

## Tarihi Büyük Hamam (Milas-Muğla) Yapısında Kullanılan Duvar ve Sıva Harçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi

Adem SOLAK 

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Burdur

Geliş Tarihi (Received): 17.02.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 10.04.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author\*): [asolak@mehmetakif.edu.tr](mailto:asolak@mehmetakif.edu.tr)

☎ +90 248 2132757 📠 +90 248 2132704

### ÖZ

Tarihi yapılar ülkelerin en önemli kültür miraslarının başında gelmektedir. Tarihi yapıların korunmasında esas gaye onların yapısal bütünlüklerini koruyarak geleceğe güvenle aktarılmasının sağlanmasıdır. Tarihi yapılar ile ilgili yapılacak herhangi bir uygulamadan önce disiplinler arası bir çalışma ile yapıların mevcut halinin detaylı bilinmesi gereklidir. Yapının inşasında kullanılan bağlayıcı malzemelerin özellik ve bileşimlerinin analiz edilmesi bu çalışmanın temel amacıdır. Çalışma kapsamında Muğla ili Milas ilçesinde bulunan Beçin antik kentindeki Büyük Hamam yapısının duvarlarında kullanılan duvar örgü ve sıva harçları incelenmiştir. Büyük Hamam yapısından alınan harç numuneleri üzerinde laboratuvar ortamında stereo mikroskopla petrografik inceleme, X-Işınları Difraktometresi (XRD), Termografik analiz (TG/DTA), X-Işını Floresans (XRF) spektrometresi, birim hacim kütle, kütlece ve hacimce su emme, özgül kütle, kompasite, porozite, asit kaybı ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucu, harçların temel fiziksel, mekanik ve hidrolik özellikleri ile mikro yapıları, doğal madde kompozisyonları, doğal madde-lerin mineralojik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda yapıda bulunan duvar örgü ve sıva harçlarındaki bağlayıcı malzemenin saf kireç harcı olduğu belirlenmiştir. Harçların hidrolik özellik göstermediği, ayrıca basınç dayanımlarının da düşük olması incelenen örneklerin hidrolik özellikte olmadığından dolayı yani harçların saf kireç harcı olmasından kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bağlayıcı malzeme, dayanım, hidrolik özellik, kireç harçları, tarihi yapı

## Experimental Investigation of Masonry and Plaster Mortars Used in the Historical Large Bath Building (Milas-Muğla)

### ABSTRACT

Historical buildings are one of the most important cultural heritages of countries. The main purpose in the preservation of historical buildings is to ensure that they are safely transferred to the future by preserving their structural integrity. Before any application about historical buildings, it is necessary to know the current state of the buildings in detail with an interdisciplinary study. The main purpose of this study is to analyze the properties and compositions of the binding materials used in the construction of the building. Within the scope of the study, the masonry and plaster mortars used on the walls of the Great Bath structure in the ancient city of Beçin in the Milas district of Muğla province were examined. Petrographic examination, X-Ray Diffractometry (XRD), Thermographic analysis (TG/DTA), X-Ray Fluorescence (XRF) spectrometry, unit volume mass, water absorption by mass and volume, property mass, compactness, porosity on the mortar materials taken from the Great Bath structure in the laboratory environment, acid

loss and uniaxial compression bed tests were carried out. As a result of the experiments, the basic physical, mechanical and hydraulic properties of the mortars and their microstructures, natural material compositions, mineralogical and chemical properties of natural materials were determined. At the end of the study, the binder layers in the masonry and plaster mortars in its structure were determined as pure lime mortar. It has been evaluated that the mortars do not show hydraulic properties, and the low compressive strength may be due to the fact that the samples examined are not hydraulic, that is, the mortars are pure lime mortar.

**Keywords:** Binding material, strength, hydraulic properties, lime mortars, historical structure

## GİRİŞ

Tarihi belge niteliğine sahip olan kültür varlıklarının korunması ve gelecek nesillere aktarılması disiplinler arası bir çalışma gerektirir. Mimar, inşaat mühendisi, jeoloji mühendisi, arkeolog, sanat tarihçisi, kimya mühendisi, jeofizik mühendisi, konservatör, restoratör gibi farklı meslek gruplarından birçok uzman söz konusu değerlerin korunması için beraber çalışmalıdır.

Tarihi eser niteliği taşıyan yapılar, zamanla doğal ve insan faktörlü nedenlerden dolayı fonksiyonel işlevlerini kaybetmektedir. Ülkemizde de halen geçerli olan ve 1964 yılında yayınlanan Venedik Tüzüğü'nde tarihi yapıların onarımında özgün malzemenin kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır (URL-1, 2014). Bu bağlamda yapılacak restorasyon ve konservasyon çalışmalarında özgün ve orijinal malzeme kullanılması büyük önem arz etmektedir (Güleç ve Ersen, 1998; Sayın, 2019).

Osmanlı döneminde yapılan tarihi yapılarda kullanılan harçlarda bağlayıcı madde ağırlıklı olarak kireçtir. Tarihi yapılarda taşıyıcı duvar ve sıva harçlarında kullanılan kireç harçları, yapı elemanlarını bir arada tutan bağlayıcı malzemelerden olup, kireç ile agrega ve suyun karıştırılması ile oluşturulur. Dayanım kazanım özelliklerine göre kireç harçlarını hidrolik ve hidrolik olmayan kireç harçları olarak gruplandırılmaktadır (Boynton, 1966).

Hidrolik olmayan kireç harçları, kirecin havada bulunan karbon dioksit ile kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) bileşiğine dönüşerek dayanım kazanırlar (TS699, 1987). Hidrolik kireç harçları ise, hidrolik kireç kullanılarak veya saf kireç ile puzolanik agregaların karıştırılması ile elde edilir. Hidrolik kireç harçları, kireçte bulunan kalsiyum silikatların ve kalsiyum alüminatların su ile reaksiyonu sonucunda kalsiyum-silikat-hidrat (C-S-H) ve kalsiyum-alüminat-hidratların (C-A-H) oluşması ile dayanım kazanır. Hidrolik kireç harçları, hidrolik olmayan kireç harçlarına göre daha büyük mekanik özellikler göstermekle birlikte aynı zamanda daha kalıcı harçlardır.

Tarihi yapılarda kullanılmış olan yapı malzemelerinin karakteristik özelliklerinin belirlenebilmesine yönelik olarak literatürde yer alan bazı çalışmalar şu şekildedir:

Aydın ve ark. (2019) tarafından yapılmış olan çalışmada, Şanlıurfa ilinde yer alan Hacı Yedigâr Cami inşasında kullanılmış olan yapı malzemelerinin özellikleri arkeometrik açıdan tahribatsız ve tahribatlı yöntemlerle incelenmiştir. Yapıdan alınan malzeme numuneleri üzerinde optik petrografi (polarizan mikroskop), X-ışınları difraksiyonu (XRD) ve jeokimyasal analizler (X-ışınları floresans-XRF) yapılmıştır. Optik petrografik incelemelere göre kireçtaşlarının genellikle kalsit minerallerinden oluşmakla birlikte az miktarda kuvars, feldispat, kil, opak mineral, fosil kavrısı ve maseraller içerdiği, XRD inceleme sonuçlarına göre numunelerde kalsit, jips, kuvars, feldispat ve kil mineralleri bulunduğu, kireçtaşı olarak tanımlanmış olan yapı duvarlarının kalsit+jips bileşimi gösterirken, harç örneklerinde kalsit+kuvars±feldispat bileşenlerinin bulunduğu, XRF sonuçlarına göre numunelerin yapısında ağırlıklı olarak Mg, Al, Si, K, Ca, Fe gibi elementlerin yer aldığı tespit edilmiştir.

Akyol ve ark. (2022) tarafından yapılmış olan çalışmada; Afyon ili içerisinde bulunan Ulu Cami yapısında kullanılmış olan yapısal ve dekoratif yapı malzemelerinin karakteristik özelliklerinin belirlenebilmesi için yapıdan alınan malzeme numuneleri deneysel yöntemlerle incelenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan deneyler sonucunda yapının inşasında kullanılmış olan taşların yerel kayalık kaynaklarından elde edilmekle birlikte andezit taşlar olduğu, taş/tuğla derz ve moloz dolgu harçlarının kireç ve kireç/kil karışımı bağlayıcı içeriklerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Akyol ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada Malatya Ulu Camisi'ne ait yapı malzemeleri arkeometrik yönden incelenmişlerdir. Bu doğrultuda, yapının farklı bölümlerinden alınan taş, tuğla, çini, harç ve sıva örnekleri analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda yapının inşasında çoğunlukla traki-andezit türü taş kullanıldığı, yapıda kullanılmış olan özgün tuğla malzemelerin dayanım değerlerinin oldukça düşük olduğu,

## Tarihi Büyük Hamam (Milas-Muğla) Yapısında Kullanılan Duvar ve Sıva Harçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi

özgün harç ve sıvaların bağlayıcı içeriğinde kireç/kil ve kireç/alçı/kil karışımı, onarımda kullanılan harç ve sıvaların bağlayıcı içeriğinde ise çimento/kireç, çimento/kil ve kil/kireç/çimento karışımı bağlayıcıların kullanıldığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında arkeometrik analizler ile elde edilen verilerin, yapının hem malzeme açısından belgelenmesine hem de koruma/onarım uygulamalarının daha verimli yürütülmesine katkı sağlama etkili olduğu vurgulanmıştır.

Bu çalışmada Muğla ili Milas ilçesinde yer alan Beçin antik kentinde Osmanlı döneminde moloz taşlar ile inşa edilmiş olan Büyük Hamam yapısında (Şekil 1) kullanılan kireç harçlarının malzeme özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.



Şekil 1. Büyük Hamam genel görünümü

## MATERYAL VE YÖNTEM

Alınan numunelerin 3 tanesi taş arası duvar harcı, 2 tanesi de sıva harcıdır. Örnekler alınırken numunelerin mümkün olduğunca özgün malzeme korunması prensibi göz önüne alınmıştır. Bu nedenle yapılardan karot alınması yöntemi yerine elle ve yardımcı aletlerle örnek alma yöntemi tercih edilmiştir.

Duvar örgü harçları Batı Eyvan Güney Duvarı (BHD1), Doğu Eyvan Güney Duvarı (BHD2) ve Soyunmalık Güneydoğu Duvarı iç cepheden (BHD3) alınmıştır (Şekil 2). Sıva harçları ise İliklik Kuzeybatı Duvarı (BHS1) ve Sıcaklık Bölümü Doğu Duvarından (BHS2) alınmıştır (Şekil 3). Numune kodlamalarında ilk iki harf yapı adını (Büyük Hamam: BH), üçüncü harf harcin duvar ya da sıva harcı olduğunu (Duvar harcı: D, Sıva harcı: S) dördüncü rakam da alınan bölgeleri göstermektedir.



BHD1



BHD2



BHD3

Şekil 2. Büyük Hamam yapısından duvar harcı numuneleri alınan bölgelerin görünüşü



BHS1

BHS2

Şekil 3. Büyük Hamam yapısından sıva harcı numuneleri alınan bölgelerin görünüşü

### Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Harç örneklerin fiziksel özelliklerinin belirlenebilmesi için su emme ve piknometre deneyleri TS699 standart testi kullanılarak yapılmış olup, örneklerin kütlece ve hacimce su emme oranları (Sk, Sh); birim hacim kütle (Δ), özgül kütle (δ), komposite (K) ve porozite (P) değerleri bulunmuştur (TS699, 2009). Tek eksenli basınç dayanım değerleri Tonitechnic marka test cihazı ile bulunmuştur (RILEM, 2005; TS EN 1015-11, 2020).

### Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Bağlayıcı/agrega oranının belirlenmesi amacıyla harç numunelerinden 50 gramlık toz örneği alınmıştır. Toz numuneler beher içine konularak, %10 oranında seyreltilmiş HCl ile 60 dakika karıştırılarak 1 saat bekletilmiş ve daha sonra filtre kağıttan süzülerek asitteki kayıp oranları belirlenmiştir. Harçların kimyasal kompozisyonları ise Spectro XEPOS-II PEDXRF cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. XRF yöntemi ile yapı harçlarının içerisindeki maddelerin % oksit bileşenleri belirlemek için kimyasal özellikleri tanımlanmıştır.

Harçların hidrolik özellikleri Perkin Elmer Diamond TG/DTA cihazı kullanılarak yapılan termogravimetrik analiz ile belirlenmiştir. Testler, 200 ml/min debide sağlanan azot gazı ortamında, 20°C/min sıcaklık artırımı ile 30- 900°C sıcaklık aralığında seramik numune kapları kullanılarak yaklaşık 11 mg kütlede numunelerle gerçekleştirilmiştir. Bu analiz ile numunelerin sıcaklık değişimleri karşısındaki kütle kayıpları incelenmiş ve analiz sonunda, 0-120°C, 200-600°C ve 600-900°C

aralıklarındaki kütle kaybı değerleri (%) cinsinden bulunmuştur. 200-600°C aralığındaki kütle kaybı, kimyasal bağlı suyun çıkışını; 600- 900°C aralığındaki kütle kaybı ise karbonatlaşmış kirecin kalsinasyonu sonucu karbondioksit çıkışını ifade etmektedir. Numunelerin hidrolik özellikleri karbondioksit kaybı değeri ile su yüzdelilerinin oranlaması ile değerlendirilmiş olup, bu oranın 10'dan küçük olması halinde harçların hidrolik özellik gösterdiği kabul edilmiştir (Oğuz ve ark., 2015).

### Mineralojik Özelliklerin Belirlenmesi

Harçlarda kullanılan kireç ile agregaların mineralojik özellikleri hazırlanan ince kesitler üzerinde polarize mikroskop (Leica DM750P) kullanılarak petrografik analiz ile, ayrıca ileri teknik analizlerden olan X Işını Kırınımı (XRD) cihazı (Rigaku Mini Flex) kullanılarak tespit edilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Fiziksel ve Mekanik Analiz Sonuçları

Harç numunelerinin fiziksel özellikleri incelendiğinde (Tablo 1) birim hacim kütle değerlerinin 1.6-1.8 gr/cm<sup>3</sup>, özgül kütle değerlerinin 2.6-2.7 gr/cm<sup>3</sup> kütlece su emme yüzdelilerinin %9-11 hacimce su emme yüzdelilerinin %17-20 porozite (gözeneklilik) değerlerinin %35-40 kompozite (doluluk) oranlarının %60-65 aralığında olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 1.** Harçların fiziksel ve mekanik özellikleri

Örnek	Sk (%)	Sh (%)	Δ (gr/cm <sup>3</sup> )	δ (gr/cm <sup>3</sup> )	Porozite P (%)	Komposite K (%)	Dayanım σ (MPa)
BHD1	10,30	17,20	1,67	2,70	38	62	3,0
BHD2	11,01	18,60	1,69	2,66	37	63	2,8
BHD3	10,63	17,85	1,68	2,68	38	62	3,1
BHS1	9,92	17,07	1,72	2,71	37	63	3,5
BHS2	10,00	17,10	1,71	2,70	37	63	4,5

Bu değerler literatürde önceki çalışmalar ile uyum içindedir. Örneğin, Oğuz ve ark. (2015) inceledikleri Antalya Andriake limanında Selçuklu dönemi yapıya ait tipik kireç harçların boşluk oranı %34, yoğunluk 2,50 olarak, Ulukaya ve ark. (2013) inceledikleri Osmanlı yapısında yoğunluk 2,7, boşluk oranı 44, birim hacim ağırlık 1.5, olarak bulmuşlardır (Uğurlu ve ark., 2010; Ulukaya ve ark., 2013). Diğer bir çalışmada Kozlu

(2010) incelediği Osmanlı yapısında gözeneklilik %48, birim hacim ağırlık 1,2 ve yoğunluk 2,62 olarak bulmuşlardır. Bu değerler bu çalışma sonuçlarına çok yakın değerlerdir. Numunelerinin ortalama tek eksenli basınç dayanımları sırasıyla 3,0 ve 4,0 MPa olarak belirlenmiştir (Tablo 1).



## Tarihi Büyük Hamam (Milas-Muğla) Yapısında Kullanılan Duvar ve Sıva Harçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi

## Kimyasal Analiz Sonuçları

Harç örneklerinin asit ile tepkimeye girmeyen ve fitler kağıdının üzerinde kalan kısımları etüvde kurularak asitteki kayıp oranından, bağlayıcı/agrega oranı 1/2 ile 2/3 arasında olduğu bulunmuştur (Tablo 2).

**Tablo 2.** Harçların asitte kayıp-bağlayıcı/agrega oranları

Numune	Asitte Kayıp Yüzdesi %	Bağlayıcı/Agrega Oranı
BHD1	35,10	1/2
BHD2	34,06	1/2
BHD3	36,20	1/2
BHS1	40,20	2/3
BHS2	41,30	2/3

Bu değerler tarihi yapılarda kullanılmış olan kireç harçlarındaki kireç/agrega oranları ile benzerlik göstermektedir. Uğurlu ve Böke (2013) Manisa'daki Aigai, Aydındaki Nysa arkeolojik alanlarında bulunan yapılarda kullanılan Roma dönemi harçları üzerine yapmış oldukları çalışmada harçlardaki kireç/ agrega oranının 1/4-1/1 aralığında, Kozlu (2010) Selçuklu dönemi 13.yy Kızıl köşk, Osmanlı dönemi 15.yy Güpgüpoğlu Konağı hamam yapılarında kullanılan harçlardaki kireç/ agrega oranının 1/2-1/1 aralığında olduğu ve bu çalışma sonuçlarına benzer sonuçlar olduğu görülmektedir (Moropoulou ve ark., 2005; Uğurlu ve ark., 2013).

XRF yöntemi ile yapı harçlarının içerisindeki maddelerin % oksit bileşenleri belirlenerek kimyasal özellikleri tanımlanmış ve analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

XRF sonuçlarına göre örnekler yüksek oranda CaO ile SiO<sub>2</sub> ve daha düşük oranlarda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, K<sub>2</sub>O ve Na<sub>2</sub>O içermektedir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Harç örneklerinin % oksit cinsinden kimyasal bileşenleri

Bileşen	BHD1	BHD2	BHD3	BHS1	BHS2
SiO <sub>2</sub>	42,13%	29,29%	28,55%	5,56%	16,51%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,03%	6,85%	5,28%	1,17%	5,87%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,90%	2,28%	1,69%	0,37%	2,36%
MgO	2,84%	1,35%	1,16%	0,94%	1,27%
CaO	29,69%	37,23%	41,01%	52,25%	42,75%
Na <sub>2</sub> O	0,27%	0,33%	0,45%	0,09%	0,31%
K <sub>2</sub> O	1,71%	1,93%	2,37%	0,32%	1,62%
TiO <sub>2</sub>	0,12%	0,25%	0,15%	0,04%	0,26%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07%	0,19%	0,23%	0,09%	0,17%
MnO	0,07%	0,04%	0,06%	0,01%	0,04%
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05%	-	0,01%	28,83%	0,02%
LOI	16,10%	39,18%	20,25%	16,51%	19,03%

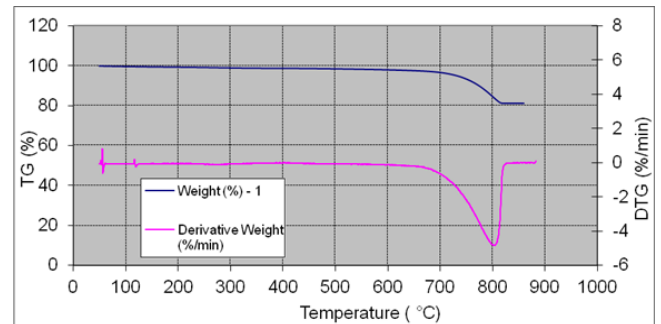
Harç numunelerinde görülen yüksek miktardaki CaO oranı bağlayıcı olarak kalsiyum kirecinin kullanıldığına işaret etmektedir. Sıva harcı numunesinde CaO oranının diğer harç numunelerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Petrografik analizdeki sıva harcı numunelerinin kireç bağlayıcısının taş taş arası harçlarda bulunan kireç bağlayıcısına göre daha fazla olduğu sonucu ile benzer bir sonuç göstermektedir.

Harçlarda TG/DTA analizleri sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Ayrıca örnek olarak Şekil 4'de BHD1 numunesinin TG analiz grafiği verilmiştir.

**Tablo 4.** Harçların hidrolik özellik sonuçları

Numune adı	TG/DTG			
	Hidrokopik su kaybı (%)	Yapısal su kaybı H <sub>2</sub> O (%)	Karbondiyoksit kaybı (%)	Hidrolik özellik CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O
BHD1	0,32	1,37	17,04	12,43
BHS1	0,53	2,59	39,59	15,29
BHS2	0,61	2,24	29,62	13,20

Buna göre, incelenen tüm harç numunelerinde CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O oranı 10'un üstünde olduğundan harçların hidrolik olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4). Bu değerler Moropoulou ve ark. (2005) yapmış olduğu çalışmadaki tipik kireç harcı örneklerinin değerleri ile uyumlu görülmektedir.



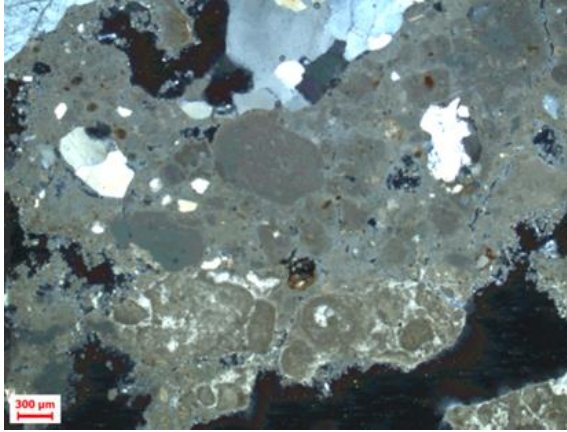
**Şekil 4.** BHD1 numunesinin TG analiz grafiği

## Harçların Mineralojik Özellik Belirleme Sonuçları

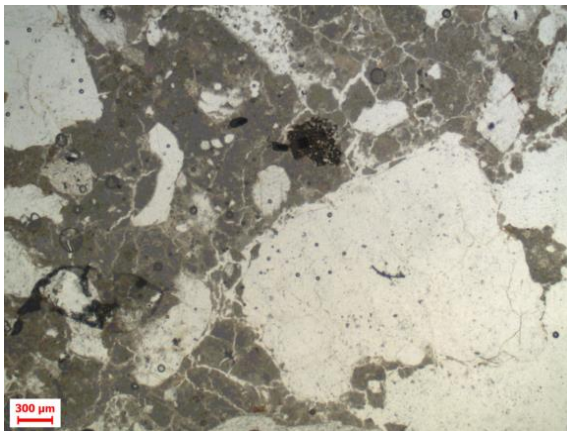
### Petrografik Analiz Sonuçları

Büyük Hamam Batı eyvan harç numuneleri (BHD1) ince kesit petrografik analizinde; volkanik kayaç parçaları, mermer, kuvarsit ve mikaşist parçaları tespit edilmiş olup, mineral olarak köşeli taneli kuvars ve kalsit mineralleri görülmüştür (Şekil 5a).

Bağlayıcı olarak tane boyutu oldukça ince mikritik kireç parçacıkları tespit edilmiştir (Şekil 5b). Ayrıca silt ve kum boyutundaki zarflı (iç yapısı tam belli olmayan) peloidal agregalar ile bağlayıcıya önemli katkı sağlayan karbonat topakçıkları görülmüştür. Bağlayıcı kireç hamuru içinde kuvars parçalarının da olduğu Şekil 3b'de görülmektedir.



a

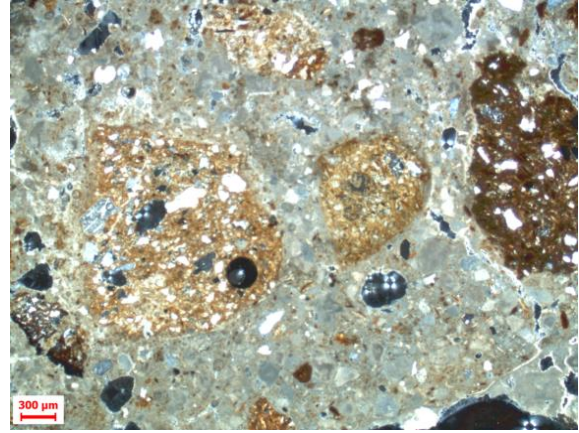


b

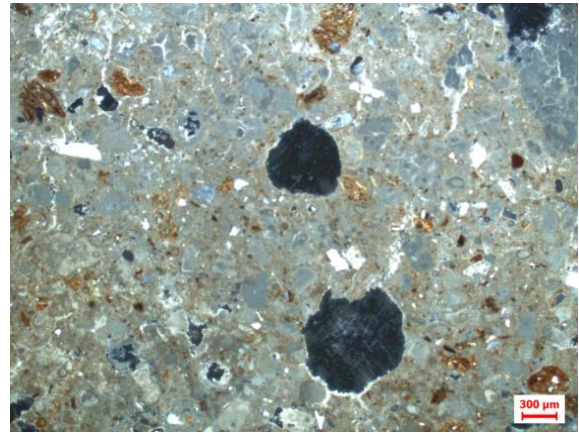
**Şekil 5.** BHD1 Polarize mikroskop görüntüleri; a. Genel doku, b. Bağlayıcının görünümü

Büyük Hamam İllıklık kuzeybatı sıva harç numuneleri (BHS1) ince kesit Petrografik analizinde; breş tanesi

içerisine inklüzyonlar şeklinde yerleşen silt boyutundaki kalsit ve kuvars mineralleri ile karbonat kireç hamuru ve silt boyutunda tuğla kiremit parçaları görülmüştür (Şekil 6a). Buradaki tuğla parçaları az miktarda ve sarımsı renkte olup az pişmiş tuğla kırıntıları olduğunu göstermektedir. Kaymak kireç bağlayıcı oranı fazla ve az boşluklu yapıya sahip olduğu da görülmüştür (Şekil 6b).



a



b

**Şekil 6.** BHS1 polarize mikroskop görüntüleri; a. Genel doku, b. Mikritik kireç topakçıklarının agregası ile bağlantısının görünümü

### XRD (X-Işını Kırınımı) Analiz Sonuçları

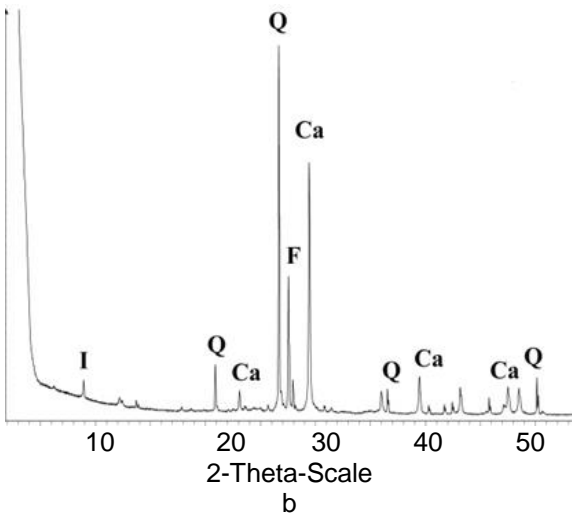
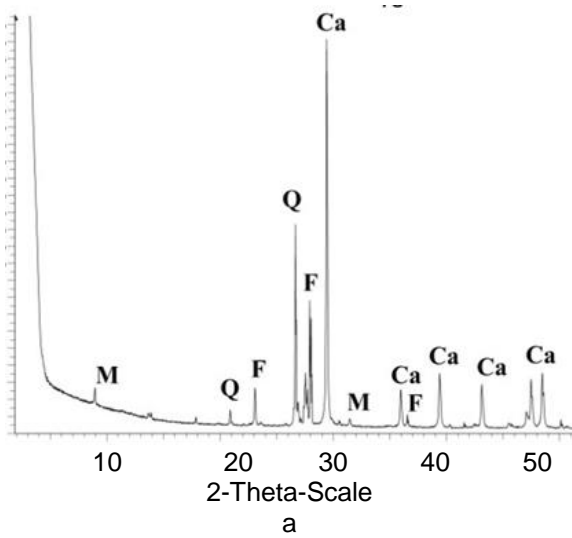
İleri teknik analizi XRD yöntemi ile harç ve sıva örneklerinin ince bağlayıcı kısımları ile normal kısımları incelenmiştir.

Hem ince hem de kalın boyuttaki agregaları da içeren tüm harç numunelerinin XRD analizlerinde temel olarak kalsit ve kuvars mineralleri ile az miktarda albit, mika ve kil mineralleri belirlenmiştir. Örnek olarak Şekil

## Tarihi Büyük Hamam (Milas-Muğla) Yapısında Kullanılan Duvar ve Sıva Harçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi

7a ve Şekil 7b'de sırasıyla BHD1 numunesinin ince bağlayıcı kısmı ile normal kısmının XRD grafiği verilmiştir.

XRD analizlerinde Petrografik analizden elde edilen kalsit ve kuvars minerallerin baskın olduğu sonucu ile uyumlu sonuçlar gözlenmiştir. Kalsit minerali bağlayıcı olarak kirecin kullanıldığını, kuvars minerali ise harçlardaki agregaların silisyum mineralini içerdiğini göstermektedir.



**Şekil 7.** BHD1 Numunesinin XRD Grafiği;  
a. Bağlayıcı Kısım, b. Tüm Numune  
(Q:Kuvarz, Ca:Kalsit, F:Feldispat I:İllite, M:Mika)

Harç numunelerinin mineralojik yapılarının diğer çalışmalara benzediğini söyleyebiliriz. Örneğin Uğurlu ve Böke (2013) inceledikleri Roma yapısı harçların bağlayıcı kısımlarının XRD grafiğinde kuvars ve kalsit mineralleri ağırlıklı olarak saptamıştır. Diğer bir çalışmada Ulukaya ve ark. (2013) inceledikleri Osmanlı yapılarında harç örneklerinin XRD grafiklerinde agregaların kuvars ve kalsit ağırlıklı olduğunu tespit etmişlerdir.

## SONUÇ

Tarihi yapılarda kullanılan harçların bileşenlerinin belirlenmesi, restorasyon çalışmalarının başarısı açısından çok önemlidir. Harç bileşenleri, harçların fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri üzerine etkili olurken aynı zamanda çevresel etkilere bağlı olan harç bozulma ihtimallerini de belirlemektedir.

XRD ve petrografik analiz sonuçları incelenen kireç harçlarının ağırlıklı olarak kalsit ve kuvars az oranda da feldspar, mika, dolomit ve kil minerallerinden oluştuğunu göstermiştir.

Kalsitin varlığı bağlayıcı olarak kirecin kullanıldığını, kuvars ise agregaların silikat mineralleri içerdiğini göstermiştir. Ayrıca XRD sonuçlarında görüldüğü üzere numunelerin yüksek oranda  $\text{CaCO}_3$  içermesi ve C-S-H'a rastlanmamış olması, ayrıca dolomit piklerinin çok küçük olması harçlarda saf kirecin kullanıldığını göstermiştir.

TG/DTA analizleri, harç örneklerinin tümünün hidrolik özellikte olmadıklarını göstermektedir. İncelenen harçlar saf kireç harçlarıdır.

Sonuç olarak, Osmanlı döneminde inşa edilmiş olan Büyük Hamam tarihi yapısında kullanılan taş-taş arası duvar örgü harcı ve sıva harçlarının, birçok tarihi yapıda saf kireç kullanılarak hazırlanmış olan harçların yoğunluk, porozite ve basınç dayanım değerlerine yakın olduğunu göstermiştir. Basınç dayanımlarının da düşük olması incelenen örneklerin hidrolik özellik göstermediğinden dolayı yani harçların saf kireç harcı olmalarından dolayı kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı İTÜ Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarı'na (XRF ve XRD analizleri için), PAÜ öğretim üyesi Dr. Nazım Usta ve Y. Müh. Cihan Aratman'a (TG/DTG ve Petrografik analizler için) teşekkür ederim.

**KAYNAKLAR**

- Akyol, A.A., Kadioğlu, Y.K., Derakhshan Houreh, N. (2022). Afyon Ulu Cami arkeometrik analizleri. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 29: 37-65.
- Akyol, A.A., Aksoy, E., Kadioğlu, Y.K. (2022). Malatya Ulu Cami mimari, dekoratif ve yapısal malzemelerinin arkeometrik karakterizasyonu. *Amisos*, 7(13): 274-298.
- Aydın, M., Tanrikulu, H., Tetiker, S. (2019). Şanlıurfa-Hacı Yedigâr Camii restorasyon amaçlı yapı malzemelerinin arkeometrik özelliklerinin incelenmesi. *TÜBA-AR Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi*, 24: 237-247.
- Boynton R. S. (1966). *Chemistry and technology of lime and lime stone*. John Wiley&Sons, New York, USA.
- Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B. (2004). Tarihi yapılarda kullanılan horasan harcı ve sıvaların özellikleri. *Yapı Dergisi*, 69:90-95.
- Güleç, A., Ersen, A. (1998). Characterization of ancient mortars: evaluation of simple and sophisticated methods. *Journal of Architectural Conservation*, 1:56-67.
- Kozlu, H. (2010). Characterization of historical mortars and features of restoration mortars in Kayseri district. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Lea, F.M. (1940). Investigations on pozzolanas building research. *Technical Paper*, 27:1-63.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., Anagnostopoulou, S. (2005). Composite materials in ancient structures. *Cement&Concrete Composites*, 27: 295-300.
- Oğuz, C., Türker, F., Koçkal, N.U. (2015). Properties of roman, byzantine and seljuk period mortar in andriake harbour. *Technical Journal of Turkish Chamber of Civil Engineering*, 26(1): 6993-7013.
- RILEM (2005). Investigative methods for the characterisation of historic mortars in materials and structures. 38, Part 1 and Part 2, 761-769 and 771-780.
- Sayın, B. (2016). Tarihi yapıların malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve uygulama önerileri. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 7(3): 387-398.
- TS EN 1015-11/A1 (2020). Methods of test for mortar for masonry- part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar. Türkiye Standartlar Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS699 (2009). Methods of testing for natural building stones. Türkiye Standartlar Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Uğurlu-Sağın, E., Böke, H. (2013). Characteristics of roman mortar (cocciopesto). 4<sup>nd</sup> Strengthening of Historical Buildings and Safely Transferred to the Future Symposium, November 27-29, 2013, İstanbul, Turkey, Book of Proceedings, 131-140.
- Ulukaya, S., Yüzer, N., Yoruç, A.B. (2013). Experimental method applied to the identification of lime mortar, Byzantine, Seljuk and Ottoman structure sample of investigation. Fourth Strengthening of Historical Buildings and Safely Transferred to the Future Symposium, November 27-29, 2013, İstanbul, Turkey, Book of Proceedings, 289-300.
- URL-1 (2023). Venice, international charter for the conservation and restoration of monuments and sites 1964. <http://www.icomos.org.tr> (Erişim Tarihi: 02.01.2023)