

## ANTALYA MÜSELLİM CAMİ ARKEOMETRİK ANALİZLERİ\* \*\*

## Archaeometric Analyses of Antalya Müsellim Mosque

Ali Akın AKYOL<sup>1</sup>, Negin DERAKHSHAN HOUREH<sup>2</sup>

## ÖZET

## ABSTRACT

Restorasyon ve konservasyon uygulamaları öncesinde, yapıların mimari, tarihi, sanatsal ve estetik özelliklerinin araştırılmasının yanı sıra arkeometrik incelemelerinin de yapılması, seçilecek onarım malzemelerinin özgün yapıya uygun olarak belirlenebilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır. Müsellim Cami yapısal malzemelerinin arkeometrik incelemeleri; duvar örgülerin ana yapı malzemesini oluşturan taş ve tuğlalar ile taş/tuğla arası derz ve taş/tuğla yüzeylerin üzerini kaplayan sıvaların, korkuluk ve cami hariminin ahşap pencere kapakları ile duvar örgüye ait hatılın analizleri ile camiye ait dekoratif örneklerden harim ve kadınlar mahfeli duvarlarını kaplayan özgün/onarım çinileri ile sıva ve ahşap üzeri kalemışı süslemelerin analizlerini içermektedir. Çalışmaya konu olan yapısal ve dekoratif malzeme örnekleri; alanda ve laboratuvar ortamında görsel olarak değerlendirilmiş, malzeme türlerine göre gruplandırılmış, fotoğraflanarak belgelenmiş ve kodlanmıştır. Arkeometrik çalışmalar kapsamında taş ve tuğla örneklerin temel fiziksel özellikleri fiziksel testlerle, suda çözünen tuz miktarı ile tuz türleri de kondaktometrik analiz ile belirlenmiştir. Harç ve sıvalarda agrega/bağlayıcı ve agregada tane boyutu dağılımı (granülometrik) analizleri uygulanmıştır. Yapısal örneklerin (tuğla, harç ve sıva/sıva katı) petrografik yapıları ince kesitleri hazırlanıp optik mikroskop analizi ile, kimyasal özellikleri de X-ışını Floresans (PED-XRF) analizi ile belirlenmiştir. Pigment/sır örneklerin renk değerleri kromametrik analiz ile, kimyasal bileşimleri de Raman Analizi ile tanımlanmıştır. Yapıların özgün taş/tuğla derz ve moloz dolgu harçları kireç ve kireç/kil karışımı bağlayıcı içeriklerine sahiptir. Müsellim Cami inşasında kullanılmış olan yapısal taşlar kireçtaşlarıdır. Ayrıca çalışma kapsamında duvar örgülerden ve dekoratif amaçla (niş denizliğinde) kullanılmış, oldukça sınırlı alanlarda bulunan mermer türü taşlar da örneklenmiştir. Caminin inşasında kullanılan yapısal nitelikteki taşlar yakın çevre yerel kayaç formasyonunu doğrudan yansıtmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Müsellim Cami, arkeometri, petrografik analiz, XRF analizi, Raman analizi.

Before the restoration and conservation applications, as well as researching the architectural, historical, artistic and aesthetic features of the buildings, conducting archaeometric examinations is of great importance in terms of determining the materials for restoration to be selected in accordance with the original structure. Archaeometric studies of Müsellim Mosque structural materials were included; stone / bricks that comes from the main building material of wall braids with their joint, and the plaster covering the joints and stone / brick, the railing and mosque's wooden window covers and wall braiding's beam, original / repair tiles covering the walls surface, and paintings on plaster and wood from the decorative examples of the mosque. Samples of structural and decorative materials that are the subject of the study; Visually evaluated in the field and laboratory, grouped by material types, photographed, documented and coded. Within the scope of archaeometric studies, the basic physical properties of stone and brick samples were determined by physical tests, water soluble salt content and salt types were determined by conductometric analysis. In mortars and plasters, aggregate / binder and grain size distribution (granulometric) analyzes were applied. The petrographic properties of the structural samples (brick, mortar and plaster / plaster layers) were analysed by thin section optical microscope analysis, and chemical properties were determined by X-Ray Fluorescence (PED-XRF) analysis. Color values of pigment / glaze samples were identified by chromametric analysis, and their chemical composition was defined by Raman Analysis. The original stone / brick joint and rubble filling mortars of the buildings have lime and lime/clay mixed binder contents. The structural stones used in the construction of Müsellim Mosque are limestones. In addition, marble-type stones, which are used in wall braiding for decorative purposes were also sampled. Structural stones used in the mosque directly reflect the local rock formation.

**Keywords:** Müsellim Mosque, archeometry, petrographic analysis, XRF analysis, Raman analysis.

1. ORCID: 0000-0002-4174-575X  
2. ORCID: 0000-0001-8131-3049

1. Doç. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, e-posta: ali.akyol@hbv.edu.tr  
2. Doktora Öğrencisi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kültür Varlıklarını Koruma Anabilim Dalı, e-posta: negin.derakhshan@hbv.edu.tr

\* Akyol, A. A., Derakhshan Houreh, N. (2020). Antalya Müsellim Cami Arkeometrik Analizleri. *Akademik Sanat*, 5(11),44-68.

\*\* Bu çalışma 24-25 Haziran 2020 tarihli Uluslararası Genç Bilim ve Sanat İnsanları Sempozyumu'nda bildiri olarak sunulmuştur.

**EXTENDED ABSTRACT**

Antalya Müsellim Mosque structural and decorative material samples (stone, brick, tile, mortar, plaster and pigment/glaze); Visually evaluated in the field and laboratory, grouped by material types, photographed, documented and coded.

Physical properties are the technical expression of the properties of building materials (especially stones and bricks), which can be defined within the specified standard limits (resulting in their strength/non-strength data). By dry weights of samples taken directly, archimedes (in water) and saturated weights (aqueous weight to reach the pores under 50 torr pressure in distilled water), unit volume weights (saturated-dry, g/cm<sup>3</sup>), water absorption capacity and porosity values were determined. (RILEM, 1980). Since the amount of sample required to perform standard physical tests (5-10 cm<sup>3</sup> standard cubic or cylindrical core samples) is not possible in terms of standard applications, test applications were carried out on stone and brick pieces taken by sampling.

The salts that are naturally present in the content of different building materials or dissolved in water, and then carried by water as a result of capillary effect on the surface or pores of the materials, give information about the chemical changes that can occur both in the structure of the material itself and in the structures of other materials which they relate with. The water-soluble salt amount (total), types of salt and pH values of the mosque stone and brick samples were determined. For the determination of total salt measurement in the samples; 5 grams of sample taken in 25 ml of water was centrifuged and filtered for 1 hour, and then standard sodium hexametaphosphate was added. Total salt contents of samples which prepared for analysis were recorded with conductivity meter (Neukum Series 3001 brand pH-temperature-conductivity meter), results have been reached by weight (% w/w) as a percentage of total salt by using related equations (Black et al., 1965; Brady and Weil, 2004; Means and Parcher, 1963).

Standard spot salt tests are pretests or process anion/cation tests performed during sampling in the field or prior to analysis in the laboratory. It is applied to determine the natural content of the materials or to determine the properties acquired by external/environmental effects (rain, snow, day-night temperature differences, air pollution or exhaust gaseous from traffic etc.). These salts dissolved in water and carried to the material; sodium, potassium and magnesium salts, sulfate, phosphate, nitrate, nitrite, chloride and carbonate etc. (Feigl, 1966). Spot salt tests were applied to determine the salt (cation / anion) type in stone and brick samples, and also pH distributions of samples were determined.

In order to determine the aggregate and binder ratios of the mortar and plaster samples of Müsellim Mosque, firstly the samples taken for dry weighing then treated with dilute acid (5% HCl) to remove their binder (total carbonate content; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>). Mortar and plaster samples separated from lime and all carbonate contents (binders) and obtained aggregate part by filtration, washing and drying processes, have been weighed again after drying at room temperature and the total binder and aggregate (% w/w) amounts have been reached. The aggregate particle distribution (granulometric analysis) was determined by applying systematic sieving process (TSE, 2012) to the aggregates that do not contain carbonate content (with sieves between 63-1000 µm).

Thin sections of the structural samples (stone, brick, tile, mortar and plaster) belonging to Müsellim Mosque were prepared and examined under an optical microscope. Thin sections were prepared from stone, brick and tile samples directly and by hardening in mortar and plaster samples showing sectionally all layers from outside to inside (Kerr 1977; Rapp, 2002).

The element contents of the structural material samples (brick, mortar and plaster/plaster layers) of the Müsellim Mosque were determined using the X-Ray Fluorescence Analysis Method (PED-XRF). After the mortar and plaster samples which were selected for the analysis were powdered in agate mortar, 32 mm discs were created, each disk was mixed with a chemical (wacks) used in the XRF analysis, placed in the sample area of the instrument and analyzed. Binder type and strength properties of mortar and plaster samples were evaluated with the help of Cementation Index (CI) data obtained with the chemical composition properties of the samples (Boynton, 1980). Cementation Index; is the ratio of the acid-soluble fraction to the bases-soluble fraction.

The colors of the glaze and pigment samples are also documented by chromamatic (color determination) analysis. Color analyzes were performed using the standard CIE L\*a\*b\* (Commission Internationale de L'Eclairage) color system. (L) value represents the lightness value of the color, (+a) value represents the red density of the color, (-a) value is the green density of the color, (+b) value is the yellow density of the color and (-b) value is the blue density of the color.

In addition, Confocal Raman Microscopy and Spectroscopy method was used to determine the mineral and compound types contained in glaze and pigment samples.

## GİRİŞ

Tekelioğlu Cami, Mütesellim Cami ya da bugünkü bilinen ismi ile Müsellim Cami; Antalya'nın, Muratpaşa ilçesi, Elmalı Mahallesi, 17. Sokak ile Şehit Binbaşı Cengiz Toytunç Caddesi'nin kesiştiği noktada bulunmaktadır (Şekil 1). Cami tapununun 183 ada, 33 parseline kayıtlıdır. Caminin mülkiyeti günümüzde Müsellim Vakfına ait olup, Gayrimenkul Eski Eserler ve Yüksek Kurulu'nun 21.01.1983 tarih, A.4097 numaralı kararı ile tescillenmiştir (Kırık, 2018).

Caminin güneybatı duvarına bitişik olarak inşa edilmiş, kare planlı Dar-ül Kurra (kütüphane) binası, kuzeybatı beden duvarına bitişik inşa edilmiş tek şerefeli minare bulunmaktadır. Ayrıca caminin doğudan ve batıdan avlu duvarı ile çevrelenmektedir. Kare planlı harimin üstü, çift kasnak ile geçilen kubbe ile örtülüdür. Alt kasnak, üst kasnağa göre daha geniş tutulmuştur. Kubbeye geçiş tromplar ile sağlanmaktadır. Harimin kuzeyinde ahşap kadınlar mahfili bulunmaktadır. Mahfil 'T' formulu başlıklara sahip ahşap dikmeler ile taşınmaktadır. Harimin beden duvarları zeminden, kubbe kasnağına kadar Kütahya işi beyaz fon üzeri lacivert çini panolar ile kaplıdır. Harimdeki tüm ahşap öğeler, kubbe, kubbe kasnağı ve duvarları kaplayan çini yüzeyleri bezemelidir. Caminin tek şerefeli minaresi kuzeybatıya bitişik olarak inşa edilmiştir. Caminin cepheleri birbiri ile simetrik olarak düzenlenmiştir. Muntazam kesme taştan inşa edilen cephe duvarlarına, dikdörtgen formulu, sivri kemer alınlıklı çini panolu pencereler açılmıştır (Kırık, 2018).

Müsellim Cami yapısal malzemelerinin arkeometrik incelemeleri<sup>1</sup>; duvar örgülerinin ana yapı malzemesini oluşturan taş ve tuğlalar ile taş/tuğla arası derz ve taş/tuğla yüzeylerinin üzerini kaplayan sıvaların, korkuluk ve cami hariminin ahşap pencere kapakları ile duvar örgüye ait hatılın analizleri ile camiye ait dekoratif örneklerden harim ve kadınlar mahfeli duvarlarını kaplayan özgün/onarım çinileri ile sıva ve ahşap üzeri kalemişi süslemelerin analizlerini içermektedir. Çalışmaya konu olan yapısal ve dekoratif malzeme örnekleri; alanda ve laboratuvar ortamında görsel olarak değerlendirilmiş, malzeme türlerine göre gruplandırılmış, fotoğraflanarak belgelenmiş ve kodlanmıştır (Tablo 1,2 ve Şekil 1,2).

Müsellim Cami'ye ait taş ve tuğla örneklerin birim hacim ağırlığı (doygun-kuru), gözeneklilik ve su emme oranlarını saptayabilmek için temel fiziksel testler (Tablo 3), suda çözünen toplam tuz içerikleri ile türlerinin belirlenmesi için de spot tuz testleri ve kondaktometrik analizler uygulanmıştır (Tablo 4). Harç ve sıvalarda toplam agrega ve bağlayıcı oranları ile agregada tane boyutu dağılımlarının belirlenmesi için asidik agrega/bağlayıcı analizi ve granülometrik analizler uygulanmıştır (Tablo 5). Yapısal örneklerin petrografik özellikleri ve tanımlamaları ince kesit optik mikroskop analizi ile (Tablo 6a-6d ve Şekil 3a-3c), kimyasal özellikleri de X-ışını Floresans (PED-XRF) analizi ile (Tablo 7a,7b) belirlenmiştir. Yapısal örneklerden harç ve sıvaların kireç türü ve dolaylı dayanım özellikleri de Cementation Index verileri ile değerlendirilmiştir (Tablo 8). Dekoratif örneklerden sır ve pigment örneklerin renkleri de kromametrik analiz ile belgelenmiş (Tablo 9 ve Şekil 4), kimyasal bileşimleri de Konfokal Raman Mikroskopi analizi ile belirlenmiştir (Şekil 5a-5g).

### 1. Yöntem ve Deneyler

Müsellim Cami'ye (Şekil 1) ait yapısal ve dekoratif malzemelerden (taş, tuğla, çini, harç, sıva ve pigment/sır) oluşan örnekler önce görsel olarak değerlendirilmiş, fotoğraflanarak belgelenmiş, gruplandırılmış ve analiz edilmek üzere kodlanmıştır (Tablo 1,2).

Fiziksel özellikler, yapı malzemelerinin belirlenmiş standart sınırlar içinde tanımlanabilen özelliklerinin teknik yönden ifadesidir. Görsel olarak oldukça sağlam (dayanıklı) olarak algılanabilecek yapısal malzemeler iklimsel, çevresel ve insani (vandalist veya turistik) etkilerle olumsuz yönde etkilenmekte, kısa veya orta/uzun vadeli tuzlanma, çatlama, kopma, likenleşme gibi bozulmalara uğrayabilmektedirler. Malzemelerin dayanımlarının belirlenmesi için temel fiziksel testler (birim hacim ağırlığı, su emme kapasitesi ve gözeneklilik) uygulanmıştır. Örneklerin doğrudan alınan kuru ağırlıkları, arşimet (su içerisinde) ve doygun ağırlıkları (saf su içerisinde 50 torr basınç altında suya doygun ağırlık) yardımıyla birim hacim ağırlıkları (doygun-kuru BHA, g/cm<sup>3</sup>), su emme

<sup>1</sup> Müsellim Camisi'nin malzeme açısından belgelenmesi ve araştırılmasına yönelik çalışmalar; T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın ilgili bölge koruma kurulları sorumluluğunda, "Rölöve, Restitüsyon, Restorasyon ve Çevre Düzenleme Projesi" kapsamında müellif firma Özlem Durmaz Mimarlık İnş. Tic. Ltd. Şti. Tarafından gerçekleştirilmiştir.

kapasitesi (%SEK) ve gözeneklilik (%P) değerleri belirlenmiştir (RILEM, 1980). Standart fiziksel testleri yapabilmek için gereken örnek miktarı standart uygulamalar (5-10 cm<sup>3</sup>'lük standart karot örnekler) açısından mümkün olmadığı için test uygulamaları, örnekleme ile alınan taş ve tuğla parçaları üzerinde gerçekleştirilmiştir (Tablo 3).

Farklı yapı malzemelerinin içeriğinde doğal olarak bulunan veya suda çözünerek sonradan malzemelerin yüzeyine veya gözeneklerine kılcal etki sonucu su ile taşınan tuzlar, malzemenin hem kendi bünyesinde, hem de ilişkide buldukları diğer malzemelerin yapılarında gerçekleşebilecek kimyasal değişimler hakkında bilgi vermektedir. Camiye ait taş ve tuğla örneklerin bünyesinde bulunan suda çözünen tuz miktarı (toplam) ve türleri ile pH değerleri belirlenmiştir (Tablo 4). Örneklerde toplam tuz ölçümü tayini için; 25 ml su içerisine alınan 5 gram örnek, 1 saat santrifüjlenip süzöldükten sonra üzerine standart sodyum heksametrafosfat eklenmiştir. Analiz için hazırlanan örneklerin toplam tuz içerikleri iletkenlik ölçer (Neukum Seri 3001 marka pH-sıcaklık-iletkenlik ölçer) ile kaydedilmiş, sonuçlar ilgili eşitlikler kullanılarak toplam tuz miktarlarına ağırlıkça yüzde olarak (%<sup>w/w</sup>) ulaşılmıştır (Black vd., 1965; Brady ve Weil, 2004; Means ve Parcher, 1963).

Standart spot tuz testleri, alanda örnekleme sırasında veya laboratuvar ortamında analizler öncesinde uygulanan ön testler veya süreçsel anyon/kasyon testleridir. Malzemelerin doğal içeriğini oluşturan ya da dış/çevresel etkilerle (yağmur, kar, gece-gündüz sıcaklık farkları, hava kirliliği, trafik vb.) sonradan kazandıkları özellikleri belirlemek amacı ile uygulanmaktadır. Suda çözünerek malzemeye taşınan bu tuzlar; sodyum, potasyum ve magnezyum tuzları olan sülfat, fosfat, nitrat, nitrit, klorür ve karbonat vb. gibi gruplardır (Feigl, 1966). Taş ve tuğla örneklerde tuz (kation/anyon) türünün belirlenmesi için spot tuz testleri uygulanmış, örneklerin pH dağılımları belirlenmiştir (Tablo 4). Çözeltilerde spot test türüne göre ya reaktifler eklenerek ya da şerit kullanılarak testler yapılmıştır. Anyon analizlerinde; standart Merck toplam sertlik (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>; kod: 110025) ve Merck nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 111170) test kitleri kullanılmıştır.

Müsellim Cami'den örneklenen harç ve sıva örneklerin agrega ve bağlayıcı oranlarının belirlenmesi için öncelikle kuru tartıma alınan örnekler daha sonra bağlayıcı (toplam karbonat içerik; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) içeriklerinden arındırılmak üzere seyreltik asitle (%5'lik HCl) muamele edilmişlerdir. Süzme, yıkama ve kurutma işlemleri ile kireç ve tüm karbonat içeriklerinden (bağlayıcısından) ayrılan ve agrega kısmı elde edilen harç ve sıva örnekler, oda sıcaklığında kurutulduktan sonra tekrar tartıma alınarak ağırlıkça toplam bağlayıcı ve agrega (%<sup>w/w</sup>) miktarlarına ulaşılmıştır (Tablo 5). Örneklerin karbonat içerikli olmayan agregalarına sistematik eleme işlemi (TSE, 2012) uygulanarak (63-1000 µm arasındaki eleklerle) agrega tanecik dağılımları (granülometrik analiz) belirlenmiştir (Tablo 5).

Müsellim Cami'ye ait yapısal örneklerin (taş, tuğla, çini, harç ve sıva) ince kesitleri hazırlanmış ve optik mikroskopta incelenmiştir. İnce kesitler, örneklerde dıştan içe doğru tüm tabakaları gösterecek şekilde taş, tuğla ve çini örnekleri için doğrudan, harç ve sıva örneklerinde sertleştirme yapılarak hazırlanmıştır (Kerr 1977; Rapp, 2002). İncelemelerde LEICA Research Polarizan DMLP Model alt ve üstten aydınlatmalı optik mikroskop kullanılmıştır. Fotoğraflamalar mikroskoba bağlı Leica DFC280 dijital kamerayla, değerlendirmeler de Leica Qwin Digital Imaging Programı kullanılarak yapılmıştır. Agregayı oluşturan kayaç ve mineraller Point Counting Programı ile tanımlanmışlardır (Tablo 6a-6d ve Şekil 3a-3c).

Müsellim Camisi'ne ait yapısal malzeme örneklerinin (tuğla, harç ve sıva/sıva katı) element içerikleri X-Işımları Floresans Analizi Yöntemi (PED-XRF) kullanılarak belirlenmiştir (Tablo 7a,7b). Analiz için seçilen harç ve sıva örnekler agat havanda toz haline getirildikten sonra 32 mm'lik diskler oluşturulmuş her bir disk XRF analizinde kullanılan bir kimyasal ile (wacks) karıştırılarak aletin örnek bölgesine yerleştirilmiş ve analizi yapılmıştır. Bu çalışmada, X-LAB 2000 model PED-XRF (Polarized Energy Dispersive-XRF) spektrometresi kullanılmıştır (Shackley, 2011). X-Lab 2000 PED-XRF spektrometresi atom numarası 11 olan sodyumdan (Na), 92 olan uranyuma (U) kadar olan elementleri analiz edebilme özelliğine sahiptir. Cihazın duyarlık sınırı, ağır elementlerde 0,5 ppm ve hafif elementlerde ise 10 ppm kadardır. Analizde temel ve az elementler oksit yüzdeleri (%) halinde, iz elementler ise milyonda bir (ppm) derişimle verilmiştir. Analizde USGS (Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma) standartları ve referans olarak GEOL, GBW-7109, ve GBW-7309 kullanılmıştır.

Harç ve sıva örneklerinin bağlayıcı türü ve dayanım özellikleri, örneklerin kimyasal bileşim özellikleri ile elde edilen Cementation Index (CI) verileri yardımı ile değerlendirilmiştir (Boynton, 1980). Cementation Index; asitte



çözünen kısmın bazlarda çözünen kısma oranıdır. Kireç içerikli harçlar agrega içeriği ve türüne bağlı olarak yağlı harç (YK) ve hidrolik harç olarak (ZHK, OHK ve HK) ayrımlandırılmaktadır. Harçlarda toplam agrega içeriği %5'in altında olan yağlı harçlar kireç oranı, yani CaO oranı yüksek harçlardır. Harçlarda toplam agrega oranı %5'in üzerinde olan harçlar, CaO oranı düşük hidroliklik özelliği olan harçlardır. Bu tür harçların ve sıvaların bileşiminde silisyum ( $\text{SiO}_2$ ), alüminyum ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ve demir ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) oranı yüksektir (Tablo 8).

Sır ve pigment örneklerin renkleri de kromamatrik (renk belirleme) analiz ile belgelenmiştir (Tablo 9 ve Şekil 4). Renk analizleri, standart CIE  $L^*a^*b^*$  (Commission Internationale de L'Eclairage) renk sistemi kullanılarak yapılmıştır. (L) değeri rengin açıklık değerini, (+a) değeri renkteki kırmızı yoğunluğunu, (-a) değeri rengin yeşil yoğunluğunu, (+b) değeri rengin sarı yoğunluğunu ve (-b) değeri de rengin mavi yoğunluğunu temsil etmektedir (Ohno, 2007).

Sır ve pigment örneklerin içerdiği mineral ve bileşik türlerinin belirlenmesi için Konfokal Raman Mikroskopi ve Spektroskopi yöntemi kullanılmıştır (Şekil 5a-5g). Bu çalışmada, Horiba Jobin Yvon Konfokal Raman Spektrometresi; Olympus BX41 Konfokal Mikroskop ve hassas Raman Spektrometresi'nin kombine edilmesiyle oluşan Konfokal bir sistem kullanılmıştır. Bu sistem ile yalnız Raman spektrumları değil aynı zamanda çok hızlı bir şekilde Raman görüntüleri de elde edilebilmektedir (Edwards ve Chalmers, 2005). Kullanılan spektrometre, 633 nm dalga boylu lazer güç modeline sahiptir. Kütüphanesinde bulunun 92000 tanımlı özel Spektral ID sayesinde mineral, amorf malzeme, boya türü, kumaş ve çeşitli çözeltilerdeki değişimler analiz edilebilmektedir. Cihaz özel optik mikroskobu sayesinde 1000 kez büyütme özelliğine sahip olup büyütülen malzemeler 0,2  $\mu\text{m}$  aralıkla analiz edilebilmektedir. Cihazın sahip olduğu özel yazılım sayesinde elde edilen Raman Spektrumları işlenebilmektedir.

## 2. Arkeometrik Analizler

### 2.1. Taş Örneklerde Arkeometrik Analizler

Antalya Müsellim Camisi'nin duvar örgülerini oluşturan (yapısal) taşlar sedimanter (kireçtaşı) kayalık kökenine sahiptir. Temel fiziksel testlerin uygulandığı kireçtaşı örneklerin doymuk/kuru birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2,14-2,89  $\text{g/cm}^3$  (ort. 2,46  $\text{g/cm}^3$ ) / 1,40-2,54  $\text{g/cm}^3$  (ort. 1,90  $\text{g/cm}^3$ ) arasında, toplam su emme kapasiteleri %2,85-24,94 (ort. %14,01) arasında ve toplam gözeneklilikleri de %6,77-35,83 (ort. %23,26) arasındaki değerlerdedir (Tablo 3). Yapısal özellikleri ile düşük yoğunluklu ve yüksek gözenekli yapıya sahip olan kireçtaşları oldukça düşük dayanım verileri sunmaktadır (Tablo 3). Örnekler içinde AMC-T3 (mermer) örneğinin dayanım özellikleri ile doğru orantı sağlayan fiziksel test verileri kireçtaşlarına göre oldukça yüksektir.

Taş örneklerin suda çözünen toplam tuz miktarları, içerdiği tuz (anyon) türleri ile pH değerleri belirlenmiştir. Kireçtaşı örneklerin pH değerleri zayıf bazik ortam şartlarını yansıtır şekilde 8,09-8,62 arasındaki (ort. 8,27) değerlerdedir (Tablo 4). Aynı örneklerin içerdiği toplam tuz miktarları da %0,28-1,73 (ort. %0,81) arasında değişmektedir (Tablo 4). Düşük gözenekli yapıdaki mermer örneğinin (AMC-T3) de oldukça yüksek oranda tuzlanmaya uğradığı anlaşılmıştır. Kondaktometrik iletkenlik analizi ile kireçtaşlarının oldukça yüksek değerlerde (özellikle minare tabanına ait onarım kireçtaşı AMC-T2, cami doğu cephesine ait mermer AMC-T3 ve minare çekirdeğine ait kireçtaşı AMC-T7 örneklerinde) toplam tuz içeriklerine sahip oldukları anlaşılmıştır (toprakta  $>\%0,15$  yüksek miktarda tuzlanmayı işaret etmektedir; Dursun, 2008).

Taş örnekler içerdikleri tuz türleri açısından değerlendirildiğinde; örneklerin düşük ve ortalama miktarlarda nitrat (10-100 mg/L) ve karbonat (80-192 mg/L) türlerinde tuzlanmalar içerdikleri belirlenmiştir (Tablo 4). Kaynağını ayıran onarım/özgün derz harçlarından alan (karbonat) ve zayıf bazik ortamda bulunan taşların tuzlanması bünyesel niteliklidir. Bununla beraber taşlara taşınan çevresel (eksoz gazlarından nitrat) ve yapısal (ayrışan harçlardan karbonat) tuzlar mevsimsel (yağışlı dönemler) etkilerle artan veya azalan oranda yıl içinde değişimler gösterebilmektedir.

İnce kesit optik mikroskop analizi ile petrografik yönden incelenen taş örnekler 2 farklı kayalık türlerinde; kireçtaşı ve mermer olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 6a ve Şekil 3a). Yapısal nitelik taşıyan kireçtaşları 3 farklı alt türde (killi, sparitik, gösel ve kumlu kireçtaşı) tanımlanmışlardır (Şekil 3a). Ayrıca çalışmada özgün nitelik taşımayıp yakın dönem onarımını ifade eden ve oldukça sınırlı bölgeden (doğu cephedeki güney pencere söve ve

denizliğinde) örneklenen mermer türü taş da örneklenmiştir. Yapıtışı olan kireçtaşları yerel formasyona aittir. Örnekler içinde AMC-T4 örneği ileri derecede bozulma (karlaşma) göstermektedir (Şekil 3a).

## 2.2. Tuğla ve Çini Örneklerde Arkeometrik Analizler

Antalya Müsellim Cami minaresinin duvar örgülerini oluşturan tuğla örneğe (AMC-B3) fiziksel testler uygulanmıştır. Tuğla örneğin fiziksel test verileri değerlendirildiğinde, doygun/kuru birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2,39 g/cm<sup>3</sup> / 1,61 g/cm<sup>3</sup>, toplam su emme kapasitesi %20,19 ve toplam gözenekliliği de %32,51 değerlerindedir (Tablo 3). Tuğla örnek düşük değerlerde birim hacim ağırlığı (1,80 g/cm<sup>3</sup>'ün altında BHA ile) ve gözeneklilik (%30'un üzerinde gözeneklilikleri ile) verileriyle düşük düzeyde dayanıma sahiptir (Tablo 3).

AMC-B3 tuğla örneğinin tuz içeriğini ortalama miktarlarda nitrat (75 mg/L) ve karbonat (80 mg/L) türlerinde tuzlar oluşturmaktadır (Tablo 4). Bazik ortamdaki örneğin pH'ı 8,36, toplam tuz içeriği de %0,66 değerindedir (Tablo 4). Gözenekli yapıdaki tuğla örnek yüksek oranda tuzlanma içermektedir. Tuğlalar nemli ortam şartlarında tuzlanmanın tahripkar etkisini taşlara oranla daha yüksek oranda taşıyan malzemelerdir.

Tuğla ve çini örneklerinin petrografik özellikleri ince kesit optik mikroskop analizi ile belirlenmiştir. Biri özgün 2 çini ve tuğla örnekler öngörüldüğü üzere 3 farklı grup altında sınıflandırılmıştır (Tablo 6b). Örneklerin boşluklu yapısı (gözenekliliği), karbonat içeriği ve kil yapısı göz önüne alınarak onarım çinisi örneğinin (AMC-B1) 900-950°C arasında, özgün çini örneğinin (AMC-B2) 700-800°C arasında ve minareden örneklenen tuğla örneğinin (AMC-B3) de 800-850°C arasında pişirim uygulanarak üretilmiştir (Tablo 6b ve Şekil 3b). Örneklerin matriks boşluk oranı %3-8 arasında değişmektedir (Tablo 6b). Onarım çini örneğinin agrega içeriğini ince (<0,5 mm), özgün çini örneğinin iri (>1,0 mm) ve tuğla örneğinin de ortalama (0,5-1,0 mm) boyutta agregalar oluşturmaktadır (Şekil 3b). Onarım çini örneği ile tuğla örneğin agrega içeriği (MTA %32) heterojen dağılımlıyken, özgün çini örneğinin (AMC-B2) oldukça iri (MTA %48) ve heterojen dağılımlı kırıklı/köşeli yapısı dikkat çekicidir (Şekil 3b). Tuğla örneğinin agrega içeriğinde (MTA %52) tuğla kırığı parçalarına (toplam agreganın %1'i oranında) da rastlanmıştır (Şekil 7b). Örneklerden onarım çini örneğinin kayaç kökenini kumtaşı, özgün çini örneğinin serpantin, tuğla örneğinin de killi kireçtaşı kayaçların ayrışmasını yansıtan agregalar oluşturmaktadır (Tablo 6b ve Şekil 3b).

Tuğla örneğin PED-XRF analizi ile kimyasal bileşimi belirlenmiştir. Örneğin kimyasal içeriğini azalan oranda SiO<sub>2</sub> (%54,78), CaO (%15,25), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%10,63), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%5,93), MgO (%4,90), LOI (toplam karbonat; %4,53) ve K<sub>2</sub>O (%2,14) oluşturmaktadır (Tablo 7a). Tuğla örneğin içeriğinde belirlenen yüksek CaO (kireç), zaman içerisinde derz harçlarından tuğlanın yapısına nüfuz etmiştir. Tuğla örneğin dayanım özelliği PED-XRF analizi ile belirlenen kimyasal içeriği ile birlikte değerlendirildiğinde; dayanımı yüksek örnekler için yapılarında %30'un üzerindeki oranda SiO<sub>2</sub> (%54,78), %10'dan düşük oranda CaO (%15,25) ve %8'in altındaki oranda Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%5,93) içermelidir (Özışık, 2000). İncelenen tuğla örneğin SiO<sub>2</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri anılan oranlarla uyumlu, yüksek CaO içeriği ise uyumsuzdur (Tablo 7a). Buradan hareketle tuğla örneğin dayanımının ortalama kalitede bir üretimi yansıtır nitelikte olduğunu söylemek mümkündür.

## 2.3. Harç ve Sıva Örneklerde Arkeometrik Analizler

Antalya Müsellim Cami, minaresi ve ekli Dar-ül Kurra'nın duvar örgülerini oluşturan taş ve tuğlaların derzlerine ait harçlar ile duvar örgülerin yüzeylerini örten sıvaların (sıva/sıva katlarının) asidik agrega/bağlayıcı analizi ile toplam bağlayıcı/agrega oranları belirlenmiştir. Harç örneklerin toplam agrega (karbonat içermeyen) içerikleri %9,15-42,73 (ort. %29,34) arasında değişim göstermektedir (Tablo 5). Örneklenen sıva/sıva katı örneklerinin toplam agrega oranları ise %3,08-40,48 (ort. %17,37) değerleri arasındadır (Tablo 5). Sadece toplam agrega/bağlayıcı oranları açısından yapılacak bir değerlendirme ile özgün nitelik taşıyan harçlar ile onarım ve özgün nitelik taşıyan sıva/sıva katı örneklerinin düşük (harçlarda AMC-H2, sıvalarda AMC-S2b ve AMC-S3 gibi) ve ortalama oranlarda toplam agrega içeriklerinin bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 5). Harç ve sıva örneklerin toplam agrega oranları en genel anlamda geleneksel/standart uygulamalarda görülen 2:1 (agrega:bağlayıcı) karışım oranıyla uyum göstermemektedir. Analiz uygulanan harçlar hem kendi içinde hem de sıvalarla farklılaşan agrega/bağlayıcı içeriklerine sahiptirler. Bunun nedeni örneklerin fonksiyon ve hammadde içerikleri ile ilgilidir.

Müsellim Cami'ye ait taş ve tuğlaların derzlerinden örneklenerek agrega/bağlayıcı analizine tabi tutulan harçlar ile sıvaların asidik işlem sonrası elde edilen agregaları, sistematik elemelerden geçirilerek granülometrik ayrımları  $<63 \mu\text{m} - 1000 < \mu\text{m}$  elek aralığında 6 farklı bölümlere ile yapılmıştır (Tablo 5). Harç örneklerde kil/silt ( $<63 \mu\text{m} \text{Ø}$ ) boyutlu agrega oranı %1,83-26,76 (ort. %9,28) arasındaki, sıva/sıva katı örneklerinin ise %3,46-23,79 (ort. %14,98) arasındaki değerlerdedir (Tablo 5). Harçların çok iri kum boyutlu ( $>1000 \mu\text{m} \text{Ø}$ ) agrega içerikleri %9,42-90,89 (ort. %51,87) arasındaki, sıvaların ise %6,87-69,01 (ort. %47,86) arasındaki değerlerdedir (Tablo 5). Analiz edilen örneklerin silt/kum boyutlu agrega içeriğini de toplam kil/silt ve çok iri kum dışındaki agregalar (%100'e tamamlanan oranda) oluşturmaktadır. Harç ve sıva örneklerin ana agrega içeriklerini (harçlarda AMC-H6 ve sıvalarda da AMC-S2a dışında) çok iri kum boyutundaki ( $>1000 \mu\text{m} \text{Ø}$ ) agregalar birlikte oluşturmaktadır (Tablo 5) (Wentworth, 1922). Harç ve sıva örnekler birlikte değerlendirildiğinde ise, özgün harç ve sıva örneklerin agrega içerikleri ve fiziksel yapılarının benzerlik taşıdığı görülmektedir (Tablo 5).

Müsellim Cami'den örneklenen harç ve sıva örnekler asidik agrega/bağlayıcı analizinden geçirildikten sonra elde edilen agregaların içeriği ve tanecik türleri binoküler mikroskop altında incelenmiştir. Özgün harç ve sıvaların içeriğine ait agregaların fiziksel yapılarının yoğunlukla yuvarlanmış ve oldukça iri, onarım örneklerinin ise daha ince ve kırıklı/köşeli taneli bir yapı sergilediği görülmektedir.

Müsellim Cami harç ve sıva örnekleri ince kesit optik mikroskop analizi ile petrografik yönden detaylı olarak incelenmiştir. Agrega/bağlayıcı bileşimleri incelenen harç örnekler 7, sıva/sıva katı örnekler de 5 farklı grup altında sınıflandırılmıştır (Tablo 6c,6d ve Şekil 3b,3c). Özgün nitelik taşıyan harç ve sıva örneklerin bağlayıcı içeriğini; kireç, kireç/kil, kireç/alçı ve kireç/kil/alçı, onarım harç ve sıvalarında ise kireç/çimento, kireç/alçı ve kireç/kil/çimento karışımı bağlayıcıların oluşturduğu belirlenmiştir (Tablo 6c,6d ve Şekil 3b,3c). Sıva katı örneklerinin üst katları onarım uygulamalarına işaret eden çimento içeriklidir.

Özgün ya da onarım niteliğinden bağımsız olarak harçlarda optik mikroskop analizi ile belirlenen toplam matris agrega içeriği %25-68 arasında, sıvalarda ise %12-80 arasında değişmektedir (Tablo 6c,6d). Özgün/onarım harçlarda rastlanmazken, sıva/sıva katı örneklerinin agrega içeriğinde (Dar-ül Kurra ve minareden örneklenen AMC-S2b ve AMC-S4b alt kat özgün sıva örneklerde) tuğla kırığı parçalarının (toplam agreganın %2'si oranında) bulunduğu da belirlenmiştir (Tablo 6c,6d ve Şekil 3b,3c). Müsellim Cami'den örneklenen 7 grup (3 grubu onarım örnekleri içeren) harç ile 5 grup sıva/sıva katı (2 grubu onarım örnekleri içeren) örneklerinin agrega/bağlayıcı yapılarında görülen farklılıklar, bu uygulamaların farklı dönem, fonksiyon (derz ve moloz dolgu) veya özgün/onarım örneklerinde aynı dönemde tercih edilen farklı hammadde kullanımı ile de açıklanabilir. Bununla beraber cami, minare ve Dar-ül Kurra harç ve sıvalarının agrega/bağlayıcı yapısında belirlenen benzerlikler, bu yapıların özgün harç uygulamaları (dönem) ve inşa yaklaşımı hakkında da bilgiler vermektedir.

Müsellim Cami harç ve sıva/sıva katı örneklerinin kimyasal bileşimlerine PED-XRF analizi ile ulaşılmıştır (Tablo 7a). Harç örneklerin ana ( $>\%1$ ) element içeriğini azalan oranda CaO (ort. %50,34), LOI (toplam karbonat, ort. %43,27) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %3,23) oluşturmaktadır (Tablo 7a). İnce kesit optik mikroskop analizini destekler nitelikte özgün harç örneklerin petrografik yapılarında görülen benzerlikler, örneklerin belirlenen kimyasal içeriklerinde de izlenebilmektedir. Sıva örneklerin ana element içeriğini de; CaO (ort. %48,91), LOI (toplam karbonat, ort. %31,05), K<sub>2</sub>O (ort. %7,85), SiO<sub>2</sub> (ort. %4,58), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (ort. %1,93), SO<sub>3</sub> (ort. %1,71) ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (ort. %1,03) oluşturmaktadır (Tablo 7b). Sıva örnekler içinde AMC-S3 örneği diğer örneklerden farklılaşan kimyasal içeriği (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SO<sub>3</sub> ve Cl) ile dikkat çekmektedir. Örneğin yapısında bulunan fosfat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) organik içerikten, sülfat (SO<sub>3</sub>) alçı bağlayıcıdan, klor (Cl) da denize ait hammadde kullanımından kaynaklanmaktadır (Tablo 7b).

Harç ve sıva/sıva katı örneklerinin PED-XRF analizi ile elde edilen verileri üzerinden Cementation Index (CI) değerlerine ulaşılmıştır (Tablo 8). Harç ve sıvaların dayanım özellikleri ve kireç türleri hakkında fikir veren bu veriler, örneklerin farklı kireç türlerinde hidrolilik özellikte (YK ve HK) olduğunu göstermiştir. Harç örneklerin CI değerleri 0,17 ve 0,25 (ort. 0,21) değerlerinde, sıva örneklerin CI değerleri de 0,002-0,98 arasında değişim göstermektedir (Tablo 8). Harç örneklerin CI verileri örneklerin dayanımları hakkında da veriler sağlamaktadır. Ayrıca CI verileri yüksek örneklerin hidrolilik ya da dayanım özellikleri de yüksektir. İncelenen harç ve sıvalar düşük değerlerde (AMC-S2a dışında) CI verilerine yani düşük dayanımlara sahiptirler.

#### 2.4. Sır ve Pigment Örneklerde Arkeometrik Analizler

Antalya Müsellim Cami harimi ve kadınlar mahfeli duvarlarını kaplayan çinilerin sırları ile sıva ve ahşap üzeri kalem işleri ve boyalardan örneklenen sır ve pigmentlerin renkleri kromametrik analiz ile tanımlanmıştır (Tablo 9 ve Şekil 4). Beyaz, mavi ve siyah renkteki sır örneklerinde (L) renk kodu değeri 9,59 ile 49,90 arasında, (a) renk kodu değeri 0,96 ile 3,81 arasında ve (b) değeri de -12,89 ile 10,83 arasında değişim göstermektedir (Tablo 9). Mavi, kırmızı, yeşil, sarı, pembe, beyaz ve yıldız renkte ve farklı ara tonlardaki pigment örneklerin (L) renk kodu değeri 12,73 ile 59,59 arasında, (a) renk kodu değeri -1,65 ile 21,73 arasında ve (b) değeri de -14,46 ile 26,20 arasında değişim göstermektedir (Tablo 9).

Sır ve pigment örnekler içinden seçilen örneklerin kimyasal bileşimleri de Konfokal Raman Mikroskopi analizi ile belirlenmiştir (Şekil 5a-5g). Örneklerin renklerini oluşturan mineraller kullanılan hammadde kaynağını da işaret etmektedirler. Analiz edilen örneklerin bileşimlerini; kırmızı renkli AMC-P3 pigment örneğinde kurşun oksit ( $Pb_3O_4$ ), yeşil renkli AMC-P4c pigment örneğinde orpiment ( $As_2S_3$ ), altın yıldızlı pigment AMC-P5 örneğinde variscite ( $AlPO_4 \cdot 2H_2O$ ), mavi renkli AMC-P12a pigment örneğinde lazurite/lapislazuli ( $Na_5Al_3Si_3O_{12}S$ ), beyaz renkli AMC-P13a çini sırtı örneğinde kuvars ( $SiO_2$ ), mavi renkli AMC-P13b çini sırtı örneğinde giobertite ( $MgCO_3$ ), siyah renkli AMC-P13c çini sırtı örneğinde de kalsite ( $CaCO_3$ ) oluşturmaktadır (Şekil 5a-5g).

#### 3. Bulgular ve Öneriler

Antalya kent merkezinde bulunan Müsellim Cami'ye ait yapısal ve dekoratif malzemelerden oluşan örnekler (taş, tuğla, çini, harç, sıva, pigment, sır ve ahşap), çeşitli analitik metotlar kullanılarak arkeometrik yönden incelenmiş, tanımlanmış, sınıflandırılmış ve malzeme açısından belgelenmiştir. Malzeme analizi çalışmaları ile caminin hem yapısal yönden tanımlanması ve belgelenmesi, hem de restorasyon uygulamalarında seçilecek eşdeğer malzeme seçimi açısından da önemli bir altlık oluşturulması hedeflenmiştir. Caminin özgün/yapısal malzemeleri uygun yaklaşımlarla korunmalıdır. Bu uygulamalarda koruma uzmanlarından hizmet alınmalıdır.

Müsellim Cami'nin inşasında kullanılmış olan yapısal taşlar kireçtaşlarıdır. Ayrıca çalışma kapsamında duvar örgülerden ve dekoratif amaçla (niş denizliğinde) kullanılmış, oldukça sınırlı alanlarda bulunan mermer türü taşlar da örneklendirilmiştir. Caminin inşasında kullanılan yapısal nitelikteki taşlar yakın çevre yerel kayaç formasyonunu doğrudan yansıtmaktadır. Taş onarımlarında kullanılacak **kireçtaşları** özgün taşlarla uyumlu kayaç yapısında yerel kayaç formasyonlarından temin edilebilir. Restorasyon uygulamaları öncesinde ve sırasında kullanılacak taşların onarım için uygun olup olmadıklarının da petrografik yönden incelenmesi önerilmektedir.

Minarenin duvar örgülerine ait tuğlaların onarımında özgün tuğlaların şekil, doku, kimyasal ve petrografik yapılarıyla uyumlu (özel olarak üretilmiş) tuğlalar kullanılmalıdır.

Yapıların özgün taş/tuğla derz ve moloz dolgu harçları kireç ve kireç/kil karışımı bağlayıcı içeriklerine sahiptir. Onarım uygulamalarında öncelikle özgün harçla uyumlu, doğal kireç içeren harçların tercih edilmesi önerilmektedir.

Özgün sıvaların harç içeriğinde de belirlenen tuğla kırıkları, denize yakınlıktan kaynaklanan nemlenmenin etkisini azaltmak için kullanılmış olmalıdır.

Önerilen kireç harçları, söndürülmüş ve dinlendirilmiş kireçten oluşan (doğal) onarım harçlarıdır. Bu tür harçlar mukavemet açısından orta ve uzun vadede yapılar için daha başarılı dayanım özelliğine sahiptirler.

Onarım harç ve sıva içeriklerinin hiçbir aşamasında **çimento içerikli** malzeme kullanılması önerilmemektedir. Onarım aşamasında, önerilen harç ve sıva içeriklerinin özgün malzeme ile uyumlu olup olmadığının anlaşılması için de öncelikle deneme uygulamalarının yapılması ve izlenmesi önerilmektedir.

#### SONUÇ



Arkeometrik çalışmalar kapsamında taş ve tuğla örneklerin temel fiziksel özellikleri fiziksel testlerle (birim hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi ve gözeneklilikleri), suda çözünen tuz miktarı ile tuz (anyon) türleri de kondaktometrik analiz ile belirlenmiştir. Harç ve sıvalarda agrega/bağlayıcı ve agregada tane boyutu dağılımı (granülometrik) analizleri uygulanmıştır. Yapısal örneklerin (tuğla, harç ve sıva/sıva katı) petrografik yapıları ince kesitleri hazırlanıp optik mikroskop analizi ile, kimyasal özellikleri de X-Işını Floresans (PED-XRF) analizi ile belirlenmiştir. Pigment/sır örneklerin renk değerleri kromametrik analiz ile, kimyasal bileşimleri de Raman Analizi (Konfokal Raman Mikroskopi ve Spektroskopi) ile tanımlanmıştır.

Yapıların özgün taş/tuğla derz ve moloz dolgu harçları kireç ve kireç/kil karışımı bağlayıcı içeriklerine sahiptir. Müsellim Cami inşasında kullanılmış olan yapısal taşlar kireçtaşlarıdır. Ayrıca çalışma kapsamında duvar örgülerden ve dekoratif amaçla (niş denizliğinde) kullanılmış, oldukça sınırlı alanlarda bulunan mermer türü taşlar da örneklenmiştir. Caminin inşasında kullanılan yapısal nitelikteki taşlar yakın çevre yerel kayaç formasyonunu doğrudan yansıtmaktadır.

**KAYNAKÇA**

- Black, C. A., Evans, D. D., Ensminger, L. E., White, J. L., Clark, F. E. (1965). *Methods of Soil Analysis No. 9 in the Series Agronomy*, American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Boynton, R.S. (1980). *Chemistry and Technology of Lime and Limestone*, 2nd ed, John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 578.
- Brady, N.C., Weil, R.R. (2004). *Elements of the Nature and Properties of Soils*, 2nd ed., Pearson and Prentice Hall, New Jersey, 96.
- Dursun, H., Dizdar, M.Y., Kırıştıoğlu, ř., Özcan, İ., Hamurkar, Y. (2008). *Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat*, Tarım ve Köyiřleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliřtirme Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara, s. 70.
- Edwards, H.G.M., Chalmers, J.M. (2005). *Raman Spectroscopy in Archaeology and Art History*, RSC Analytical Spectroscopy Monographs.
- Feigl, F. (1966). *Spot Test in Organic Analysis*, Elsevier Publication Company, Amsterdam.
- Kerr, P.F. (1977). *Optical Mineralogy*, McGraw-Hill Co. First Ed'n., New York.
- Kırık, M. (2018). *Antalya Müsellim Cami Rölöve Restitüsyon Restorasyon Projesi; Restitüsyon Raporu*, Özlem Durmaz Mimarlık.
- Means, R.E., Parcher, J.V. (1963). *Physical Properties of Soils*, Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, Ohio, USA.
- Ohno, Y. (2007). *Spectral Colour Measurement*, in *CIE Colorimetry: Understanding the CIE System*, J. Schanda, Ed., Ch. 5., Wiley Publication, New York.
- Özışık, G. (2000). *Yapı Mühendisliğinde Tuğla Elemanlar ve Yapı Sistemleri*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- RILEM, (1980). *Research and Testing, Materials and Construction 13*, Chapman and Hall, Paris, p. 73.
- Rapp, G. (2002). *Archaeomineralogy*, Springer-Verlag, Berlin.
- Shackley, M.S. (Ed.) (2011). *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*, DOI 10.1007/978-1-4419-6886-9-2, Springer Publication.
- TSE / Türk Standartları Enstitüsü. (2007). *Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini - Eleme Metodu. (TS 3530 EN 933-1/ Nisan 1999 / şubat 2007 / 12.04.2012)*. Ankara.
- Wentworth, C.K. (1922). *A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments*, *Journal of Geology*, Vol. 30, p. 377-392.

Grup Kodu	Yapısal Malzeme Grubu Açıklamalar	Örnek Sayısı
AMC-T*	Taş Örnekler (Caminin duvar örgülerinden)	8
AMC-B	Tuğla Örnek (Minare duvar örgüsünden)	1
AMC-B	Çini Örnekler (Caminin duvar kaplamalarından)	2
AMC-H	Harç Örnekler (Cami/Minare duvar örgü taş/tuğla derz ve moloz dolgularından)	10
AMC-S	Sıva Örnekler (Cami taş/tuğla duvar örgü üzerinden)	7
AMC-P	Pigment/Sır Örnekler (Cami mihrap, ahşap ve çini üzerinden)	24 / 6

(\*) Kodlama Ön Ek : AMC (= Antalya Müsellim Cami)

**Tablo 1.** Müsellim Cami yapı malzeme grubu

Örnekler	Açıklamalar	Malzeme Türü
AMC-T1	Minare kaidesi batı yüzü 4. taş sırasından (14)*	Taş
AMC-T2	Minare taban seviyesi güney yüzden onarım taşı (17)**	
AMC-T3	Cami doğu cephe güney pencere seviyesinden (18)	
AMC-T4	Doğu cephe taban seviyesinden ileri derecede bozulmuş (20)	
AMC-T5	Yapı taşı (25)	
AMC-T6	Mahfel silmeden yapı taşı (31)	
AMC-T7	Minare çekirdekten (36)	
AMC-T8	Minareden yapı taşı (37)	
AMC-B1	Batı duvar 3 m seviyesinden onarım çinisi (1)	Çini
AMC-B2	Cami güney cephe doğu pencereden özgün çini (23)	Tuğla
AMC-B3	Minare orta seviye mazgaldan (35)	
AMC-H1	Mihraptan yıldız altından (5)	Harç
AMC-H2	Minare taban seviyesinden onarım taş arası dolgu harcı (15)	
AMC-H3	Minare taban seviyesinden onarım taş derzi (16)	
AMC-H4	Cami doğu cephe güney pencerenin kuzeyinden taş derzi (19)	
AMC-H5	Güney cephe batı pencerenin doğusundan onarım derzi (21)	
AMC-H6	Güney cephe batı pencerenin doğusundan taş derzi (22)	
AMC-H7	Dar-ül Kurra'nın güney duvarından hatıl-taş arası derzi (27)	
AMC-H8	Kadınlar mahfeli kuzey duvarı onarım çinisi yatak harcı (30)	
AMC-H9	Kadınlar mahfeli kuzey duvar silmeden derz harcı (33)	
AMC-H10	Minare orta seviyeden tuğla derz harcı (38)	
AMC-S1a	Dar-ül Kurra'nın güney duvarından onarım üst sıva katı (24)	Sıva
AMC-S1b	Dar-ül Kurra'nın güney duvarından onarım ara sıva katı (24)	
AMC-S1c	Dar-ül Kurra'nın güney duvarından onarım alt sıva katı (24)	
AMC-S2a	Dar-ül Kurra'nın güney duvarından onarım üst sıva katı (28)	
AMC-S2b	Dar-ül Kurra'nın güney duvarından alt sıva katı (28)	
AMC-S3	Kadınlar mahfelinin batısındaki merdivenin batısından (32)	
AMC-S4a	Minare orta seviyeden üst sıva katı (34)	
AMC-S4b	Minare orta seviyeden alt sıva katı (34)	

(\*) Belirtilen rakamlar örnekleme sırasını ifade etmektedir

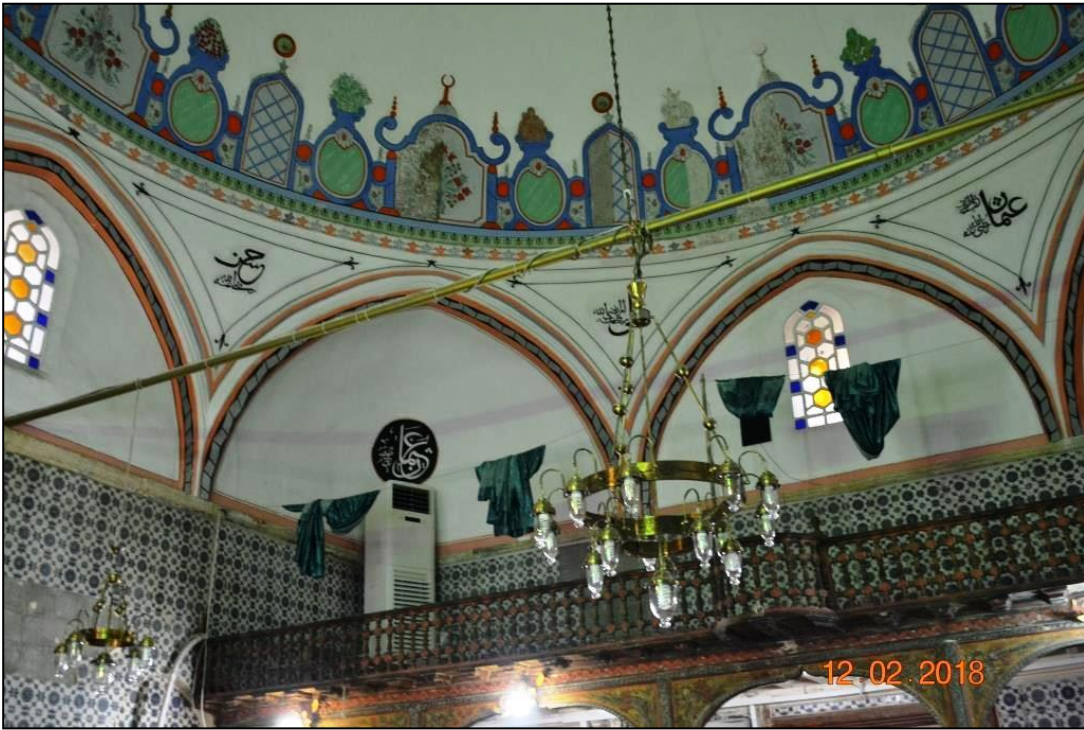
**Tablo 2.** Müsellim Cami'den örneklenen taş, tuğla, çini, harç ve sıva örnekleri

Örnekler	Açıklamalar	Malzeme Türü
AMC-P1a	Batı duvar 3 m seviyesinden onarım çinisi - beyaz boya (1)*	Sır
AMC-P1b	Batı duvar 3 m seviyesinden onarım çinisi - mavi boya (1)	
AMC-P1c	Batı duvar 3 m seviyesinden onarım çinisi - siyah boya (1)	
AMC-P13a	Güney cephe doğu pencereden özgün çini üzeri - beyaz boya (23)	
AMC-P13b	Güney cephe doğu pencereden özgün çini üzeri - mavi boya (23)	
AMC-P13c	Güney cephe doğu pencereden özgün çini üzeri - siyah boya (23)	
AMC-P2	Mihrap doğusundaki pencere kapısından - mavi boya (2)	Pigment
AMC-P3	Doğu duvar güney pencere ahşap kapak dış banttandır - kırmızı boya (3)	
AMC-P4a	Doğu duvar kuzey pencere üzerinden - açık yeşil boya (4)	
AMC-P4b	Doğu duvar kuzey pencere üzerinden - kırmızı boya (4)	
AMC-P4c	Doğu duvar kuzey pencere üzerinden - yeşil boya (4)	
AMC-P5	Mihraptan - altın yaldız boya (5)	
AMC-P6	Mihraptan - yeşil boya katı (6)	
AMC-P7	Mihrap doğusundan - mavi boya (7)	
AMC-P8a	Minberin batısından ahşap üzeri - kırmızı boya (8)	
AMC-P8b	Minberin batısından ahşap üzeri - yeşil boya (8)	
AMC-P8c	Minberin batısından ahşap üzeri - sarı boya (8)	
AMC-P9a	Doğu duvar kuzey pencereden - kırmızı boya (10)	
AMC-P9b	Doğu duvar kuzey pencereden - yeşil boya (10)	
AMC-P9c	Doğu duvar kuzey pencereden - mavi boya (10)	
AMC-P9d	Doğu duvar kuzey pencereden - pembe boya (10)	
AMC-P9e	Doğu duvar kuzey pencereden - sarı boya (10)	
AMC-P10a	Doğu duvar kuzey pencereden mahfel altından - beyaz boya (11)	
AMC-P10b	Doğu duvar kuzey pencereden mahfel altından - yeşil boya (11)	
AMC-P11a	Doğu duvar kuzey pencereden mahfel altından - kırmızı boya (12)	
AMC-P11b	Doğu duvar kuzey pencereden mahfel altından - beyaz boya (12)	
AMC-P12a	Caminin doğu cephesinden derz harcı üzeri - mavi boya (19)	
AMC-P12b	Caminin doğu cephesinden derz harcı üzeri - beyaz boya (19)	
AMC-P14a	Mihrabın doğusundan - altın yaldız boya (29)	
AMC-P14b	Mihrabın doğusundan - açık yeşil boya (29)	

(\*) Belirtilen rakamlar örnekleme sırasını ifade etmektedir

**Tablo 2.** Müsellim Cami'den örneklenen pigment/sır örnekler (devam)





Şekil 1. Müsellim Cami doğu cephesi (üstte) ve hariminden görünüm (Antalya, 12.02.2018)





Şekil 2. Müsellim Camii örneklemeleri (06.05.2018)



Şekil 2. Müsellim Camii örneklemeleri (06.05.2018) (devam)

Örnekler	BHA-Doygun (g/cm <sup>3</sup> )	BHA-Kuru (g/cm <sup>3</sup> )	SEK (%)	P (%)	Tür
AMC-T1	2,53	2,13	7,53	16,00	Kireçtaşı
AMC-T2	2,55	2,38	2,85	6,77	
AMC-T4	2,23	1,56	19,45	30,26	
AMC-T5	2,14	1,40	24,94	34,84	
AMC-T6	2,50	1,82	14,81	26,98	
AMC-T7	2,89	2,54	4,78	12,15	
AMC-T8	2,36	1,51	23,69	35,83	
AMC-T3	2,74	2,68	0,77	2,06	
AMC-B3	2,39	1,61	20,19	32,51	Tuğla
<b>Kireçtaşı Ort.</b>	<b>2,46</b>	<b>1,90</b>	<b>14,01</b>	<b>23,26</b>	<b>Ortalama</b>

Tablo 3. Müselli Cami taş ve tuğla örneklerinde temel fiziksel testler

Örnekler	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Karbonat (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	pH	SS (%)
AMC-T1	-*	80*	8,22**	0,42**
AMC-T2	100	192	8,50	1,47
AMC-T3	-	80	8,62	1,84
AMC-T4	10	112	8,09	0,28
AMC-T5	-	80	8,11	0,32
AMC-T6	25	192	8,23	0,53
AMC-T7	-	112	8,47	1,73
AMC-T8	50	192	8,28	0,89
AMC-B3	75	80	8,36	0,66
<b>Kireçtaşı Ort.</b>			<b>8,27</b>	<b>0,81</b>

(\*) Testlerin Hassasiyeti; (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>): 10 mg/L, (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>): 4 mg/L

(\*\*) 100 mL suda

Tablo 4. Müselli Cami taş ve tuğla örneklerinde tuz türü, pH ve toplam tuz miktarı (SS) testleri

Örnekler	TB (%)*	TA (%)*	<63 µm	>63 µm	>125 µm	>250 µm	>500 µm	>1000 µm
AMC-H4	68,03	31,97	5,43	1,15	3,18	11,16	31,32	47,76
AMC-H6	90,85	9,15	26,76	0,99	14,20	31,66	16,98	9,42
AMC-H9	57,27	42,73	1,83	0,90	1,28	1,85	3,26	90,89
AMC-H10	66,48	33,52	3,10	1,42	4,24	12,75	19,05	59,43
AMC-S2a	59,52	40,48	10,05	4,04	21,64	52,02	5,38	6,87
AMC-S2b	96,38	3,62	23,79	1,32	2,99	5,77	4,10	62,02
AMC-S3	96,92	3,08	22,63	2,06	3,76	9,21	8,81	53,53
AMC-S4b	77,72	22,28	3,46	2,13	3,49	5,25	16,66	69,01
<b>Harç Ort.</b>	<b>70,66</b>	<b>29,34</b>	<b>9,28</b>	<b>1,12</b>	<b>5,72</b>	<b>14,35</b>	<b>17,65</b>	<b>51,87</b>
<b>Sıva Ort.</b>	<b>82,63</b>	<b>17,37</b>	<b>14,98</b>	<b>2,39</b>	<b>7,97</b>	<b>18,06</b>	<b>8,74</b>	<b>47,86</b>

(\*) TA: Toplam agrega oranı, TB: Toplam bağlayıcı oranı

Tablo 5. Müselli Cami harç ve sıva örneklerinde agrega/bağlayıcı ve granülometrik analizler



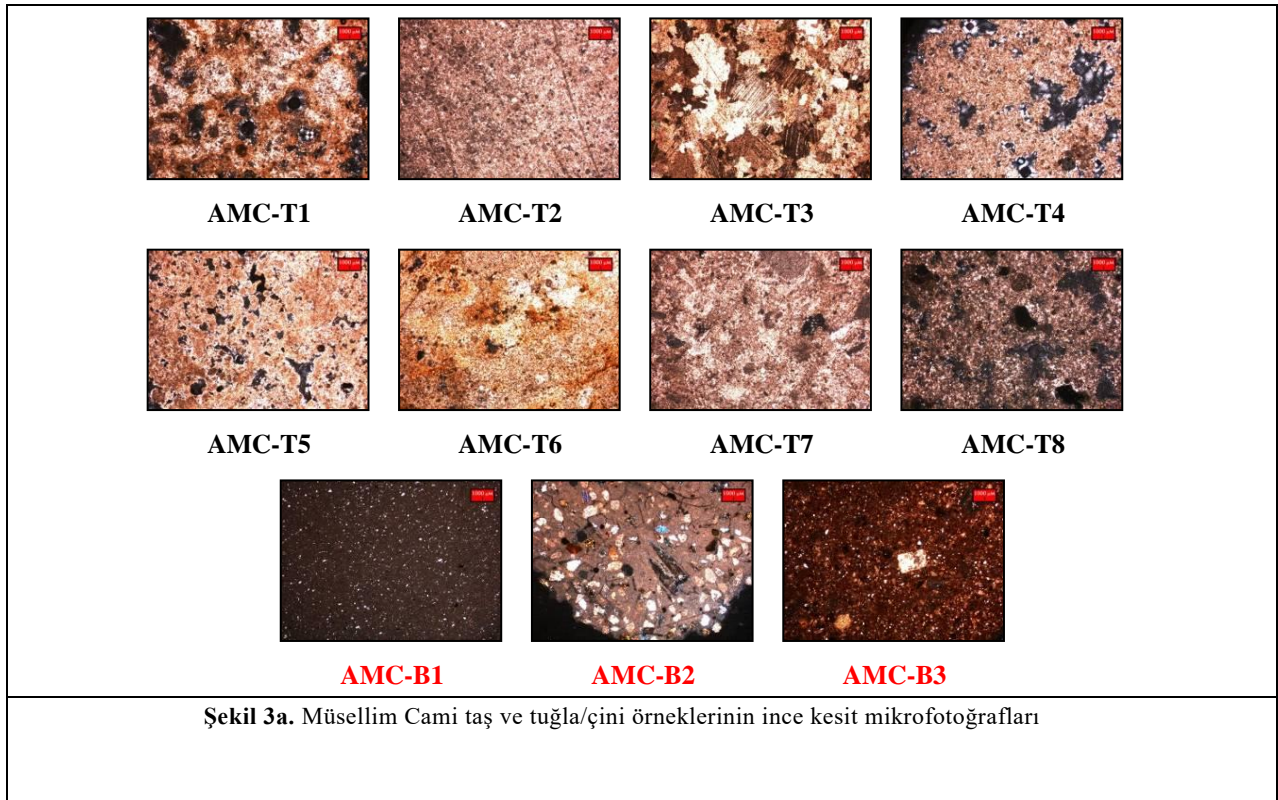
Taş Örnekler	Kayaç Türü	Doku	Sertlik (Mohs)	Kayaç ve Mineraller*
AMC-T1 AMC-T6	Killi Kireçtaşı	Mikritik	2 – 2,5	C matriks, az oranda Cr,Q,Kil
AMC-T5	Killi Kireçtaşı	Mikritik	2 – 2,5	C matriks, az oranda Cr,Ar,Kil
AMC-T2	Sparitik Kireçtaşı	Sparitik	2 – 2,5	C matriks, az oranda Ar,Op
AMC-T7	Sparitik Kireçtaşı	Sparitik	2 – 2,5	C matriks
AMC-T4	Gölsel Kireçtaşı	Mikritik	2,5 – 3	C matriks, az oranda Op,As (ileri derecede karşılaşma)
AMC-T8	Kumlu Kireçtaşı	Mikritik	2,5 - 3	C matriks, az oranda Q,As
AMC-T3	Mermer	Granoblastik	3	C (Basınç İkizli <0,3 mm)

Tablo 6a. Müsellim Cami taş örneklerinin petrografik özellikleri

Tuğla/Çini Örnekler	T (°C)	P (%)	MTA (%)	Kayaç ve Mineraller*	Agrega Boyutu	Kayaç Kökeni
AMC-B1	900-950	5	32	Q,Ç,Pl,By,Sr,Op	İnce**	Kumtaşı
AMC-B2	700-800	3	48	Q,Pl,Op,Py,S,D	İri	Serpantin (Ofiyolitik)
AMC-B3	800-850	8	52	Q,C,Ç,Pl,By,TK(%1)	Orta	Killi Kireçtaşı

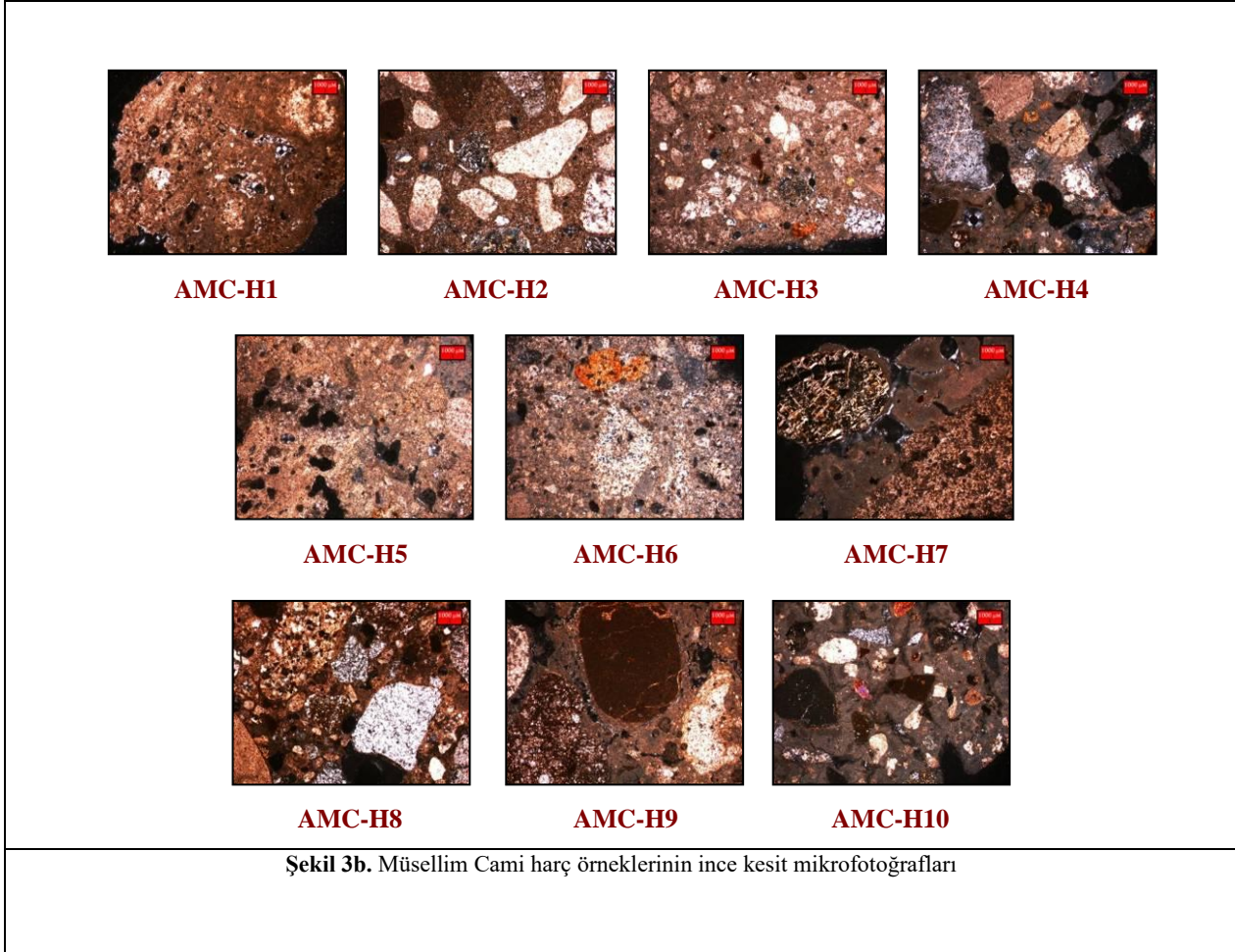
(\*\*) İnce / Orta / İri Boyutlu Agregat (mm) : <0,5 / 0,5-1,0 / >1,0

Tablo 6b. Müsellim Cami tuğla ve çini örneklerinin petrografik özellikleri



Harç Örnekler	MTB (%)	MTA (%)	Matriks Bağlayıcı İçeriği (%100)				Matriks Agrega İçeriği (%100)		
			Kireç	Kil	Çm	Alçı	Kayaç & Mineraller*	TK	Org
AMC-H1 (Özgün)	75	25	35	10	-	55	100 (Q,K,Ç,Pl,Py,By,Sr)	-	-
AMC-H2 AMC-H3 (Onarım)	55	45	65	-	35	-	100 (Q,K,Ç,Pl,By,Py,B,D,Gb,Op)	-	-
AMC-H4 AMC-H7 AMC-H10 (Özgün)	45	55	60	40	-	-	100 (Q,K,Ç,Pl,Py,D,L,S,R,Ov,Op)	-	-
AMC-H5 (Onarım)	65	35	75	25	-	-	100 (Q,K,Ç,Pl,Py,Ov,Op,R)	-	-
AMC-H6 (Özgün)	54	46	70	30	-	-	100 (Q,Pl,Py,Ov,Op,Sr)	-	-
AMC-H8 (Onarım)	32	68	30	15	55	-	100 (Q,K,Ç,Pl,Py,Kt,B,Sr,Qs,Ov,Op)	-	-
AMC-H9 (Özgün)	48	52	70	30	-	-	100 (Q,K,Ç,Pl,Py,Sr,R,S,Op,Kt,)	-	-

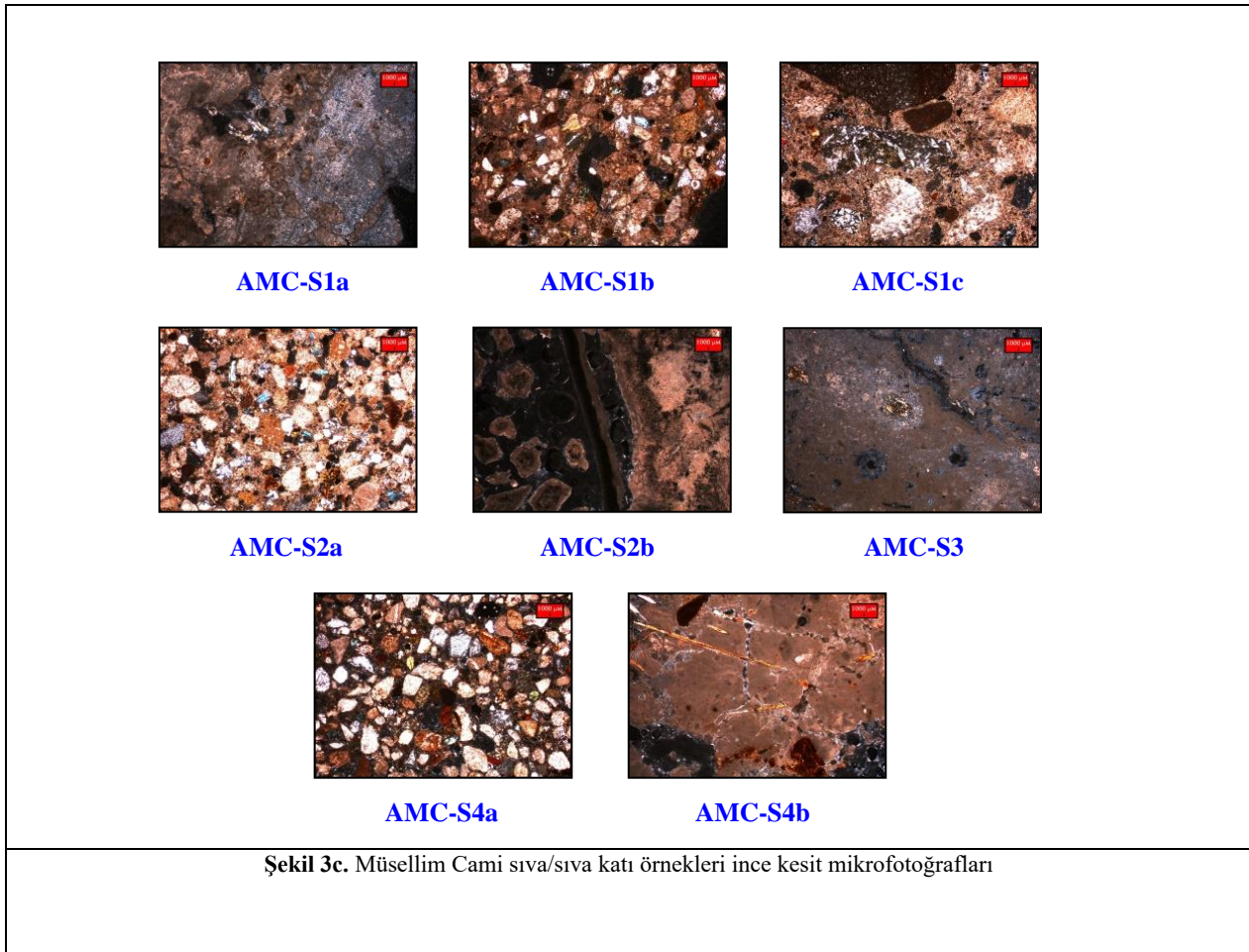
Tablo 6c. Müsellim Cami harç örneklerinin petrografik özellikleri



Sıva Örnekler	MTB (%)	MTA (%)	Matriks Bağlayıcı İçeriği (%100)				Matriks Agrega İçeriği (%100)		
			Kireç	Kil	Çm	Alçı	Kayaç & Mineraller*	TK	Org
AMC-S1a (Onarım)	85	15	55	-	-	45	100 (Q,Ç,Pl,Op,S)	-	-
AMC-S1b AMC-S2a AMC-S4a (Onarım)	20	80	80	-	20	-	100 (Q,K,Pl,B,Ç,D,Py,Ov)	-	-
AMC-S1c (Özgün)	65	35	100	-	-	-	100 (Q,Kt,Pl,D,S,B,By,Op)	-	-
AMC-S3 (Özgün)	88	12	70	-	-	30	80 (Q,By,Op,S,B,Pl,Py)	-	20
AMC-S2b AMC-S4b (Özgün)	68	32	95	5	-	-	83 (Q,K,Ç,Pl,Py,By)	2	15

(\*): Am: Amfibol, Ar: Aragonit, B: Bazalt, By: Biyotit, C: Kalsit, Cr: Rekristalize Kalsit, Ç: Çört, Çm: Çimento, D: Diabaz, G: Granit, Gb: Gabro, K: Kireçtaşı, Kt: Kumtaşı, L: Lisvenit, MTA: Matriks Toplam Agrega Oranı, MTB: Matriks Toplam Bağlayıcı Oranı, Op: Opak Mineraller, Org: Organik İçerik, Ov: Olivin, Pl: Plajiyoklas, Q: Kuvars, R: Radyolarit, S: Serpantinit, Sr: Serizit, TK: Tuğla Kırığı

Tablo 6d. Müsellim Cami sıva/sıva katı örneklerinin petrografik özellikleri



Şekil 3c. Müsellim Cami sıva/sıva katı örnekleri ince kesit mikrofotografıları

Element	Birim	AMC-B3	AMC-H7	AMC-H9	Harç Ort.	
Na <sub>2</sub> O	%	0,360	0,052	0,110	<b>0,081</b>	
MgO		4,90	0,262	0,181	<b>0,222</b>	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		10,63	0,759	0,821	<b>0,790</b>	
SiO <sub>2</sub>		54,78	2,96	3,50	<b>3,23</b>	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,187	0,012	0,131	<b>0,072</b>	
SO <sub>3</sub>		0,265	0,113	0,194	<b>0,154</b>	
Cl		0,201	0,032	0,067	<b>0,050</b>	
K <sub>2</sub> O		2,14	0,138	0,604	<b>0,371</b>	
CaO		15,25	55,87	44,80	<b>50,34</b>	
TiO <sub>2</sub>		0,931	0,052	0,815	<b>0,433</b>	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,025	0,004	0,246	<b>0,125</b>	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,027	0,038	0,001	<b>0,020</b>	
MnO		0,114	0,019	0,015	<b>0,017</b>	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		5,93	0,505	0,612	<b>0,558</b>	
LOI*		4,53	38,72	47,81	<b>43,27</b>	
Co		ppm	66,2	15,4	31,4	<b>23,4</b>
Ni			80,4	18,3	22,3	<b>20,3</b>
Cu	35,8		4,1	5,7	<b>4,9</b>	
Zn	74,3		7	5,3	<b>6,2</b>	
Ga	18,4		3,1	1,2	<b>2,2</b>	
Ge	1,2		0,4	0,6	<b>0,5</b>	
As	6,1		8,9	16	<b>12,5</b>	
Se	0,3		0,3	0,6	<b>0,5</b>	
Br	10,4		5,4	10,8	<b>8,1</b>	
Rb	82		3,9	5,8	<b>4,9</b>	
Sr	177,1		173,1	208,5	<b>190,8</b>	
Y	26,8		0,7	1,5	<b>1,1</b>	
Zr	206,5		23,7	27,7	<b>25,7</b>	
Nb	21,6		4,3	3,6	<b>4,0</b>	
Mo	5,8		3,7	3,4	<b>3,6</b>	
Cd	0,5		1	1,4	<b>1,2</b>	
In	0,8		1,1	1	<b>1,1</b>	
Sn	1		4	1,2	<b>2,6</b>	
Sb	0,9		1,1	1	<b>1,1</b>	
Te	1,1		0,7	1,3	<b>1,0</b>	
I	2		5,9	32,6	<b>19,3</b>	
Cs	3,6		4,3	6	<b>5,2</b>	
Ba	235,3		35,4	32,6	<b>34,0</b>	
La	36,4		7,5	7,4	<b>7,5</b>	
Ce	66,9		10	10	<b>10,0</b>	
Hf	4,8		2,9	3,5	<b>3,2</b>	
Ta	4		2,9	3,6	<b>3,3</b>	
W	3		2,4	3	<b>2,7</b>	
Hg	0,9	0,8	0,4	<b>0,6</b>		
Tl	0,5	0,6	1,4	<b>1,0</b>		
Pb	20	3,9	153,9	<b>78,9</b>		
Bi	0,6	0,7	1,1	<b>0,9</b>		
Th	9,1	1,9	1,1	<b>1,5</b>		
U	8,1	32,4	25,6	<b>29,0</b>		

(\*) LOI: Yüksek Sıcaklık Fırınında 950°C'de Kızdırma ile Ağırlık Kaybı (Loss on Ignition)

**Tablo 7a.** Müsellim Cami tuğla, harç ve sıva/sıva katı örneklerinde PED-XRF analizi sonuçları



Element	Birim	AMC-S2a	AMC-S2b	AMC-S3	AMC-S4b	Sıva Ort.
Na <sub>2</sub> O	%	0,054	0,420	0,040	0,055	<b>0,142</b>
MgO		1,42	1,70	0,017	0,601	<b>0,933</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2,26	1,09	0,004	0,757	<b>1,03</b>
SiO <sub>2</sub>		13,21	2,15	0,001	2,95	<b>4,58</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,075	0,115	7,50	0,033	<b>1,93</b>
SO <sub>3</sub>		0,853	0,158	5,18	0,638	<b>1,71</b>
Cl		0,036	0,058	1,69	0,257	<b>0,511</b>
K <sub>2</sub> O		0,662	0,311	30,09	0,335	<b>7,85</b>
CaO		41,34	53,06	46,73	54,49	<b>48,91</b>
TiO <sub>2</sub>		0,931	0,825	0,360	0,053	<b>0,542</b>
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,024	0,175	0,260	0,001	<b>0,115</b>
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,165	0,005	0,002	0,014	<b>0,046</b>
MnO		0,077	0,008	0,005	0,017	<b>0,027</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2,82	0,319	0,093	0,531	<b>0,941</b>
LOI*		36,93	39,25	8,58	39,43	<b>31,05</b>
Co		ppm	29,9	11,5	9,8	31,8
Ni	60,5		2,4	4,6	29	<b>24,1</b>
Cu	5,3		1	1,5	5,6	<b>3,4</b>
Zn	33,7		2,6	3,1	16,7	<b>14,0</b>
Ga	6,5		2,2	1,2	3,1	<b>3,3</b>
Ge	0,5		0,4	1	0,4	<b>0,6</b>
As	21,8		7,5	5,2	12	<b>11,6</b>
Se	0,3		0,3	0,6	0,3	<b>0,4</b>
Br	4,3		5,7	53,1	13,3	<b>19,1</b>
Rb	18,1		2,4	2	8,8	<b>7,8</b>
Sr	603,9		141,4	74,2	145,7	<b>241,3</b>
Y	10,2		0,7	1	1,3	<b>3,3</b>
Zr	95,7		7,8	12	24,9	<b>35,1</b>
Nb	14,8		9,7	9,5	3,9	<b>9,5</b>
Mo	4,4		3,4	8,5	5,7	<b>5,5</b>
Cd	2,4		0,8	1,9	1,4	<b>1,6</b>
In	2,5		1	2,3	1,1	<b>1,7</b>
Sn	4,1		1,5	1,7	1,3	<b>2,2</b>
Sb	17,7		1	2	1,1	<b>5,5</b>
Te	1,3		1,2	2,3	1,3	<b>1,5</b>
I	2,2		9	8,8	2,2	<b>5,6</b>
Cs	3,8		5,3	5,8	5,6	<b>5,1</b>
Ba	215,4		27,9	8,2	30,6	<b>70,5</b>
La	59,5		7,4	11	22,6	<b>25,1</b>
Ce	106,2		23,6	15	10	<b>38,7</b>
Hf	2,8		2,9	6,2	7,7	<b>4,9</b>
Ta	3		2,6	5,5	2,9	<b>3,5</b>
W	3		2,5	4,7	2,3	<b>3,1</b>
Hg	0,8	0,8	1,8	1,4	<b>1,2</b>	
Tl	1	0,9	1,8	1,2	<b>1,2</b>	
Pb	8,5	1,2	4,4	21,8	<b>9,0</b>	
Bi	0,4	0,7	1,4	2,4	<b>1,2</b>	
Th	6,2	1,9	1,4	0,7	<b>2,6</b>	
U	25,3	16,1	18	27,4	<b>21,7</b>	

(\*) LOI: Yüksek Sıcaklık Fırnında 950°C'de Kızdırma ile Ağırlık Kaybı (Loss on Ignition)

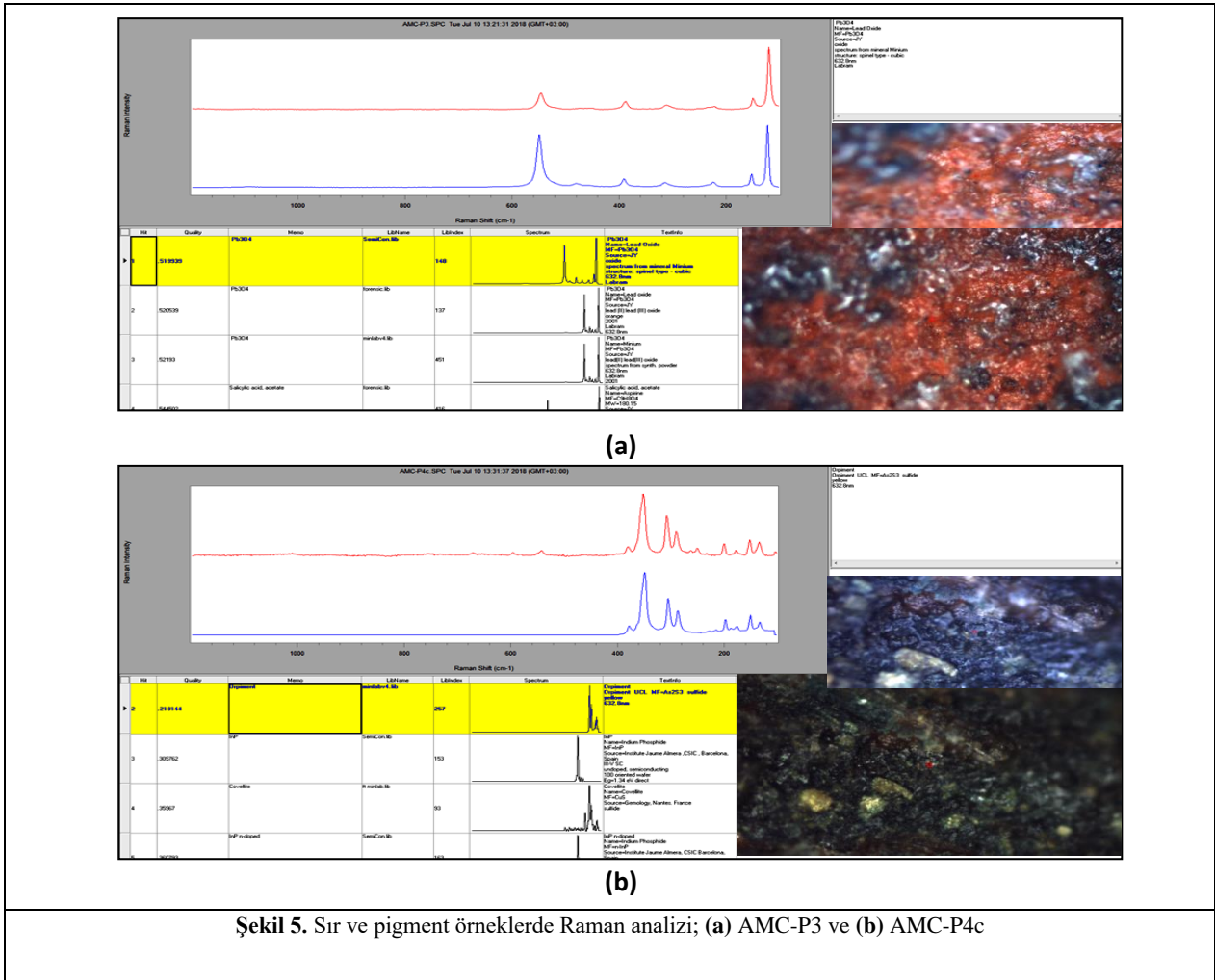
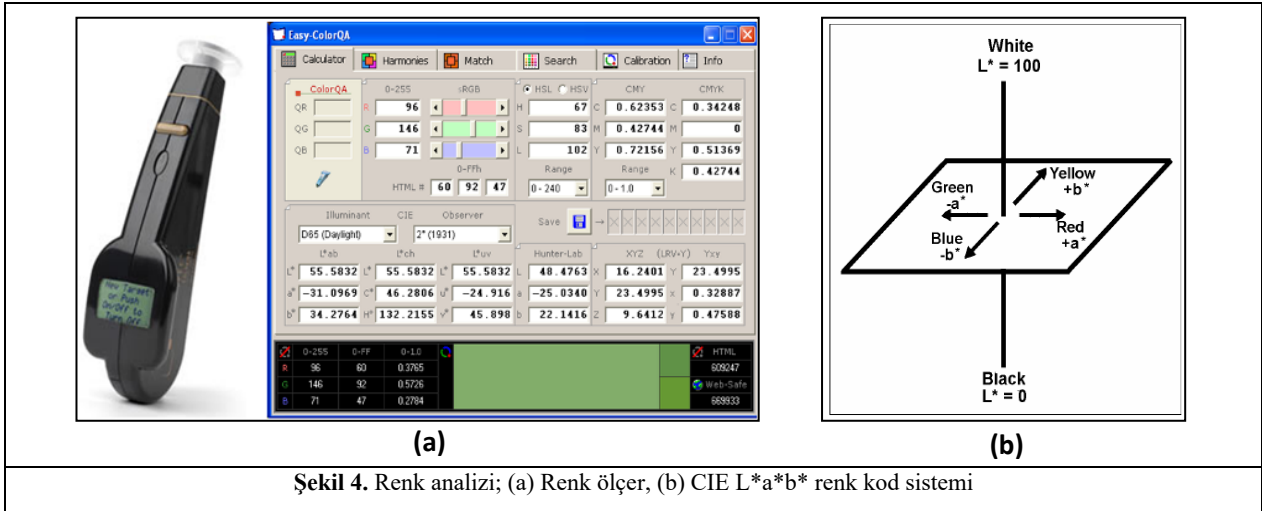
**Tablo 7b.** Müsellim Cami tuğla, harç ve sıva/sıva katı örneklerinde PED-XRF analizi sonuçları

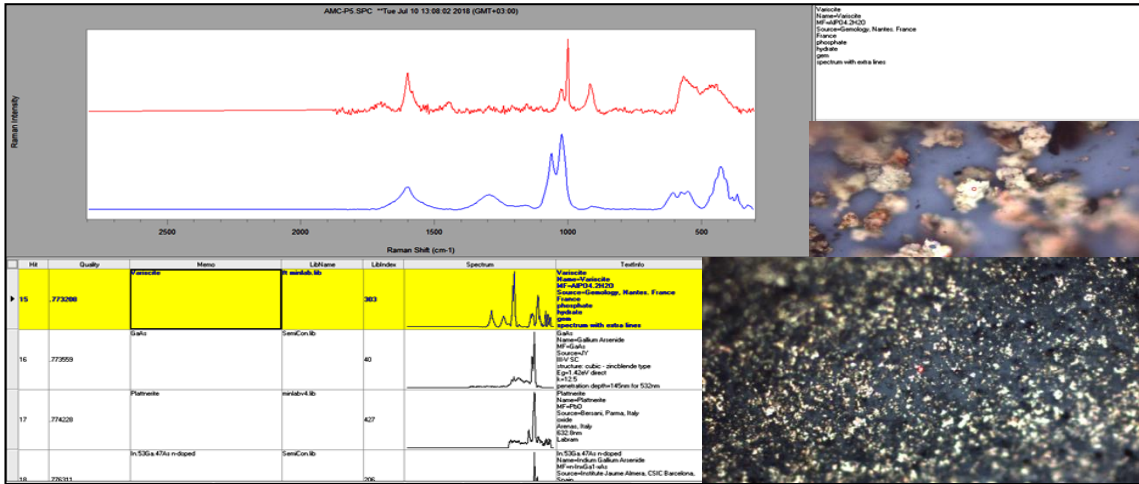
Örnekler	CI	Kireç Türü	Kireç Türü
AMC-H7	0,17	YK	Yağlı Kireç (YK) : <0,30 Zayıf Hidrolik Kireç (ZHK) : 0,30 - 0,50 Ortalama Hidrolik Kireç (OHK) : 0,51 - 0,70 Hidrolik Kireç (HK) : 0,71 - 1,10 Doğal Çimento (DÇ) : 1,11-1,70 Doğal Çimento & Çimento (DÇ/Ç) : 1,70<
AMC-H9	0,25	YK	
AMC-S2a	0,98	HK	
AMC-S2b	0,14	YK	
AMC-S3	0,002	YK	
AMC-S4b	0,17	YK	
Harç Ort.	<b>0,21</b>	<b>YK</b>	
Sıva Ort.	<b>0,32</b>	<b>ZHK</b>	

Tablo 8. Müsellim Cami harç ve sıva/sıva katı örneklerinde Cementation Index verileri

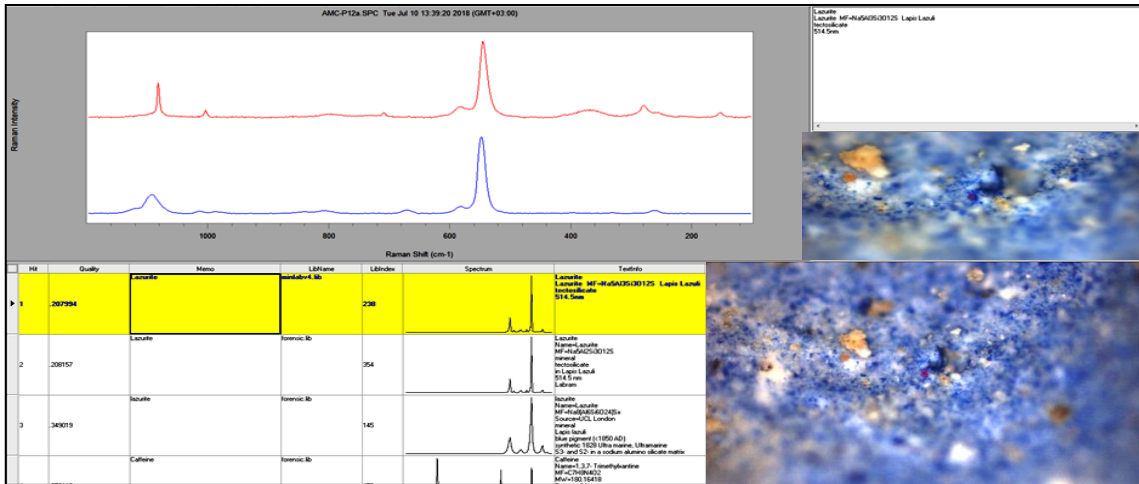
Örnekler	L	a	b	Görünen Renk	Tür
AMC-P1a	49,90	3,66	10,57	beyaz	Sır (Onarım)
AMC-P1b	26,24	0,96	-5,92	mavi	
AMC-P1c	15,07	2,16	-2,97	siyah	
AMC-P2	17,87	1,03	4,74	mavi	Pigment
AMC-P3	12,73	13,49	11,66	kırmızı	
AMC-P4a	30,30	-0,46	10,55	açık yeşil	
AMC-P4b	16,99	16,11	11,62	kırmızı	
AMC-P4c	13,56	1,22	2,70	yeşil	
AMC-P5	45,55	4,48	26,20	altın yıldız	
AMC-P6	30,03	-1,65	9,49	açık yeşil	
AMC-P7	18,19	3,19	-1,76	mavi	
AMC-P8a	19,29	21,73	22,04	kırmızı	
AMC-P8b	14,72	-0,01	1,49	yeşil	
AMC-P8c	22,80	12,03	17,36	sarı	
AMC-P9a	15,20	16,38	11,95	kırmızı	
AMC-P9b	18,71	0,08	10,07	yeşil	
AMC-P9c	20,72	-0,46	1,27	mavi	
AMC-P9d	21,78	19,00	14,94	pembe	
AMC-P9e	20,38	14,42	23,56	sarı	
AMC-P10a	37,93	-0,15	5,78	beyaz	
AMC-P10b	18,04	1,62	6,39	yeşil	
AMC-P11a	23,91	19,75	17,87	kırmızı	
AMC-P11b	40,82	2,45	16,74	beyaz	
AMC-P12a	47,22	0,02	-14,46	mavi	
AMC-P12b	59,59	3,13	11,25	beyaz	
AMC-P13a	44,29	3,81	10,83	beyaz	Sır (Özgün)
AMC-P13b	16,46	3,48	-12,89	mavi	
AMC-P13c	9,59	2,24	-5,50	siyah	
AMC-P14a	24,30	5,70	17,84	altın yıldız	Pigment
AMC-P14b	27,05	4,51	11,90	açık yeşil	

Tablo 9. Pigment/sır örneklerinde kromametrik analiz ile belirlenen renk kodları (L\*a\*b\*)

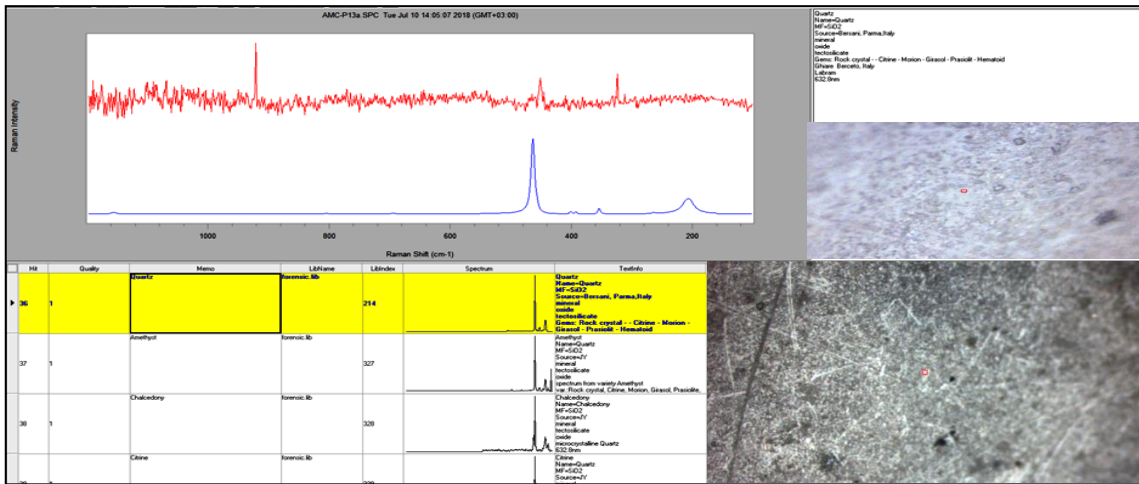




(c)

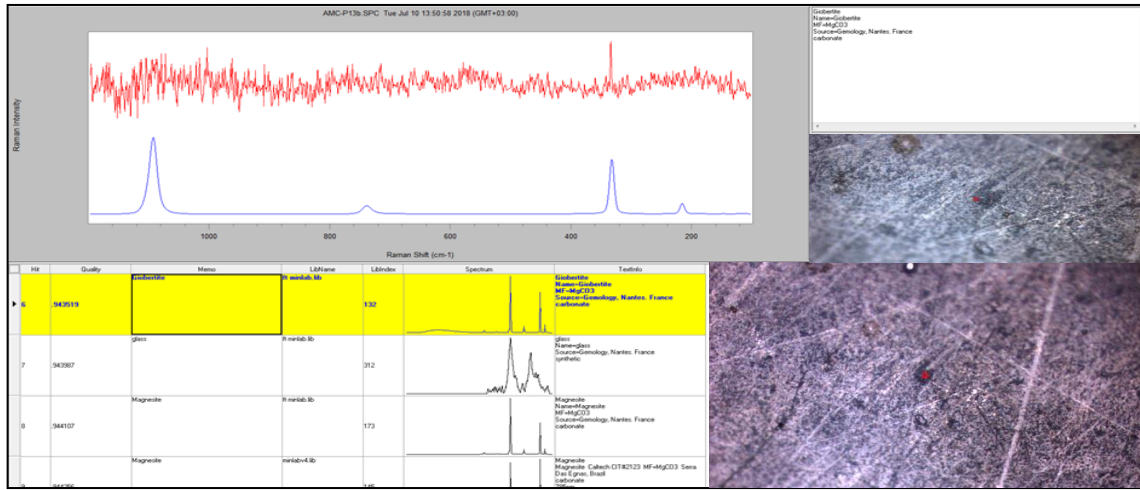


(d)

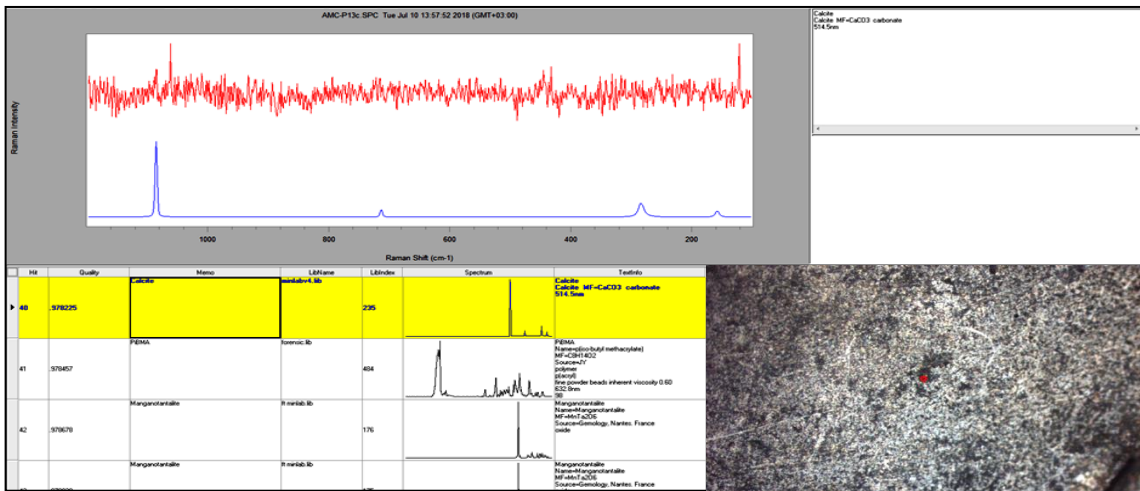


(e)

Şekil 5. Sır ve pigment örneklerde Raman analizi; (c) AMC-P5, (d) AMC-P12a, (e) AMC-P13a



(f)



(g)

Şekil 5. Sır ve pigment örneklerde Raman analizi; (f) AMC-P13b ve (g) AMC-P13c