



Kütahya Ahırardı Cami Mimarisi ve Arkeometrik Analizleri

*

Ercan Aksoy¹

ORCID: 0000-0001-7632-9257

Ali Akın Akyol²

ORCID: 0000-0002-4174-575X

Öz

Korumada amaç yapıların simgesel ve sanatsal değerleri ile birlikte fiziksel yapısını da muhafaza etmek ve sürdürülebilir olmalarını sağlamaktır. Bu bakışı yansıtan bir çalışma olarak Kütahya'nın tarihi kent merkezinde bulunan Ahırardı Cami, yapısal ve dekoratif malzemeleri arkeometrik açıdan incelenmiştir. 1876 yılında yapılan ve zaman içinde çeşitli müdahalelere uğrayan caminin farklı bölgelerinden örneklenen taş, tuğla, sıva, harç ve çini örnekleri fiziksel, kimyasal ve petrografik analizler uygulanmıştır. Arkeometrik çalışmalar kapsamında taş ve tuğla örneklerin fiziksel özellikleri temel fiziksel testlerle, aynı örneklerin suda çözünen tuz miktarı ile tuz (anyon) türleri de kondaktometrik analiz ile belirlenmiştir. Harç ve sıvalarda agrega/bağlayıcı ve agregada tane boyutu dağılımı (granülometrik) analizi uygulanmıştır. Yapısal örneklerin tümünün petrografik özellikleri, ince kesitleri üzerinden optik mikroskop analizi ile belirlenmiştir. Caminin yapımında kullanılan taşlar yoğunlukla ignimbirit kayaç türündedir. Taşlarda olduğu gibi tuğla örneklerin petrografik analizleri de volkanik kökenli yapıya sahip olduklarını göstermiştir. Agregabağlayıcı bileşimleri incelenen harç örnekler 2, sıva örnekler de 3 grup altında sınıflandırılmıştır. Tümü onarım örneği olan harç ve sıvaların bağlayıcı içeriğini çimento/kül, kül/kül karışımı bağlayıcıların oluşturduğu belirlenmiştir. Agregabağlayıcı içerikleri oldukça benzeşen onarım harç ve sıva örnekleri yakın dönem onarımlarını yansıtmaktadır ve caminin özgün harç ve sıvaları bu süreçlerde yok olmuş durumdadır.

Anahtar Kelimeler: Ahırardı cami, koruma, restorasyon, arkeometri, yapı malzemeleri

¹ Dr. Mimar, Eha Yapı Mimarlık, E-mail: ercanaaksoy@hotmail.com

² Doç. Dr., Hacı Bayram Veli Üniversitesi, E-mail: ali.akyol@hbv.edu.tr



Kütahya Ahırardı Mosque Architecture and Structural Material Analyses

*

Ercan Aksoy³

ORCID: 0000-0001-7632-9257

Ali Akın Akyol⁴

ORCID: 0000-0002-4174-575X

Abstract

The purpose of conservation is to preserve the physical structure of the buildings along with their symbolic and artistic values and to ensure their sustainability. As a study reflecting this view, the structural and decorative materials of the Ahırardı Mosque, located in the historical city center of Kütahya, were examined from an archeometric point of view. Physical, chemical and petrographic analyzes were applied to stone, brick, plaster, mortar and tile samples from different parts of the mosque, which was built in 1876 and underwent various interventions over time. Within the scope of archeometric studies, the physical properties of stone and brick samples were determined by basic physical tests, and the amount of salt dissolved in water and salt (anion) types of the same samples were determined by conductometric analysis. Aggregate/binder in mortars and plasters and particle size distribution (granulometric) analyzes in aggregate were applied. The petrographic properties of all structural samples were determined by optical microscopy analysis on thin sections. The stones used in the construction of the mosque are mostly ignimbrite rock type. As with the stones, petrographic analyzes of the brick samples also showed that they have a volcanic origin. Mortar samples, whose aggregate/binder compositions were examined, were classified under 2 groups and plaster samples were classified under 3 groups. It has been determined that the binder content of mortars and plasters, all of which are repair examples, consists of cement/ash, clay/ash mixture binders. Repair mortar and plaster samples, whose aggregate/binder contents are quite similar, reflect recent repairs and the original mortar and plaster of the mosque has been destroyed in these processes.

Keywords: Ahırardı mosque, conservation, restoration, archaeometry, building materials

³ PhD. Architect, Eha Construction Architecture, E-mail: ercanaaksoy@hotmail.com

⁴ Assoc. Prof. Dr., Hacı Bayram Veli University, E-mail: ali.akyol@hbv.edu.tr

Giriş

Günümüzde hızlı gelişim ve değişimin etkisiyle yapılaşma artarken geleneksel yapıların korunması yakın zamana kadar hep göz ardı edilmiştir. Yapıların zaman içerisinde uygun olmayan müdahaleler ile bozulması niteliklerini kaybetmelerine de neden olmaktadır. Geleneksel ve tarihsel-kültürel değere sahip yapılar, kültürün korunması, gelecek nesillere aktarılması ve toplumların sahip olduğu ortak dilin yaşatılabilmesi için önemlidir ve korunmaları gerekmektedir. Özellikle camilerin fonksiyon olarak kullanım amaçları çoğunlukla değişmediği için özgün nitelikleri daha çok korunabilmektedir. Dini yapılar bu nedenle estetik açıdan değerlidir ve kent tarihi ve hafızasında önemli yere sahiptirler.

Korumada amaç yapıların simgesel ve sanatsal değerleri ile birlikte fiziksel yapısını da muhafaza etmek ve sürdürülebilir olmalarını sağlamaktır. İşlevlerin korunmasına ek olarak yapıların hem mevcut malzeme korunumlarının sağlanması, hem de yapının restorasyonu sırasında malzeme özelliklerinin doğru belirlenebilmesi, fiziksel gözlemin yanı sıra arkeometrik incelemeleri de gerekli kılmaktadır. Böylece, yapısal malzemelerin bir yandan özellikleri belirlenirken restorasyonda doğru ve uygun malzeme kullanımı da öne çıkmaktadır (Güleç, 2013; Sayın, 2016).

Kütahya kent merkezinde bulunan farklı dönemlere ait camiler, diğer şehirlerde de olduğu gibi malzeme karakteristikleri yönünden yeteri kadar ele alınmış değildir. Arkeometrik çalışmalar ile kültürel mirası oluşturan yapılar yapısal bileşenleri ile ele alınmaktadır. Böylece tarihi yapılara ait taş, tuğla, harç, sıva gibi temel yapısal malzemeler üzerinden dönemin inşa tekniği, teknolojisi ve eğer takip edilebiliyorsa da geleneksel yapı malzemelerinin hammadde kökenlerine ulaşmak mümkün olabilmektedir (Akyol, 2019; Bayazit ve Yıldız, 2019; Alanyurt ve Eskici, 2019). Kütahya Ahırardı Cami arkeometrik analizleri de belirtilen kıstaslar açısından caminin yapısal malzemelerinin karakterizasyonuna yönelmiştir. Bu çalışmada, Kütahya Ahırardı Camisi'nin yapısal malzemelerinin arkeometrik yöntemlerin ışığında belgelenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca bu çalışma ile caminin restorasyonuna yönelik eşdeğer malzeme kullanımı açısından da bir temel oluşturulması hedeflenmektedir.

Ahırardı Cami

Ahırardı Cami Kütahya'nın Merkez İlçesinde, Saray Mahallesi, Spor Caddesi üzerinde, Ressam Ahmet Yakupoğlu Parkı'nın kuzeybatı köşesinde yer almaktadır (Şekil 1). Caminin mülkiyeti Vakıflar Genel Müdürlüğü'ne aittir ve tapuda 14 ada 19 parsel üzerinde kayıtlıdır.



Şekil 1. Ahırardı Cami Konumu (Google Earth, 2022) ve Planı (Eha Yapı Mimarlık Arşivi, 2021)

Kütahya Kadı Sicilleri (22 Safer 1293) Şubat 1876 vakıf kaydından yapının Saray Mahallesi'nde, Dilsizoğlu Hacı İbrahim bin Osman bin Mustafa tarafından bina ve ihya edildiği anlaşılmaktadır (Altun, 1981). 1876 yılında yapılan cami 1965 yılında onarım görmüş olmasına karşın plan formunu kısmen koruduğu görülmektedir. Harman tuğlanın kullanıldığı yapının üst örtüsü 4 yöne eğimli kiremit örtülü kırma çatıdır. Kuzeybatı köşesinde yer alan minarenin kaidesi ve pabuç kısmı taş; gövde ve petek bölümleri harman tuğla kullanılarak yapılmıştır. Basit bir duvarla çevrili avlunun güney doğusunda muhdes binalar, kuzeydoğusunda ise şadırvan ve hazire yer almaktadır (Şekil 1, Şekil 2a).

Cami zeminde dikdörtgen plana sahip olup yaklaşık 15,10 x 10,55 m boyutlarındadır. 19. yüzyıl sonu 20. yüzyıl başında yapılan camilerin karakteristik özelliklerini gösteren yapı, plan tipi olarak "üst örtüsü taşıyıcı duvarlara oturan cami" sınıfındadır. Dikdörtgen bir plana sahip harim 1965 yılında kuzey ve doğu bölümlerine yapılan ek bölümler ile genişletilmiştir. Böylelikle kuzey yönde genişletilen alana eklenen bölüm son cemaat mahalli şeklinde düzenlenmiştir. Plan içerisinde harim ve minare ilişkisi düşünüldüğünde, 1965 yılında camiye eklenen bölümler neticesinde minare caminin içerisinde kalmıştır. Fakat minarenin kaidesi, caminin batı duvarına göre dışarıya doğru çıkıntı yapılmıştır. Yapıya giriş kuzeyde yer alan muhdes bölümden sağlanmaktadır.

Girişin hemen sağında minare kapısı ve mahfil katına çıkışı sağlayan ahşap merdivenler yer almaktadır (Şekil 2b). Harime muhdes çift kanatlı ahşap kapı ile girilmektedir (Şekil 2c). Dikdörtgen planlı harimin kuzey-batı köşesinde yükseltilmiş muhdes bir müezzin mahfeli yer almaktadır (Şekil 2d). Aynı zamanda harim girişinin hemen önünde mahfili taşıyan 2 ahşap dikme bulunmaktadır (Şekil 2e). Güneybatı köşede minber, güneydoğu köşede ise vaaz kürsüsü yer almaktadır. Mihrap güney duvardan harime doğru çıkıntı yapmaktadır (Şekil 2f).



Şekil 2. Ahrıradı Camii genel görünümleri (a) cami görünümü, (b) minare kapısı ve merdiven, (c) harim kapısı, (d) müezzin mahfeli, (e) ahşap dikme, (f) minber, mihrap, vaaz kürsüsü, (g) mihrap çinileri, (h) vaaz kürsüsü, (i) minber, (j) minare) (Eha Yapı Mimarlık Arşivi, 2021)

Caminin mihrabı harime doğru taşınarak tasarlanmıştır ve tamamen çini ile kaplıdır. Dikdörtgen formlu mihrap çinileri bitkisel formludur ve muhdestir. Ara Altun Kütahya'nın Türk Devri Mimarisi çalışmasında da çinilerin muhdes olduğunu ve 1965 yılında yapıya eklendiğini belirtmektedir. Kavsanın hemen üzerinde dikdörtgen çerçeve içerisinde "küllema de hale aleyha zekeriyyel mihrabe" yazmaktadır. Dış konturlarının "S, C" kıvrımları ile oluşturulmuş olan alınlığın ortasında dikdörtgen çerçeve içerisinde "bismillahirrahmanirrahim" yazmaktadır. Bu yazının sağ tarafında "Allah celle celalühü", sol tarafında ise "Muhammed aleyhisselam" yazmaktadır (Şekil 2g). Vaaz kürsüsü de caminin güneydoğu köşesinde yer almakla birlikte yuvarlak formludur ve muhdes çiniler ile kaplıdır (Şekil 2h).

Minber caminin güneybatı köşesinde yer almaktadır. Yağlı boya ile boyanmış olan minber geç dönem eklentisidir. Tamamen ahşap malzemeden yapılmış, bitkisel formlar ile bezenmiştir (Şekil 2i). Ahşap minber her ne kadar muhdes olsa da; işçilik, süsleme ve motif karakteri ile dönem özelliklerini yansıtması açısından önemlidir.

Yapının mahfel katına son cemaat mahallinin kuzeybatı köşesinde yer alan ahşap merdivenler vasıtasıyla ulaşılmaktadır. Kargir düzende inşa edilmiş mahfel katı, harim katta yer alan ahşap dikmeler ile aynı düşey aksta yer alan ahşap dikme ve korkuluklar ile sınırlandırılmıştır. Aynı alt katta olduğu gibi harimin kuzey ve doğusunda alt kat ile aynı hizada "L" plan formunda şekillenmiştir.

Son cemaat mahallinin batı kısmında bulunan ahşap kapı ile minareye girilmektedir. Kaide ve pabuç kısmı düzgün kesme taş ile gövde, şerefe ve petek bölümleri ise tuğla malzeme kullanılarak yapılmıştır. Minarenin petek bölümü tuğla, külah kısmı ise içte ahşap dışta kurşun kaplıdır (Şekil 2j). Minare basamakları gövde başlangıcına kadar taş şeklinde iken bu seviyeden sonra tuğla merdiven basamağına dönüşmektedir.

Yapı geneline bakıldığında malzeme olarak taş (kesme-moloz), tuğla (delikli-dolu), beton, ahşap ve metal malzemelerin kullanıldığı görülmektedir. Bunun yanı sıra kaplama malzemesi olarak seramik, beton şap ve çimento sıva, örtü malzemesi olarak ise alaturka ve Marsilya tipi kiremit uygulamaları vardır. Ek olarak bazı duvar yüzeylerinde kireç badana, tavan yüzeylerinde ise plastik ve yağlı boya kullanımı söz konusudur.

Cami beden duvarları harman tuğla kullanılarak yapılmış daha sonra sıvanmış ve üzeri plastik boya ile boyanmıştır. Kapı ve pencere doğramalarında ahşap malzeme kullanılmıştır. Aynı malzeme yapının döşeme ve tavan kaplamalarında da görülmektedir.

Tablo 1. Kütahya Ahırardı Cami yapı malzemeleri grubu

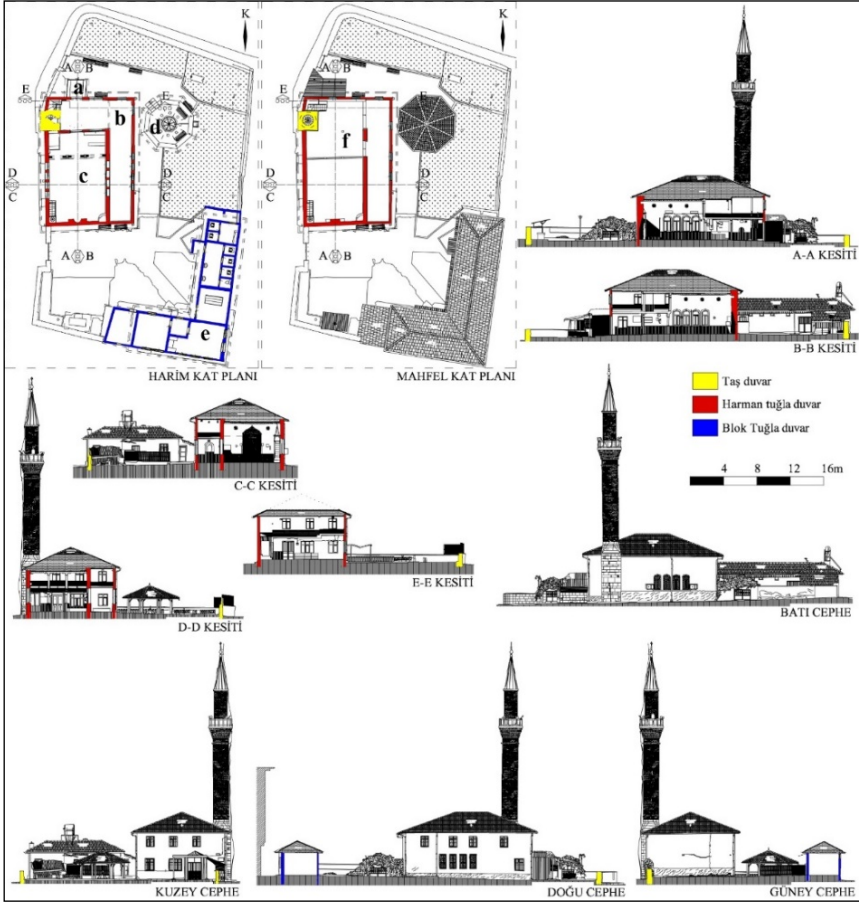
Grup Kodu	Yapısal Malzeme Grup Açıklamaları	Örnek Sayısı
KAC-T	Taş Örnekler	4
KAC-B	Tuğla/Çini Örnekler	5
KAC-H	Harç Örnekler	4
KAC-S	Sıva Örnekler	6
KAC-P	Sır/Pigment Örnekler	6

Tablo 2. Kütahya Ahırardı Cami taş, tuğla, çini, harç, sıva ve pigment örneklemeleri

Örnekler	Açıklamalar	Malzeme Türü
KAC-T1	Minare merdiven basamağından (2)*	Taş
KAC-T2	Minare duvarından (3)	
KAC-T3	Minare kaideden (11)	
KAC-T4	Minare kaideden kaplama (15)	
KAC-B1	Beden duvarı minber altı iç duvardan (5)	Tuğla
KAC-B2	Beden duvarı dış duvardan (8)	
KAC-B3	Doğu cephe ilave kısım dış duvardan (10)	
KAC-B4	Batı cephe dış beden duvarından (14)	
KAC-B5	Mihrap taban seviyesinden (19)	Çini
KAC-H1	Minare kaideden taş derzi (12)	Harç
KAC-H2	Minber içinden tuğla derzi (16)	
KAC-H3	Harim içi pencere yanından tuğla derzi (17)	
KAC-H4	Dış köşeden tuğla derzi (18)	
KAC-S1	Minare iç duvardan (1)	Sıva
KAC-S2	Minber altı iç duvardan (4)	
KAC-S3	Batı cephe iç duvardan (6)	
KAC-S4	Doğu cephe beden duvarı dış duvardan (7)	
KAC-S5	Doğu cephe ilave kısım dış duvardan (9)	
KAC-S6	Batı cephe dış beden duvarından (13)	
KAC-P1a	Mihrap taban seviyesinden çini üzeri kırmızı boya katı (19)	Sır / Pigment
KAC-P1b	Mihrap taban seviyesinden çini üzeri mavi boya katı (19)	
KAC-P1c	Mihrap taban seviyesinden çini üzeri yeşil boya katı (19)	
KAC-P1d	Mihrap taban seviyesinden çini üzeri turkuaz boya katı (19)	
KAC-P1e	Mihrap taban seviyesinden çini üzeri beyaz boya katı (19)	
KAC-P1f	Mihrap taban seviyesinden çini üzeri siyah boya katı (19)	

(*) Örneklem sırası parantez içindeki rakamlarla ifade edilmiştir.

Zemin+1 katlı olan cami, 814 m² parsel içerisinde 165 m² oturma alanına sahiptir ve parselin batı sınırına bitişik şekilde kuzey-güney doğrultulu olacak şekilde konumlandırılmıştır. Dikdörtgen plan şemasına sahip olan caminin doğusunda 27 m² büyüklükte Şadırvan (Şekil 3d), güneydoğusunda ise 113 m²'lik müştemilat yapısı yer almaktadır (Şekil 3e). Parselin çevresi taş duvar ile çevrelenmiştir.



Şekil 3. Kütahya Ahrardı Cami rölovesi (Eha Yapı Mimarlık Arşivi, 2021)

Caminin girişi kuzey cephede ve orta aksın batısında yer almaktadır. Cepheden yaklaşık 2.15 m. çıkarılmış, genişliği ise 2.35 m olarak yapılmıştır. PVC üzerine sac kaplama ile muhdes olarak yapılan bölümün doğu ve batı duvarları boyunca ahşap ayakkabılık mevcuttur. Zemin

kaplaması olarak seramik, tavan kaplaması olarak ise PVC kullanılmıştır (Şekil 3a).

Geç dönem eklentisi olan Son Cemaat Mahalli, L plan şemasına sahip olup kuzeyinde 2 pencere, doğusunda ise 5 pencere bulunmaktadır (Şekil 3b). Mekânın doğu kolunun uzunluğu 14.55 m, genişliği ise 2.65 m'dir. Kuzey bölümü ise yaklaşık olarak 5.90x3.75 m boyutlarındadır. Duvarları harman tuğla, zemini ve tavanı ise ahşap kaplamadır. Minare ve üst kata çıkış merdiveni mahallin batısında bulunmaktadır. Kuzey kolun güneyinde bulunan 1,50x2,00 m boyutlarında çift kanatlı ahşap kapı ile Harim mekânına geçilmektedir.

Harim yapının özgün kısmını oluşturmakla birlikte dikdörtgen şeklinde plan şemasına sahiptir. Mahfel kısmını taşıyan ahşap dikmelere kadar olan bölüm 6,90x2,95 m, dikmeler ile güney duvara kadar olan bölüm 7,95x6,90 m olmak üzere toplam 10,90x6,90 m boyutlarındadır. Mekânın kuzeydoğu köşesinde yerden 20 cm yükseltilmiş müezzin mahfeli, güneybatısında ahşap minber, güneydoğusunda çini kaplamalı beton vaaz kürsüsü bulunmaktadır. Mihrap ise güney cephenin orta aksında yer alıp çini kaplamalıdır. Doğu ve batı duvarından dörder, kuzey duvarında bir ahşap pencereyle aydınlatılan bölümün zemini ve tavanı ahşap kaplamadır (Şekil 3c).

Son Cemaat Mahallinin kuzey batısında bulunan 13 rıhtlı ahşap merdiven ile çıkılan Kadınlar Mahfelinin bir kısmı özgün bir kısmı ise muhdes alan içerisinde kalmaktadır. Mekâna ulaşımın sağlandığı merdivenin rıht yüksekliği ortalama 23 cm, basamak genişliği 24 cm, basamak uzunluğu ise 71 cm'dir. Kadınlar mahfeli kare şeklinde kuzey bölüm ve dikdörtgen şeklinde doğu bölüm olmak üzere iki parçadır. Kuzey bölüm 6,90x6,90 m, doğu bölüm ise 14,70 x2,70 m olarak ölçülmüştür. Mekân kuzey ve doğu cephede bulunan üçer adet ahşap pencere ile aydınlatılmaktadır. Kare bölümün güney cephesi ise 1,20 m yüksekliğinde kafes şeklinde ahşap korkuluk ile sınırlandırılmıştır (Şekil 3f).

Caminin minaresi özgün kısmın kuzeybatı köşesinde bulunmakta, Son Cemaat Mahallinin içine girmektedir ve 83 rıhtlıdır. Rıht yükseklikleri ortalama 22 cm, basamak genişlikleri 28 cm, basamak uzunlukları ise 59 cm'dir. Batı duvar hizasından 50 cm dışarı çıkartılmış minarenin kaid ve pabuç kısmı kesme taş ile yapılmıştır ve bu kısmın yüksekliği 7.20 m'dir. Gövde, şerefe ve petek bölümleri tuğla olmakla birlikte gövdenin başlangıcında ve bitiminde taş bilezik bulunmaktadır. Gövde bitimindeki taş bilezik ile şerefe altında iki sıra firuze renkli sırlı tuğla kullanılmış-

tır. Şerefe altlığı, tuğla malzeme ile 5 sıra kirpi saçak oluşturacak şekilde teşkil edilmiştir. Şerefe korkulukları kesme taş, külah ahşap konstrüksiyon üzerine kurşun kaplamadır. Minarenin âlem üstüne kadar toplam yüksekliği 28.60 m olarak belirlenmiştir.

Caminin duvarları yığma sistem olarak yapılmış ve tuğla malzeme kullanılmıştır. Harim mahallinin batı, güney ve doğu duvarı 45 cm, kuzey duvarı ise 25 cm kalınlığa sahiptir. Son Cemaat Mahallinin duvar kalınlıkları ile 30 cm olarak ölçülmüştür. Üst kat duvarları da zemin kat ile aynı olacak şekilde kurgulanmıştır. Mahfel kısmı döşeme kalınlığı ise 42 cm olarak belirlenmiştir.

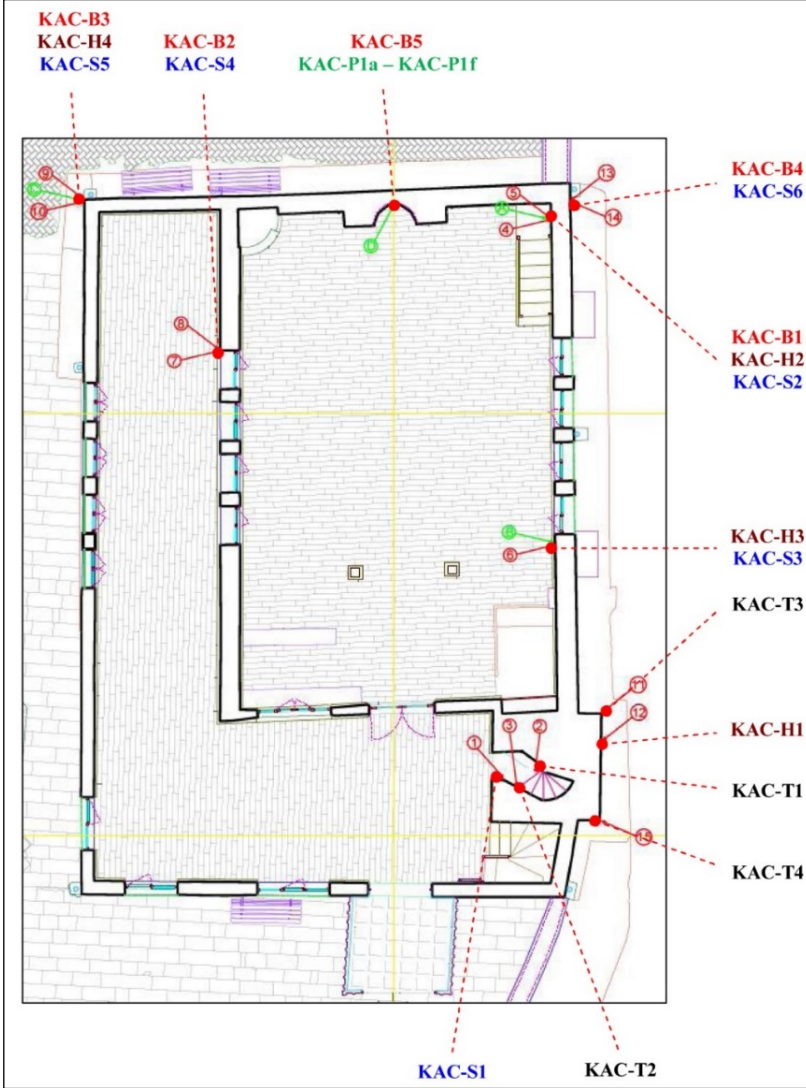
Caminin bahçesi içerisinde, güneydoğu köşede yer “L” formda biçimlenen müstemilat binasında Bay-Bayan Tuvaleti, Gasilhane, Dernek Odası, Depo ve Odunluk bulunmaktadır. Müstemilat yapısı çağdaş tuğla kullanılarak yakın dönemde inşa edilmiştir.

Yöntem ve Deneyler

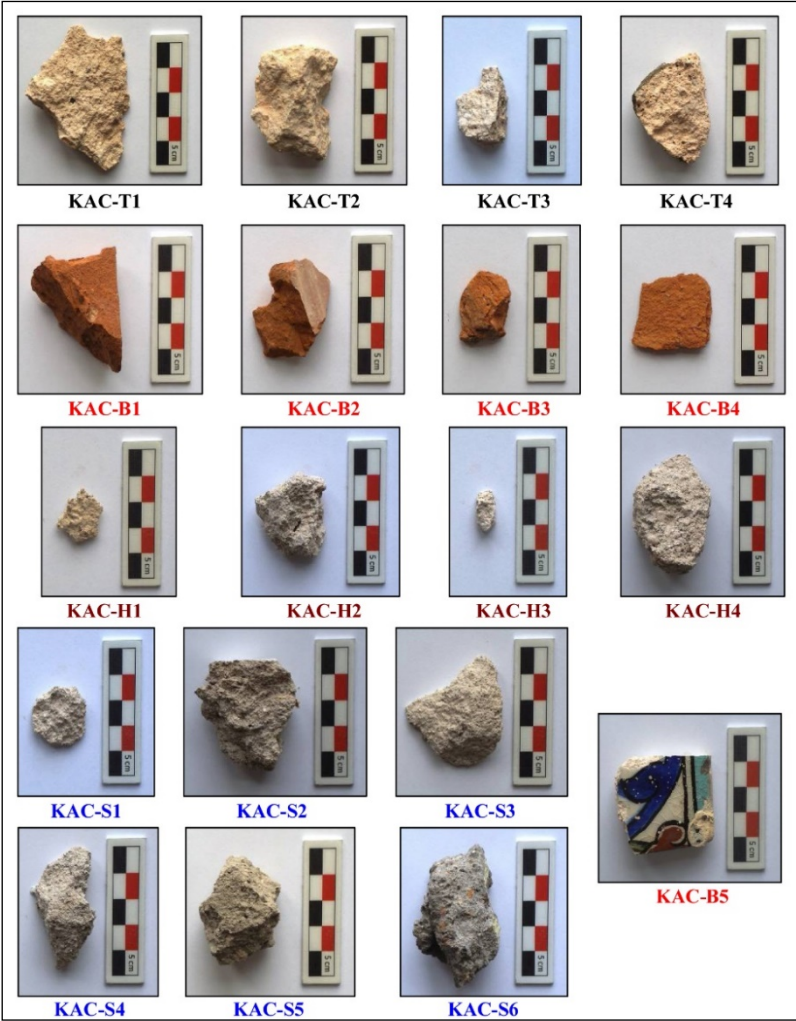
Öncelikle görsel olarak değerlendirilen yapı malzemeleri ve dekoratif kaplama elemanları alanda ve laboratuvar ortamında fotoğraflanmış ve belgelenmiş, analize yön verecek şekilde kodlandırılmış ve gruplandırılmıştır (Tablo 1,2). Malzemeler çoğunlukla görsel olarak incelendiklerinde dayanıklı ve sağlam olarak algılanabilmelerine rağmen sıcaklık değişimleri, nem etkisi, yağışlar, insan kökenli sorunlar, zararlı gazların salınımları veya değişik canlı türlerinden kaynaklı nedenlerden olumsuz etkilenebilmektedir. Bu etkenler malzemelere çatlama, kırılma, kavlama, aşınma, tuzlanma ve mikrobiyolojik oluşum gibi sorunlara neden olurlar. Bu çeşit bozulmalar gözle algılanabilecek olsa da malzemenin içyapısından kaynaklı ve zaman içerisinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi de bir takım testler ile yapılabilmektedir.

Ahırardı Cami malzemelerinde arkeometrik incelemeler, duvar malzemesi olan tuğla ile bu yüzeylerin üzerinde bulunan sıvalar ve taş/tuğla derzleri, minare kaidesinin ve basamaklarının yapı malzemesi olan taşlar, mihrap ve vaaz kürsüsünün kaplandığı çiniler ile çinilerin üzerinde bulunan sır/pigment tabakalarının analizlerini kapsamaktadır. Hem yapı hem de dekoratif kaplama malzemelerinden alınan örnekler yerinde görsel olarak değerlendirildikten sonra laboratuvar ortamında türlerine

göre sınıflandırılmıştır. Tüm örnekler fotoğraflanarak kayıt altına alınmış ve kodlanarak tablo oluşturulmuştur (Tablo 1, 2, Şekil 4, 5, 6).



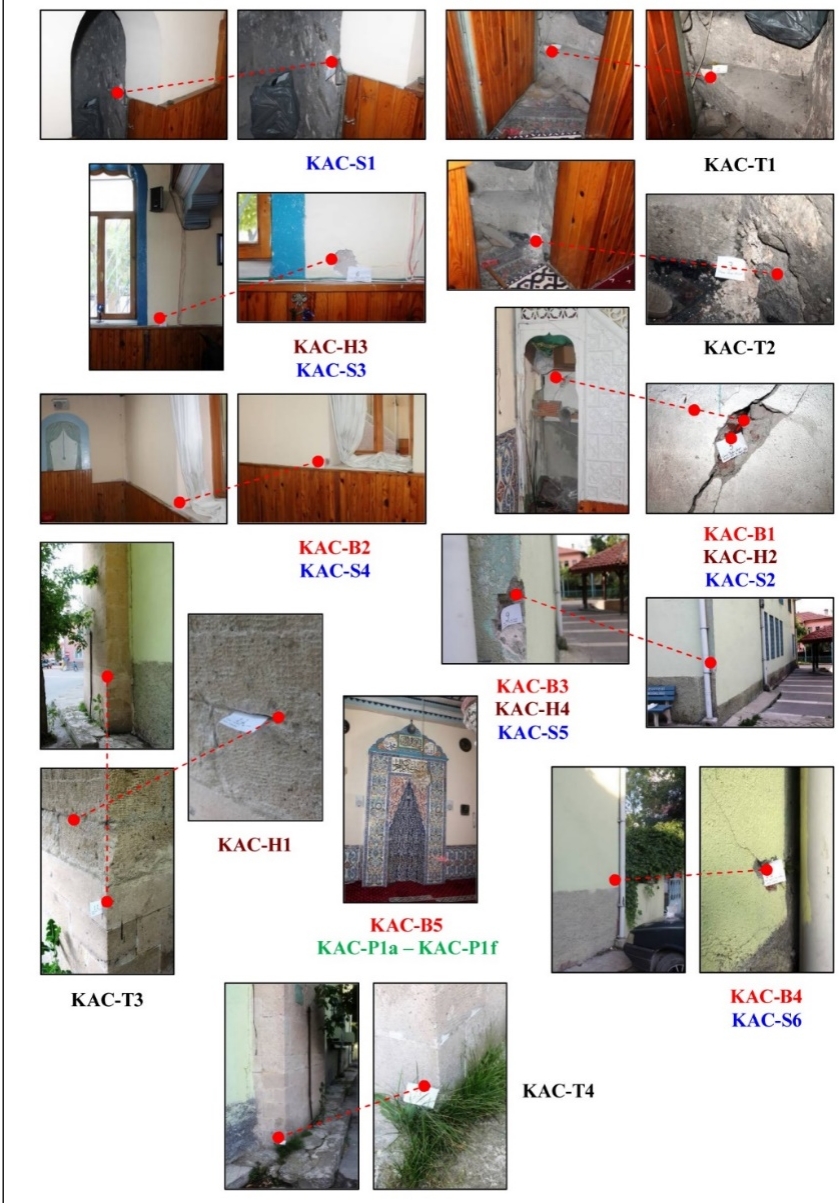
Şekil 4. Kütahya Ahırardı Camii örneklemeleri (Eha Yapı Mimarlık Arşivi, 2021)



Şekil 5. Ahırardı Cami çalışma örnekleri: taş, tuğla, çini, harç, sıva, sır/pigment (MAKLAB Arşivi, 2021)

Örneklemede; hem camide bulunan yapısal ve dekoratif malzemeleri temsil edecek, hem de zaman içinde bozulmuş halde bulunan malzemeleri örnekleme amaçlanmıştır. Örneğin temsiliyetini bozmayacak bir yaklaşım benimsenerek kırılmış, ayrılmış ve kopmuş örnekler, arkeometrik analizlere uygun ebat ve boyutta alınmıştır. Modern analiz teknikleri çok daha az örnek miktarı ile veri alınabilecek haldedir. Buna karşın yerinde ve tahribatsız analizler de bulunmaktaysa da hâlihazırda en güvenilir analizleri hala tahribatlı analizler oluşturmaktadır. Çünkü

yüzey kirlilikleri ya da bir örneğin dış kısmının örneği tümüyle ifade edememesi ya da bozulma süreçlerinin malzemede ilerleyişini görebilmek için bu türde bilinçli bir öngörü ile yapılacak örneklemelelere ihtiyaç bulunmaktadır.



Fiziksel özellikler, belirli standart sınırlar içerisinde özellikleri tanımlanabilen yapı malzemelerinin teknik açıdan ifade edilmesidir. Malzemelerin dayanımlarını belirlemek amacıyla gözeneklilik, su emme kapasitesi ve birim hacim ağırlığı gibi temel testler uygulanmıştır. Gözeneklilik (%P), su emme kapasiteleri (%SEK) ve örneklerin direkt kuru ağırlıkları ve su içerisindeki doygun ağırlıklarının (saf su içinde basınç altında (50 torr) suya doygun olan ağırlık ifade edilmektedir) katkısıyla bir birimdeki hacim ağırlıkları (kuru-doygun BHA, g/cm³) belirlenmiştir (RILEM, 1980). Test uygulamaları, standart fiziksel testlerin yapılması için gerekli olan örnek miktarları (5-10 cm³’lük standart karot örnekleri) bakımından mümkün olmadığından, amorf tuğla ve taş parçalar üzerinden gerçekleştirilmiştir (Tablo 3a,3b).

Tablo 3a. Kütahya Ahırardı Cami taş örneklerinin temel fiziksel testleri

Örnekler	BHA-Doygun (g/cm ³)	BHA-Kuru (g/cm ³)	SEK (%)	P (%)	Tür
KAC-T2	2,65	2,19	7,87	17,26	Kireçtaşı
KAC-T1	1,74	1,32	18,14	23,99	İğbimbirit
KAC-T3	1,74	1,22	24,66	30,00	
KAC-T4	1,98	1,39	21,76	30,16	
İğnimbirit Ort.	1,82	1,31	21,52	28,05	İğnimbirit Ort.

Tablo 3b. Kütahya Ahırardı Cami tuğla örneklerinin temel fiziksel testleri

Örnekler	BHA-Doygun (g/cm ³)	BHA-Kuru (g/cm ³)	SEK (%)	P (%)	Tür
KAC-B1	2,56	1,71	19,47	33,30	Tuğla
KAC-B2	2,70	1,78	19,26	34,24	
KAC-B3	2,70	1,46	31,67	46,13	
KAC-B4	2,45	1,69	18,44	31,11	
Tuğla Ort.	2,61	1,66	22,21	36,19	Tuğla Ort.

Tablo 4a. Kütahya Ahırardı Cami taş örneklerinde tuz türü, pH ve toplam tuz (SS) testleri

Örnekler	Nitrat (NO ₃ ⁻)	Sülfat (SO ₄ ²⁻)	Karbonat (CO ₃ ²⁻)	pH	SS (%)
KAC-T1	50*	0,40*	400*	8,42**	1,55**
KAC-T2	50	-	400	8,51	1,66
KAC-T3	10	0,40	400	8,63	0,48
KAC-T4	25	0,20	400	8,19	0,46
Taş Ort.				8,44	1,04

(*) Testlerin Hassasiyeti; (NO₃⁻): 10 mg/L, (SO₄²⁻): 20 mg/L, (CO₃²⁻): 4 mg/L

(**) 100 mL su içerisinde

Tablo 4b. Ahırardı Cami tuğla örneklerinde tuz türleri, pH ile toplam tuz (SS) testleri

Örnekler	Nitrat (NO ₃ ⁻)	Sülfat (SO ₄ ²⁻)	Karbonat (CO ₃ ²⁻)	pH	SS (%)
KAC-B1	-*	0,80*	400*	8,22**	0,63**
KAC-B2	-	0,40	192	8,29	0,70
KAC-B3	-	0,20	192	8,41	0,69
KAC-B4	-	0,20	192	8,25	0,67
Tuğla Ort.				8,29	0,67

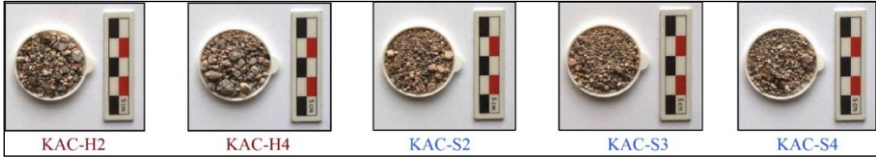
(*) Testlerin Hassasiyeti; (NO₃⁻): 10 mg/L, (SO₄²⁻): 20 mg/L, (CO₃²⁻): 4 mg/L

(**) 100 mL su içerisinde

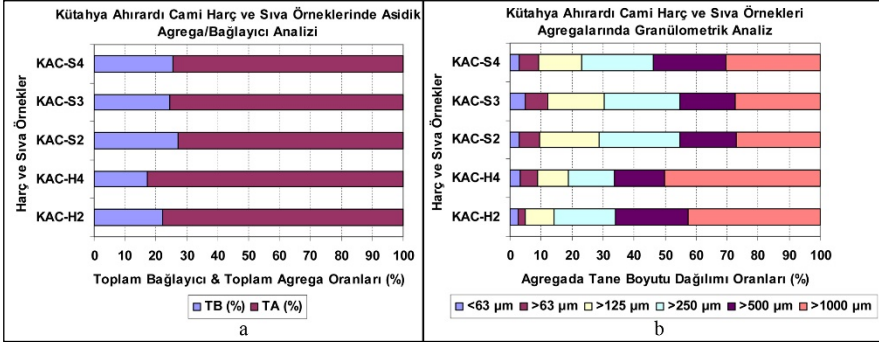
Tuzlar doğal olarak yapı malzemelerinin içerisinde bulunmakla birlikte su ile temas etmeleri sonucunda çözünerek malzeme yüzeyine veya kılcal etki ile malzemelerin gözeneklerine taşınabilmektedir. Bunlar hem malzeme bünyesindeki hem de birlikte kullanılan diğer malzeme yapılarında meydana gelebilecek kimyasal değişimler hakkında bilgi vermektedir. Bu sebeple camiye ait tuğla ve taş örnekler içerisinde bulunan ve suda çözünen toplam tuz miktarları ile çeşitlerinin pH verileri tespit edilmiştir (Tablo 4a,4b). Örneklerin toplam tuz miktarının belirlenmesi için, 5 gram örnek 25 ml su içerisinde alınmış, 1 saat santrifüjlenmiş ve süzülmüştür. Daha sonra standart biçimde üzerine sodyum heksametafosfat [(NaPO₃)₆] ilave edilmiştir. Analiz amacıyla hazırlanmış örneklerdeki tuz içerikleri "Neukum Seri 3001 marka pH-sıcaklık-iletkenlik ölçer" ile kaydedilmiştir. Sonuçları yorumlamak için ise belirli eşitlikler kullanılmış, toplam tuz miktarlarının ağırlıkça yüzde oranlarına (%w/w) erişilmiştir (Means ve Parcher, 1963; Black vd., 1965; Brady ve Weil, 2004).

Standart spot tuz testleri, süreçsel anyon/katyon testleri veya alan çalışmasında örneklemeler sırasında ya da analizler öncesinde laboratuvar ortamında uygulanan ön testlerdir. Bu testler, malzemelerin doğal içeriğini oluşturan veya hava kirliliği, sıcaklık farkları, yağmur ve kar yağışları ile egzoz gazları gibi dış etkenlere bağlı olarak kazandıkları özellikleri ortaya koymak için uygulanmaktadır. Su içinde çözünmeden dolayı malzemede belirginleşen tuzlar; potasyum, fosfat, nitrit, sülfat, nitrat, karbonat, klorür vb. gibi anyon/katyonlardan oluşmaktadır (Feigl, 1966). Tuğla ve taş örneklerde spot tuz testleri uygulanarak tuz türünün tespiti sağlanmış, örneklerin sahip oldukları pH değerleri/dağılımları tespit edilmiştir (Tablo 4a,4b). Spot test türleri itibarıyla, çözeltilerde ya şerit kullanmak suretiyle ya da reaktifler eklenerek testler uygulanmış / ya-

pılmıştır. Anyon analizleri standart olan Merck nitrat (NO_3^- ; kod: 111170), Merck sülfat (SO_4^{2-} ; kod: 114789) ve toplam Merck sertlik/karbonat (CO_3^{2-} ; kod: 110025) spot test ekipmanları kullanılarak yapılmıştır. Yapı malzemelerinde çoğunlukla bulunan tuzlardan; nitrat testi (NO_3^-), yapısal malzemeye egzoz gazları veya yoğun hava kirliliği ile taşınabilen ve yüzeyde siyah renkli tabakalanmaya yol açabilen nitratin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Sülfat testi (SO_4^{2-}), baca veya egzoz gazlarından kaynaklanan hava kirliliği nedeniyle oluşan siyah/gri tabakalanmanın yanında alçı içerikli bağlayıcıların kayalara etkisinin tespitinde uygulanabilmektedir. Karbonat testi (CO_3^{2-}) ise, kalkerleşmiş yüzeylerin bileşimlerinin tespitinde ve karbonat içeriğe sahip taş/kayaç (traverten, kireçtaşı, mermer vb.) çeşitlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.



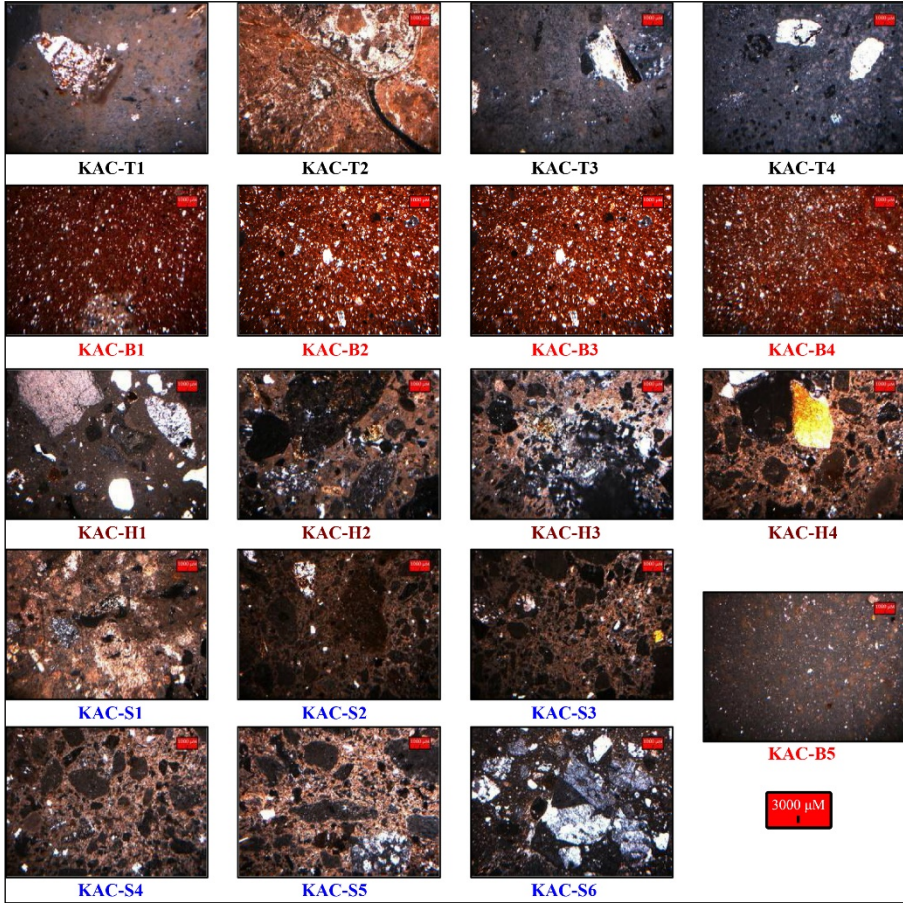
Şekil 7. Kütahya Ahırardı Cami harç ve sıva örneklerinin agregaları (asidik İşlem sonrası) (MAKLAB, 2021)



Şekil 8. Kütahya Ahırardı Cami harç ve sıva örnekleri; (a) agrega/bağlayıcı oranlarında dağılım, (b) agregalarında granülometrik analiz (MAKLAB, 2021)

Kütahya Ahırardı Camisi'nden örneklenen sıva ve harç örneklerinin agrega ve bağlayıcı oranlarını belirlemek amacıyla örnek ilk olarak kuru tartıma alınmıştır. Bundan sonra bağlayıcı malzemenin (toplam karbonat içeriği; CO_3^{2-}) içeriklerinden arındırılması amacıyla %5'lik HCl asitle işlem yapılmıştır (Şekil 7). Örnekler süzülüp su ile yıkanma işlemine tabi

tutulduktan sonra tüm karbonat/kireç içeriklerinden (bağlayıcıdan) arındırılan ve sadece agregası kalan sıva ve harç malzemeler, ortam sıcaklığında kurutulmuştur. Daha sonra tekrar tartılmış, ağırlıkça içerdikleri toplam bağlayıcı ve agregası (%w/w) miktarı belirlenmiştir (Tablo 5a). Elde edilen agregalara "63-1000 µm arasındaki eleklerle" sistematik eleme işlemi (TSE, 2012) uygulanmış ve granülometrik analiz yöntemi ile agregası taneçik dağılımları belirlenmiştir (Tablo 5a,5b ve Şekil 8).



Şekil 9. Kütahya Ahırardı Cami taş, tuğla, çini, harç ve sıva örneklerinin ince kesit optik mikroskop mikro fotoğrafları (MAKLAB Arşivi, 2021)

Kütahya Ahırardı Camisi'ne ait malzeme örneklerinin (tuğla, taş, çini, sıva ve harçların) ince kesitleri hazırlanarak optik mikroskop altında incelenmiştir. Örneklerde ince kesitler, tüm tabakaları dış bölümden iç

kısma doğru gösterecek biçimde tuğla/çini ve taş örnekler için direkt olarak, sıva ve harç örneklerde ise sertleştirme yapılarak hazırlanmıştır (Kerr 1977; Rapp, 2002). Agregada içerisinde karbonat kayaçlar mevcut ise bu işlem sonrası elde edilen değerler gerçek agrega/bağlayıcı oranını vermeyecektir. Bunun için örneklerin ince kesitleri üzerinde görüntü işleme programları kullanılarak gerçek agrega ve bağlayıcı miktarlarının belirlenmesi ve sonrasında bu işlemde elde edilecek sonuçlarla karşılaştırılması gerekir. İncelemelerde hem alt hem üstten aydınlatmalı "LEICA Research Polarizan DMLP Model" optik mikroskobu kullanılmıştır. Fotoğraflama işlemi "Leica DFC280 Model dijital kamerayla" gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmelerde ise "Leica Qwin Digital Imaging Programı" kullanılmıştır. Agregada içeriğindeki mineraller/kayaçlar "Point Counting Programı" ile tanımlanmıştır. Matriks türü, polarize mikroskop altında matriksin gösterdiği optik davranışa göre (renk, pleokrozma, çift kırma, sönme) belirlenmiştir (Tablo 6a-6d ve Şekil 9).

Tablo 5a. Kütahya Ahırardı Cami harç/sıva örneklerinin agrega/bağlayıcı ve agregada granülo-metrik analizleri

Örnekler	TB (%)*	TA (%)*	<63 µm	>63 µm	>125 µm	>250 µm	>500 µm	>1000 µm
KAC-H2	22,03	77,97	2,56	2,52	9,05	20,02	23,19	42,65
KAC-H4	17,09	82,91	3,28	5,61	10,03	14,82	16,20	50,06
KAC-S2	27,28	72,72	2,85	6,60	19,39	25,85	18,32	26,99
KAC-S3	24,47	75,53	4,87	7,29	18,25	24,27	18,10	27,23
KAC-S4	25,44	74,56	2,97	6,29	13,73	23,05	23,57	30,39
Harç Ort.	19,56	80,44	2,92	4,07	9,54	17,42	19,69	46,36
Sıva Ort.	25,73	74,27	3,57	6,72	17,12	24,39	20,00	28,20

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

Tablo 5b. Harç ve sıvaların agregalarında Udden & Wentworth tane boyutu sınıflandırması

Tane Boyutu (µm)	Wentworth Sınıflandırması	Tane Boyutu (µm)	Wentworth Sınıflandırması
(256 - 4096) x 10 ³	İri kaya	125 - 250	İnce kum
(64 - 256) x 10 ³	Kaya parçası	62,5 - 125	Çok ince kum
(4 - 64) x 10 ³	Çakıl	31 - 62,5	İri silt
2000 - 4000	Küçük taş parçası	15,6 - 31	Ortalama silt
1000 - 2000	Çok iri kum	7,8 - 15,6	İnce silt
500 - 1000	İri kum	3,9 - 7,8	Çok ince silt
250 - 500	Ortalama kum	0,06 - 3,9	Kil

Tablo 6a. Kütahya Ahırardı Cami taş örneklerinde petrografik özellikler

Taş Örnekler	Kayaç Türü	Doku	Sertlik (Mohs)	Kayaç ve Mineraller*
KAC-T1	Zayıf			
KAC-T3	Kaynaşmış	Hiyaloklastik	1,5 - 2	Q,A,Pl,Py,D,Pm
KAC-T4	İgnimbirit			
KAC-T2	Biyomikritik Killi Kireçtaşı	Mikritik	2 - 2,5	C,Fs

Tablo 6b. Kütahya Ahırardı Cami tuğla ve çini örneklerinde petrografik özellikler

Tuğla/Çini Örnekler	T (°C)	P (%)**	Kayaç ve Mineraller*	Agrega Boyutu	Kayaç Türleri
KAC-B1	850-900	3	Q,Pl,Ç,Py,A,TK(%1)	İnce**	Andezit
KAC-B2	800-850	5	Q,Pl,Ç,Py,A,Op, By,Am,TK(%2)	Orta	Andezit
KAC-B3	800-850	7	Q,Pl,Ç,Py,A,Op,By	Orta	Andezit
KAC-B5	900-950	5	Q,Pl,Ç,Py,Op,By	İnce	Tüf/İgnimbirit

Tablo 6c. Kütahya Ahırardı Cami harç örneklerinin petrografik özellikleri

Harç Örnekler	MTB (%)	MTA (%)	Matriks Bağlayıcı İçeriği (%100)				Matriks Agregası İçeriği (%100)		
			Kireç	Kil	Çm	Kül	Kayaç & Mineraller*	TK	Org
KAC-H1	40	60	-	-	70	30	100 (Q,Ç,Pl,By,A,B,Pm)	-	-
KAC-H2							100 (Q,Pl,By,Op, A,Pm,Tf,S)	-	-
KAC-H3	35	65	-	-	80	20		-	-
KAC-H4									

Tablo 6d. Kütahya Ahırardı Cami sıva örneklerinin petrografik özellikleri

Sıva Örnekler	MTB (%)	MTA (%)	Matriks Bağlayıcı İçeriği (%100)				Matriks Agregası İçeriği (%100)		
			Kireç	Kil	Çm	Kül	Kayaç & Mineraller*	TK	Org
KAC-S1	15	85	-	-	80	20	100 (Q,K,Ç,Qs,M, Pl,By,Op,Pm)	-	-
KAC-S2									
KAC-S3	30	70	-	-	75	25	100 (Q,By,Pl,Op,Py,Pm)	-	-
KAC-S4									
KAC-S5	25	75	-	70	-	30	100 (Q,Ç,Pl,By, Op,A,B,Pm)	-	-

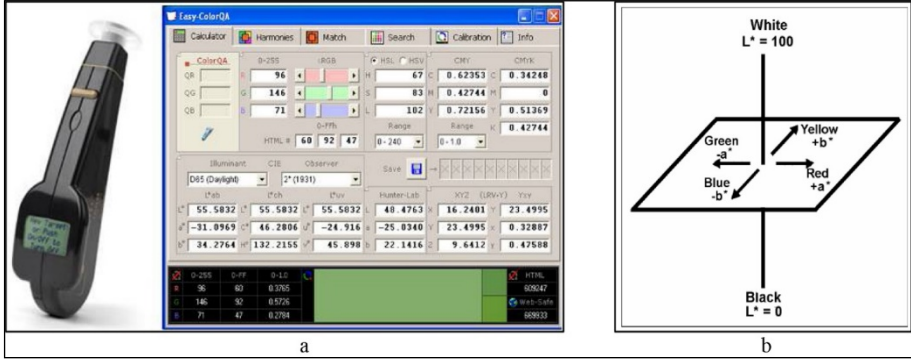
*) "A: Andezit, Am: Amfibol, B: Bazalt, By: Biyotit, C: Kalsit, Ç: Çört, D: Dasit, Fs: Fosil ve Fosil Kavkaları, K: Kireçtaşı, M: Mermer, Ms: Muskovit, , Ol: Oligoklas, Op: Opak Minareller, Pl: Plajiyoklas, Pm: Pomza, Py: Piroksen, Q: Kuvars, Qs: Kuvarsit, S: Serpantinit, Tf: Tüf, TK: Tuğla Kırıkları"

(**) %P olarak belirlenmiştir.

Örneklenen çiniler üzerindeki sırn sahip olduğu renkler (Tablo 7 ve Şekil 10) kromametrik analiz yoluyla tespit edilmiştir. Renk tespitleri, standart renk sistemi olan “CIE L*a*b* (Commission Internationale de L’Eclairage)” göz önünde tutularak yapılmıştır. (L) rengin açıklık değerini, (+a) rengin kırmızı yoğunluk değerini, (-a) renkteki yeşil yoğunluk değerini, (+b) renkteki sarı yoğunluk değerini ve (-b) ise renkteki mavi yoğunluk değerini betimlemektedir (Ohno, 2007).

Tablo 7. Kütahya Ahırardı Cami çini örneği üzerindeki sırn içerdiği renklere kromametrik analiz sonucu tespit edilen renk kodları (L-a-b)

Örnekler	L	a	b	Renk
KAC-P1a	15,86	15,48	13,53	kırmızı
KAC-P1b	9,06	8,97	-20,38	mavi
KAC-P1c	12,52	-4,48	8,97	yeşil
KAC-P1d	44,78	-14,79	-0,32	turkuaz
KAC-P1e	54,18	-0,32	11,40	beyaz
KAC-P1f	5,44	-0,36	2,21	siyah



Şekil 10. Renk analiz verileri; renk ölçer ve CIE L*a*b* renk kod sistemi (MAKLAB Arşivi, 2021)

Arkeometrik Analiz Verileri

Tuğla/Çini Örneklerin Arkeometrik Analizleri

Kütahya Ahırardı Camisi'nin duvar örgülerinden örneklenen tuğla malzemelere fiziksel testler uygulanmıştır. Test sonuçları değerlendirildiğinde, malzemelerin birim hacim ağırlıklarının (doğun/kuru) sırasıyla 2,45-2,70 g/cm³ (ort. 2,61 g/cm³) / 1,46-1,78 g/cm³ (ort. 1,66 g/cm³) arasında olduğu belirlenmiştir. Toplam su emme kapasiteleri ise %18,4-31,7

arasında (ort. %22,2) ve toplam gözeneklilikleri de %31,1-46,1 arasında (ort. %36,2) değişim göstermektedir (Tablo 3b). Tuğla örneklerin birim hacim ağırlıkları düşük değerlerdedir (1,80 g/cm³'ün çok altında). Ek olarak malzemelerin yapısında yüksek oranda gözeneklilik (%30'un üzerinde) bulunmaktadır. Bu nedenle düşük dayanım değerlerine sahiptirler (Tablo 3b).

Tuğla örneklerin tuz içeriklerini; karbonat (192 ve 400 mg/L) ve sülfat (0,20-0,80 mg/L) türlerinde tuzlar oluşturmaktadır (Tablo 4b). Örneklerde nitrat türü tuzlanma belirlenmemiştir (Tablo 4b). Bazik ortamdaki örneklerin pH'ları 8,22-8,41 arasında (ort. 8,29), tuz içeriklerinin toplamı ise %0,63-0,70 arasında (ort. %0,67) değişim göstermektedir (Tablo 4b). Gözenekli yapıdaki örnekler ortalama düzeyde tuzlanmalar içermektedir. Tuğla malzeme neme sahip ortam koşullarında tuzlanmanın bozucu etkisini taş malzemeye oranla daha yüksek seviyede taşmaktadır.

Tuğla ve çini (KAC-B5) örnekler ince kesit optik mikroskop ile analiz edilerek petrografik özellikleri belirlenmiştir. Bunun sonucunda örnekler farklı 4 grupta sınıflandırılmıştır (Tablo 6b). Tuğla ve çini örnekler boşluklu yapısı (gözeneklilik), kil yapısı ve karbonat içeriği göz önüne alındığında 800-950°C arasında pişirilerek üretilmişlerdir (Tablo 6b ve Şekil 8). Örneklerin matris boşluk oranları %3-7 arasında değişim göstermektedir (Tablo 6b). Tuğla örneklerin agrega yapısını; ince (<0,5 mm) ve ortalama (0,5-1,0 mm) boyutlu, heterojen dağılımlı ve kırıklı/köşeli agregalar oluşturmaktadır (Şekil 9). Örneklerden KAC-B1, KAC-B2 ve KAC-B4 örneklerinin agrega bileşiminde tuğla kırığı parçaları da (toplam agreganın %1 ve %2'si oranlarında) belirlenmiştir (Şekil 9). Analiz edilen tuğla ve çini örnekler birbirinden belirgin şekilde farklılaşmıştır.

Pişmiş toprak (seramik) üretimi için akarsu yataklarından katkısız şekilde sağlanan (üretim merkezlerinde) ve pişirim/üretim kolaylığı, plastiklik, renklendirme gibi farklı özelliklere sahip olan ve bu özelliklere bağlı olarak dayanıklılık veren killerin petrografik ve kimyasal özellikleri oldukça önemlidir. Yörenin kayaç/taş formasyonunu yansıtan bileşenleri doğal olarak yapıya taşıyan, kil yapısını oluşturan agregalar, üretim merkezleri hakkında da önemli bilgilere ulaşmayı olanaklı kılmaktadır. Caminin duvar örgülerini oluşturan tuğla örnekler andezit, çini örnek de tuf/ignimbirit kökenli kayaçların ayrışmasını yansıtan agregalar içermektedir (Şekil 9). Petrografik yönden volkanik kayaç/mineral içerikleri ile tuğla ve çini örneklerin yerel/yakın çevre hammadde kaynaklarını kullanan üretim merkezlerine adreslenmeleri muhtemeldir.

Taş Örneklerin Arkeometrik Analizleri

Kütahya Ahırardı Camisi'nin duvar örgülerinde kullanılan taşlar; kireçtaşı (KAC-T2) ve ignimbirit (KAC-T1, KAC-T3 ve KAC-T4) bileşimlidirler. Temel fiziki testlerin tatbik edildiği ignimbirit türündeki taşların birim hacim ağırlıkları (doğun/kuru) sırasıyla 1,74-1,98 g/cm³ (ort. 1,82 g/cm³) / 1,22-1,39 g/cm³ (ort. 1,31 g/cm³) arasında belirlenmiştir. Toplam su emme kapasiteleri %18,1- 24,7 arasında (ort. %21,5) ve toplam gözeneklilikleri de %24-30,2 arasında (ort. %28,1) değişmektedir (Tablo 3a). Kireçtaşı örneğinin doğun/kuru birim hacim ağırlığı sırasıyla 2,65 / 2,19 g/cm³, toplam su emme kapasitesi %7,9 ve gözeneklilik oranı da %17,3 değerindedir (Tablo 3a). Özellikleri gereği yüksek birim hacim ağırlığına ve düşük gözenekli yapıya sahip olan taşlar yüksek dayanıma sahiptirler. Farklı kayaç kökenleri (volkanik ve sedimanter) açısından örneklenen ignimbirit ve kireçtaşı türü taşlar birbirinden oldukça farklı fiziksel özelliktedirler. İgnimbirit örnekler yüksek gözenekliliklere ve düşük birim hacim ağırlıklara sahiptirler. Bu nedenle zayıf düzeyde dayanım özelliklerine sahiptirler. Minare duvarından örneklenen kireçtaşı ise kendi kayaç grubuna göre düşük düzeyde dayanım verilerine sahiptir.

Taş örneklerin içeriğindeki toplam tuz miktarları (suda çözünen), tuz türleri ve pH verileri belirlenmiştir. Taş malzemelerin pH değeri 8,19-8,63 arasında (ort. 8,44) ve zayıf bazik ortam şartlarına uygundur (Tablo 4a). Örneklerin bünyesindeki tuz miktarları toplamda %0,46-1,66 arasındaki (ort. %1,04) değerlerdedir (Tablo 4a). İletkenlik analizi ile taşların ortalama (KAC-T3 ve KAC-T4) ve yüksek (KAC-T1 ve KAC-T2) değerlerde toplam tuz içerdikleri anlaşılmaktadır (toprakta >%0,15'den yüksek değerler aşırı tuzlanmayı belirtmektedir (Dursun vd., 2008).

Taş örnekler (taş türünden bağımsız olarak) içeriklerindeki tuz türleri bakımından değerlendirildiğinde; örneklerin düşük ve ortalama miktarda sülfat (0,20 ve 0,40 mg/L) ve nitrat (10-50 mg/L), yüksek miktarda karbonat (400 mg/L) tuzları içerdikleri anlaşılmaktadır (Tablo 4a). Kaynağı ayrışan çimento içerikli derz harçlarından olan (sülfat ve karbonat) ve zayıf bazik ortam altında bulunan taşların tuzlanma sebebi bünyeseldir. İlave olarak taş malzemeye taşınan tuzlar yıl içerisinde mevsimsel (yağışlı dönemler) etkilere bağlı olarak da artan/azalan oranda değişim gösterebilmektedir.

Optik mikroskop ile ince kesitleri analiz edilen ve petrografik açıdan incelenen taşlar, volkanik (ignimbirit) ve sedimanter (kireçtaşı) kayaç

türleri olarak tasniflenmiştir (Tablo 6a ve Şekil 9). İgnimbiritler zayıf kaynaşmış, kireçtaşı örnek de biyomikritik kireçtaşı olarak tanımlanmıştır (Tablo 6a). Kireçtaşı örnek (KAC-T2) fosil ve fosil kavkuları içermektedir. Kütahya bölgesi ve bu yapıda kullanılan ignimbiritler Sabuncupınar ve Ilıca ilçeleri çevresine ait kaynaklardan elde edilmiş olmalıdır (MTA, 2002).

Sıva ve Harç Örneklerde Arkeometrik Analizler

Kütahya Ahırardı Camisi'nin duvarından örneklenen taş/tuğla örgüsünün derzinden örneklenen harçlar (KAC-H2 ve KAC-H4) ile iç/dış duvar yüzeylerini örten sıvaların (KAC-S2, KAC-S3 ve KAC-S4) asidik agrega/bağlayıcı analizi yoluyla içerdikleri bağlayıcı/agrega oranları tespit edilmiştir. Alınan harç örneklerinin karbonat bulunmayan toplam agrega içerikleri %78,0 ve %82,9 (ort. %80,4) değerlerindedir (Tablo 5a). Sıva örneklerin toplam agrega içerikleri de %72,7- 75,5 arasında (ort. %74,3) oranlardadır (Tablo 5a). Harç ve sıva örneklerin agrega/bağlayıcı oranlarının değerlendirilmesi sonucunda örneklerin yüksek oranda agrega içeriklerinin bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 5a ve Şekil 8a). Sıva ve harç örneklerinin toplam agrega/bağlayıcı oranı standart/geleneksel uygulamalarda görülen 2/1 karışım oranıyla uyum göstermektedir.

Asidik agrega/bağlayıcı analizi uygulanan sıva ve harç örneklerin asidik işleminden sonra ki agregalarında 6 farklı sınıflandırma yapılmıştır (Tablo 5a). Harç örneklerin sahip olduğu kil/silt boyutlu (<63 µm Ø) agrega oranları %2,6 ve %3,3 (ort. %2,9) değerlerinde, sıva örneklerin ise %2,9-4,9 arasında (ort. %3,6) değişim göstermektedir (Tablo 5a). Harç ve sıvaların çok iri kum boyutuna sahip (>1000 µm Ø) agrega içeriği de harç örneklerde %42,7 ve %50,1 (ort. %46,4) değerlerinde, sıva örneklerde de %27,0-30,4 arasında (ort. %28,2) değişmektedir (Tablo 5a). Analiz sonucunda sıva ve harç örneklerinin silt/kum boyutlu agraga içeriğini çok iri kum haricindeki agregaların (%100'e tamamlanan oranda) oluşturduğu anlaşılmaktadır. Harç örneklerde ana agrega içeriğini çok iri kum boyutundaki (>1000 µm Ø), sıva örneklerde ise ortalama, iri ve çok iri kum boyutlarındaki agregalar (250-1000 µm ve >1000 µm Ø) birlikte oluşturmaktadır (Tablo 5a,5b ve Şekil 8b) (Wentworth, 1922).

Kütahya Ahırardı Camisi'nden alınan sıva ve harç örneklerine asidik agrega/bağlayıcı analizi uygulaması sonrasında agregaların içerikleri ve tanecik cinsleri binoküler mikroskop ile incelenmiştir. Sıva ve harç örneklerin agrega içeriği çoğunlukla yuvarlanmış ve iri tanelidir (Şekil 9).

Sıva örneklerin agregaları harçlara oranla daha küçük boyutta ve benzer içeriktedirler (Şekil 9).

Harçlarda belirlenmiş olan toplam matriks agregası içeriğinin %60 ve %65 oranlarında, sıvalarda da ise %70-85 arasındaki oranlarda olduğu görülmüştür (Tablo 6c, 6d). Asidik işlem sonrasında harç (ort. %80,44) ve sıva (ort. %74,27) örneklerin toplam agregası içerikleri ince kesit analizi ile elde edilen verilerle birlikte değerlendirildiğinde; ince kesit analizi ile harçlarda yaklaşık %15-20 civarında daha düşük, sıvalarda ise benzer oranlarda toplam agregası oranlarına ulaşılmıştır. Harçlar için bu oranın düşük oluşu kalsit/karbonat içerikli matriksten kaynaklanmaktadır. Agregası/bağlayıcı içerikleri oldukça benzeşen onarım harç ve sıva örneklerinden KAC-S5 sıva örneği diğerlerinden farklılaşmaktadır (Şekil 9). Örneklerin agregası içeriği zengin çeşitlilikte volkanik yerel bağlantılı mineral ve kayaçlar içermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Kütahya kent merkezinde yer alan Ahırardı Camisi hem yapısal hem de dekoratif malzemeler (taş, tuğla/çini, harç, sıvalar ve sır/pigment) içermektedir. Bu malzemeler farklı analitik metotlar uygulanmak suretiyle arkeometrik açıdan incelenmiş, sınıflandırılmış ve tanımlanmıştır. Analiz verileri sonucunda caminin yapı malzemeleri yönünden tespiti ve bu malzemelerin belgelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu veriler restorasyon uygulaması sırasında kullanılması gereken malzemelerin belirlenmesi bakımından son derece önemlidir ve verilerin gerekli altyapıyı oluşturması hedeflenmiştir. Tarihi binanın sahip olduğu özgün malzemeler uygun yaklaşım ve kararlarla korunmalıdır. Restorasyon uygulamalarında, malzeme koruma uzmanlarına danışılması ve işbirliği içinde olunması önem arz etmektedir.

Kütahya Ahırardı Camisi'nin duvar örgü ve minaresinin inşasında kullanılmış olan taşlar yoğunlukla ignimbirit türde volkanik kayaçlardır. Yapısal taşlar yöresel/yerel kayaç biçimlenmesini doğrudan yansıtmaktadır. Taş onarımları sırasında kullanılması öngörülen ignimbiritler özgün yapı malzemeleri ile uyumlu olacak biçimde yerel taş kaynaklarından ve/veya yakın çevreden temin edilmelidir. Her ne kadar mevcut yapı taşlarının incelemesi yapılsa da yenileme/onarım uygulamaları sırasında ve mümkünse öncesinde, kullanılması öngörülen taş malzemenin

restorasyon açısından uygunluğuna petrografik inceleme sonucunda karar verilmesi önerilmektedir.

Cami duvar örgülerinde kullanılan tuğlalar binanın yapım döneminin özelliğini yansıtan standart, ortalama kalitedeki tuğlalardır. Onarımlarda geleneksel ya da yeni üretim standart boyut, doku ve şekildeki ateş tuğlaları tercih edilebilir.

Caminin moloz dolgu harçları ve derzleri çimento ile kil/kül karışımı bağlama özelliği olan içeriklere sahiptirler. Örneklenen tüm harç ve sıva örnekler çimento içerikli onarım uygulamalarıdır. Restorasyon uygulamalarında doğal bağlayıcı olan kireç içeren harçların tercih edilmesi önerilmektedir.

Caminin taş/tuğla derz/moloz dolgu harçları kireç/çimento karışımı bağlayıcı içeriğe sahiptirler. Onarım uygulamalarında çimento içerik yerine doğal kireç harçlarının kullanımı daha uygun olmaktadır. Önerilen kireç harçları doğal onarım harçlarıdır ve söndürülmüş / dinlendirilmiş kireçten oluşmaktadır. Bu niteliğe sahip harçlar orta ve uzun vadede, yapılar için, mukavemet açısından daha etkin bir dayanıklılık sağlamaktadır. Onarımlar sırasında mukavemeti arttırmak için özel olarak üretilen hidrolik kireç malzeme de tercih edilebilir.

Onarım aşamasında analiz yapılmış olsun veya olmasın önerilen tüm sıva ve harç içeriklerinin, yapının özgün malzemesi ile uyumunun aranması ve bu nedenle de öncelikle denenmesi, daha sonra uygulamalarının yapılması önerilmektedir.

Extended Abstract

Kütahya Ahırardı Mosque Architecture and Structural Material Analyses

*

Ercan Aksoy
ORCID: 0000-0001-7632-9257

Ali Akın Akyol
ORCID: 0000-0002-4174-575X

Structures with traditional and historical-cultural values are important and their conservation is necessary for the survival of culture, its transfer to future generations, and for keeping alive the common ground of societies. The goal of conservation is to preserve the physical structures along with their symbolic and artistic values and to ensure their sustainability. In addition to the preservation of functions, both the conservation of the existing materials of the structures and the accurate determination of the material properties during the restoration of the structure require archaeometric studies as well as physical observation. Thus, the determination of the properties of the structural materials allows the use of correct and appropriate materials in restorations.

This study aims to document the structural materials of the Kütahya Ahırardı Mosque in the light of archaeometric methods. Moreover, this study also aims to provide a basis for the use of equivalent materials in the restoration of the mosque. The Ahırardı Mosque is located in the northwest corner of Ressam Ahmet Yakupoğlu Park on Spor Street in the Saray neighborhood of the central district of Kütahya province. The mosque belongs to the General Directorate of Foundations and is registered on Block 14, Plot 19. According to the foundation record in the Kütahya Kadi Register of February 1876 (22 Safer 1293), the building was built and reclaimed by Dilsizoğlu Hacı İbrahim bin Osman bin Mustafa in the Saray district. Although the mosque was repaired in 1965, it can be seen that its original plan of 1876 has been partially preserved.

First, the visually assessed building materials and decorative coating elements were photographed and documented both in the field and the laboratory, coded, and grouped according to the analysis. The archaeo-

metric analysis of the materials of the Ahırardı Mosque includes the analysis of the bricks as the wall materials, the plasters and stone/brick joints on these surfaces, the stones as the building materials of the minaret base and steps, the glazed tiles covering the mihrab and pulpit, and the glaze/pigment layers on the tiles. Samples were taken that were representative of the structural and decorative materials in the mosque, as well as those that had deteriorated over time. Basic tests such as porosity, water absorption capacity, and unit volume weight were used to determine the strength of the materials. Porosity (%P), water absorption capacity (%WAC), unit volume weight, and saturated unit weight (weight saturated with water under pressure (50 torrs) in pure water) (dry-saturated UVW, g/cm^3) were determined. The tests were performed on amorphous brick and stone fragments since the sample quantities required for standard physical tests (standard core samples of 5-10 cm^3) were not available. To determine the total salt content of the samples, 5 grams of the sample were mixed in 25 ml of water, centrifuged for 1 hour, and filtered. Sodium hexametaphosphate $[(\text{NaPO}_3)_6]$ standard was then added. The salt content of the samples prepared for analysis was recorded using a Neukum Series 3001 pH-temperature-conductivity meter. To interpret the results, specific equations were used to obtain the percentage of total salt content by weight (%w/w). Spot salt tests were performed on the brick and stone samples to determine the type of salt and to find the pH values/distribution of the samples. The spot tests were performed either by using strips or by adding reagents to the solutions, depending on the type. The colors of the glaze on the sampled tiles were determined by chromometric analysis.

As a result of the archaeometric data, it was found that the unit volume weights of the brick samples were at low values (well below 1.80 g/cm^3), in addition to the high porosity (over 30%) in the structure of the materials. Therefore, their strength values were low. The aggregate structure of the brick samples consists of fine (<0.5 mm) and medium (0.5-1.0 mm), heterogeneous, and fractured/cornered aggregates. The brick samples from the mosque masonry contain andesite, and the tile samples contain aggregates from the weathered rocks of tuff/ignimbrite origin. Petrographically, the brick and tile samples with volcanic/mineral contents are likely to have come from production centers using local/adjacent raw material resources. The stones used in the masonry of the Kütahya Ahırardı Mosque are composed of limestone and ignim-

brite. The stones have high unit volume weight and low porosity due to their properties and high strength. Ignimbrite samples have high porosity and low unit volume weight. Therefore, they have low-strength properties. The limestone sampled from the minaret wall has low strength data compared to its group. The limestone sample contains fossils and fossil shells. The ignimbrites used in this building and the Kütahya region must have been quarried in the Sabuncupınar and Ilica districts. The samples had a high aggregate content according to the evaluation of the aggregate/binder ratio of the mortar and plaster samples. The total aggregate/binder ratio of the plaster and mortar samples is consistent with the 2:1 mixing ratio found in standard/traditional practices. The aggregate content of the plaster and mortar samples was mostly rounded and coarse-grained.

The bricks used in the mosque masonry were standard bricks of average quality, reflecting the characteristics of the period of construction. Traditional or newly manufactured firebricks of standard size, texture, and shape may be preferred for repairs. Structural bricks directly reflect the local/regional rock formation. Ignimbrites used in masonry repairs should be sourced from local sources and/or the immediate area to be compatible with the original building materials. The mosque's rubble backfill mortars and grouts contain cement and a clay/ash mixture with binding properties. All of the mortars and plasters sampled were cement-based repair applications. In restoration applications, it is advisable to prefer mortars containing lime, which is a natural binder.

Kaynakça/References

- Akyol, A.A. (2019). Sivrihisar Ulu Cami yapı malzeme analizleri. *Akdeniz Sanat Dergisi*, (13), 37-55.
- Alanyurt, U. ve Eskici, B. (2019). Tophane Kasrı yapı malzemelerinin arkeometrik araştırmaları. *MASROP E-Dergi*, 13(2), 1-19.
- Altun, A. (1981). *Kütahya'nın Türk devri mimarisi. Bir deneme*. İstanbul: Kütahya İli 100. Yıl Kutlama Komitesi.
- Bayazit, M. ve Yıldız, D. (2018). Fatih Paşa Cami (Diyarbakır) sıva ve harç örneklerinin arkeometrik karakterizasyonu. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 10(2), 709-720.
- Black, C. A., Evans, D. D., Ensminger, L. E., White, J. L. ve Clark, F. E. (1965). *Methods of Soil Analysis No. 9 in the Series Agronomy, American Society of Agronomy*. Wisconsin-USA: Inc. Madison.

- Brady, N.C. ve Weil, R.R. (2004). *Elements of the Nature and Properties of Soils*. New Jersey: Pearson and Prentice Hall.
- Dursun, H., Dizdar, M.Y., Kırıştioğlu, Ő., Özcan, İ. ve Hamurkar, Y. (2008). *Toprak ve arazi sınıflaması standartları teknik talimatı ve ilgili mevzuat*. Ankara: Tarım ve KöyiŐleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve GeliŐtirme Genel Müdürlüğü Yayını.
- Eha Yapı Mimarlık İnŐ. Tur. Taş. San. ve Tic. Ltd. Őti. (2021), Ahırdadı Cami rölöve, restitüsyon, restorasyon projeleri arşivi.
- Feigl, F. (1966). *Spot test in organic analysis*. Amsterdam: Elsevier Publication Company.
- Google Earth. (2022). Ahırdadı Cami konumu. EriŐim adresi: <https://www.google.com/earth>
- Güleç, A. (2013). Fatih Camii ve I. Mahmut Kütüphanesi harç ve sıvalarının karakterizasyonu. *Vakıf Restorasyon Yıllığı*, 7, 110-118.
- Kerr, P.F. (1977). *Optical mineralogy*. New York: McGraw-Hill Co.
- MAKLAB (Tarihi Malzeme AraŐtırma ve Koruma Laboratuvarı). (2021), Ahırdadı Cami rölöve, restitüsyon, restorasyon projeleri arşivi.
- MTA / Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2002). Türkiye Jeoloji Haritası. EriŐim adresi: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/500bas>
- Means, R.E. ve Parcher, J.V. (1963). *Physical Properties of Soils*. Columbus-Ohio, USA: Charles E. Merrill Publishing Co.
- Ohno, Y. (2007). *Spectral colour measurement, in CIE colorimetry: Understanding the CIE system*. J. Schanda (Der.). New York: Wiley Publication.
- RILEM. (1980). *Research and testing, materials and construction 13*. Paris: Chapman and Hall.
- Rapp, G. (2002). *Archaeomineralogy*. Berlin: Springer-Verlag.
- Sayın, B. (2016). Tarihi yığma yapıların malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve uygulama önerileri. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 7(3), 387-398
- TSE / Türk Standartları Enstitüsü. (2012). *Agregaların geometrik özellikleri için 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 glass terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, (30), 377-392.

Dr. Mimar Ercan Aksoy lisans ve yüksek lisans eğitimini Selçuk Üniversitesi Mimarlık Fakültesinde, doktora eğitimini ise Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesinde tamamlamıştır. Halihazırda Ankara'da Eha Yapı Mimarlık Őirketinde genel müdür olarak çalıŐmaktadır. Akademik çalışmaları tarihi yapı ve alanların korunması, yenileme ve restorasyon, kır-

sal ve yerel mimari ile konservasyon ve tarihi yapı malzemeleri üzerinedir.

Ercan Aksoy received his B. Arch and M.Arch from Selçuk University, Faculty of Architecture, and Ph.D. from Gazi University, Faculty of Architecture. He currently works as General Director in Eha Cons. & Architecture in Ankara. His research focuses on the preservation of built heritage, renovation and restoration, rural and vernacular architecture, conservation and historical building materials.

E-mail: ercanaaksoy@hotmail.com

Doç. Dr. Ali Akın Akyol lisans (Kimya), yüksek lisans ve doktora (Arkeometri) eğitimini ODTÜ'de tamamlamıştır. Ankara Üniversitesi (2000-2013), Gazi Üniversitesi (2013-2018) ve 2018 yılından itibaren de Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi'nde öğretim üyesi olarak hizmet vermektedir. Akademik çalışmaları arkeolojik malzeme analizleri ve karakterizasyonu üzerinedir. Arkeometri alanında çok sayıda akademik yayını, editörlük, dergi hakemliği ve bilim kurulu üyelikleri bulunmaktadır.

Assoc. Prof. Dr. Ali Akın Akyol received his B.A (Chemistry), M.Sc. and Ph.D. (Archaeometry) degrees from METU. He became an instructor in the field chemistry of restoration & conservation at Ankara University (2000-2013), Gazi University (2013-2018) and Ankara Hacı Bayram Veli University (since 2018). His academic studies are on archaeological material analyses and their characterization. He has many academic publications, editorship, journal refereeing and scientific committee memberships in the field of archaeometry.

E-mail: ali.akyol@hbv.edu.tr