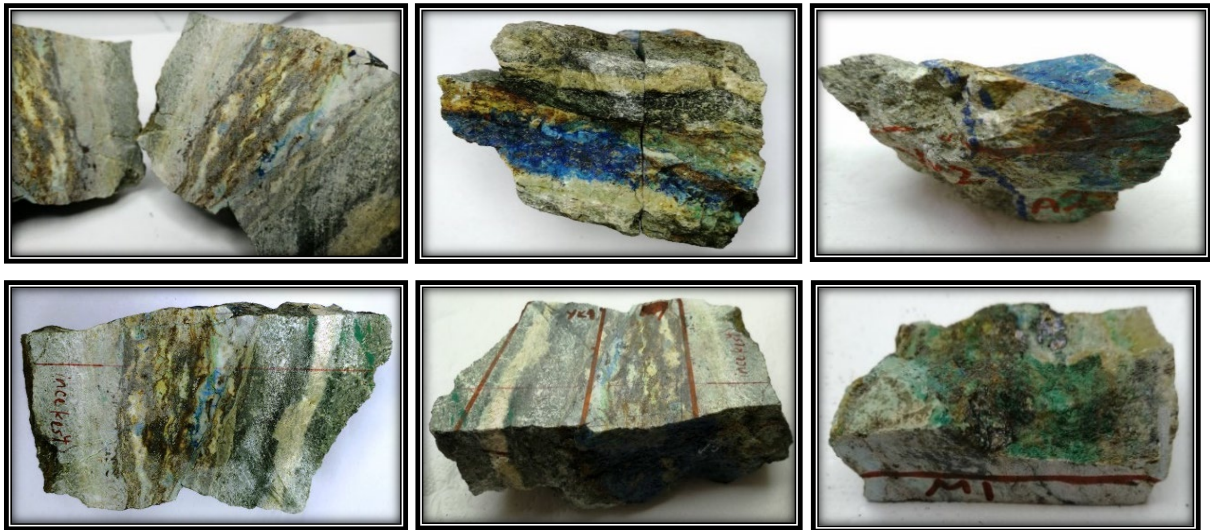
Alttan ya da üstten aydınlatmalı mikroskoplarda mineral tanımlamaları için yapılan incelemelerde kullanılan ve numuneden alınarak özel olarak oluşturulan kesitlerdir. İnce kesitler

alındıkları numunenin tanımlanması ve oluşumu hakkında daha detaylı bilgi edinilmesini sağlamaktadır. İncelenen kesitte minerallerin birbiriyle olan ilişkisi, yapısı, dokusu gibi özelliklerini belirlemek mümkündür. Ayrıca gerekli ekipman olması durumunda numunenin iç yapısını mikroskop altında görüldüğü şekli ile fotoğraflayarak incelenen numunenin detaylı tanımlaması yapılabilmektedir.

Bu çalışma da yapılan ince kesit çalışmaları için uygun bulunan el örnekleri (Şekil 3.3) Mersin Üniversitesi Takı Teknolojisi ve Tasarımı Gemoloji laboratuvarına ait sulu kesim yapan Esadulus Lapidary Machine de dilimlenmiştir (Şekil 3.2). Elde edilen dilimler mineral yoğunlukları göz önünde bulundurularak azurit ağırlıklı olan A-1 ve A-2, malahit ağırlıklı olan M-1 ve M-2, yan kayaç olan dilim YK-1 ve YK-2 olarak kodlanmıştır (Şekil 3.3). İnce kesit için ön hazırlık olması amacıyla hazırlanan dilimler MTA Numune Birimi'nde ince kesit yapılmaları için gönderilmiştir.



Şekil 3.2. Esadulus Lapidary Machine markalı sulu kesim makine.



Şekil 3.3. İnce kesit için seçilen el örnekleri ve dilimleri.

3.2.3.2. X-Işınlari Difraksiyon Analizi (XRD)

X-Işınlari Difraksiyon Analizi kullanılarak jeoloji de X-Işınlari difraksiyonunda mineral tanımlaması yapılmaktadır. Tüm kayaç içerisindeki mineralleri çözümleme de (tanımlama da) çok işe yarayan bir yöntemdir. Numune üzerine gönderilen X-ışınları malzeme üzerindeki düzlemler de kırınımına sebep olur ve bu kırınımın parmak izi gibi olduğundan mineralin tanımını sağlar. XRD analizi ile numune yapısı (kristalin/amorf), kristalin numune için kalitatif mineralojik analiz yapılabildiği gibi numunenin kristal yapısı da belirlenebilmektedir. Analiz sonuçlarını grafiksel olarak verilmektedir (<http://yebim.ankara.edu.tr/2013/04/25/x-isininlari-difraksiyonu-xrd/>).

Bu çalışma da yapılan XRD analizi için seçilen örnekler öncelikle çıplak gözle bakıldığında azurit yoğunluğu fazla olanlar A-1, malahit yoğunluğu fazla olanlar M-1 ve yan kayaç YK-1 şeklinde gruplanmıştır. Seçilen örnekler Mersin Üniversitesi Takı Teknolojisi ve Tasarımı Gemoloji Laboratuvarındaki sulu kesim Esadulus Lapidary Machine marka makine de küçük dilimlere bölünmüştür. Örnekler öğütme işlemine hazır hale getirildikten sonra Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki Retsch RS 200 marka halkalı öğütücü de öğütme işlemi yapılmıştır. Toz haline getirilerek kodları verilen numune paketleri XRD analizi için MTA Numune Birimi'ne gönderilmiştir.

MTA'da yapılan XRD analizinde pik tanımlaması olmaması sebebiyle ikinci ve yeni bir XRD analizi yapılmasına karar verilmiş ve daha net bir sonuç elde edebilmek adına yeni yapılacak XRD analizi için birden fazla numuneden özellikle mavi ve yeşil renge sahip minerallerin tanımlamasını sağlayabilmek için direkt numune üzerinden yontarak toz numune elde edilmiştir. Mavi renge sahip toz numune A-1 ve yeşil renge sahip toz numune M-1 olarak kodlanmıştır. Hazırlanan toz numuneler Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde XRD analizi için teslim edilmiştir.

3.2.3.3. X-Işını Floresans Spektroskopisi Analizi (XRF)

X-ışını floresans spektrometresi, genel olarak foton-madde etkileşmesi sonucu meydana gelen karakteristik X-ışınları ve saçılma fotonlarının nicel ve nitel değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. XRF sisteminde 21 adet standart içeren (Al_2O_3 , BaO, CaO, Cr_2O_3 , CuO, Fe_2O_3 , HfO_2 , K_2O , MgO, Mn_2O_3 , Na_2O , NiO, P_2O_5 , PbO, SiO_2 , SO_3 , SrO, TiO_2 , V_2O_5 , ZnO, ZrO) özel kalibrasyon seti kullanılmaktadır. Bu kalibrasyon programı ile oksitli bileşiklerin (mineral, çimento, cam sanayi, seramik hammadde vb.) ppm derecesinde gerçek kantitatif analizleri yapılabilmektedir (<https://arum.ogu.edu.tr/Sayfa/Index/19/x-isininlari-xrd-ve-xrf-analiz-birimi>).

Bu çalışma da yapılan XRF için ön hazırlık olması amacı ile seçilen örnekler öncelikle çıplak gözle bakıldığında azurit yoğunluğu fazla olanlar A-1, malahit yoğunluğu fazla olanlar M-1 ve yan

kayaç YK-1 şeklinde gruplanmıştır. Gruplandırılan örnekler Mersin Üniversitesi Takı Teknolojisi ve Tasarımı Gemoloji Laboratuvarındaki sulu kesin Esadulus Lapidary Machine marka makine de küçük dilimlere bölünmüştür. Örnekler öğütme işlemine hazır hale getirildikten sonra Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki Retsch RS 200 marka halkalı öğütücü de öğütme işlemi yapılmıştır. Her bir örnek grubu ayrı ayrı aynı öğütme işleminden geçmiştir. Toz haline getirilerek kodları verilen numune paketleri XRF analizi için MTA Numune Birimi'ne gönderilmiştir.

3.2.3.4. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi Analizi (ICP-MS)

İndüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi, elementleri kalitatif ve kantitatif olarak tayin edebilen, izotopları saptayabilen bir tür kütle spektrometresidir. ICP-MS için birçok elementin tayin sınırı milyarda birden (ppb, pounds per billion) daha düşüktür. Bu yüzden iz element tayini ve miktarının belirlenmesi için en uygun metottur.

ICP-MS analizi için standart çözeltisi bulunan elementler; Alüminyum (Al), Antimon (Sb), Arsenik (As), Altın (Au), Bakır (Cu), Baryum (Ba), Berilyum (Be), Bizmut (Bi), Bor (B), Civa (Hg), Çinko (Zn), Demir (Fe), Galyum (Ga), Germanyum (Ge), Gümüş (Ag), İndiyum (In), İridyum (Ir), Kadmiyum (Cd), Kalsiyum (Ca), Kalay (Sn), Kobalt (Co), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Magnezyum (Mg), Mangan (Mn), Molibden (Mo), Nikel (Ni), Osmiyum (Os), Paladyum (Pd), Platin (Pt), Potasyum (K), Renyum (Re), Rodyum (Rh), Rubidyum (Rb), Rutenyum (Ru), Selenyum (Se), Sezyum (Cs), Silisyum (Si), Skandiyum (Sc), Sodyum (Na), Stronsiyum (Sr), Talyum (Tl), Terbiyum (Te), Titanyum (Ti), Toryum (Th), Tunsten (W), Vanadyum (V), Zirkonyum (Zr) şeklinde sıralanabilmektedir (<https://arum.ogu.edu.tr/Sayfa/Index/69/induktif-eslesmis-plazma-kutle-spektroskopisi-icp-ms>).

Bu çalışma da yapılan XRD ve XRF analizlerinde olduğu gibi ICP-MS analizi için de ön hazırlık olması amacı ile seçilen örnekler öncelikle çıplak gözle bakıldığında azurit yoğunluğu fazla olanlar A-1, malahit yoğunluğu fazla olanlar M-1 ve yan kayaç YK-1 şeklinde gruplanmıştır. Öğütme işleminin daha kolay olması için hazırlanan dilimler önce Mersin Üniversitesi Takı Teknolojisi ve Tasarımı Gemoloji Laboratuvarındaki sulu kesim Esadulus Lapidary Machine marka makine de küçük dilimlere bölünmüştür. Örnekler öğütme işlemine hazır hale getirildikten sonra Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki Retsch RS 200 marka halkalı öğütücü de öğütme işlemi yapılmıştır. Toz haline getirilerek kodları verilen numune paketleri ICP-MS analizi için MTA Numune Birimi'ne gönderilmiştir.

3.2.4. Büro Çalışmaları

Süreç boyunca yapılan her aşamanın ve tüm verilerin kullanılarak belirlenen tez yazım yönergesine göre düzenlemeler yapılmıştır. Tablolar, görseller ve kullanılacak haritalar üzerinde gerekli olan düzenleme ve değişiklikler yapılarak hazır hale getirilmiştir. Literatür çalışmaları, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen tüm veriler değerlendirilip, derlenerek tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Arazi Çalışmaları

Mersin ilinin kuzey doğusunda bulunan Musalı köyü Şahinpınar'ı civarındaki azurmalahit mineralleri, Üst Kretase'de tektonik olarak bölgeye yerleşen Mersin ofiyoliti içerisinde yer almaktadır. Mersin ofiyolitinin çoğunluğunu serpantinize olmuş büyük harzburjit dilimleri ve bunları kesen toleyitik diyabaz daykları ve yer yer dünit, harzburjit, orto piroksenit bantları oluşturmaktadır. Bölgedeki ofiyoitik birimlerde krom cevheri işleten ocaklar olduğu saptanmış, fakat bakır cevherleşmeleri ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak azurmalahitlerin varlığı bölgede bakır cevherleşmelerinin de olduğunu göstermektedir.

Bölgede daha eski tarihlerde özel olarak yapılan bir çalışma için açılan yarık sayesinde keşfedilen azurmalahitler, sadece yarık açılan bölge de olmayıp çevre bölgelerde de oluşum göstermektedir. Açılmış olan yarık duvarlarında azurmalahit damarları çok net şekilde görülmektedir (Şekil 4.2). Bölgede incelenen örnekler yüzeysel oluşum göstermektedir ama daha derinlerde oluşumun devam edip etmediği ya da farklı formlarının mevcut olup olmadığı incelenmemiştir. Çevrede yapılan gözlemlerle azurmalahit oluşumları için olası farklı noktalar saptanmıştır.

Çalışma bölgesinde arazi incelemeleri, arazi fotoğraflamaları yapılarak arazinin tam lokasyon bilgileri tespit edilmiştir. Gemolojik analizler de kullanılmak üzere örnek alımları gerçekleştirilmiştir. Alınan örnekler çalışma bölgesinde büyüklükleri ölçülendirilerek fotoğraflanmıştır. Bu örnekler daha sonrasında atölye ortamında kesim, şekillendirme ve analizlerde kullanılmak üzere yan kayaçlar ve ana kayaçlar olarak büyüklük küçüklüklerine göre gruplandırılmıştır.



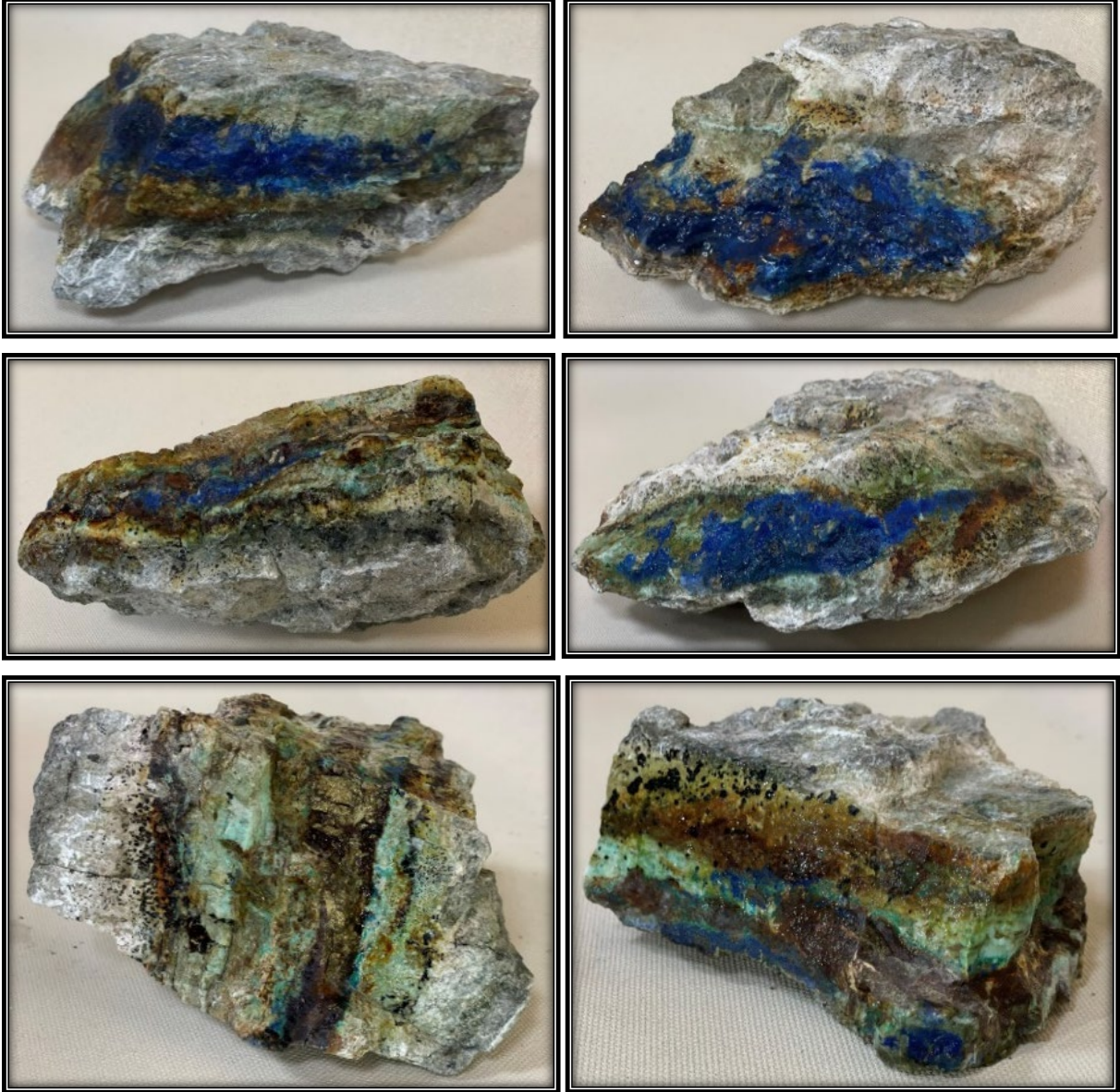
Şekil 4.1. Çalışma bölgesinin genel görünümü.



Şekil 4.2. Çalışmanın bölgesindeki yarık duvarlarında gözlemlenen azurmalahit damarları.



Şekil 4.3. Çalışma bölgesinden incelenmek üzere alınan örnekler.



Şekil 4.4. Çalışma bölgesinden incelenmek üzere alınan boyutları 10-20cm arasında değişen örnekler.

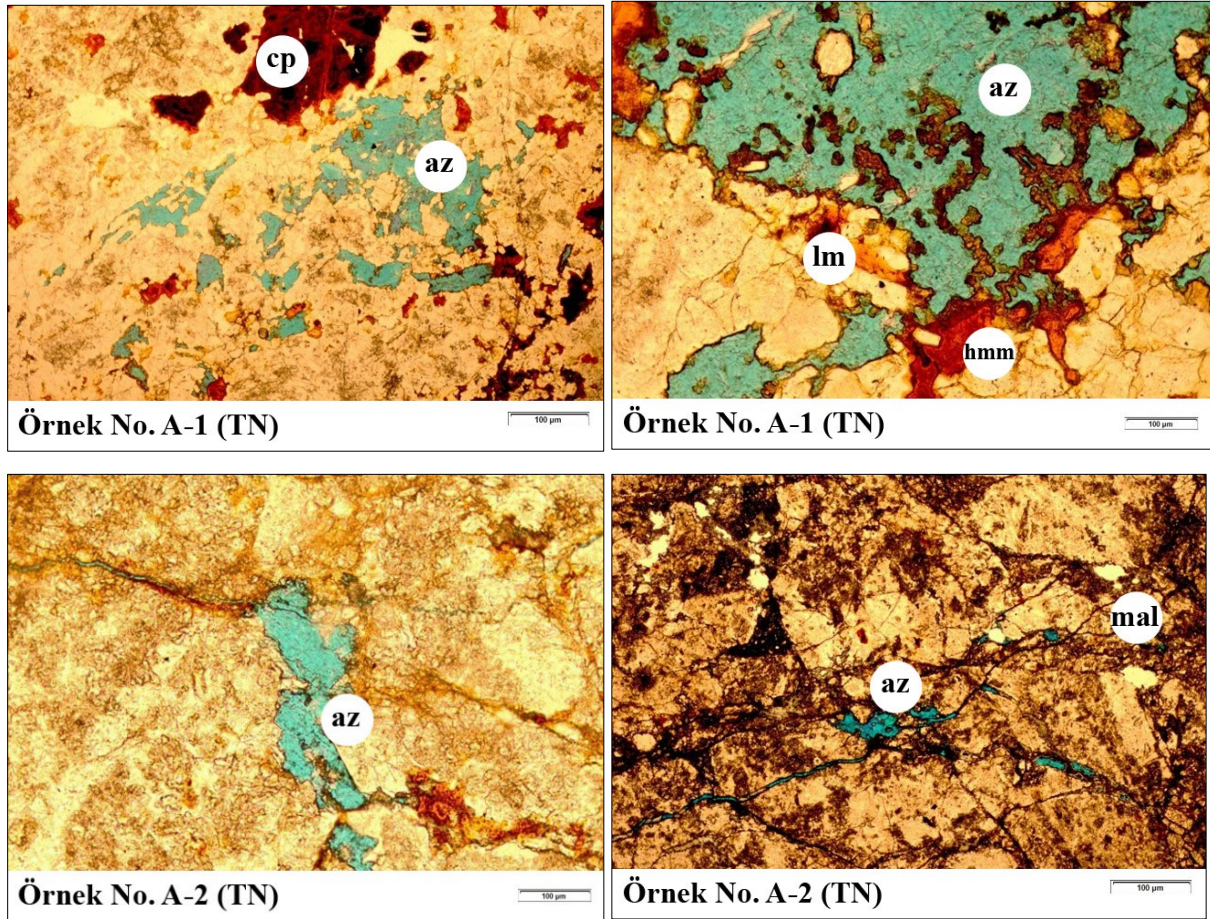
4.2. İnce Kesit Mikroskop İncelemeleri

Seçilen örneklerden dilimler alınarak gereken ölçülere getirilmiş ve uygun şekilde hazırlanarak İnce kesit yapımı için MTA Numune Birimi'ne gönderilmiştir.

Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne ait olan alttan aydınlatmalı polarize mikroskopta yapılan ince kesit incelemelerinde genel olarak kalkopiritin aşınması sonucu oluşan büyük boşlukların ve çatlakların azurit ile dolduğu tespit edilmiştir. İncelemeler de demir oksit minerallerinin azurmalahit oluşumuna katkıları ve birbirleriyle olan ilişkileri çok net bir biçimde gözlenebilmektedir. Süstaşı olarak kullanılmak amaçlı alınan örneklerinin hemen hemen hepsinde kalkopirit, limonit, hemetit, azurit ve malahit minerallerine rastlanırken yan kayaç da ise piroksen, plajiyoklas, epidot minerallerini varlığı tespit edilmiştir.

Azurit yoğunluğu fazla olduğundan A-1 (Şekil 4.5) olarak kodlanan ince kesitte gözlenen öz şekilsiz ve koyu kahverengi olan yapılar kalkopirit olarak tanımlanmıştır. A-1 ince kesit örneğinde görüldüğü gibi kalkopiritler; tek nikol de soluk sarı renkte olup, zayıf anizotropi gösterirken iç yansıma göstermezler. Alttan aydınlatmalı polarize mikroskopta yapılan incelemeler de A-1 ince kesit örneğindeki kalkopirit yapılarının tektonizma etkisiyle çatlaklı bir yapı sunduğu ve bu çatlaklı yapı da çökelme yoluyla mineral oluşumlarının meydana geldiği gözlenmiştir. Aynı zaman da A-1 ve A-2 örneklerinde mavi rengi ile belirgin bir şekilde gözlenebilen azuritin psödomorfu olan yeşil renkli malahit oluşumları da mevcuttur.

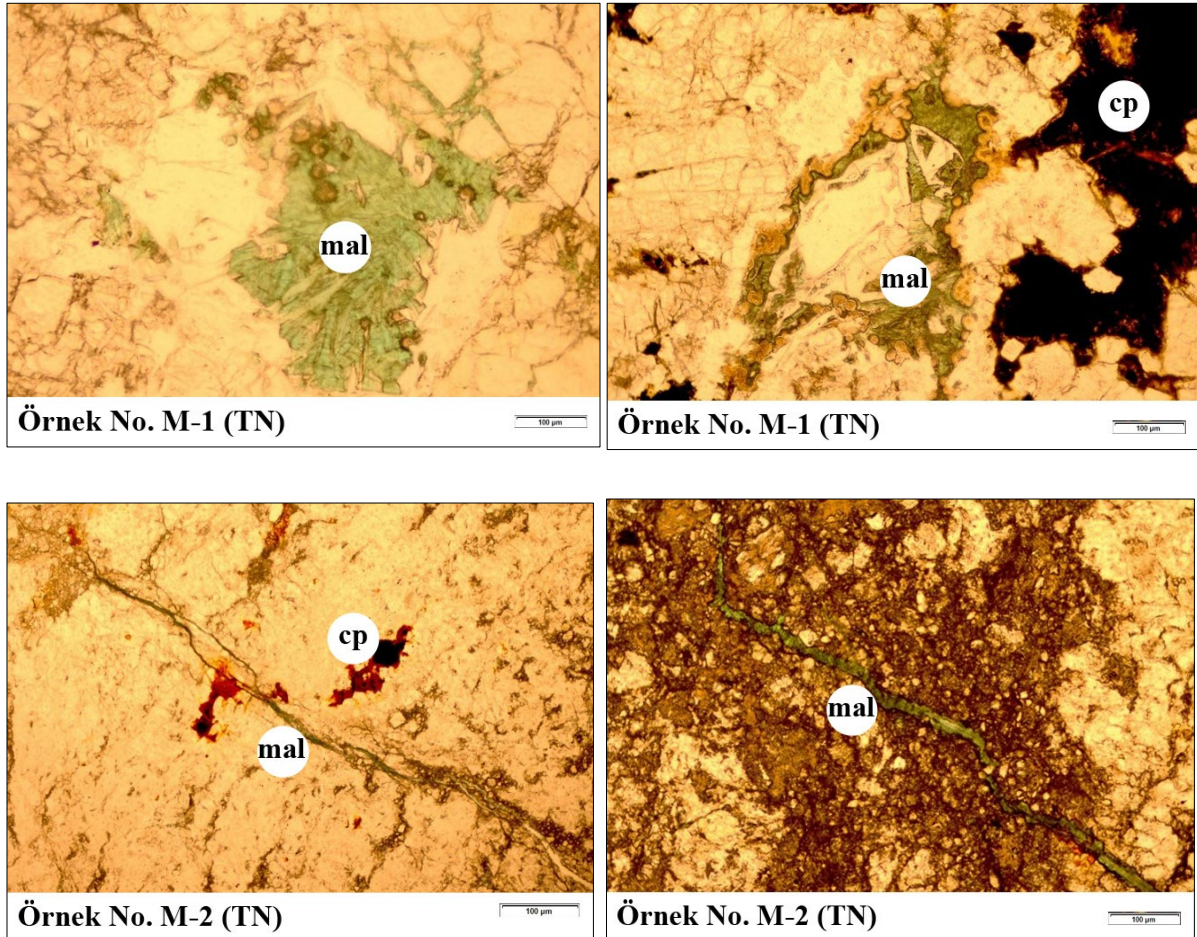
İnce kesitler de özellikle A-2 (Şekil 4.5) koldu örnekteki görüntülerde azurit mineralinin çatlak ve boşluklara nüfuz ederek nasıl varlık gösterdiği daha net bir biçimde görülmektedir. A-1 ince kesitinin bu görüntüsünde; mavi rengiyle oldukça belirgin olarak görülebilen azurit minerali, kalkopiritin aşınmaya uğrayan kenarlarından itibaren oluşum göstermektedir. Azurit ve malahitin çatlakları doldurmasından dolayı ince kesitlerde görüldüğü gibi kalkopiriti yemiş olduğu izlenmektedir.



Şekil 4.5. A-1 ve A-2 Kodlu, kalkopirit ve azurit bakımından zengin olan ince kesit örnekleri
cp: Kalkopirit, az: Azurit, lm: Limonit, hmm: Hematit, mal: Malahit (Mineral kısaltmaları
<https://www.unige.ch/> adresinden alınmıştır).

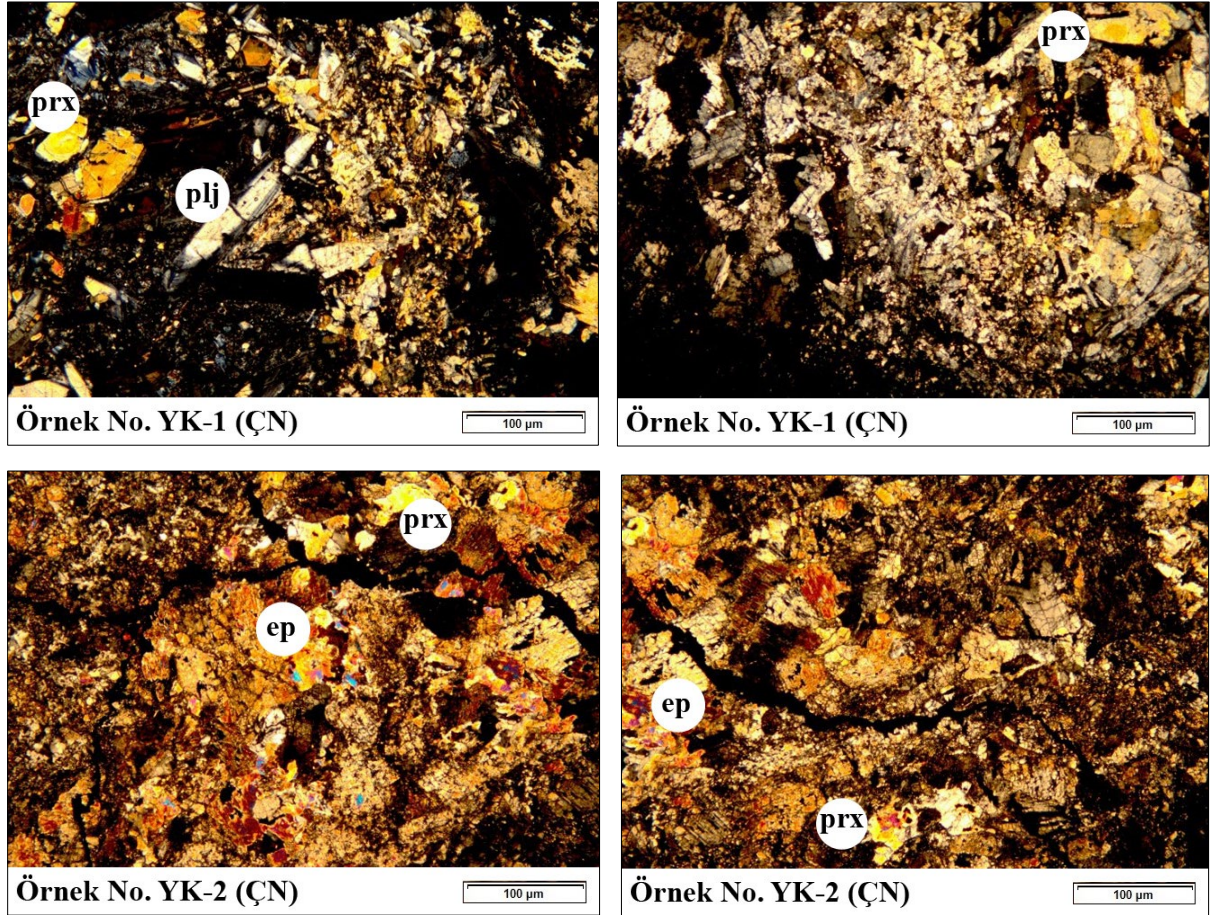
M-1 (Şekil 4.6) olarak kodlanan ince kesit hazırlanırken malahit oluşumunun net gözlemlenebilmesi adına malahit yoğunluğu fazla olan örnek seçilmiştir. M-1 ince kesiti incelendiğinde; bakır karbonat minerali azurit ve malahitin yanında çökelme ile oluşmuş demir oksit mineralleri limonit ve hematit gözlenmiştir. Demir oksit minerallerinin dönüşümü sonucu oluşan yeşil renkli mineral malahit olarak tanımlanmıştır. Ayrıca açık kahverengi olan mineraller limonit ve koyu kahverengi olanlar hematit olarak tanımlanmıştır. Kalkopirit minerali kenarları boyunca bozulmaya uğrayan ikincil olarak oluşmuş demir oksit mineralleri (limonit ve hematit) ve malahit mineralinin oluşum ilişkileri bu kesitte çok iyi gözlenebilmektedir. Çubuksu doku gösteren malahitin, kalkopiritin aşınması sonucu meydana gelen boşluklara ışınsal olarak yerleştiği ve oldukça geniş ölçülü bir alan da tek başına oluşum gösterdiği gözlenmiştir.

M-2 (Şekil 4.6) kodlu ince kesit görüntülerine farklı büyütme kullanılarak bakıldığında; tıpkı A-1, A-2 ve M-1 ince kesitlerinde olduğu gibi malahit mineralinin yine çökelme yoluyla boşlukları doldurarak oluşum gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.6. M-1 ve M-2 Kodlu, malahit bakımından zengin olan ince kesit örnekleri cp:Kalkopirit, mal: Malahit, lm: Limonit, hmm: Hematit.

Gabro olarak tanımlanmış yan kayaç örneklerinde YK-1 ve YK-2 (Şekil 4.7) ince kesit plajiyoklaz ile klinopiroksen minerallerinden oluşmakta ve taneli bir doku sunmaktadır. Diğer ince kesitler olan A-1, A-2, M-1 ve M-2'ye oranla YK-1 ve YK-2 alterasyondan daha çok etkilenmiş olarak gözlemlenmiştir. Alttan aydınlatmalı polarize mikroskopta yapılan incelemeler de piroksenler amfibollere dönüşürken deformasyon etkisi ile minerallerde yönelme gözlenmiştir. Opaklaşma oldukça fazla olup, yan kayaç içerisinde ayrıca epidotlaşma ve kloritleşme de tanımlanmıştır.



Şekil 4.7. YK-1 ve YK-2 Kodlu, yan kayaç ince kesit örnekleri prx: Piroksen, plj: Plajiyoklaz, ep: epidot.

4.3. X-Işınları Difraksiyon Analizi (XRD) Sonuçları

Mineral yoğunluğuna göre seçilen ve azurit ağırlıklı olanları A-1, malahit ağırlıklı olanlar M-1 ve yan kayaç olanlar da YK-1 şeklinde kodlanan numunelerin MTA'da yaptırılan XRD difraktogramlarından elde edilen veriler, yüksek sayım değerlerinden düşük sayım değerlerine göre sıralanmıştır. Bu mineral sıralaması kesin nicel bir değer ifade etmemektedir. A-1, M-1 ve YK-1 örneklerinin MTA'da yapılan XRD analiz sonuçlarına göre; A-1'de kalkopirit, prehnit, granat ve epidot mineralleri tespit edilirken, M-1'de epidot, prehnit, kalkopirit, granat, plajiyoklaz ve kalsit mineralleri

tespit edilmiştir. YK-1’de ise amfibol, epidot, proksen, kil ve zeolit mineralleri tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. A-1, M-1 ve YK-1 kodlu örneklerin MTA Numune Biriminde yapılan analizler için halkalı öğütücüde öğütülmek üzere seçilen numune dilimleri ve A-1, M-1 ve YK-1 kodlu örneklerin XRD verileri sonucu tespit edilen mineraller.

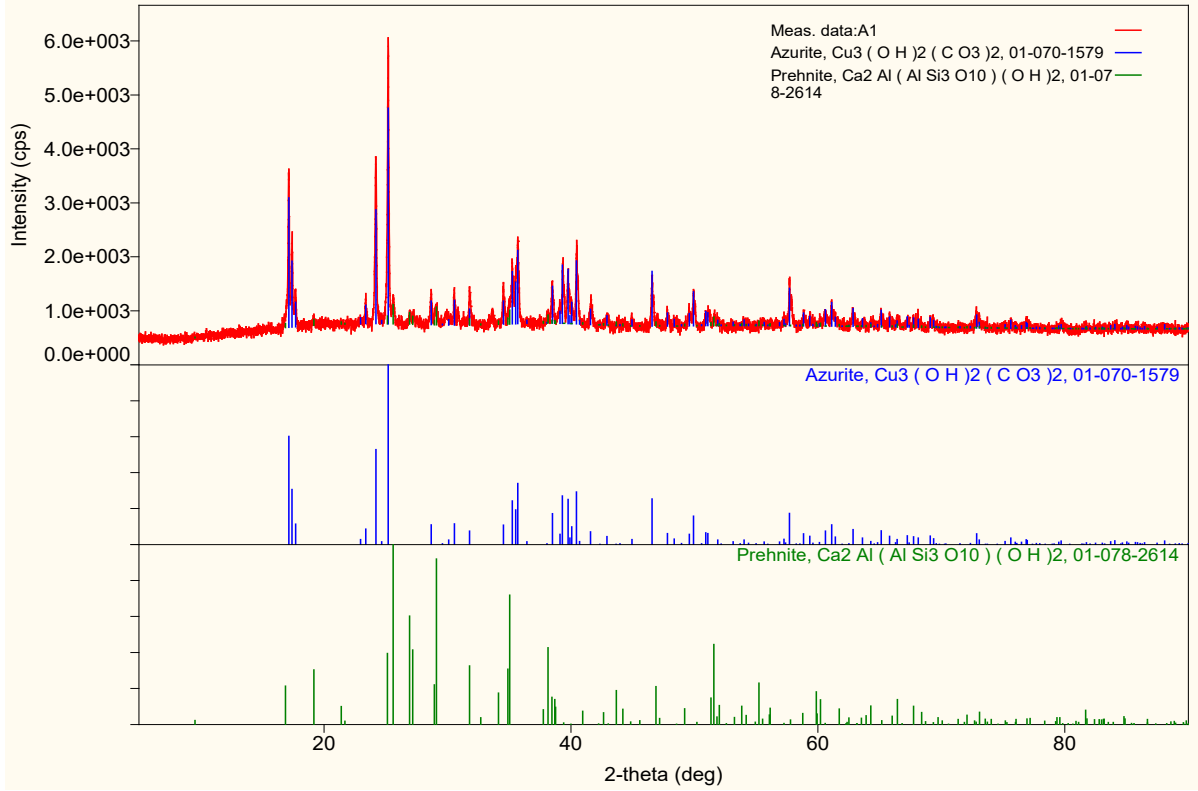
Örnek Kodu	Örneğinin Elde Edildiği Dilim	XRD verileri sonucu tespit edilen mineraller
A-1		Kalkopirit, Prehnit, Granat Epidot
M-1		Epidot Prehnit, Kalkopirit, Granat Plajiyoklas, Kalsit
YK-1		Amfibol Epidot Proksen Kil Zeolit (Laumontit)

MTA’da yapılan XRD’den farklı olarak Mersin Üniversitesi’nde yapılan XRD için pik tanımlaması yapılması istenmiştir. Böylelikle net bir veri elde edilerek tanımlamanın daha doğru yapılması planlanmıştır. Elde edilen XRD raporuna göre; A-1 toz numunesinde, Azurit, prehnit ve hidrojen karbon oksit tespit edilirken, M-1 numunesinde, Brokantit ve malahit tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

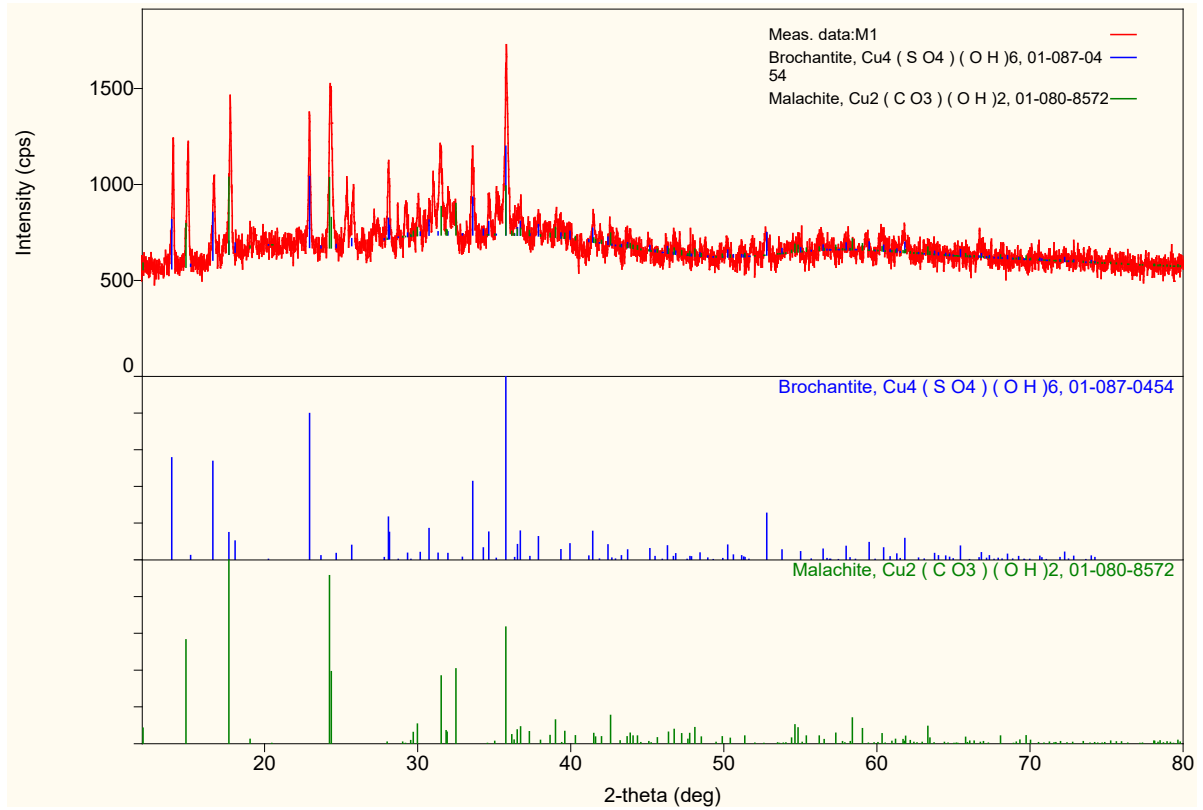
MTA'ya XRD için gönderilen örnekler tablo 4.1'de görüldüğü üzere azurit ve malahit ağırlıklı kayaç örneklerinden seçilmiş olmasına rağmen analiz sonucunda azurit ve malahit mineralleri tespit edilememiştir. Bunun temel sebebi; analizde kullanılan toz numunenin XRD cihazının kütüphanesindeki azurit ve malahit pikleri ile örtüşecek miktarda olmadığı şeklinde yorumlanmıştır. Bu nedenle tablo 4.2'deki gibi sadece yontu yoluyla elde edilen örnek numuneleri üzerinde Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yapılan XRD analizi sonucunda; cihazın kütüphanesi ile örtüşen A-1 numunesinde mavi renkle gösterilen pikler azurit ve yeşil renkli pikler prehnit mineralini göstermektedir (Şekil 4.8). M-1 numunesi sonuçlarında ise mavi renk ile gösterilen pikler Brokantit, yeşil renk ile gösterilen pikler malahiti tanımlamaktadır (Şekil 4.9). Mersin Üniversitesi'nde yapılan XRD ile elde edilen pik tanımlamaları cihaz kütüphanesindeki azurit ve malahit değerleri ile örtüşmüş ve analizi yapılan numunenin tanımlanması kolaylaştırmıştır. Analiz için kullanılan numune tozunun yontu ile elde edilmesi tanımlaması yapılmak istenen mineral odaklı olduğundan daha net bir sonuç vermiştir. Yan kayaç için pik tanımlaması istenmemiş ve MTA'da yaptırılan amfibol, epidot, prokren, kil ve zeolit minerallerinin tespit edildiği pik grafiği yeterli görülmüştür (Şekil 4.10).

Tablo 4.2. Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yapılan XRD analizi için yontma işlemiyle toz numune elde edilen örnekler ve A-1, M-1 kodlu örneklerin XRD verileri sonucu tespit edilen mineraller.

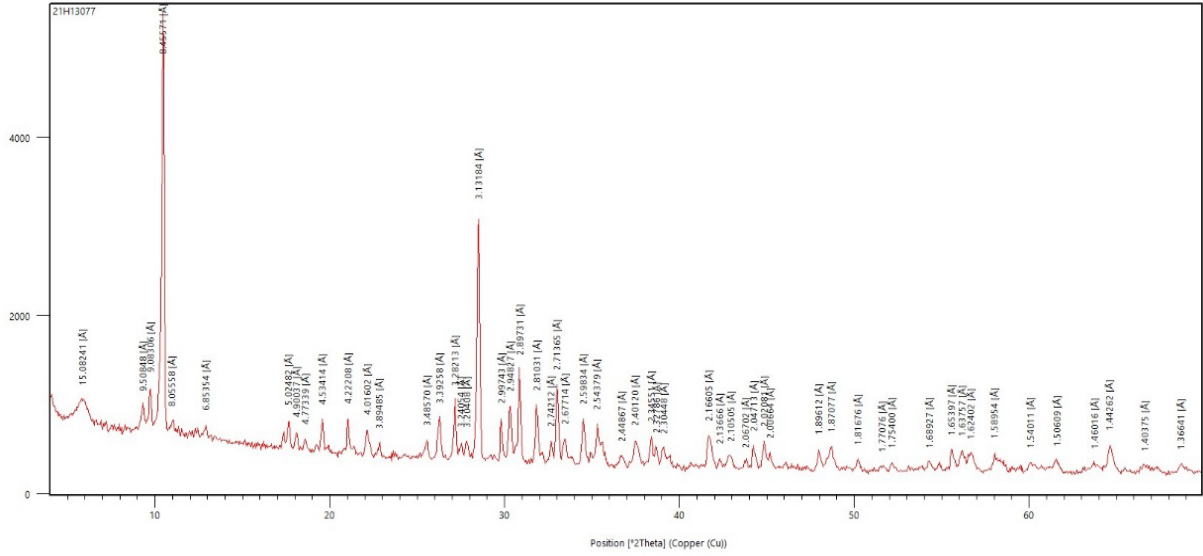
Örnek Kodu	Örneğinin Elde Edildiği Dilim	XRD verileri sonucu tespit edilen mineraller
A-1		Azurit, Prehnit
M-1		Brokantit malahit



Şekil 4.8. A-1 Kodlu örneğin XRD pikleri.



Şekil 4.9. M-1 Kodlu örneğin XRD pikleri.



Şekil 4.10. YK-1 Kodlu örneğin XRD pikleri.

4.4. X-Işın Floresans Spektroskopisi Analizi (XRF) Sonuçları

Azurit ve malahit yoğunluklarına göre; azurit ağırlıklı olanlar A-1, malahit ağırlıklı olanlar M-1 ve yan kayaç olanlar da YK-1 şeklinde kodlanan numunelerin, Tablo 4.3’de görüldüğü gibi ana oksit değerlerinin belirlendiği XRF sonuçlarına göre; diğer değerlerden daha fazla miktarda gözlemlenen silisyum oksit (SiO_2) değerleri A-1 numunesinde 31.3 ve M-1 numunesinde 45.6 arasında, alüminyum oksit (Al_2O_3) değerleri A-1 numunesinde 15.7 ve M-1 numunesinde 11.7 arasında, demir oksit (Fe_2O_3) değerleri de A-1 numunesinde 13.4 ve M-1 numunesinde 8.3 arasında, magnezyum oksit (MgO) değerleri A-1 numunesinde 2.0 ve M-1 numunesinde 11.0 arasında kalsiyum oksit (CaO) değerleri ise A-1 numunesinde 19.3 ve M-1 numunesinde 19.2 arasında değişmektedir. A1 ve M1 örneklerinde bakır ve sülfür miktarları YK-1’e göre artış göstermektedir.

4.5. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi Analizi (ICP-MS) Sonuçları

Diğer analizlerde olduğu gibi azurit ağırlıklı olanlar A-1, malahit ağırlıklı olanlar M-1 ve yan kayaç olanlar da YK-1 şeklinde kodlanan numunelerin, Tablo 4.4’de görüldüğü üzere iz element değerlerinin belirlendiği ICP-MS analizi sonuçlarına göre; vanadyum (V), krom (Cr), stronsiyum (Sr), kobalt (Co) ve nikel (Ni) değerleri A-1 ile M-1 örneklerinde kıyasla YK-1’de yüksek çıkmıştır. Vanadyum A-1 ve M-1’de 149.9 ile 157.7 ppm arasında iken YK-1’de 149.5 ppm, krom A-1 ve M-1’de 120.6 ile 174.0 ppm arasında değer gösterirken YK-1’de 210.6 ppm’e yükselmiştir. Stronsiyum da A-1 ve M-1’de 91.2 ile 271.6 ppm arasında iken YK-1’de 257.5 ppm değer vermiştir. Kobalt A-1 ve M-1’de 16.8 ile 9.1 ppm çıkan değerler YK-1’de artış göstermiş ve 33.7 ppm’e çıkmıştır. Nikel değerlerinde A-1, M-1 ile YK-1 örnekleri arasında oldukça fazla fark görülmektedir. A-1 ve M-1’de 28.2 ile 11.8 ppm

olan nikel YK-1'de 80.0 ppm'e çıkmıştır. Bakır (Cu) ise A-1 ve M-1'de 50000 ppm'den fazla iken YK-1'de 2797.9 ppm değer vermiştir.

Tablo 4.3. X-Işım Floresans Spektroskopisi Analizi (XRF) sonuçları.

ÖRNEK İŞARETİ	A-1	M-1	YK-1
SiO₂ (%)	31.3	31.6	45.6
TiO₂ (%)	0.1	0.1	0.3
Al₂O₃ (%)	15.7	19.2	11.7
Fe₂O₃ (%)	13.4	8.8	8.3
MnO (%)	0.1	0.1	0.3
MgO (%)	2.0	1.6	11.0
CaO (%)	19.3	20.8	19.2
Cu (%)	7.09	9.19	-
CuO (%)	-	-	0.44
A.Za (%)	6.90	5.25	2.60
Cr₂O₃ (%)	0.02	0.03	0.04
SrO (%)	0.01	0.03	0.03
Na₂O (%)	<0.1	<0.1	0.2
K₂O (%)	<0.1	<0.1	0.1
S (%)	3.94	3.15	0.07
V₂O₅ (%)	0.02	0.02	0.04
Bi₂O₃ (%)	<0.01	<0.01	<0.01
CdO (%)	<0.01	<0.01	<0.01
Co₃O₄ (%)	0.01	<0.01	0.01
F (%)	<0.01	<0.01	<0.01
NiO (%)	<0.01	<0.01	0.02
PbO (%)	<0.01	<0.01	<0.01
Rb₂O (%)	<0.01	<0.01	<0.01
SnO₂ (%)	<0.01	<0.01	<0.01
Y₂O₃ (%)	<0.01	<0.01	<0.01
ZnO (%)	<0.01	<0.01	0.01
ZrO₂ (%)	<0.01	<0.01	<0.01
SO₃ (%)	-	-	-

Tablo 4.4. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi Analizi (ICP-MS) sonuçları.

ÖRNEK İŞARETİ	A1	M1	YK1
As (ppm)	5.6	4.7	4.0
Be (ppm)	1.1	1.1	1.1
Bi (ppm)	1.8	1.7	1.7
Cd (ppm)	1.2	1.7	1.0
Co (ppm)	16.8	9.1	33.7
Cu (ppm)	>50000	>50000	2797.9
Ga (ppm)	17.5	16.4	12.2
Ge (ppm)	1.7	1.3	1.2
Hf (ppm)	3.3	3.0	2.9
In (ppm)	<0.1	<0.1	<0.1
Mo (ppm)	3.3	5.9	4.2
Ni (ppm)	28.2	11.8	80.0
Sb (ppm)	0.7	0.7	0.7
Tl (ppm)	2.2	1.9	1.5
V (ppm)	149.9	157.7	196.5
Ba (ppm)	6.7	7.6	6.1
Cr (ppm)	120.6	174.0	210.6
Cs (ppm)	0.7	0.7	0.7
Nb (ppm)	1.7	1.5	1.4
Pb (ppm)	2.4	2.6	1.4
Rb (ppm)	1.7	1.5	1.9
Sr (ppm)	91.2	271.6	257.5
Ta (ppm)	0.5	0.4	0.3
Zr (ppm)	3.5	3.4	4.6

4.6. Gemolojik (Süstaşı) Çalışmalar

Süstaşı çalışmaları için öncelikle el örnekleri boyutlarına ve renklerine göre gruplandırılmıştır. Bazı büyük örnekler Mersin Üniversitesi Takı Teknolojisi ve Tasarımı Gemoloji laboratuvarına ait olan yağlı kesim makinesinde kesilmiş ve dilimlenmiştir. Ardından küçük olan gruplardan başlayarak yine Mersin Üniversitesi Takı Teknolojisi ve Tasarımı Gemoloji laboratuvarına ait sulu kesim yapan Esadulus Lapidary Machine de dilimler alınarak, şekillendirme için hazırlık yapılmıştır. Büyük boyutlu

olan el örnekleri ise yine Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Fakültesi'ne ait sulu kesim yapan makine de dilimlenmiştir. Alınan bu dilimler de azurmalahit mineralinin kesilen örneklerin içerisinde ne kadar nüfuz ettiği dikkate alınarak, renklerine göre tekrar gruplandırılmıştır. Azurmalahitlerin yapısal özellikleri ve yoğunlukları göz önünde bulundurularak dilimler üzerinde süstaşı formları işaretlenmiştir. Bu formlar çerçevesinde azurmalahit dilimleri, şekillendirmenin kolay olması için daha küçük boyutlara getirilmiştir. Ortaya çıkarılan farklı boy ve şekildeki süstaşı formları doplanarak Esadulus Lapidary Machine de önceden belirlenen formlara göre kaboşon, asimetric, düz yüzeyli veya fasetli olarak şekillendirilmiştir. Şekillendirme sonrası her bir süstaşı sırasıyla 100,200,300,400,600,800,1000,1200 ve 1500 aşındırıcı zımparalar kullanılarak zımparalanmıştır. Her bir süstaşı formu için aynı aşındırma sıralaması ve her bir aşındırıcı zımpara numarası ortalama 20-25 dakika uygulanmıştır. Gerekli durumlarda bazı örnekler elde zımparalanmıştır. Zımparalama işlemi sonrası nihai şeklini alan azurmalahit süstaşları, 3,5-4 sertliğinde olduğundan oldukça yumuşak olması ve içerisinde bulunan kalkopiritin daha kolay aşınmasından dolayı formlarının bozulmaması için cilalamaya gerek duyulmamıştır. Yapılan bazı şekillendirmelerde küçük ya da ince süstaşı formları çalışılırken, kalkopiritin bulunduğu noktalardan kırılabildiği için şablon yerine amorf formlar tercih edilmiştir. Yine aynı sebepten bazı formlarda dilim şeklinde olan azurmalahitlerin sadece çerçeve şekli verilmiş ve düz yüzeyleri süstaşı formu olarak kullanılmıştır. Fakat bazı örneklerde de azurmalahitin geçişlerinin zarıflığını bozmamak ve doğal görünümünü korumak adına dilimli düz yüzeyli süstaşları işlenmiştir. Onlarca dilimin alındığı şekillendirme işlemlerinde yaklaşık elli adet süstaşı çalışılmıştır.



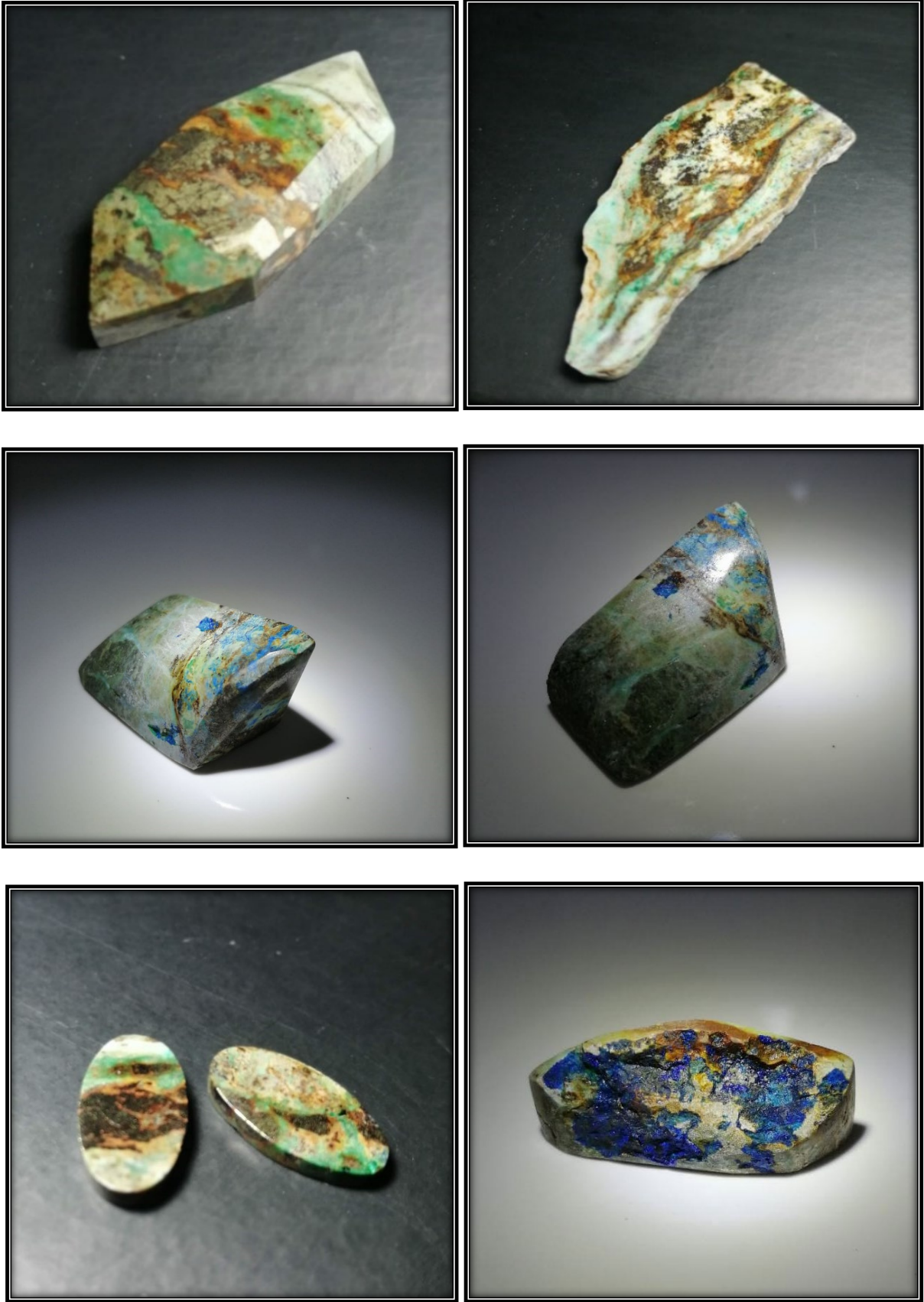
Şekil 4.11. Esadulus Lapidary Machine de dilim alma, aşındırma ve şekillendirme çalışmaları.



Şekil 4.12. Süstaşı şekillendirme çalışmaları.



Şekil 4.13. Süstaşı şekillendirme sonrası zımpara çalışmaları.



Şekil 4.14. Nihai şeklini almış ve bütün aşamaları bitmiş süstaşı örnekleri.



Şekil 4.15. Nihai şeklini almış ve bütün aşamaları bitmiş süstaşı örnekleri.

4.7. Takı Çalışmaları

Şekillendirme sonrası son halini alan azurmalahit süstaşlarının her biri için tasarım çalışmaları yapılmıştır. Tasarı olarak hazırlanan taslaklar bilgisayar ortamında çizilerek tasarımları tamamlanmış ve takıya dönüştürmek için Mersin Üniversitesi TBMYO Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Bölümü'nün atölyesinde uygulama yapılmıştır. Her tasarım için ortalama aynı mikronlar da kullanılacak olan bakır plakalar gerekli ölçüler de hazırlanmıştır.

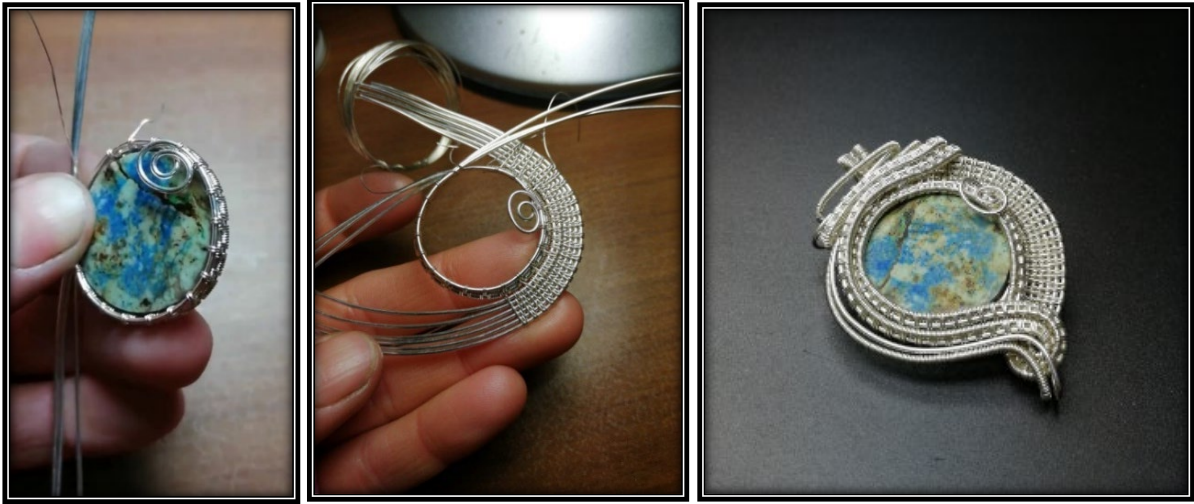
Öncelikle sadece çerçeve yapılacak olan broş ve küpenin hazırlıkları yapıp, azurmalahit süstaşlarına uygun olarak yuvaları ve kaynak işlemleri yapılmıştır. Broş için ek olarak sadece broş iğnesi

kaynak işlemi yapılmış ve broş için hazırlanan azurmalahit taş yuvasına yerleştirilip, ürün tamamlanmıştır. Küpe için kullanılan iki süstaşının ise taş yuvaları kulak anatomisine uygun şekilde tasarlanarak kaynak işlemi yapılmış ve tasarımın diğer öğeleri olan yassı teller eklenerek ürün bitirilmiştir.

Tasarımlardan biri olan kolye ucunun üst yüzeyi ve yüzük kolu için ajur çalışmaları tasarımlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ajur kısımları hazırlanan kolye ucu ve yüzük için düşünülen azurmalahit süstaşlarına uygun taş yuvaları yapılmıştır. Yuvası hazırlanan kolye ucunun üstüne gelecek olan ajur çalışması ve zincirin geçeceği aparat için taş yuvasının kaynak işlemi yapılmıştır. Kaynak işlemleri biten kolye ucunun azurmalahit süstaşı yuvasına yerleştirilmiş ve ürün tamamlanmıştır. Aynı şekilde ajurlu hazırlanan yüzük kolu, hazırlanan taş yuvasının kaynak işlemleri sonrası yüzük için kullanılacak azurmalahit süstaşı yuvasına yerleştirilmiş ve bu üründe tamamlanmıştır.

Bakır madeninden yapılan takıların bütün kaynak, temizleme ve mıhlama işlemleri bitirilip, bakır kısımları üzerine gümüş kaplama yapılmıştır.

Bir diğer tasarımı yapılan kolye ucu için atölye gerektirmeyen ve kaynak kullanılmayan özel bir örgü tekniği kullanılmıştır (Şekil 4.18). Tasarıma uygun olarak yapılan örme tekniği ile son haline gelmesi beklenmeden, taş yuvası ortaya çıktıktan sonra azurmalahit süstaşı yerine yerleştirilmiştir. Ürünün devamı süstaşı yerleşmişken devam ettirilmiş ve tasarımın diğer öğeleri örme tekniği ile oluşturulmuştur. Bu ürünün hiçbir aşamasında kaynak kullanılmamıştır. Bütün tasarım 80 ve 30 mikronluk teller üzerinde özel örme tekniği kullanılarak ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 4.16. Azurmalahit süstaşı ile kaynaksız olarak üretilen kolye ucu çalışması.



Şekil 4.17. a) ve b) Amorf kesim uygulanan azurmalahit süstaşı ile bakır üzerine gümüş kaplama yapılan kolye ucu. c) ve d) Amorf kesim uygulanan azurmalahit süstaşı ile bakır üzerine gümüş kaplama yapılan broş çalışması.



Şekil 4.18. a) ve b) Amorf kesim uygulanan azurmalahit süstaşı ile bakır üzerine gümüş kaplama yapılmış küpe. c) ve d) Prizma formda kesilen azurmalahit süstaşı ile bakır üzerine gümüş kaplama yapılmış yüzük.

5. SONUÇLAR

Mersin ili Musalı köyü Şahinpınar'ı civarında bulunan bakır cevheri azurmalahitlerin üzerinde yapılan mineralojik, petrografik ve gemolojik incelemeleri sonucunda elde edilen verilerden varılan sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- 1) Çalışma arazisindeki azurmalahitler Üst Kretase'de tektonik olarak bölgeye yerleşen Mersin ofiyoliti içerisinde yer almaktadır. Örneklerin elde edildiği bölge de boşluk ve çatlaklara çökelerek oluşan azurmalahit damarları tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinden elde edilen örneklerin boyutları 10 cm ile 30 cm arasında değişmekte olup buldukları yarıktaki yüzeye yakın oluşum göstermektedirler.
- 2) Polarizan mikroskopta yapılan ince kesit incelemelerinde; ilksel olarak oluşan kalkopiritin bozulması sonucu oluşan çatlaklar azurit ve azuritin psödomorfu olan malahit mineralleri ile dolduğu tespit edilmiştir. Gabro olarak tanımlanan yan kayaç örneklerinin ince kesit incelemelerinde ise taneli dokuya sahip olduğu ve diğer ince kesitlere oranla daha fazla alterasyon meydana geldiği tespit edilmiştir.
- 3) MTA'da yaptırılan XRD sonuçlarında; A-1, M-1 ve YK-1 numunelerinin üçünde de epidot minerali hakimdir. Azurit, prehnit ve Brokantit ve malahit minerallerinin tespit edildiği Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yapılan XRD sonuçları daha net bir sonuç vermiştir. İki XRD sonuçlarının farklı olması temel sebebi analizde kullanılan toz numunenin elde edilme şeklidir. MTA'da yaptırılan XRD'de seçilen bir örneğin diliminden elde edilen toz kullanılırken, Mersin Üniversitesi'nde yaptırılan XRD'de yontu ile mavi renge ve yeşil renge sahip minerallerin tozunun diğer mineraller hariç tutularak alınıp, kullanılmasıdır. Yontu yoluyla elde edilen XRD sonuçları, tek bir mineral tozuna ait olduğu için daha doğru bir sonuç vermiştir.
- 4) Azurmalahitler için yapılan XRF sonucunda; mavi ve yeşil yoğunluklu kayaç örneklerinde SiO₂ bakır ve sülfür miktarları yan kayaca göre daha fazladır.
- 5) İz element değerlerinin belirlendiği ICP-MS sonuçlarına göre; V, Cr, Sr, Co ve Ni değerleri mavi ve yeşil yoğunluktaki örneklere kıyasla yan kayaç numunesinde yüksek çıkmıştır. A-1 ve M-1 numunelerinde Cu değerleri YK-1 numunesinden fazla olup, 50000 ppm'den yüksek değer vermiştir.
- 6) Bu çalışma kapsamın da süstaşı olarak değerlendirilebilirliğini ortaya koymak için azurmalahitler de genel olarak kaboşon ve düz yüzeyli kesimler yapılırken, bazı örneklerin doğal formlarının korunarak şekillendirmeler yapılması tercih edilmiştir. Şekillendirmeler sırasında kalkopiritlerin alterasyonundan dolayı azurmalahite göre çok daha çabuk aşındığı bu alanlarda kırılmalara neden olduğu için aşındırma işlemleri elde yapılmış, bu sayede kopmalarda kaynaklı girinti çıkıntılarının önüne geçilerek pürüzsüz yüzeyler elde edilmiştir. Nihai

şeklini alan süstaşları, formlarına uygun olarak tasarlanmış ve bu tasarımları gerek kaynaklı gerekse kaynaksız işlemler uygulanarak takı haline getirilmiştir.

- 7) Musalı (Mersin) köyü Şahinpınarı civarındaki bakır minerali üzerinde yapılan petrografik incelemeler ve gemolojik çalışmalar sonucunda; azurmalahit olarak tespit edilen mineralin oldukça kolay şekillendirilebilir olduğu, görsel olarak cezbedici rengiyle süstaşı veya süs objesi üretimine uygun olduğu belirlenmiştir. Değerlendirildiği takdirde ülke ekonomisine katkı sağlayabileceği gibi dünyada bulunan ve çıkarılan diğer azurmalahitlerle birlikte literatürdeki yerini alabilecektir. Ayrıca bölge de bakır cevherleşmeleriyle ilgili bir çalışma yapılmamış olsa da azurmalahitlerin varlığı bölge de bakır cevherleşmelerinin olduğunu göstermektedir. Bu tezin bölgede daha önce çalışılmamış olan bakır mineralleri için yeni çalışmalara öncülük edebileceği ve ülkemizde oluşum gösteren minerallerin değerlendirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abasikeleş (1993). “Fındıkpınarı– Şahna Sinap (Mersin) Civarının Jeolojisi ve Metallojenisi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Açlan M., (1995). “Namrun’un Güneydoğusu (Mersin) Yöresinin Jeolojik ve Petrografik İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Ahmed J., Kakar M. I., Khan M. A., Ghaffar A., Abdul Naeem A., (2017) “The Classification and Distribution of Gemstones from Northern Balochistan, Pakistan” Lasbela, U. J.Sci.Techl., Vol. VI, pp.290-298.

Arzutuğ M.E., (1996). “Amonyak Gazı ile Doyurulmuş Amonyak Çözeltilerinde Malahit Cevherinin Çözünürlüğünün İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Ayduymuş T., (2018). “Karadağ (Torul, Gümüşhane) Fe-Cu Skarn Cevherleşmesinin Petrografik ve Sıvı Kapanım Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane.

Bağcı U., (1998). “Musalı (mersin) Bölgesindeki Kromit Yataklarının Minerolojisi ve Petrografisi”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin.

Beyazçiçek H., (1996). “Ayvagediği–Değirmendere–Böğrüeğri (Mersin) Yöresinin Jeolojik ve Petrografik İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

De Putter T., Mees F., Decrée S., Dewaele S., (2010). “Malachite, An Indicator Of Major Pliocene Cu Remobilization In A Karstic Environment (Katanga, Democratic Republic Of Congo)”, Ore Geology Reviews Volume 38, Issues 1–2, pp 90-100.

Ekingen S., (2003). “Çamlıyayla (Mersin) Yöresinin Tektonostratigrafik Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin.

Ishimaru S., (2018). “Decoding of Mantle Processes in The Mersin Ophiolite, Turkey, of End-Member Arc Type: Location of The Boninite Magma Generation, Minerals”, Cilt 8, Sayı 10.

Işık V., (2016). “Toroslarm Jeolojisi; Türkiye Jeolojisi Ders Notu”, Ankara Üniversitesi, Ankara.

İşler F., (1989). “Fındıkpınarı ve Yöresi (Mersin) Ofiyolitlerinin Jeolojisi ve Petroğrafisi”, Çukurova Üniversitesi, Müh. Fak. Der. Seri, A Yer Bilimleri, c.6-7, s 1-2.

Juteau T., (1980). “Ophiolities of Turkey. Ofiyoliti”, Special Issue, 2. 197-237.

Kaydu Akbudak İ., Başbüyük Z., Gürbüz M., (2021). “Silicified Woods Consist with Malachite, Azurite, and Hematite in the Middle Eocene Çekerek Formation, Tokat-Turkey”, Lithology And Mineral Resources, 56, 548-558.

Koptagel O., ve Efe A., (1997). “Avcıpınarı (Yıldızeli-Sivas) Sülfid Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Kökeni”, Türkiye Jeoloji Bülteni, C.40, Sayı 1,37-48.

Moix P., Beccaletto L., Masset O., Kozur H.W., Dumitrika P., Vacard D., Martini R., Stampfli G., (2011). “Geology and Correlation of The Mersin Mélanges, Southern Turkey Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)”, Vol. 20, pp. 57–98.

Nazlıcan H., (2011). “Musalı – Evrenli (Mersin) Yöresinin Jeolojik ve Petrografik İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Ovalıoğlu R., (1974). “Türkiye Bakır Yataklarının Jenetik Tipleri, Rezerv Durumu, Aramalar İçin Önemli Olan Kayaç ve Bölgeleri”, Scientific Mining Journal, 13 (2), 143-152.

Öksüz N., Koçak İ., Kemaldar O.İ., “Ore Microscopic Characteristics of Kahyaköy (Yerköy-Yozgat) Polymetal Mineralization: TURKEY”, Elec Lett Sci Eng, Vol. 17(2), (2021), 151-164.

Örü Cansu Z., (2011). “Çavdır (Burdur) Kuzeydoğusundaki Alterasyonla İlişkili Bakırlı Cevher Minerallerinin Oluşumu”, Yüksek lisan Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Özgül N., (1976). “Torosların Bazı Temel Jeolojik Özellikleri”, T.J.K. Bül., 19: 65-78.

Öztürk S.E., (2015). “Mersin Ofiyolitine Ait Magmatik ve Metamorfik Kayaçların U-Pb Yöntemi ile Yaşlandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Pampal L.S., (1984). “Aslanköy-Tepeköy (Mersin) Yöresinin Jeolojisi”, S.İ. Fen-Edebiyat Fak. En. Der. Sayı13 Sayfa 85. Konya.

Parlak O., ve Delaloye M., (1996). “Geochemistry and Timing of Post-Metamorphic Dyke Emplacement in The Mersin Ophiolite (Southern Turkey): New Age Constraints From Ar-40/Ar-39 Geochronology”, TERRA NOVA, vol.8, pp.585-592.

Parlak O., Delaloye M., Bingol E., (1997). “Phase and Cryptic Variation Through The Ultramafic-Mafic Cumulates in The Mersin Ophiolite (Southern Turkey)”, OFIOLITI, vol.22, pp.81-92.

Parlak O., Delaloye M., (1999). “Precise Ar-40/Ar-39 Ages From The Metamorphic Sole of The Mersin Ophiolite (Southern Turkey)”, TECTONOPHYSICS, vol.301, pp.145-158.

Şahin M., (1997). “Arslanköy-Aşağı Yavça (Mersin) Yöresinin Jeolojik ve Petrografik İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Şengör A.M.C., ve Yılmaz Y., (1981). “Tethyan Evolution of Turkey, A Plate Tectonic Approach”, Tectonophysics, 75: 81–241.

Taga H., Güler C., Çakan H., (2015), “Açık Ocak İşletmesi Şeklinde Yürütülen Krom Madenciliği ve Kütle Hareketleri Arasındaki İlişkinin Araştırılması: Musalı (Mersin) Örneği”, MÜHİEO’2015: Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon 114-121.

Teğin İ., (2007), “Hatay Yöresinde Bulunan Altın İçerikli Bakır Cevherinin Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.

Yıldırım N., Eroğlu M., (2015). “Maden Karmaşığına Ait Dasitik Kayaçlarla İlişkili Hidrotermal Tip Bakır Cevherleşmelerine Güneydoğu Anadoludan Bir Örnek (Yukarı Şeyhler, Diyarbakır)”, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, Sayı:19, Sayfa 31.

<https://www.gemdat.org/gem-447.html> , [Erişim Tarihi: 08.12.2021]

<https://geology.com/minerals/azurite.shtml#:~:text=The%20most%20diagnostic%20property%20of,for%20a%20non%20metallic%20mineral.>, [Erişim Tarihi: 08.12.2021]

<https://geologyscience.com/minerals/azurite/> , [Erişim Tarihi: 14.11.2022]

<https://geologyscience.com/minerals/malachite/> , [Erişim Tarihi: 14.11.2022]

<https://www.gemdat.org/gem-447.html> , [Erişim Tarihi: 18.01.2021]

<https://www.gemdat.org/gem-2550.html> , [Erişim Tarihi: 18.01.2021]

<https://geology.com/minerals/azurite.shtml#:~:text=The%20most%20diagnostic%20property%20of,for%20a%20non%2Dmetallic%20mineral.> , [Erişim Tarihi: 18.01.2021]

<https://geology.com/minerals/malachite.shtml> , [Erişim Tarihi: 18.01.2021]

<https://geologyscience.com/minerals/azurite/> , [Erişim Tarihi: 14.11.2022]

<https://geologyscience.com/minerals/malachite/> , [Erişim Tarihi: 14.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-447.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-2550.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-447.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://educalingo.com/tr/dic-en/botryoidal> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://en.wikipedia.org/wiki/Botryoidal> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-447.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-447.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-2550.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-2550.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-447.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-447.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-2550.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-2550.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-447.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://www.mindat.org/min-447.html> , [Erişim Tarihi: 22.11.2022]

<https://arum.ogu.edu.tr/Sayfa/Index/19/x-isininlari-xrd-ve-xrf-analiz-birimi> , [Erişim Tarihi: 15.06.2022]

<https://arum.ogu.edu.tr/Sayfa/Index/69/induktif-eslesmis-plazma-kutle-spektroskopisi-icp-ms> , [Erişim Tarihi: 15.06.2022]

<http://yebim.ankara.edu.tr/2013/04/25/x-isininlari-difraksiyonu-xrd/> , [Erişim Tarihi: 15.06.2022]

https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_a/advanced/ta_1_4.html , [Erişim Tarihi: 15.06.2022]

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Betül DEMİR

Doğum Tarihi : 07.08.1989

E-mail : betul-dmr89@hotmail.com

Öğrenim Durumu : Yüksek Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Takı Teknolojisi ve Tasarımı Yüksekokulu	Mersin Üniversitesi	2014
Yüksek Lisans	Fen Bilimleri Enstitüsü Gemoloji Anabilim Dalı	Mersin Üniversitesi	2023
Doktora			

Görevler :

Görev Ünvanı	Görev Yeri	Yıl
Usta Öğretici	Akdeniz Halk Eğitimi Merkezi / Yenişehir Halk Eğitimi Merkezi	2016-2020

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. Demir, B., Gürbüz, M., (2022). “Mersin-Musalı Bölgesindeki Azurmalahit Oluşumunun Mineralojik, Kimyasal ve Gemolojik İncelenmesi”. 74. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2022-04-11, 2022-04-15, Ankara, Türkiye,
2. Demir, B., Gürbüz, M., (2022). “Doğal Elmas ve Taklitleri Arasındaki Farklar”, 74. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2022-04-11, 2022-04-15, Ankara, Türkiye.
3. Akdoğan Aktuğ, G., Demir, B., (2022). “İncinin Değerini Belirleyen Faktörler”, 74. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2022-04-11, 2022-04-15, Ankara, Türkiye.