



TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

Adem SOLAK^{1*} , Aslı ÇÜÇEN¹ 

^{1*} *Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Burdur, Türkiye.*

*Sorumlu Yazar: asolak@mehmetakif.edu.tr

DOI : 10.5712/yalvac.1258522

Özet: Bu çalışmada Muğla ili Milas ilçesinde bulunan Beçin antik kentindeki Yelli Medresesi ile Denizli ili içerisinde yer alan İlbade Mezarlığı'nda bulunan Osmanlı döneminde inşa edilen Namazgah yapısının inşasında kullanılmış olan duvar örgü ve sıva harçlarının fiziksel, mekanik, kimyasal ve mineralojik özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda yapılardan alınan harç ve sıva numunelerinin; kütlece ve hacimce su emme değerlerinin, birim hacim kütlesi, özgül kütlelerinin, porozite ve komposite değerlerinin, tek eksenli basınç dayanımlarının, termogravimetrik, elementel ve kimyasal kompozisyon ile mineralojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda her iki yapıda kullanılan harçların fiziksel, mekanik, kimyasal ve mineralojik özelliklerinin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Hidrolik özellik açısından sıva harçlarının hidrolik olduğu, duvar örgü harçlarının ise hidrolik olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapılarda kullanılan sıva harçlarının mekanik dayanımlarının duvar örgü harçlarına göre daha büyük olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Tarihi yapı, duvar örgü harcı, sıva harcı, karakteristik özellik.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF MORTARS AND PLASTERS USED IN HISTORICAL BUILDINGS

Abstract: In this study, it is aimed to comparatively examine the physical, mechanical, chemical and mineralogical properties of the masonry mortar and plaster mortars used in the construction of the Yelli Madrasa in the ancient city of Beçin in the Milas district of Muğla and the Namazgah structure built in the Ottoman period in the İlbade Cemetery in the province of Denizli. In this context,; experimental studies were carried out to determine the water absorption values by mass and volume, unit volume mass, specific masses, porosity and composite values, uniaxial compressive strength, thermogravimetric, elemental and chemical composition and mineralogical properties of mortar and plaster samples taken from the buildings. As a result of the experimental studies, it was determined that the physical, mechanical, chemical and mineralogical properties of the mortars used in both structures were similar. In terms of hydraulic properties, it has been determined that plaster mortars are hydraulic, while masonry mortars are not hydraulic. In addition, it was determined that the mechanical strength of the plaster mortars used in the buildings was higher than the masonry mortars.

Keywords: Historical building, masonry mortar, plaster mortar, characteristic feature.

1. GİRİŞ

Tarihi yapılar, ait oldukları dönemin sosyal ve kültürel özelliklerini yansıtmakla birlikte dönem içerisinde inşa edilen yapılarda kullanılan yapı malzemeleri ve yapım tekniklerinden

de izler taşımasından dolayı dönemin mimarisi hakkında bilgi edinmemizi sağlayan önemli değerlerdir.

Tarihi yapıların gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde aktarılabilmesi için koruma ve restorasyon uygulamalarının yapının özgün değerini yitirmesine neden olmayacak şekilde yapılması gerekmektedir. Restorasyon uygulamaları sırasında yapıda kullanılmış olan mevcut yapı malzemesinin özelliklerinin bilinmesi uygulamaların kaliteli olmasını sağlamaktadır.

Kalker kırmataşın uygun sıcaklık altında yakılıp içerisinde bulunan Karbondioksit bileşeninin uçurulması ile elde edilen yapı malzemesi kireç olarak isimlendirilmektedir [1].

Tarihi yapılar incelendiğinde, kireç malzemenin kullanıldığı harç ve sıvaların, tarihi yapılarda sıklıkla kullanılan yapı malzemeleri olduğu görülmektedir [2-5].

Bu harçlarda kullanılmış olan malzemeler; harçların dayanım ve dayanıklılık özelliklerine doğrudan etkili olması nedeniyle tarihi yapılarda kullanılan harç ve sıvaların karakteristik özelliklerinin belirlenmesi için tarihi yapılardan harç ve sıva numunelerinin alınıp gerekli incelemelerin yapılması önem arz etmektedir [6].

Tarihi yapılarda kullanılmış olan malzemelerin özelliklerinin belirlenebilmesine yönelik olarak literatürde yer alan bazı çalışmalar aşağıda özetle sunulmuştur:

Akyol ve Derakhshan Houreh [7] tarafından yapılmış olan çalışmada, Antalya Müsellim Cami inşasında kullanılmış olan yapısal ve dekoratif malzemelerin arkeometrik analizleri gerçekleştirilmiştir. Arkeometrik analizler kapsamında yapıda yer alan taş ve tuğla numunelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri çeşitli yöntemlerle belirlenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda yapıda kullanılan özgün dolgu harçlarının kireç ve kireç-kil karışımı bağlayıcı içeriklere sahip olduğu, cami inşasında kullanılan yapısal taşların kireç taşları olduğu, dekoratif amaçlı kullanılan taşların ise bölgeden temin edilen taşlar olduğu görülmüştür.

Eroğlu vd. [8] tarafından yapılan çalışmada ise Karabük Ovacık Çukur Camisinde kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında yapıdan taş, harç, sıva ve boya örnekleri alınarak bu örneklerin fiziksel, kimyasal ve petrografik analizlerle özellikleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda harç ve sıvaların agrega-bağlayıcı özellikleri tespit edilmiş, bazı örneklerin çimento bağlayıcısı içerdiği, boyalarda ise çeşitli mineral kaynaklı pigmentler ile birlikte organik katkıların kullanıldığı görülmüştür.

Dal ve Tokmak [9] tarafından yapılan çalışmada, Gazi Mihal Bey Hamam yapısında kullanılan malzemelerin karakteristik özelliklerinin belirlenebilmesi için yapıdan alınan harç, taş ve sıva numunelerinin stereo mikroskop yardımıyla görsel analizleri ve petrografik analizleri yapılarak kullanılan malzemelerin özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda yapının restorasyon uygulamasının yapının özgün değerini koruyabilecek şekilde yapılabilmesi için tercih edilebilecek yapı malzemeleri üzerine önerilerde bulunulmuştur.

Bu kapsamda yapılmış olan bu çalışmada; Muğla ili Milas İlçesi Beçin Antik Kenti'nde yer alan Yelli Medresesi ve Denizli İli İlbade Mezarlığında yer alan Namazgah yapısında kullanılmış olan harç ve sıva malzemelerin karakteristik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL-YÖNTEM

Çalışmada Yelli Medresesinden ve Namazgah yapısından harç ve sıva numuneleri alınarak numunelerin fiziksel, kimyasal, mineralojik ve mekanik özellikleri test edilmiştir.

Yelli Medresesi; Muğla ili Milas İlçesinde bulunan Beçin Antik Kentinin doğusundaki külliyyede yer almaktadır. Medrese yapısının külliye içerisinde yer alan cami ve hamam yapılarına benzer şekilde bozulmaya uğramış durumdadır. Yelli Medresesinin günümüzdeki izlerine bakıldığında dört eyvana sahip bir plan şemasına sahip olduğunun söylenebilmesi mümkündür.

İlbade Mezarlığı Namazgah yapısı Denizli ili İlbade Mezarlığında başlatılan kazı çalışmaları sırasında tespit edilmiştir. Kırmataş ve moloz taş kullanılarak inşa edilmiş olan namazgah yapısından alınan buluntu ve duvar dokularına bakılarak namazgahın 16.yy'da inşa edildiği düşünülmektedir.

Yelli Medresesi ve İlbade Mezarlığı Namazgah Yapısı genel görünümü Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Yelli Medresesi Genel Görünüm



Şekil 2. Namazgah Yapısı Genel Görünüm

Çalışma kapsamında incelenen yapılardan sıva harcı ve taş-taş arası duvar örgü harçlarından örnekler alınmıştır. Yelli medresesinden 3 adet taş-taş arası duvar harcı ile 2 adet sıva harcı olmak üzere toplam 5 adet harç numunesi alınmıştır. Namazgah yapısından ise 3 adet taş-taş arası duvar harcı ve 3 adet sıva harcı olmak üzere toplam 6 adet harç numunesi alınarak inceleme yapılmıştır.

Alınan numunelerin isimlendirilmesinde karışıklığı engellemek için notasyon kullanılmıştır. Notasyonda kullanılan ilk iki harf yapı adını (Yelli Medresesi: YM; Namazgah Yapısı: NY), üçüncü harf harcın duvar ya da sıva harcı olduğunu (Duvar harcı: D, Sıva harcı: S) dördüncü rakam da alınan bölgeleri göstermektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Notasyonlar

Notasyon	Açıklama
YMD1	Güney eyvan doğu duvarı iç cepheden alınan harç numunesi
YMD2	Kuzeybatı dersane batı duvarı iç cepheden alınan harç numunesi
YMD3	Güneybatı öğrenci hücresi güney duvarından alınan harç numunesi
YMS1	Güney duvarı iç cepheden alınan sıva numunesi
YMS2	Güney eyvan batı duvarı iç cepheden alınan sıva numunesi
NYD1	Namazgah Yapısı 1. bölgeden alınan harç numunesi
NYD2	Namazgah Yapısı 2. bölgeden alınan harç numunesi
NYD3	Namazgah Yapısı 3. bölgeden alınan harç numunesi

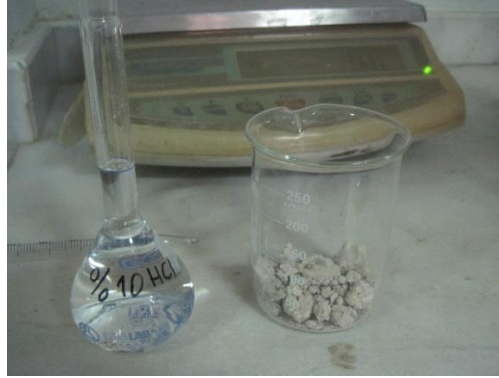
NYS1	Namazgah Yapısı 1. bölgeden alınan sıva numunesi
NYS2	Namazgah Yapısı 2. bölgeden alınan sıva numunesi
NYS3	Namazgah Yapısı 3. bölgeden alınan sıva numunesi

Alınan numune örneklerinin fiziksel, kimyasal, mineralojik ve mekanik özelliklerinin belirlenebilmesi için numuneler üzerine deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Numunelerin fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi için TS 699 Standardına göre [10] su emme ve piknometre deneyleri gerçekleştirilerek numunelerin kütlece su emme, hacimce su emme, birim hacim kütlesi, özgül kütleleri, porozite ve kompasite değerleri belirlenmiştir. Bu deneyler ile birlikte numunelerin tek eksenli basınç dayanım değerlerinin belirlenmesinde, TS EN 1015-11 Standardına [11] uygun olarak Tonitechnic markalı test cihazı kullanılmıştır.

Numunelerin kimyasal özellikleri X-Işını Floresans (XRF) spektrometresi yöntemi ile belirlenmiştir. XRF yöntemi, çeşitli malzemelerin niteliksel ve niceliksel açıdan yorumlanmasında kullanılan bir yöntemdir. XRF yöntemi ile malzeme bünyesinde yer alan elementler analiz edilerek malzemelerin kimyasal özellikleri tespit edilmektedir

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 (Şekil 3).



Şekil 3. Numunelerin Asitteki Kayıp Oranlarının Belirlenmesi

İncelenen yapılarda kullanılmış olan harçların hidrolik özelliklerinin belirlenebilmesi için Termogravimetri Diferansiyel Termal Analiz (TG/DTA) cihazı kullanılmıştır. Termogravimetrik analiz, 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. Sıcaklık değişimleri karşısındaki kütle kayıplarının incelendiği bu analiz yöntemi ile 0-120°C, 200-600°C ve 600-900°C aralıklarındaki kütle kayıpları (%) cinsinden belirlenmesi sağlanmıştır. 200-600°C aralığındaki kütle kaybı, kimyasal bağlı suyun (H₂O) çıkışını; 600- 900°C aralığındaki kütle kaybı ise karbonatlaşmış kirecin kalsinasyonu sonucu karbondioksit (CO₂) çıkışı olduğunu göstermektedir. Numunelerin hidrolik özellikleri kayıp karbondioksit ve su yüzdelere oranlanması ile değerlendirilmiş olup, elde edilen sayısal bulgunun 10 değerinden küçük olması durumunda harçların hidrolik özellik gösterdiği kabul edilmiştir [12].

Yapılarda kullanılan harç karışımlarında bulunan kireç ve agregaların mineralojik özellikleri, X-Işını Kırınım yöntemi (XRD) yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. XRD yönteminde malzemelerin mineralojik özellikleri X ışınları yardımı ile malzemeye özgü yönlerde ışın kırılımı ile tespit edilmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Yelli Medresesi yapısından alınan harç ve sıva numunelerinin fiziksel özellikleri analiz edildiğinde numunelerin birim hacim kütle değerlerinin 1.6-1.8 g/cm³, özgül kütle değerlerinin 2.5-2.8 g/cm³, kütlece su emme yüzdesinin %14,9-21,6, hacimce su emme yüzdesinin %25,8-32,8, porozite (gözeneklilik) değerlerinin %26-31, kompasite (doluluk) oranının %69-74 aralığında olduğu görülmüştür. Osmanlı dönemi Namazgah taş yapısından alınan harç numunelerinin fiziksel özellikleri analiz edildiğinde; birim hacim kütlelerinin 1.2-1.6 gr/cm³, özgül kütlelerinin 2.4-2.7 gr/cm³ kütlece su emme yüzdesinin %16,0-33,9, hacimce su emme yüzdesinin %25.6-44,1, porozite (gözeneklilik) değerlerinin %39-52, kompasite (doluluk) oranının %48-60 aralığında olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

İncelenmiş olan her iki yapıdaki bu değerler literatürde bulunan çalışmalar ile uyum içindedir. Literatür çalışmalarından biri olan Aktaş [13] incelediği Konya-Beyşehir’de bulunan tarihi Çeçen Süleyman Efendi Konağı’nda kullanılan sıva harçlarının gerçek yoğunluklarının 2,27 g/cm³ ile 2,48 g/cm³ arasında porozite (gözeneklilik) değerlerinin ise %18,44 ile 34,71 arasında değiştiğini gözlemlemiştir.

Diğer bir çalışmada Akyol ve Yılmaz [14] tarafından Hasankeyf Sultan Süleyman Cami Minaresinde kullanılmış olan harçların özellikleri incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda harç numunelerinin doymun/kuru birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2,07-2,38 g/cm³/ 1,18-1,50 g/cm³ arasında, toplam su emme kapasiteleri %18,39- 43,01 arasında ve toplam gözeneklilikleri de %27,52-50,58 aralığındaki değerlerde olduğu görülmüştür.

Tablo 2. Numunelerin Fiziksel Özellikleri

Numune İsmi	Kütlece Su Emme Sk (%)	Hacimce Su Emme Sh (%)	Birim Hacim Kütle Δ (gr/cm ³)	Özgül Kütle δ (gr/cm ³)	Porozite P (%)	Kompasite K (%)
YMD1	14,9	25,9	1,8	2,7	28	72
YMD2	15,1	25,8	1,6	2,7	26	74
YMD3	18,9	26,3	1,7	2,8	27	73
YMS1	20,1	32,1	1,6	2,5	30	70
YMS2	21,6	32,8	1,7	2,8	31	69
NYD1	17,4	26,1	1,5	2,7	45	55
NYD2	16,0	25,6	1,6	2,6	39	61
NYD3	16,2	25,9	1,6	2,7	41	59
NYS1	23,3	32,6	1,4	2,6	46	54
NYS2	21,2	31,8	1,5	2,5	40	60
NYS3	22,2	33,3	1,5	2,6	42	58

Yelli Medresesi ve Namazgah tarihi taş yapılarından alınan harç numunelerinin tek eksenli basınç dayanımları, mekanik test cihazı ile bulunmuştur. Namazgâh harç numunesi ve Namazgah sıva harcı numunelerinin ortalama tek eksenli basınç dayanımları sırasıyla 2,1 ve

3,3 MPa olarak Yelli Medresesi harç ve sıva numunelerinin de ortalama tek eksenli basınç dayanımları sırasıyla 2,2 ve 3,6 MPa olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Numunelerin Basınç Dayanım Değerleri

Numune İsmi	Basınç dayanımı (MPa)
YMD1	2,2
YMD2	2,1
YMD3	2,3
YMS1	3,5
YMS2	3,6
NYD1	2,2
NYD2	2,0
NYD3	2,1
NYS1	3,2
NYS2	3,4
NYS3	3,3

3.2. Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi

Yelli Medresesi yapısından alınan harç ve sıva örneklerinin asit ile tepkimeye girmeyen ve fitler kağıdının üzerinde kalan kısımları etüvde kurutularak asitteki kayıp oranından, bağlayıcı/agrega oranı 1/1 ile 2/3 arasında olduğu bulunmuştur. Namazgah yapısından alınan harç numunelerinde de aynı işlemlerin uygulanması (asit kaybı analizi) sonucunda bağlayıcı/agrega oranı ise 2/3 ile 1/1 arasında yoğunlaşmıştır (Tablo 4).

Literatürde yer alan çalışmalara bakıldığında Uygun [15] Balıkesir ilindeki Kaya Bey, İbrahim Bey ve Halhallı Camilerinde kullanılan harç ve sıvaların üzerine yapmış olduğu çalışmada kireç/ agrega oranını sırasıyla 1/3, 1/4, 1/4 değerlerinde olduğunu belirlemiştir.

Bu çalışma sonuçlarına göre Yelli Medresesi ve Namazgah yapısından alınan harç ve sıva numunelerinin bağlayıcı/agrega oranlarının literatürde yer alan çalışmalar ile uyumlu olması ile birlikte yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Numunelerin Asitte Kayıp ve Bağlayıcı/Agrega Oranları

Numune adı	Asitte Kayıp %	Bağlayıcı/Agrega Oranı
YMD1	43,70	2/3
YMD2	40,20	2/3
YMD3	30,65	1/2
YMS1	52,70	1/1
YMS2	48,30	1/1
NYD1	49,85	1/1
NYD2	51,20	1/1
NYD3	45,51	4/5
NYS1	40,25	2/3
NYS2	39,85	2/3
NYS3	39,45	2/3

XRF yöntemi ile yapı harçlarının içerisindeki maddelerin % oksit bileşenleri belirlenerek kimyasal özellikleri tanımlanmış ve analiz sonuçlarına göre Yelli Medresesi yapısından alınan harç ve sıva örneklerinin ve Osmanlı dönemi Namazgah taş yapısından alınan harç ve sıva örneklerinde yüksek oranda CaO ile SiO₂ ve daha düşük oranlarda Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, K₂O ve Na₂O içerdiği görülmüştür (Tablo5). Numunelerde yüksek miktarda CaO bileşiğinin bulunması numunelerin bünyesinde yüksek miktarda kalsiyum mineralinin yer aldığı bunun da malzemenin bağlayıcılık özelliğini artırıcı etkide bulundurduğu söylenebilir.

Ulukaya [16] incelemiş olduğu Divriği Ulu Cami'den alınan harç örneklerinin yüksek oranda CaO, MgO ve SiO₂'ten oluştuğu Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, K₂O ve Na₂O içeriğinin düşük olduğu Apsidal yapı kalıntısına ait harç örneklerinin de de benzer şekilde yüksek oranda CaO ile SiO₂ ve daha düşük oranlarda Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, K₂O ve Na₂O içerdiği görülmüştür. Literatür çalışmalarında bulunan harç ve sıvaların içerdiği oksit bileşen oranları Yelli Medresesi ve Namazgah yapısından alınan harç örneklerinin oksit bileşen oranlarıyla benzer şekildedir.

Tablo 5. Numunelerin Kimyasal Özellikleri

Numune	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %
YMD1	9,04	1,39	0,36	0,88	53,18	0,30	0,71
YMS1	1,89	0,66	0,24	0,84	54,81	0,07	0,15
NYD1	6,23	1,46	0,97	1,20	52,57	0,07	0,22
NYS1	19,04	5,84	3,46	2,73	37,97	0,20	0,93

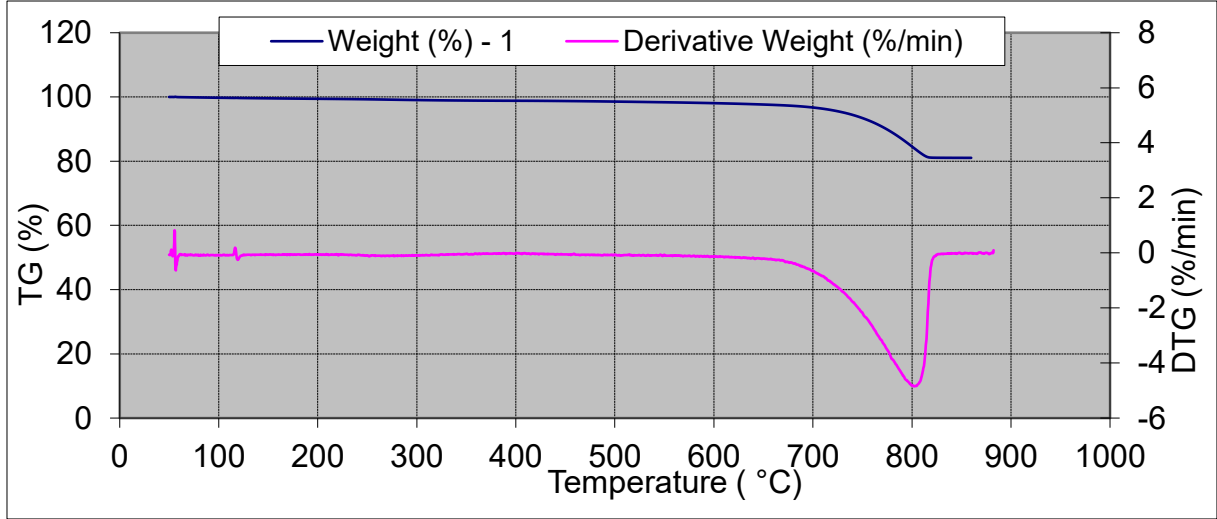
Harç numunelerin hidrolik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan TG/DTA analizlerinin sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Numunelerin TG/DTA analizleri sonuçları

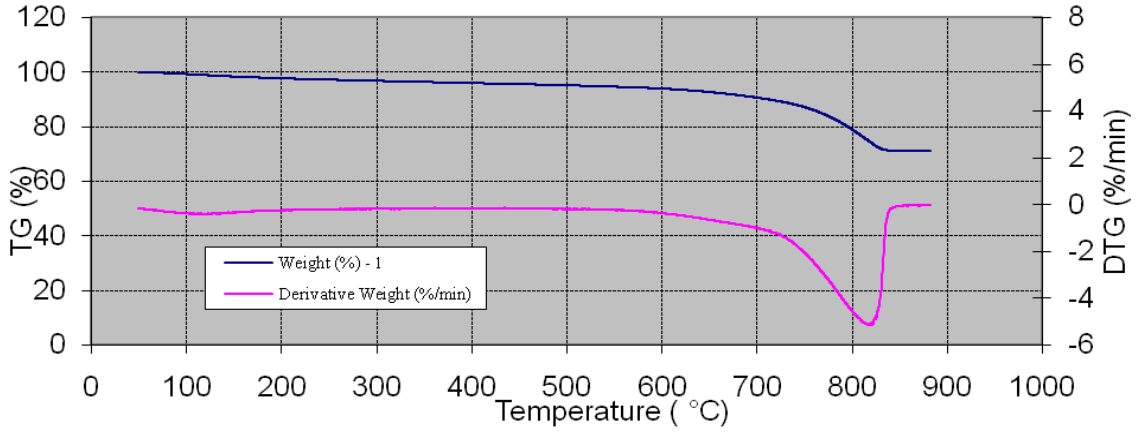
Numune Adı	Yapısal su kaybı H ₂ O (%)	Karbondiyoksit kaybı (%)	Hidrolik özellik CO ₂ /H ₂ O
YMD1	1,76	26,19	14,90
NYD1	1,02	36,10	35,25
YMS1	3,75	36,30	9,68
NYS1	3,77	22,60	5,99

Buna göre, incelenen duvar örgü harç numunelerinin CO₂/H₂O oranı 10 değerinin üzerinde olduğundan bu harçların hidrolik olmadığı belirlenmiştir. Her iki yapıda kullanılan sıva harçlarının ise, CO₂/H₂O oranının 10 değerinin altında olduğu ve hidrolik özellik gösterdikleri belirlenmiştir (Tablo 6).

Örnek olarak YMD1 ve NYS1 numunelerinin TG analiz grafikleri Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.



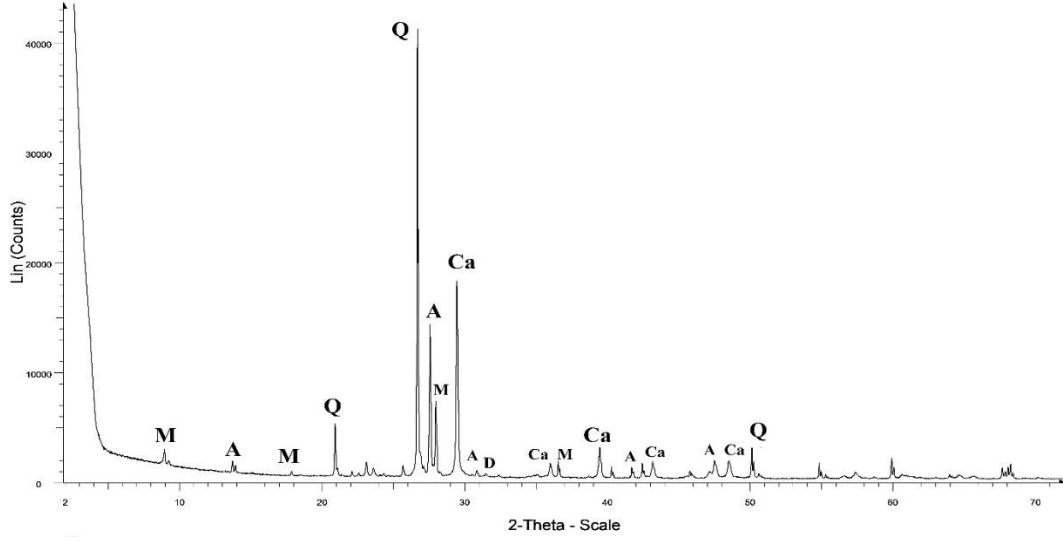
Şekil 4. YMD1 numunesine ait TGA grafiği



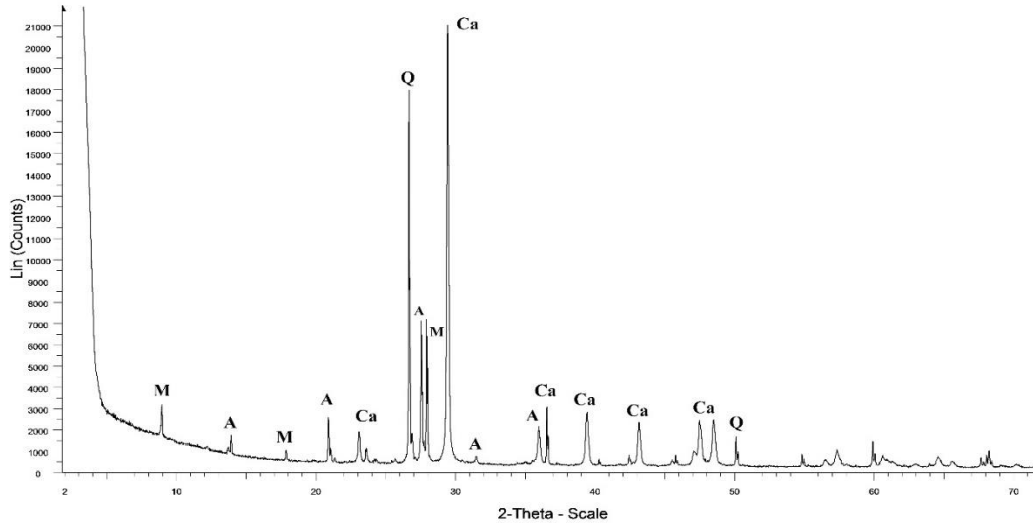
Şekil 5. NYS1 numunesine ait TGA grafiği

3.3. Mineralojik Özelliklerinin Belirlenmesi

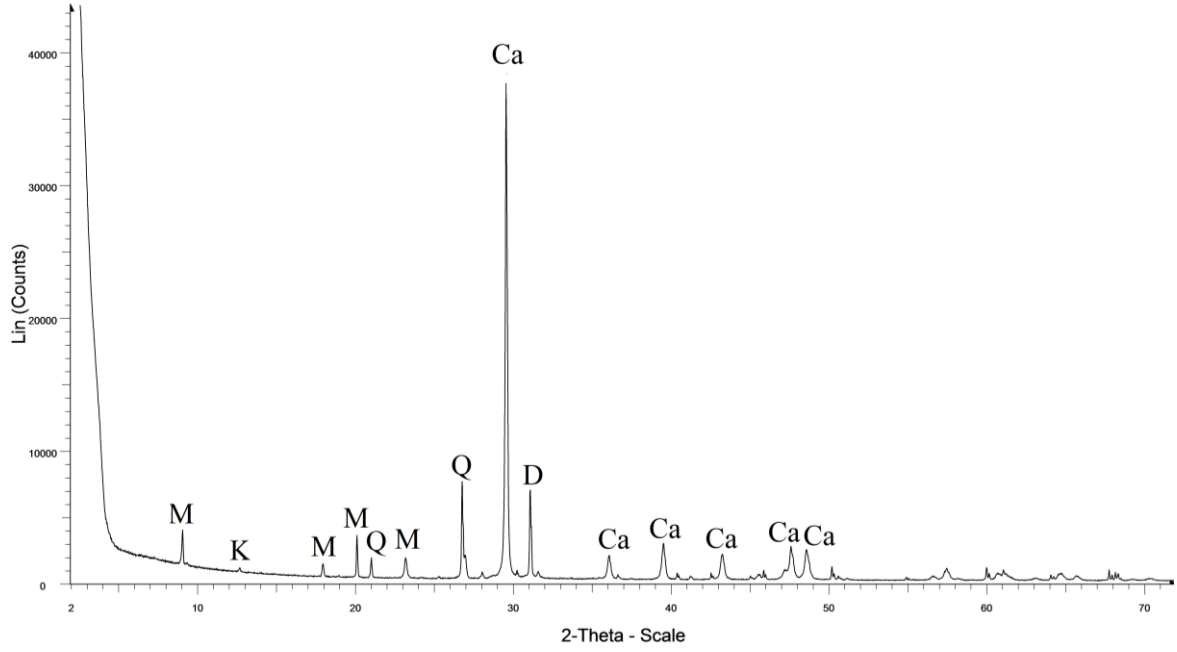
XRD analiz sonuçları değerlendirildiğinde, Yelli Medresesi yapısında kullanılmış olan kireç harçlarının ağırlıklı olarak kalsit ve kuvars az oranda da mika, albit ve dolomit minerallerinden oluştuğu görülmüştür (Şekil 6 ve Şekil 7). Namazgah tarihi taş yapısının harç numunelerinde de temel olarak kalsit ve kuvars mineralleri ile az miktarda muskovit, dolomit ve kil mineralleri belirlenmiştir (Şekil 8 ve Şekil 9). Harç numunelerinin mineralojik yapılarının diğer çalışmalara benzediği söylenebilir. Örneğin Duman vd. [17] tarafından yapılan çalışmada, Tripolis Antik Kentinde yer alan tarihi yapılardan alınan harç ve sıva numunelerinin XRD analiz sonuçlarından elde edilen grafiklerde düzenli ve belirgin kalsit ve kuvars pikleri tespit edilmiştir.



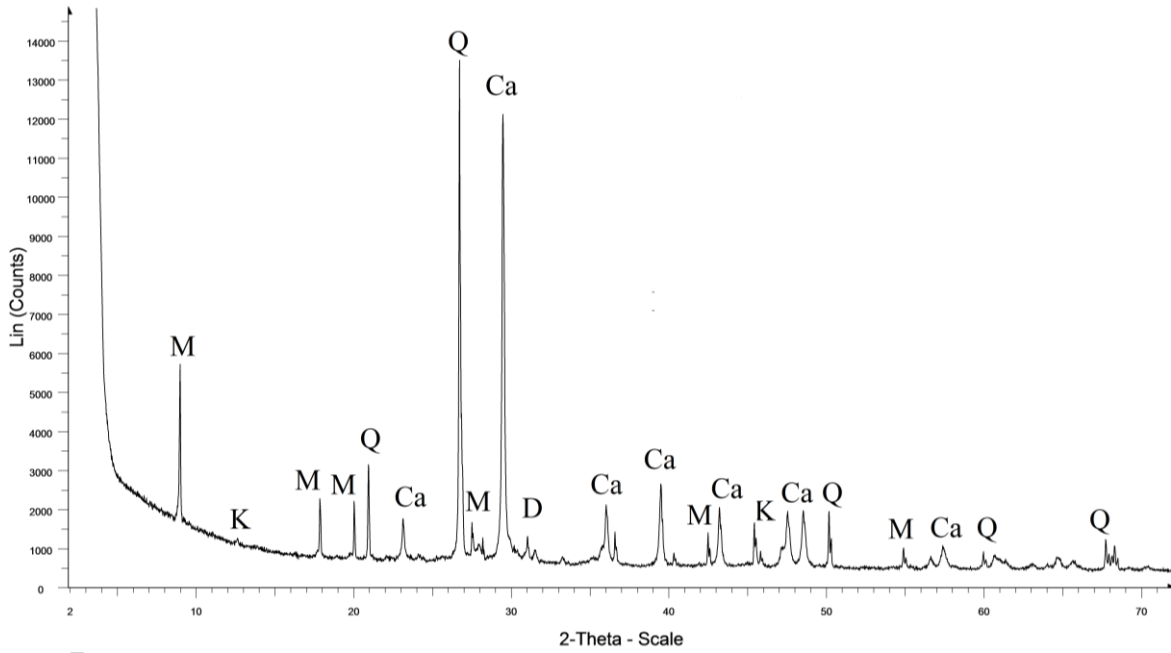
Şekil 6. YMD1 XRD grafiği.(A: Albit, Ca: kalsit, Q: Kuvarz, D: Dolomit, M:Mika)



Şekil 7. YMS1 XRD grafiği.(A: Albit, Ca: kalsit, Q: Kuvarz, D: Dolomit, M:Muskovit)



Şekil 8. NYD1 XRD grafiği.(Ca: kalsit, Q: Kuvarz, D: Dolomit, M:Muskovit, K:Kaolin)



Şekil 9. NYS1 XRD grafiği.(Ca: kalsit, Q: Kuvarz, D: Dolomit, M:Muskovit, K: Kaolin)

4. SONUÇ

Muğla ili Milas ilçesinde bulunan Beçin antik kentindeki Yelli Medresesi ile Denizli ili içerisinde yer alan İlbade Mezarlığı'nda bulunan Namazgah yapısından alınan harç ve sıva numunelerinin karakteristik özelliklerini belirlemeye yönelik yapılmış olan deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

Her iki yapıdan alınan harç ve sıva numunelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyen parametrelerdeki değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Numunelerin kimyasal özelliklerine bakıldığında yüksek miktarda CaO ile SiO₂ minerallerini içerdiği ve bağlayıcılık oranlarının 1/1-2/3 arasında olduğu, dolayısıyla harç ve sıva numunelerinde yüksek düzeyde bağlayıcı madde kullanıldığı belirlenmiştir.

İncelenen numunelerin hidrolik özelliğe sahip olup olmadığını belirlemede yararlanılan TG/DTA analizlerine göre; duvar örgü harçlarının hidrolik özellikte olmadıklarının, sıva harçlarının ise hidrolik özellikte olduğunun söylenmesi mümkündür.

Harç numunelerinin XRD analizine göre yapılarda kullanılmış olan harçların ağırlıklı olarak kalsit ve kuvars mineralini içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca sıva harç numunelerinin basınç dayanımlarının duvar örgü harçlarına göre daha büyük olması sıva harçlarının hidrolik özellikte olmalarından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Bu sonuçlar doğrultusunda Yelli Medresesi ve Namazgah yapısından alınan harç ve sıva numunelerinin birbirine benzer özellikler gösterdiği, harçlarda kullanılan kireç malzemenin saf halde olduğu anlaşılmıştır.

İlerleyen çalışmalarda farklı tarihi yapılarda kullanılan malzemelerin incelenip karakteristik özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmalar gerçekleştirilmesinin tarihi yapıların korunması ve restorasyon çalışmalarına katkı sağlaması açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Şimşek, O., (2007). Yapı Malzemesi II, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [2] Böke H., Akkurt S., İpekoğlu B., Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı ve Sıvalarının Özellikleri, Yapı Dergisi, 269, 90-95, 2004.
- [3] Dariz P., Schmid T., Ferruginous Phases in 19th Century Lime and Cement Mortars: A Raman Microspectroscopic Study, Materials Characterization, 129, 9-17, 2017. Doi: 10.1016/j.matchar.2017.04.009
- [4] Seabra M., Paiva H., Labrincha J. and Ferreira V., Admixtures Effect on Fresh State Properties of Aerial Lime Based Mortars, Construction and Building Materials, 23(2), 1147-1153, 2009. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2008.06.008
- [5] Kılıç, İ. (2021) Horasan Harcında Yumurta Akı Kullanımının İncelenmesi. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 7(1), 122-134.
- [6] Mavioğlu, Ü. A. (2011). Farklı Puzolanik Katkılar İle Hazırlanan Horasan Harçlarının Değişen Parametrelerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [7] Akyol, A. A., Derakshan Houreh, N. (2020). Antalya Müsellim Cami Arkeometrik Analizleri. Akademik Sanat, 5(11),44-68

- [8] Eroğlu, M., Bilgen, M., Yetiř, E., Kadiođlu, Y. K., & Deniz, K. (2021). Karabük Ovacık Çukur Camisi Yapı Malzemelerinin Arkeometrik Analizleri. *Art-Sanat Dergisi*, (16), 151-179.
- [9] Dal, M., & Tokmak, M. (2021). Gazi Mihal Bey Hamamında Kullanılan Taş, Sıva, Harç Malzemelerinin Görsel ve Petrografik Olarak Analizi. 1. International Marmara Scientific Research and Innovation Congress, 21- 22 Ağustos, İstanbul, Türkiye, 83-93.
- [10] TS 699, (1987)Tabii yapı taşları muayene ve deney metotları, TSE, Ankara.
- [11] TS 1015-11/A1 (2007) Kagir harcı - Deney metotları - Bölüm 11: Sertleşmiş harcın basınç ve eğilme dayanımının tayini, TSE, Ankara.
- [12] 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 Engineerings*, Vol 26(1), pp. 6993-7013.
- [13] Aktaş, H. (2019) Tarihi Çeçen Süleyman Efendi Konağındaki Sıvaların İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [14] Akyol, A. A., & Yılmaz, M. (2020). Hasankeyf Sultan Süleyman Cami Minaresi Harç Örneklerinin Arkeometik Analizleri. *Cedrus*, 8, 643-658.
- [15] Uygun, Y. (2019) Balıkesir'deki Tarihi Kaya Bey, İbrahim Bey ve Halhallı Camilerinin Malzeme Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 94 s.,Balıkesir.
- [16] Ulukaya, S. (2016) Tarihi Kireç Harcı Özelliklerine Uygun Yeni Malzemelerin Üretimi ve Sayısal Analiz İçin Malzeme Parametrelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 50 – 83 s.,İstanbul.
- [17] Duman, B., Koralay, T., Kadiođlu, Y. K., & Akyol, A. A. (2016). Tarihi harç ve sıva örneklerinin çoklu analitik yöntemler kullanılarak incelenmesi: Tripolis (yenice/denizli) örneği. 31. Arkeometri Sonuçları Toplantısı.