



## Musalı (Mersin–Türkiye) Malahit - Azurit Oluşumlarının Mineralojik ve Gemolojik Özellikleri

*Mineralogical and Gemological Characteristics of Musalı (Mersin –Turkey) Malahite - Azurite Formations*

MELTEM GÜRBÜZ<sup>1</sup> Orcid: 0000-0003-2501-0697

BETÜL DEMİR<sup>2</sup> Orcid: 0000-0003-0174-467X

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Takı Teknolojisi ve Tasarımı Y.O. Çiftlikköy Kampüs, 33343, Yenişehir-MERSİN

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çiftlikköy Kampüs, 33343, Yenişehir-MERSİN

Geliş (received):15.11.2023

Kabul (Accepted): 20/12/2023

### ÖZ

Malahit  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  ve azurit ( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ) mineralleri Mersin iline bağlı Musalı köyü civarında Üst Kretase’de tektonik olarak bölgeye yerleşen Mersin ofiyoliti içerisinde gözlemlenmiştir. Altere olmuş gabro yan kayacının çatlak ve gözenek boşluklarında mavi ve yeşil renkli azurmalahitler, damarlar halinde bulunmaktadır. Plajiyoklaz ile klinopiroksen minerallerinden oluşan ve taneli bir doku sunan gabro türü yan kayaç örneğinin ince kesit incelemelerinde piroksenlerin amfibollere dönüştüğü, opaklaşmanın yoğun olduğu ve epidotlaşma – kloritleşmeler türü bozunmaların varlığı tespit edilmiştir. X Işınları Kırınım (XRD) analiz sonuçlarına göre alınan örneklerde pirit, kalkopirit, azurit, malahit, piroksen ve amfibol minerallerine rastlanmıştır. X-Işını Floresansı (XRF) analizlerinde  $\text{SiO}_2$  miktarının azurit ve malahit yoğunluklu örneklerde %31 civarında olduğu gözlemlenirken,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  miktarının %15.7-%19.2, CaO miktarının %19.3-%20.8,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  miktarın %13.4-%8.8, Cu miktarının %7.09-%9.19, S miktarının %3.94-%3.15 değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. ICP-MS sonuçlarına göre Cu miktarının 50000 ppm’in üzerinde olduğu saptanırken, V, Cr, Sr, Ni, Co’ın ppm miktarının diğer elementlere göre daha yüksek değerde olduğu gözlemlenmiştir. Azurmalahitlerin gemolojik açıdan değerlendirilebilirliğini ölçmek için dilimler alınarak çok sayıda geometrik ve serbest formlar verilerek, düz ya da kabaşon şekillendirmeler yapılmıştır. Mersin-Musalı’da bulunan mavi yeşil renkli minerallerin mineralojik incelemeler neticesinde azurmalahit olduğu ve görsel olarak cezbedici rengiyle süs taşı veya süs objesi üretimine uygun olduğu belirlenmiş, şekillendirilen örnekler metalle birleştirilerek takı uygulamaları yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Azurit, azurmalahit, bakır karbonat, malahit, süs taşı, Mersin.

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Takı Teknolojisi ve Tasarımı Y.O. Çiftlikköy Kampüsü, 33343, Yenişehir-MERSİN

## **ABSTRACT**

*Malachite  $Cu_2(CO_3)(OH)_2$  and azurite  $(Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$  minerals were observed in the Mersin ophiolite, which was tectonically settled in the region in the Upper Cretaceous, around Musalı village in Mersin province. Blue and green colored azurmalachites are found as veins in the cracks and pore spaces of the altered gabbro host rock.*

*In the thin section examination of the host rock sample, which consists of plagioclase and clinopyroxene minerals and presents a granular texture, gabbro was determined that proxenes turned into amphiboles, intense opacification and epidotization-chloritization. According to the X-Ray Diffraction (XRD) analysis results, pyrite, chalcopyrite, azurite, malachite, pyroxene and amphibole minerals were found in the samples taken. According to the X-Ray Fluorescence (XRF) analysis results of azurite and malachite dense samples, the determined values of the amount of  $SiO_2$  are 31%, the amount of  $Al_2O_3$  is 15.7% - 19.2%, the amount of  $CaO$  is 19.3% - 20.8%, the amount of  $Fe_2O_3$  is 13.4% - 8.8%,  $Cu$  amount 7.09% - 9.19%,  $S$  amount 3.94% - 3.15%. According to ICP-MS results, it was observed that the amount of  $Cu$  was above 50000 ppm, while the ppm amount of  $V$ ,  $Cr$ ,  $Sr$ ,  $Ni$ ,  $Co$  was higher than other elements. In order to measure the gemological value of Azurmalachites, slices were taken and many geometric and amorphous forms were given, and flat or cabochon shapes were made.*

*Mineralogical examinations, the blue-green colored minerals found in Mersin-Musalı were determined to be azurmalachite and were suitable for the production of ornamental stones or ornamental objects with their visually attractive color, and the shaped samples were combined with metal and jewelery applications were made.*

**Keywords:** Azurite, azurmalachite, copper carbonate, malachite, gemstone, Mersin.

## **GİRİŞ**

Bir bakır karbonat minerali olan azurit ( $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$ ) mavi ve mavinin tonlarını barındırırken psödomorfu olan malahit ( $Cu_2(CO_3)(OH)_2$ ) ise yeşil ile yeşilin tonlarındadır. Azurit ve malahit mineralinin bir arada oluşum gösterdiği durumda azurmalahit olarak tanımlanmaktadır. Mohs sertlik ölçeğinde azurit ve malahit 3,5-4 sertliğinde iken özgül ağırlıkları azuritin 3,7-3,9, malahitin ise 3,25- 4,10'dur. Her ikisi de monoklinik sistemde kristallenir, konkoidal kırılmalıdır ve ısıya oldukça duyarlıdır. Azuritin kırılma indisi 1,720-1,850 ve çift kırılması 0,108-0,110 arasında iken malahitin kırılma indisi 1,655-1,909 ve çift kırılması 0,250-0,254 arasında değişmektedir. Azurit oluşum koşullarına göre opak, yarı

saydam ve saydam olabilirken malahit genellikle opaktır. Azurit pigment olarak kullanıldığında zamanla mavi rengi değişime uğrayarak malahit yeşiline dönüşmektedir. Azuritin aksine malahit pigment olarak kullanıldığında rengini korumaktadır. Her iki mineral de hidroklorik asitle temas ettiklerinde köpürerek reaksiyona girmektedirler (Webster, 1983).

Bakır içerikli diğer minerallerin çözünmesi sonucu oluşan azurmalahitler çoğunlukla ikincil minerallerdir. Bakır mineralleri ya kükürtlü bileşikler halinde sülfür mineralleri olarak ya da oksit mineralleri şeklinde bulunur. Metalik nabit bakır form oluşumuna çok ender rastlanmaktadır. Ekonomik bakır yataklarında en fazla pirit ( $\text{FeS}_2$ ), kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ) gözlenirken beraberinde krizokol ( $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), kalkosit ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), enarjit ( $\text{Cu}_3(\text{AsSb})\text{S}_4$ ), bornite de ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) rastlanır. Bakır içerikli bu minerallerin  $\text{O}_2$ -  $\text{CO}_2$  içeren sularla karşılaşması sonucu gerçekleşen kalkopiritin oksidasyonu sonucu limonit; piritin ve hematitin oksidasyonu sonucu götit; epidokrozitin bakırlı minerali olan kalkopiritin alterasyonu sonucu azurit ve malakit gelişmektedir (Arzutuğ 1996, Aydurmuş, 2018). Azurit ve malahitler, oluşum ortamlarının fiziksel koşullarına bağlı olarak kristalli masif, sarkıt, botryoidal, bantlı, küresel ya da kayaç, fosil boşluklarına yerleşerek kokard formlar şeklinde olabilmektedir. (<https://geologyscience.com/minerals/azurite>, <https://geologyscience.com/minerals/malahite>). Bunlar dışında Kaydu Akbudak vd. 2021 yaptıkları çalışmada malahit ve azurit minerallerine silişleşmiş ağaç fosillerinde de diğer bazı mineraller (kristobalit, götit, hematit grafit mineralleri) ile birlikte rastlamışlardır.

De Putter vd., (2010), malakit oluşumu için üç temel koşul gerektiğine değinmişlerdir. Birincisi ana kaya içinde herhangi bir boyutta boşlukların varlığı, ikincisi hareketli  $\text{Cu}^{2+}$ 'nın varlığı ve üçüncüsünde sıvılarda çözülmüş atmosferik gaz formunda veya karbonatlı kayalardan türetilen bir formda  $\text{CO}_2$ 'in mevcudiyetidir. Mevcut boşlukların hidrotermal veya meteorik sıvıların sirkülasyonu genişletebildiğinden ve buralara sülfürlerin oksitlenmesi ile hareketli  $\text{Cu}^{2+}$  'nın gelmesi sonucu bu boşluklarda malakit olarak çökeldiğini bir modelleme ile ortaya koymuşlardır. Sulu silika miktarı yeterli olduğunda ortamda krizokol oluşumlarının da söz konusu olabileceğini belirtmişlerdir.

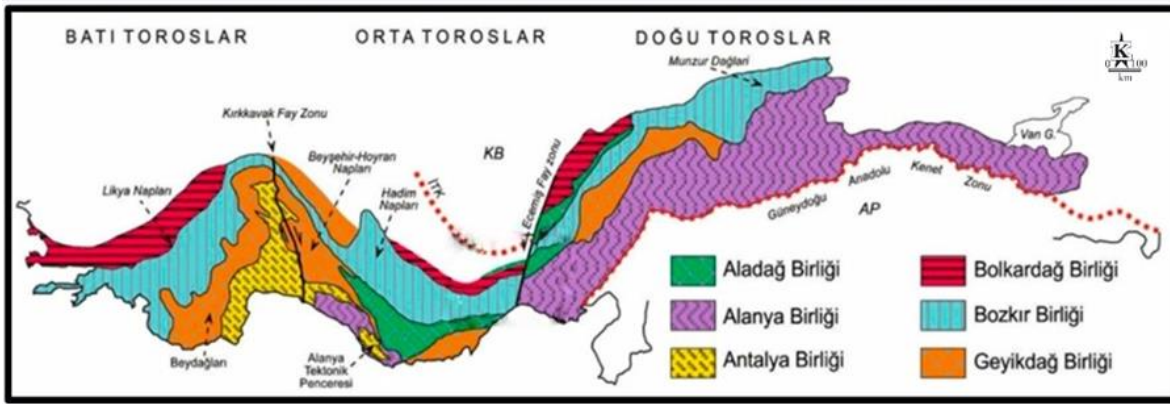
Ülkemizde özellikle bakır yataklarının bulunduğu bölgelerde büyük ölçüde yüzeye yakın oluşum gösteren azurmalahitler, gemolojik ve süs taşı olarak yeterince değerlendirilmemektedir. Mersin iline bağlı Musalı-Şahinpinarı bölgesini içeren daha önceki araştırmalarda bahsedilmeyen azurit ve malahit minerallerinin bu çalışmayla tespit edilerek mineralojik ve

gemolojik özelliklerinin ortaya konması ülkemizde süs taşı olarak değer bulması ve ülke ekonomisine katkı sunması amaçlanmıştır.

## BÖLGESEL JEOLojİ

Mersin ilinin 55 km kuzey doğusundaki Musalı köyü civarında bulunan, Şahınpınarı 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 bölge Toros kuşağının değişik havza koşullarını yansıtan kaya topluluklarına sahiptir. 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 de görüldüğü üzere fazla sayıda nap sistemlerin yer aldığı Aladağ, Alanya, Antalya, Bolkardağı, Bozkır ve Geyikdağı birliklerine ayrılmıştır (Özgül, 1976; Şengör ve Yılmaz, 1981; Işık, 2016).



**Şekil 1.** Toroslar Tektonik Konumu (Işık V., 2016)

**Figure 1.** Tectonic Position of the Taurus Mountains (Işık V., 2016)

İnceleme alanı Orta Torosların doğu kesiminde Bozkır Birliği'nin içerisinde ayrıtlanan Mesozoyik yaşlı ofiyolitik birimler içerisinde yer almaktadır. İlk defa Özgül (1976) tarafından adlandırılan Bozkır Birliği, büyük bir ofiyolit kütlesi ve üzerine çökelmiş pelajik kireçtaşı ile sipilitler

radıyoloritler yeşil tüfler diyabaz serpantinit ve diğer ultramafik bloklardan oluşan olistostromal melanjdan ibaret kompleks bir naptır.

Bozkır Birliği; Torosların değişik kesimlerinde Ofiyolitli Melanj (Demirtaşlı vd. 1975), Karaman Melanjı (Koçyiğit, 1976), Beyşehir-Hoyron 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) adlarında da incelenmiştir (Ulu Ü., 2009).

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

Parlak ve Delaloye (1999), tarafından bildirildiğine göre Mersin ofiyolitleri metamorfik tabanı migmatitik dokulu olup, metamorfik yönlenme göstermekte ve alterasyon ürünlerinden epidotça zengin metamorfik bantlaşma ile karbonat tabakaları içermektedir. Bağcı (1998), Musalı Köyü kuzeybatısında ofiyolitleri üzerine araştırmalar sunmaktadır. Bölgenin jeolojisi hakkında bilgiler verilmiştir. Mersin Ofiyolitinin ana bileşenini ileri derecede serpantinleşmiş ultramafik kayaların oluşturdu bilgileri, yapılan kimyasal incelemeler de kromitler de demir içeriğinin yüksek olduğu bildirilmiştir.

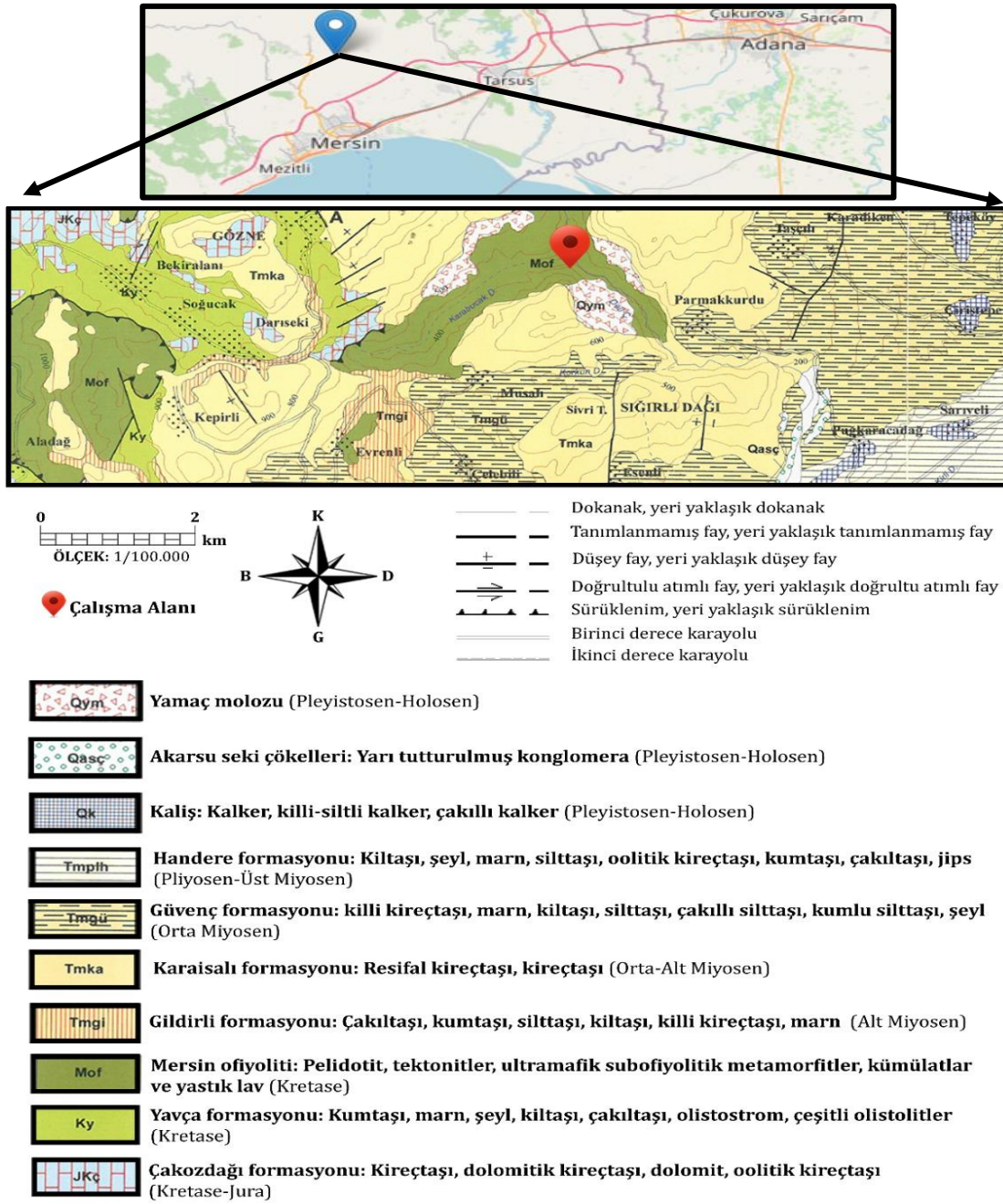
Çalışmanın konusunu oluşturan azurmalahitlerin içinde bulunduğu Mersin ofiyolitleri yaklaşık 6 km kalınlığında bir okyanus kabuğunu temsil etmekte olup, Bolkar dağlarının Mesozoik karbonatları üzerine yerleşmiştir. Tabandan tavana doğru metamorfik bir dilim, tektonitler, harzburjitler, ultramafik, mafik kümülatlar ile derin deniz sedimanları ve bunlarla ardalanın bazalt şeklinde sıralanmaktadır. (Parlak, 1996; Parlak vd., 1996; Parlak v.d., 1997; Ekingen, 2003) Mersin ofiyoliti Aladağ birliğine ait Yavça Formasyonunu tektonik olarak üzerlemektedir (Şekil 2).

## MATERYAL VE YÖNTEM

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

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 içyapılarının analizler için uygunluğunu kontrol etmek adına ve kaboşon şekillendirmeler de kullanılmak üzere Takı Teknolojisi ve Tasarımı Yüksekokulu süs taşı işleme laboratuvarında dilimler alınmıştır. Alınan dilimler içyapılarına nüfuz eden mineral yoğunluğuna göre seçilerek, XRF ve ICP-MS analizleri için MTA da incelenmek üzere 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. MTA'da ince kesit alımı yapılacak örnekler ön hazırlık olması amacı ile Mersin Üniversitesi Takı Teknolojisi ve Tasarımı Yüksekokulu'ndaki süs taşı işleme laboratuvarında dilimler alınarak, kodlanmış ve ince kesit için hazır hale getirilmiştir. Örneklerin sadece mavi rengin ve yeşil rengin yoğun olarak gözleendiği bölgelerden yontularak elde edilen toz numuneler tanımlanmasını sağlamak için Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde XRD analizleri yaptırılmıştır.

Farklı boyutlardaki el örneklerinin uygun olanları seçilerek süs taşı olarak değerlendirilebilirliğini ölçmek adına kaboşon ve levha kesimler yapıp, takıya dönüştürülmüştür.



**Şekil 2.** Çalışma Alanının İçinde Bulunduğu Birimler ve Yer Bulduru Haritası (MTA 1:100 ölçekli Türkiye Jeoloji haritalarından No:131'den değiştirilerek kullanılmıştır.)

**Figure 2.** Units and Location Map of the Study Area (Used by changing MTA 1:100 scale Turkey Geological Map No. 131)

## BULGULAR

### Jeolojik İncelemeler

Mersin ilinin kuzey doğusunda Musalı köyü Şahinpınar'ı civarında bulunan 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, ortopiroksenit bantları oluşturur. Bölgedeki ofiyolitik 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 açılmış olan yarma (Şekil 3) duvarlarında azurmalahit damarları çok net şekilde görülmektedir (Şekil 4).



**Şekil 3.** Çalışma bölgesinin genel görünümü.

*Figure 3. General View of the Study Area*





**Şekil 4.** Çalışma bölgesinde açılan yarık duvarlarında gözlemlenen azurmalahit damarları.

**Figure 4.** Azurmalachite veins observed in the cleft walls opened in the study area.



**Şekil 5.** İncelenmek üzere gruplandırılan örnekler.

**Figure 5.** Samples grouped for review.

Alınan örnekler malahit ve azurit yoğunluklarına göre mineralojik ve gemolojik analizler de kullanılmak üzere gruplandırılmıştır (Şekil 5).

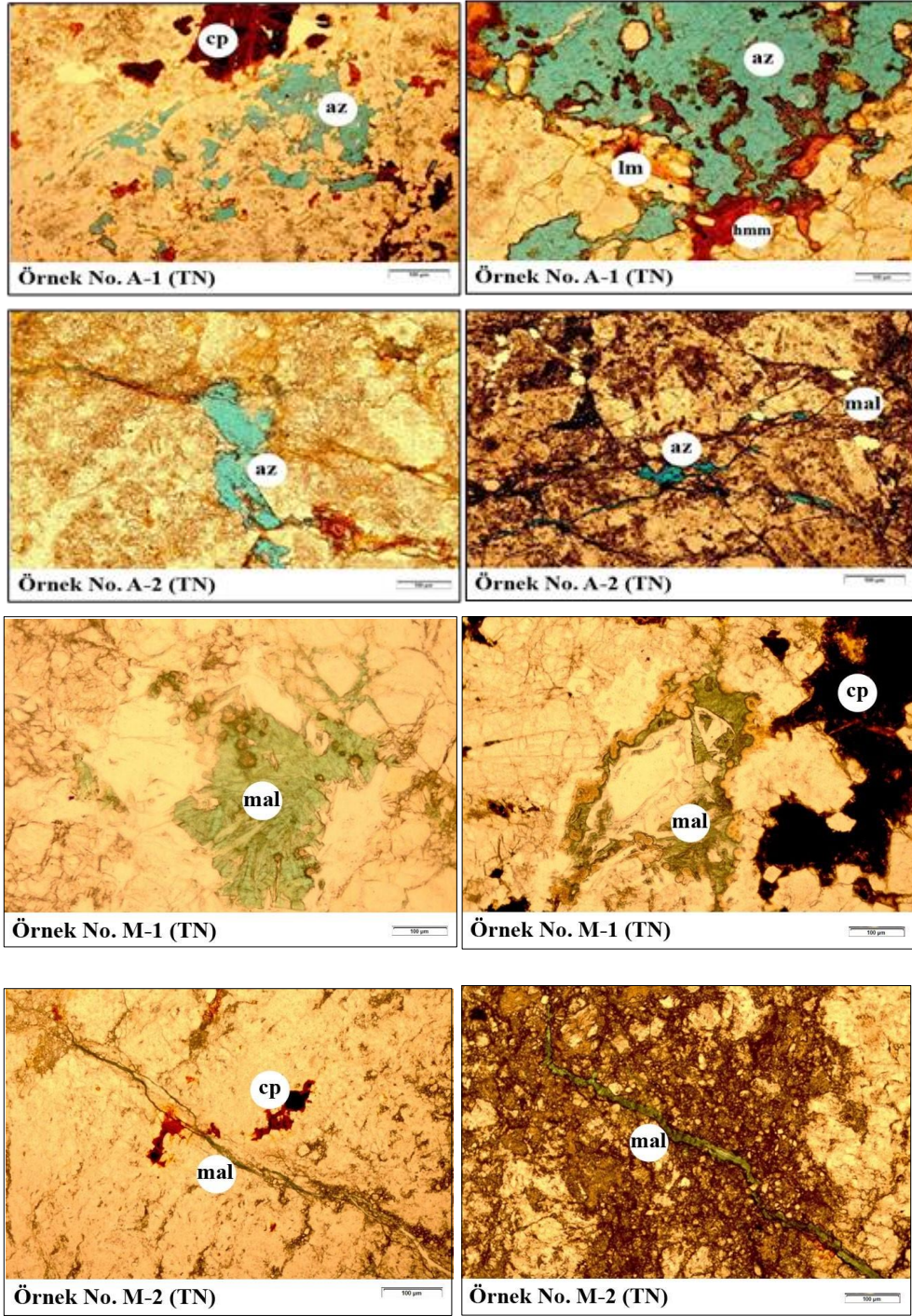
### **Mineralojik ve Petrografik İncelemeler**

İnceleme alanından alınan azurit (A-1, A-2), malahit (M-1, M-2) ve yan kayaç (YK-1, YK-2) örneklerinden yapılan ince kesitlerde genel olarak kalkopiritin ( $CuFeS_2$ ) alterasyonu sonucu Cu'nun açığa çıkması ve ortamdaki karbonat mineralleri sayesinde neo-minerilazasyon ile azurmalahitler oluştuğu tespit edilmiştir. Mikroskobik incelemelerde bakır demir oksit minerallerinin azurmalahit oluşumuna katkıları ve birbirleriyle olan ilişkileri çok net bir biçimde gözlenebilmektedir.

İnce kesitler örneklerinin hemen hemen hepsinde kalkopirit, limonit, hematit, azurit ve malahit minerallerine rastlanırken yan kayaçta ise piroksen, plajiyoklas, epidot minerallerini varlığı tespit edilmiştir. Kalkopirit mineralinin kenarları boyunca bozulmaya uğrayarak ikincil olarak oluşmuş opak mineralleri (limonit ve hematit) ve malahit-azurit mineralleri oldukça net gözlenebilmektedir (Şekil 6).

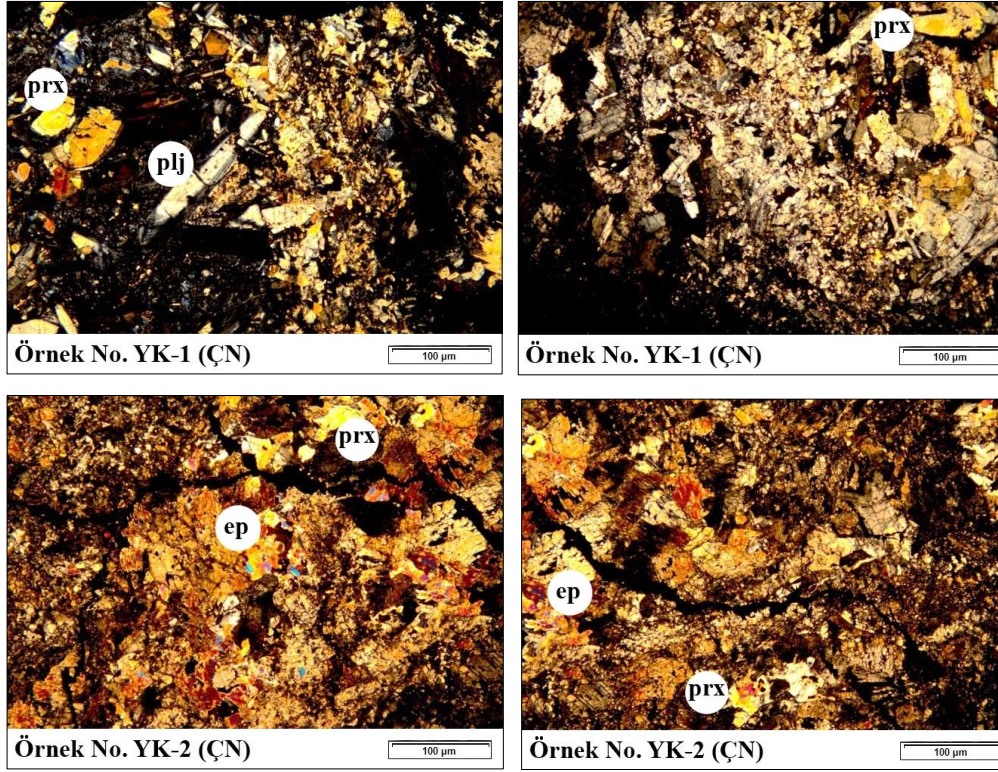
Gabro olarak tanımlanmış olan yan kayaç örneği YK-1 ve YK-2'nin ince kesitlerinde plajiyoklaz ile klinopiroksen minerallerinin bulunduğu ve taneli doku sunduğu tespit edilmiştir.

A-1, A-2, M-1 ve M-2'ye oranla YK-1 ve YK-2 alterasyondan daha çok etkilenmiş olarak gözlemlenmiştir. Yapılan incelemelerde piroksenler amfibollere dönüşürken deformasyon etkisi ile minerallerde yönelme gözlenmiştir. Opaklaşma oldukça fazla olup, yan kayaç içerisinde ayrıca epidotlaşma ve kloritleşme de tanımlanmıştır (Şekil 7).



Şekil 6. A-1 /A-2 Azurit yoğunluklu M-1/M-2 malahit yoğunlu kayaçların ince kesitleri  
(cp: kalkopirit, az: azurit, lm: limonit, hmm: hematit, mal: malahit )

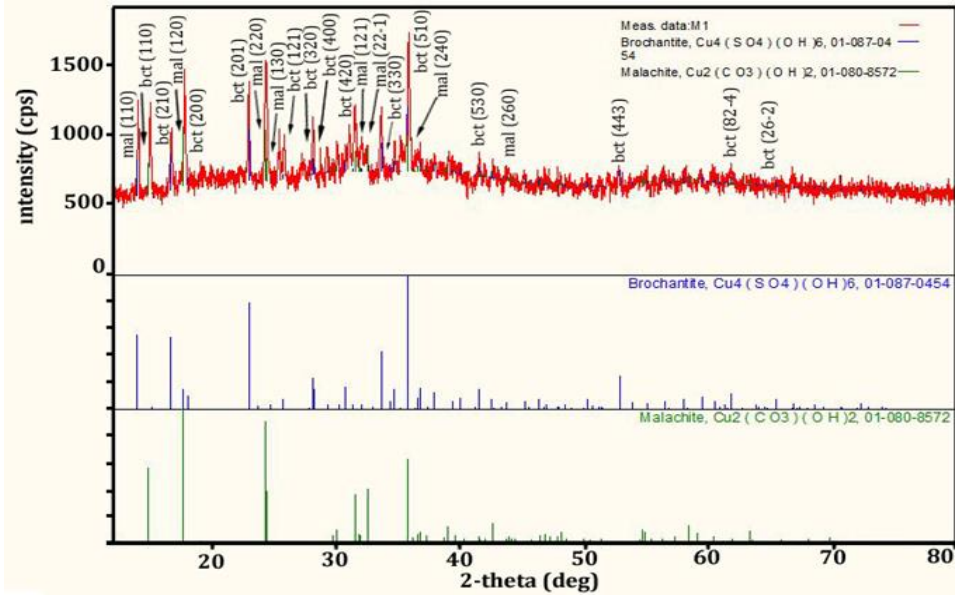
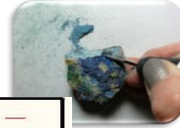
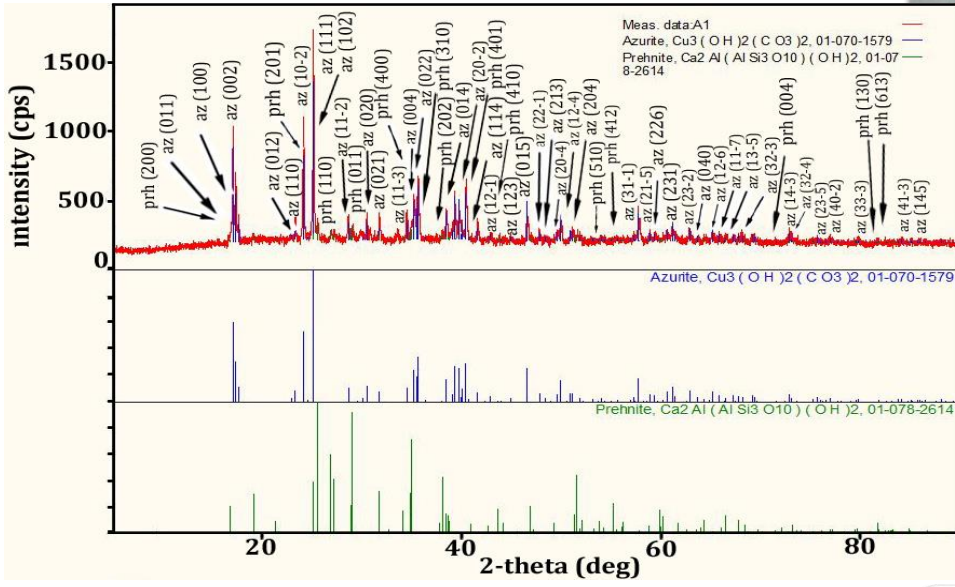
*Figure 6. Thin sections of rocks with A-1/A-2 Azurite density and M-1/M-2 Malachite density  
(cp: chalcopyrite, az: azurite, lm: lmonite, hmm: hematite, mal: malachite)*



Şekil 7. YK-1 ve YK-2 Kodlu, yan kayaç ince kesit örnekleri prx: Piroksen, plj: Plajiyoklas, ep: epidot.

*Figure 7. Thin section samples of host rocks coded YK-1 and YK-2. prx: Pyroxene, plj: Plagioclase, ep: epidote.*

İnceleme alanından alınan A-1 ve M-1 kayacının XRD sonuçlarında kalkopirit, prehnit, granat ve epidot mineralleri tespit edilirken, M-1’de ayrıca plajiyoklas ve kalsit mineralleri, YK-1’de ise amfibol, epidot, piroksen, kil ve zeolit mineralleri tespit edilmiştir. Yontu ile elde edilen A-1 örneğinin mavi tozunda ve M-1 örneğinin yeşil tozundan yapılan XRD analizi sonucunda ise A-1 numunesinde Şekil 8’deki diyagramda mavi renkle gösterilen pikler azurit ve yeşil renkli pikler prehnit minerali, M-1 numunesinde ise mavi renk ile gösterilen pikler brokantit, yeşil renk ile gösterilen pikler malahit olarak tespit edilmiştir.



Şekil 8. A-1 ve M-1 kodlu örneklerin yontma işlemiyle elde edilen toz numunelerinden elde edilen XRD analiz sonuçları.

Figure 8. Powder samples obtained by chipping process for XRD analysis of samples coded A-1 and M-1.

### Jeokimyasal İncelemeler

İnceleme alanından alınan azurit (A-1), malahit (M-1) ve yan kayaç (YK-1) örneklerinden yapılan XRF sonuçlarına göre; yüzde olarak diğer oksit minerallerinden daha fazla miktarda gözlemlenen silisyum oksit ( $\text{SiO}_2$ ) değerleri A-1 ile M-1 numunesinde 31.3 ile 31.6 iken ve YK-1 numunesinde 45.6, alüminyum oksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) değerleri A-1 numunesinde 15.7 ve M-1 numunesinde 19.2 iken YK-1 de 11.7, demir oksit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) değerleri de A-1 numunesinde 13.4 iken M-1 ve YK1 numunesinde 8.3, magnezyum oksit ( $\text{MgO}$ ) değerleri A-1 numunesinde 2.0 ve M-1 numunesinde 1.6 iken YK-1 de yaklaşık on katı 11.0 civarında kalsiyum oksit ( $\text{CaO}$ ) değerleri üçünde de yakın değerlerde A-1 numunesinde 19.3 ve M-1 numunesinde 20.8, YK-1 de 19.2'dir. A1 ve M1 örneklerinde bakır ve sülfür miktarları YK-1'e göre daha fazla değerlerde olduğu görülmektedir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Azurit malahit ve yan kayaç örneklerinden yapılan XRF analiz sonuçlarına göre ana oksit miktarları.

*Table 1. Main oxide amounts according to the XRF analysis results of the country rock and malachite- azurite samples taken from the study area.*

%	A-1	M-1	YK-1
$\text{SiO}_2$	31.3	31.6	45.6
$\text{TiO}_2$	0.1	0.1	0.3
$\text{Al}_2\text{O}_3$	15.7	19.2	11.7
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	13.4	8.8	8.3
$\text{MnO}$	0.1	0.1	0.3
$\text{MgO}$	2.0	1.6	11.0
$\text{CaO}$	19.3	20.8	19.2
$\text{Cu}$	7.09	9.19	-
$\text{CuO}$	-	-	0.44
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0.02	0.03	0.04
$\text{SrO}$	0.01	0.03	0.03
$\text{Na}_2\text{O}$	<0.1	<0.1	0.2
$\text{K}_2\text{O}$	<0.1	<0.1	0.1
$\text{S}$	3.94	3.15	0.07
$\text{V}_2\text{O}_5$	0.02	0.02	0.04
$\text{Bi}_2\text{O}_3$	<0.01	<0.01	<0.01
$\text{CdO}$	<0.01	<0.01	<0.01
$\text{Co}_3\text{O}_4$	0.01	<0.01	0.01
$\text{F}$	<0.01	<0.01	<0.01
$\text{NiO}$	<0.01	<0.01	0.02
$\text{PbO}$	<0.01	<0.01	<0.01

İz 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 YK1’de 2797.9 ppm değer vermiştir (Tablo 2.).

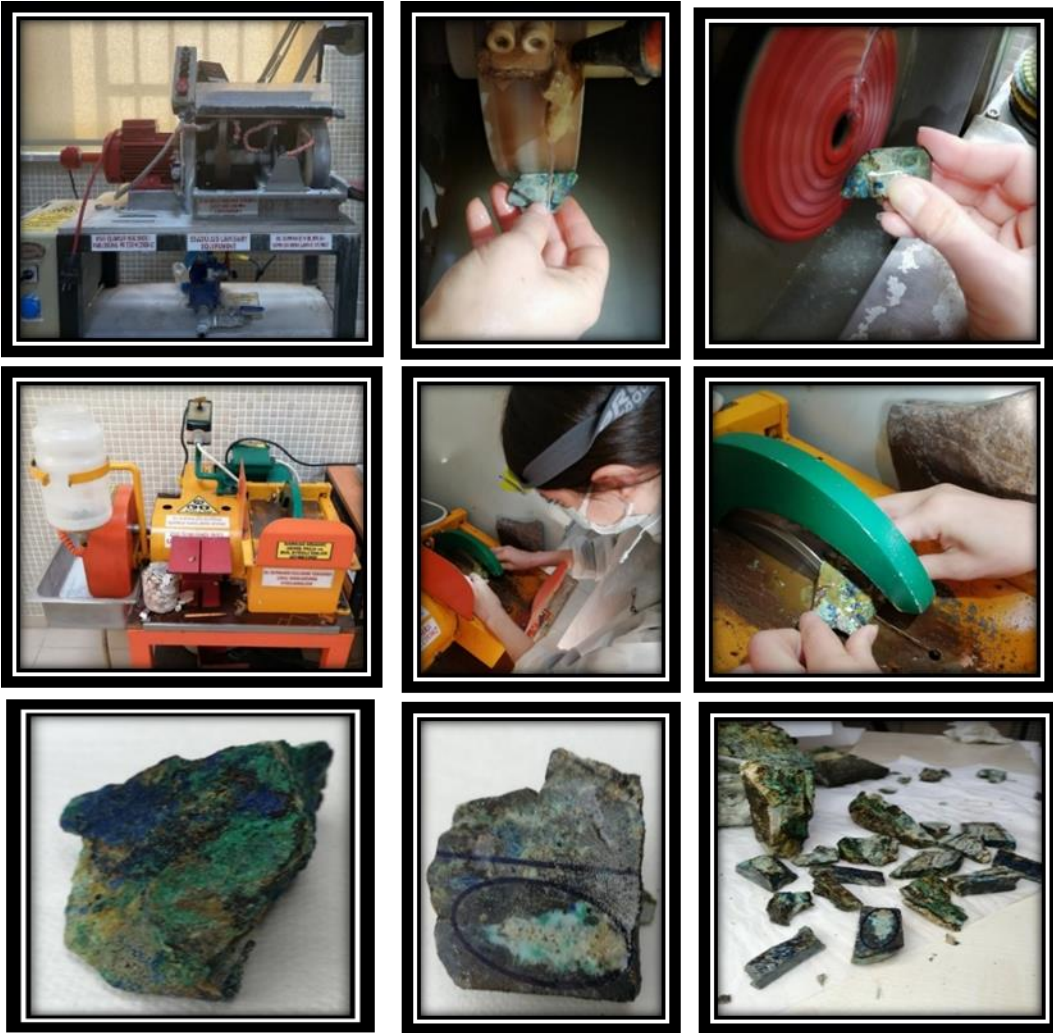
**Tablo 2** ICP-MS analiz sonuçlarına göre iz element miktarları

*Table 1. Trace element amounts according to ICP-MS analysis results*

ppm	A-1	M-1	YK-1
As	5.6	4.7	4.0
Be	1.1	1.1	1.1
Bi	1.8	1.7	1.7
Cd	1.2	1.7	1.0
Co	16.8	9.1	33.7
Cu	>50000	>50000	2797.9
Ga	17.5	16.4	12.2
Ge	1.7	1.3	1.2
Hf	3.3	3.0	2.9
In	<0.1	<0.1	<0.1
Mo	3.3	5.9	4.2
Ni	28.2	11.8	80.0
Sb	0.7	0.7	0.7
Tl	2.2	1.9	1.5
V	149.9	157.7	196.5
Ba	6.7	7.6	6.1
Cr	120.6	174.0	210.6
Cs	0.7	0.7	0.7
Nb	1.7	1.5	1.4
Pb	2.4	2.6	1.4
Rb	1.7	1.5	1.9
Sr	91.2	271.6	257.5
Ta	0.5	0.4	0.3
Zr	3.5	3.4	4.6

### Gemolojik (Süstaşı) Çalışmalar

Süstaşı çalışmaları için öncelikle el örnekleri boyutlarına ve renklerine göre gruplandırılmıştır. Azurmalahitler yapısal özellikleri ve miktarları göz önünde bulundurularak öncelikle dilimler alınmış ve yapılarına göre dilimler üzerinde farklı şekillerde şablonlar çizilmiştir. Ortaya çıkarılan farklı boy ve şekildeki süstaşı formları doplanarak belirlenen formlara göre kabaşon, asimetrik, düz yüzeyli veya fasetli olarak şekillendirilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Dilim alma ve şekillendirme çalışmaları.

*Figure 9. Slicing and shaping operations.*



Şekillendirme sonrası her bir süstaşı sırasıyla 100, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1200 ve 1500 aşındırıcı zımparalar kullanılarak zımparalanmıştır. Küçük veya ince bir süs taşı formu çalışılırken kalkopiritin bulunduğu noktalardan kırılmalar olduğunda şablon yerine amorf formlar şeklinde işlenmiştir. Yine aynı sebepten bazı örnekler düz yüzeyli dilimleri süstaşı olarak kullanılmıştır. Onlarca dilimin alındığı şekillendirme işlemlerinde yaklaşık elli adet süs taşı çalışılmıştır (Şekil 10- Şekil 11).



**Şekil 10.** Süstaşı şekillendirme çalışmalarından örnekler.

*Figure 10. Examples of gemstone shaping Works.*

Şekillendirme sonrası son halini alan azurmalahit süstaşlarının her biri için bilgisayar ortamında çizilen tasarımları tamamlanmış ve takıya dönüştürmek için Mersin Üniversitesi TBMYO Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Bölümü'nün atölyesinde uygulamalar yapılmıştır. Şekillendirilen azurmalahitlerden düz daire kesime 80 ve 30 mikron teller ile kaynak gerektirmeyen örme tekniği ile kolye ucu yapılırken amorf kesim ve kabaşon form uygulananlardan ajur ve plaka yuva teknikleri ile kolye ucu, küpe yüzük ve broş yapılmıştır (Şekil 12) .



Şekil 11. Farklı formlarda işlenmiş, takı için hazır örnekler.

*Figure 11. Ready-made jewelry samples processed in different forms.*



Şekil 12. Serbest ve geometrik form uygulanan azurmalahit ile yapılan takı çalışmaları.

*Figure 12. Jewelry works made with azurmalahit applied in amorphous and geometric forms.*

## TARTIŞMA

Azurit ve Malahit oluşumlarının genelde volkanik oluşan birincil bakır mineralleri ya da hidrotermal ve meteorik sular etkisi ile alterasyon sonucu oluşan ikincil oluşumlar olduğu birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir.

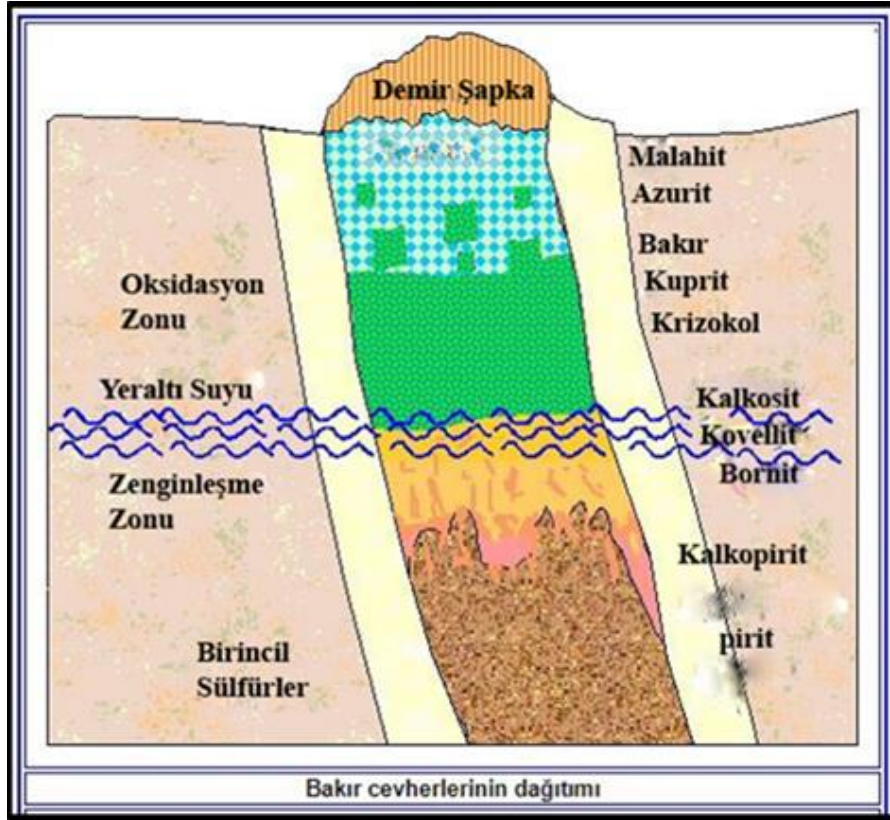
Arzutuğ (1996), bakırın nabit halde pek az bulunduğu, bakır içeren kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), kalkosit ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), bornit ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), krizokol ( $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) gibi minerallerin sularla teması sonunda, suyun ihtiva ettiği  $\text{O}_2$  ve  $\text{CO}_2$ 'in etkisiyle değişikliğe uğrayarak malahit ve azurit gibi karbonatlı mineraller oluştuğuna değinmiştir. Yıldızeli-Sivas sülfid cevherleşmelerini inceleyen Koptagel ve Efe (1997) 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 gözlemlendiği ve küçük jips kristallerinde malahit ve azurit kapanımlarının da yağun olduğunu belirtmektedirler. Hatay Yöresinde bulunan altın içerikli bakır cevherinin değerlendirilmesi üzerine olan başka bir çalışma da ise nabit olarak bulunan bakırın yanısıra ekonomik önem taşıyan minerallerin arasında oksit minerali olarak azurit de yer aldığından söz etmektedir (Teğin (2007). Çavdır (Burdur) kuzeydoğusundaki Marmaris Ofiyolit Napı gabro ve serpantinleşmiş harzburjitleri içinde bakır oluşumları bulundurmaktadır. Beraberindeki kuvars damarlarında demir mineralleri tespit edilmiş ve yapılan 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 (Örü (2011). Yıldırım vd., (2015) de yapmış oldukları araştırma diyabazik-gabroyik kayaçları kesen ve yer yer yoğun silisifiye olmuş dasitik kayaçlar içerisinde saçınım-stokvork ve damarcık halinde gelişmiş Cu cevherleşmelerini incelemişlerdir. Cevherleşmenin en yaygın olduğu alanda 50-30 m boyutlarında silisleşmiş bir kafa şeklinde mostra verdiğini ve yan kayaç alterasyonu olarak limonitleşme, hematitleşme, kloritleşme, silisleşme ve epidotlaşma izlendiği, cevher minerallerinin baskın olarak pirit, pirotin, kalkopirit daha az kalkozin-kovellin olduğunu, oksidasyon zonlarında ise hematit, limonit, malahit ve azurit bulunduğunu tespit etmişlerdir.

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 bahsedilmektedir (Ahmed vd., (2017).

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, epidokrozit; bakırlı mineral olan pirit ve kalkopiritin alterasyonu sonucu azurit ve malakit geliştiğinden söz etmektedir. Akbudak Kaydu vd., (2021), Orta Eosen yaşlı Çekerek formasyonu içerisinde Yücepınar Köyü (Zile-Tokat) bölgesinde aglomera içerisinde bulunan silisleşmiş ağaç ile ilgili yaptıkları çalışmada 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 Mikroskopik Özelliklerini 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), Mevcut boşlukların hidrotermal veya meteorik sıvıların sirkülasyonu genişletebildiğinden ve buralara sülfürün oksitlenmesi ile hareketli  $Cu^{2+}$  'nın gelmesi sonucu bu boşluklarda malakit olarak çökeldiğini bir modelleme ile ortaya koymuşlardır (Şekil 13). Sulu silika miktarı yeterli olduğunda ortamda krizokol oluşumlarının da söz konusu olabileceğini belirtmişlerdir.

Mersin Musalı bölgesinde yapılan bu çalışmadaki malakit oluşumlarının ya ana kaya içindeki bir boşlukta ya da yan kayaçların yüzeylerinde sıvama şeklinde geliştiği gözlenmiştir. Yapılan



**Şekil 13.** Bakır yataklarının farklı derinliklerdeki katmanlarda minerallerin oluşumunu gösteren çizim değiştirilerek kullanılmıştır (<https://www.tf.uni-kiel.de/matwis>).

**Figure 13.** The drawing showing the formation of minerals in layers at different depths of copper deposits was used in a modified manner (<https://www.tf.uni-kiel.de/matwis>).

mineralojik çalışmalarda kalkoipiritin alterasyona uğradığı ve yerini malahit ile azurite bıraktığı tespit edilmiştir. Yukarda farklı bölgelerde yapılan çalışmaların birçoğunda benzer olarak bu çalışmada da kalkopirit, limonit, hematit, azurit ve malahit minerallerine rastlanırken yan kayaç da ise piroksen, plajiyoklas, epidot minerallerini varlığı tespit edilmiştir. Mersin ofiyolitlerin de yapılan birçok çalışma incelendiğinde (Pampal, 1984; İşler, 1989; Abasıkeleş, 1993; Açlan, 1995; Şahin, 1997; Bağcı, 1998; Nazlıcan, 2011; Taga v.d., 2015) birimlerin kromit içeriği ile ilgili araştırmalara rastanırken, bakır oluşumları ya da bakır mineralleri ile ilgili araştırmalara rastlanmamış olup bu çalışma ile ilk defa literatürde yer alacaktır.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mersin ili Musalı köyü Şahinpinar'ı civarında bulunan bakır cevheri azurmalahitlerin üzerinde yapılan mineralojik, petrografik ve gemolojik incelemeleri sonucunda elde edilen veriler aşağıda sıralanmıştır.

1. Çalışma arazisindeki azurmalahitler Üst Kretase'de tektonik olarak bölgeye yerleşen Mersin ofiyoliti içerisinde damarları şeklinde olduğu 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 bozuşması sonucu azurit ve azuritin psödomorfu olan malahit minerallerinin olduğu tespit edilmiştir. Gabro olarak tanımlanan yan kayaç örneklerinin ince kesit incelemelerinde ise taneseli dokuya sahip olduğu ve diğer ince kesitlere oranla daha fazla alterasyon meydana geldiği tespit edilmiştir.
3. XRD sonuçlarında; A-1, M-1 ve YK-1 numunelerinin üçünde de epidot minerali hakimdir. Azurit, prehnit ve brokantit ve malahit minerallerinin tespit edilmiştir.
4. Azurmalahitler için yapılan XRF sonucunda; mavi ve yeşil yoğunluklu kayaç örneklerinde silikat, bakır ve sülfür miktarları yan kayaca göre daha fazladır. ICP-MS sonuçlarına göre ise V, Cr, Sr, Co ve Ni değerleri mavi ve yeşil yoğunluklu örneklerle 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.
5. Bu çalışma kapsamının da süstaşı olarak değerlendirilebilirliğini ortaya koymak için azurmalahitlerde genel olarak **kaboşon** ve düz yüzeyli dilim 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 kopmalardan kaynaklı girinti çıkıntılar önüne geçilerek pürüzsüz yüzeyler elde edilmiştir. Ancak daha sağlam seri işlem gerçekleştirmek için epoksi ile doldurma işlemi uygulanarak kesilmesi önerilebilir. Nihai şeklini alan süstaşları, formlarına uygun olarak tasarlanmış ve bu tasarımları gerek kaynaklı gerekse kaynaklı işlemler uygulanarak takı haline getirilmiştir.

6. Musalı (Mersin) köyü Şahınpınarı civarındaki bakır minerali üzerinde yapılan petrografik incelemeler ve gemolojik çalışmalar sonucunda; azurmalahit olarak tespit edilen mineralin oldukça kolay şekillendirilebilir olduğu, görsel olarak cezbedici rengeyle 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.
7. Ayrıca bölgede bakır cevherleşmeleriyle ilgili bir çalışma yapılmamış olsa da azurmalahitlerin varlığı bölge de bakır cevherleşmelerinin olduğunu göstermektedir. Bu çalışma ile bölgede daha önce çalışılmamış olan bakır mineralleri için yeni çalışmalara öncülük edebileceği ve ülkemizde oluşum gösteren minerallerin değerlendirilmesine katkı sağlayacağı bildirilebilir.

## **KATKI BELİRTME**

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Gemoloji Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi olup, Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi (proje no: 2021-1-TP2-4291) tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmadaki önerileri ve saha çalışmalarındaki desteğinden dolayı Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliğinden, Prof. Dr. Utku Bağcı'ya ve Doç. Dr. Hayati Koç'a, ayrıca değerli katkılarını esirgemeyen Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliğinden Prof. Dr. Musa Alparslan ' a içtenlikle teşekkürlerimizi sunarız.

## **KAYNAKLAR**

- Abasıkeleş, G., 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.
- Arzutuş, 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.
- Blumental, M. M., 1956. “Karaman –Konya Havzası Güneybatısında Toros Kenar Silsileleri ve Şist –Radyolorit Formasyonu Stratigrafisi Meselesi”, Maden Teknik Arama Dergisi,48, 11-36.
- Burn, J.H., Dumont, J.F., De Graciansky, P.Ch., Guntic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O., and Poisson, A., 1971. “ Outline Of The Geology of The Western Taurides” Campbell, A. S. (ed), Geogy and History of Turkey . Petroluem Exploration Society of Libya, Tripoli, 225-255.
- De Putter, T., Mees, F., Decrée, S., Dewaele, S., 2010. “Malachite, An İndicator Of Major Pliocene Cu Remobilization İn A Karstic Environment (Katanga, Democratic Republic Of Congo)”, Ore Geology Reviews Volume 38, Issues 1–2, pp 90-100.
- Demirtaşlı, E., 1975. “ Stratigraphic correlation of the Lower Paleozoic rocks of Iran, Pakistan and Turkey”, Alpan S. (editor), (in) Congress of Earth Sciences 50th year of the Turkish Republic, pp. 204-222.
- Ekingen, S., 2003. “Çamlıyayla (Mersin) Yöresinin Tektonostratigrafik Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin.
- Graciansky, P.Ch.De., 1972. “Recherches Geologiques Dans Le Taurus Lycien”.These University, Paris-Sud, Osay,731 p.
- Işık, V., 2016. “Torosların Jeolojisi; Türkiye Jeolojisi Ders Notu”, Ankara Üniversitesi, Ankara
- İşler, F., 1989. “Fındıkpınarı ve Yöresi (Mersin) Ofiyolitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi”, Çukurova Üniversitesi, Müh. Fak. Der. Seri, A Yer Bilimleri, c.6-7, s 1-2.



- Juteau, T., 1980. "Ophiolites 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.
- Koçyiğit, A., 1976. "Karaman-Ermenek (Konya) bölgesinde ofiyolitli melanj ve diğer oluşuklar" Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19,227-234.
- Koptagel O., ve Efe A., (1997). "Avcıpınarı (Yıldızeli-Sivas) Sülfid Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Kökeni", Türkiye Jeoloji Bülteni, C.40, Sayı 1,37-48.
- Monod, O., ve Erdoğan, T., 1981. "Namrun yöresinin yapısı üzerine ön rapor", Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Arşiv Raporu No:1662 (yayımlanmamış).
- Nazlıcan H., (2011). "Musalı – Evrenli (Mersin) Yöresinin Jeolojik ve Petrografik İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Niehoff, W., 1960. "Mut126/1 Numaralı Harita Paftasının Revizyon Neticeleri Hakkında Rapor", Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Rapor no: 3390, Ankara.
- Öksüz, N., Koçak, İ., & Kemaldar, O. İ. (2021). Ore Microscopic Characteristics of Kahyaköy (Yerköy-Yozgat) Polymetal Mineralization: TURKEY. Electronic Letters on Science and Engineering, 17(2), 151-164.
- Örü Cansu Z., (2011). "Çavdır (Burdur) Kuzeydoğusundaki Alterasyonla İlişkili Bakırlı Cevher Minerallerinin Oluşumu", Yüksek lisan Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Özgül, N., 1971. "Orta Torosların Kuzey Kesiminin Yapısal Gelişiminde Blok Hareketlerinin Önemi", Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 14,185-201, Ankara.
- Özgül, N., 1976. "Torosların Bazı Temel Jeolojik Özellikleri", T.J.K. Bül., 19: 65-78.
- Pampal, L.S., 1984. "Aslanköy-Tepeköy (Mersin) Yöresinin Jeolojisi", S.İ. Fen-Edebiyat Fak. En. Der. Sayı3 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”, *MÜHJEO’2015: Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon 114-121.
- Ulu, Ü., 2009. “1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:131 Mersin –O33 Paftası” Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 16s.
- 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.
- Webster, R.,1983.” *Gems: Their sources, descriptions, and identification*”. Publisher Butterworths. 1044 p. ISBN-13 978-0408011488.  
<https://geologyscience.com/minerals/azurite/> , [Erişim Tarihi: 14.11.2022]  
<https://geologyscience.com/minerals/malachite/> , [Erişim Tarihi: 14.11.2022]  
[https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap\\_a/advanced/ta\\_1\\_4.html](https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_a/advanced/ta_1_4.html) , [Erişim Tarihi: 15.06.2022]