

HASANKEYF ER RIZK CAMİİ MİNARESİ YAPI MALZEMELERİNİN ARKEOMETRİK ANALİZLERİ

ARCHAEOMETRIC ANALYSES OF THE BUILDING MATERIALS OF HASANKEYF ER RIZK MOSQUE MINARET

Makale Bilgisi | Article Info

Başvuru: 06 Ocak 2020 | Received: January 6, 2020
Hakem Değerlendirmesi: 08 Ocak 2020 | Peer Review: January 8, 2020
Kabul: 15 Haziran 2020 | Accepted: June 15, 2020

DOI : 10.22520/tubaar.2020.26.009

Ali Akın AKYOL * - Mesut YILMAZ **

Anahtar Kelimeler: Hasankeyf, Er Rızk Camii Minaresi, Arkeometri, Restorasyon, Yapı Malzemeleri, XRF

Keywords: Hasankeyf, Er Rızk Mosque Minaret, Archaeometry, Restoration, Building Materials, XRF

ÖZET

İlusu Barajı ve Hidroelektrik Santrali (HEPP) Projesi'nin tamamlanmasıyla büyük bir bölümü su altında kalacak olan Hasankeyf'teki kültürel mirasın belgelenmesi, korunması ve kurtarılmasına yönelik bir kurtarma projesi oluşturulmuştur. Bu proje kapsamında yeralan Er Rızk Camii Minaresi de yeni Hasankeyf yerleşiminde oluşturulan arkeopark alanındaki yeni yerine bütünüyle taşınarak baraj gölü suları altında kalma tehdidinden kurtarılmıştır. Er Rızk Camii Minaresi taşıma çalışmaları kapsamında farklı seviyelerinden elde edilen taş ve derz/moloz dolgu harç örnekleri, çeşitli analitik metotlar kullanılarak arkeometrik yönden incelenmiştir. Er Rızk Camii Minaresi'ne ait taş ve harç örnekler öncelikle görsel olarak değerlendirildikten sonra fotoğraflanarak belgelenmiş ve kodlanmıştır. Arkeometrik çalışmalar kapsamında taş ve harç örneklerin fiziksel özellikleri temel fiziksel testlerle (birim hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi ve gözeneklilikleri), suda çözünen tuz miktarı ile pH değerleri de kondaktometrik analiz ile belirlenmiştir. Harç örneklerine, agrega/bağlayıcı ve agregada tane boyutu dağılımı (granülometrik) analizi uygulanmıştır. Örneklerin petrografik özellikleri, ince kesitleri hazırlanıp optik mikroskop analizi ile, kimyasal özellikleri de PED-XRF analizi ile belirlenmiştir.

* Doç.Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü
e-posta: aliakinakyol@gmail.com ORCID: 0000-0002-4174-575X

** Restoratör-Mimar-Sanat Tarihçi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
e-posta: yilmazmesut10@gmail.com ORCID: 0000-0001-7143-4349

ABSTRACT

After the completion of the Ilisu Dam and Hydroelectric Power Plant (HEPP) Project, the rescue project was established to document, conserve and recover the cultural heritage in Hasankeyf, which will be largely inundated. Er Rızk Mosque Minaret within the scope of this project was completely moved to its new location in the archaeological site in the new Hasankeyf settlement and was rescued from the threat of flooding. The stone and joint / rubble filling mortar samples obtained from different levels within the scope of Er Rızk Mosque Minaret transportation studies were examined in archaeometric scope by using various analytical methods. The stone and mortar samples of Er Rızk Mosque Minaret were first evaluated visually, photographed, documented and coded. Physical properties of stone and mortar samples were determined by basic physical tests (unit volume weight, water holding capacity and porosity), and the amount of water soluble salt and pH values were determined by conductometric analysis. The aggregate / binder and particle size distribution (granulometric) analysis was applied to the mortar samples. Petrographic properties and thin sections of samples were prepared by optical microscope analysis and chemical properties were determined by PED-XRF analysis.

GİRİŞ

Dünyada 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren birçok ülkede günümüz toplumun gereksinimlerinin karşılanması için önem taşıyan bayındırlık projelerinin (otoyol, barajlar, termik santraller vb.) gerçekleştirilmesi doğal ve kültürel miras alanlarının büyük oranda zarar görmesini ve yok olma tehdidi ile karşılaşmasını ortaya çıkarmıştır¹. Bu durum, ülkemiz’de göz ardı edilemeyecek kadar doğal ve kültürel mirasın tehdit etmektedir. Yok olma tehdidi altındaki doğal ve kültürel mirasın kurtarılması, olumsuz etkilerin azaltılması için ülkemiz’de ve dünyada bir çok yerinde koruma ve taşıma projelerinin yürütüldüğü bilinmektedir.

Ülkemizde’de yok olma tehdidi altındaki kültürel mirasın kurtarılması için yürütülen koruma çalışmalarının en önemlilerinden bir tanesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Dicle Nehri’nin toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesine ilişkin çalışmalar doğrultusunda, 1954 yılında DSİ Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan ve 2006 yılında fiilen inşasına başlanan Ilısu Barajı ve Hidroelektrik Santrali Projesi’nin rezervuar alanında kalacak (Res. 1) olan tarihi Hasankeyf yerleşmesindeki kültürel mirasın korunması ve kurtarılması için yürütülen çalışmalardır².

Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu’nun “Baraj Alanlarından Etkilenen Taşınmaz Kültür Varlıklarının Korunması” hususunda aldığı 36 sayılı İlke Kararı ile oluşturulan “Bilim Komisyonu” ve Kazı Başkanlığı görüşleri ve Diyarbakır Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu’nun kararları doğrultusunda Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü (KÜVAM) teknik ve mali işbirliğinde yürütülmekte olan Tarihi Hasankeyf Yerleşmesi’ndeki Yerinde Koruma ve Taşıma Projeleri³, kapsamında “Birim Birim Yapı Elemanlarına Ayırarak Taşıma Yöntemi” kullanılarak yeni Hasankeyf yerleşiminde oluşturulan arkeopark alanındaki yeni yerine bütünüyle taşınması çalışmaları yürütülen Er Rızk Camii Minaresi de bulunmaktadır (Res. 2).

Er Rızk Camii, tarihi Hasankeyf yerleşmesinin aşağı şehir bölgesinde, Dicle Nehri’nin güney yakasının kenarında ve tarihi Artuklu Köprüsü ile yukarı şehir (kale) arasında, nehrin yer alan önemli Ortaçağ anıtlarından biri olarak kabul edilmektedir (Res. 2). Kitabesinde, 1409 yılında Eyyubi Sultanı Süleyman Bin Gazi tarafından yaptırıldığı yer alan caminin⁴, güneydeki ibadet mekânının bir bölümü, heyelan nedeniyle nehre doğru yıkılmıştır. Harimin kuzey duvarına mekânlar eklenerek camiye çevrilen bölüm, avlu giriş cephesi,

taçkapı ve minaresi günümüze ulaşmıştır⁵. 1932 yılında, Albert Gabriel tarafından yapılan araştırmalara göre, üç tarafı revaklı dikdörtgen bir avlunun güneydeki kısa kenarına “Ters T” planlı bir harim bölümü, kuzeydeki kenarına ise ortada yapıya girişi sağlayan taçkapısı ve taçkapının iki yanında ise avluya revaklar ile açılan dört mekânın ve kuzeydoğu köşesinde bir minarenin bulunduğu anlaşılmaktadır⁶ (Res. 3).

Er Rızk Camii’nin çeşitli dönemlerde geçirdiği büyük tahribatlar, onarımlar ve değişiklikler sonucunda özgünlüğünü ve sağlamlığını en iyi şekilde koruyarak günümüze ulaşan bölümü minaresidir. Taş işçiliğinin en üst seviyelerde olduğu minare, dörtgen kaidesi üzerinde silindirik gövdeli ve çift sarmallı çıkış sistemine sahiptir. Üzerinde bulunan kûfi yazıların bazı bölümlerinde parça kayıpları gözlenmektedir⁷. Zemin seviyesine yakın olan bu alanların çimento içeren harç ile doldurulduğu izlenmektedir.

Er Rızk Camii Minaresini baraj gölü suları altında kalmaktan kurtarmak için yapılan birim yapı elemanlarına ayırarak taşıma uygulamasında sökülme



Resim 1a. Ilısu Barajı ve Hidroelektrik Santrali Projesi ve Rezervuar Alanı (DSİ Arşivi) / *Ilisu Dam and Hydroelectric Power Plant Project*

ve taşınma çalışmaları öncesinde betimsel, çizimsel, fotoğraf ve lazer tarama belgeleme yöntemleri kullanılarak mevcut durumun çok ayrıntılı tespiti ve belgelemesi yapılmıştır. Ardından minareyi oluşturan birim yapı elemanlarının belgeleme çizimleri üzerinde numaralandırılma sistemi oluşturulmuştur. Bu oluşturulan numaralandırma sistemi kullanılarak sökülme çalışmasına en üst örgü sırasından başlayarak her bir örgüdeki birim yapı elemanları geleneksel el aletleri (murç, keski v.b.) kullanılarak sökümü gerçekleştirilmiş ve taşıyıcı platform üzerine alınarak taşınması gerçekleştirilmiştir.

⁵ Uluçam 2017: 17.

⁶ Gabriel 1940; Kılıcı 1987: 160.

⁷ Uluçam 2017: 17.; Kılıcı 1987: 160.

⁴ Kılıcı 1987: 160.



Resim 1b. Ilisu Barajı ve Hidroelektrik Santrali Projesi ve Rezervuar Alanı (DSİ Arşivi) / Ilisu Dam and Hydroelectric Power Plant Project

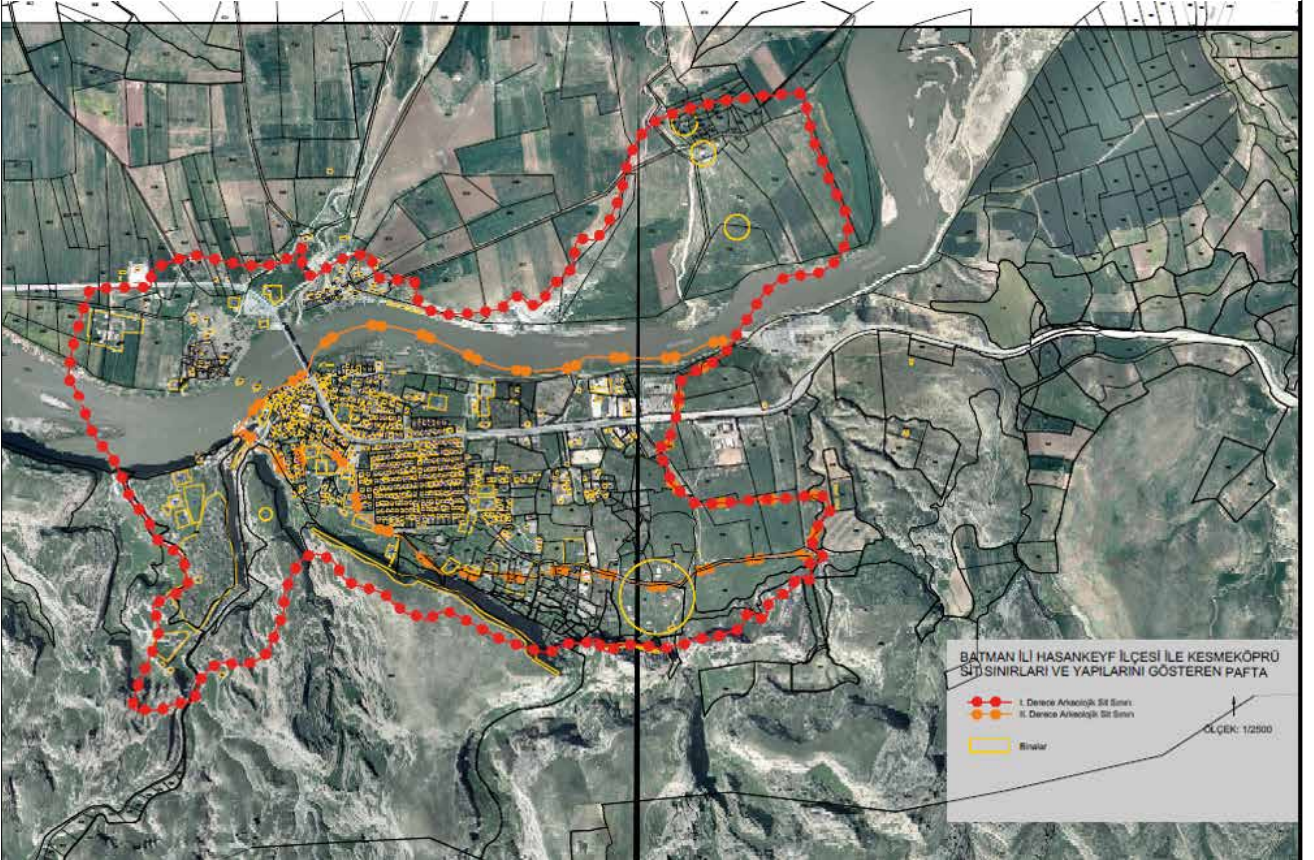
Er Rızk Camii Minaresi'nin söküm ve taşıma çalışmalarının ardından arkeopark alanındaki yeni yerinde yeniden kurulumunda özgündeki işçilik, yapım tekniği ve malzemelerine uygun teknik ve malzeme kullanılacak olması nedeniyle söküm çalışmaları esnasında her 10 örgü sırasındaki seviyelerinden elde edilen taşlar ile minare taş örgü derz/moloz dolgu harç malzemesi örnekleri alınarak arkeometrik analizleri gerçekleştirilmiştir. Söz konusu bu gerçekleştirilen arkeometrik analiz çalışmalarının sonuçları ve değerlendirmeleri bu makalenin konusunu oluşturmaktadır.

YÖNTEM VE DENEYLER

Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi'nin (Res. 1) farklı seviyelerine ait taş ve derz/moloz dolgu harçlarından oluşan örnekler önce görsel olarak değerlendirilmiş, fotoğraflanarak belgelenmiş, gruplandırılmış ve analiz edilmek üzere kodlanmıştır (Tablo 1,2 ve Resim 4).

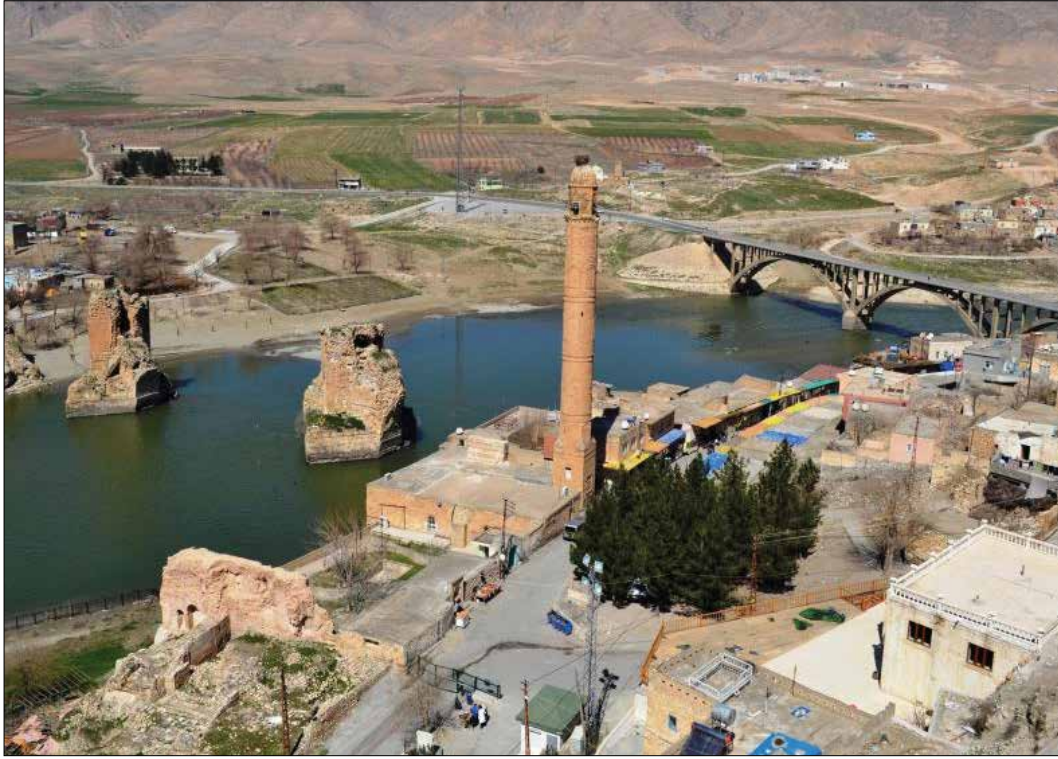
Görsel olarak oldukça dayanıklı olarak algılanabilecek yapısal malzemeler mevsimsel döngüde sıcaklık ve nem değişimi, donma çözülme süreçleri, sanayi bölgelerine, atık alanlara yakınlık, eksoz gazları salınımı, vejetasyon, vandalist ve turistik etkilerle olumsuz yönde etkilenmekte, ani veya orta/uzun vadeli tuzlanma, çatlama, kopma, likenleşme vb. gibi bozulmalara uğrayabilmektedirler.

Fiziksel özellikler, yapı malzemelerinin (özellikle taşların) belirlenmiş standart sınırlar içinde tanımlanabilen özelliklerinin teknik yönden ifadesidir. Malzemelerin dayanımlarının belirlenmesi için temel fiziksel testler (birim hacim ağırlığı, su emme kapasitesi ve gözeneklilik) uygulanmıştır. Örneklerin doğrudan alınan kuru ağırlıkları, arşimet (su içerisinde) ve doygun ağırlıkları (saf su içerisinde 50 torr basınç altında gözeneklere ulaşması sağlanan sulu ağırlık) yardımıyla birim hacim ağırlıkları (doygun-kuru BHA, g/cm^3), su emme kapasitesi



Resim 2a. Hasankeyf Er Rızk Camii ve Minaresinin Taşıma Öncesi Konumu / The location of Hasankeyf Er Rızk Mosque and Minaret Before Transfer

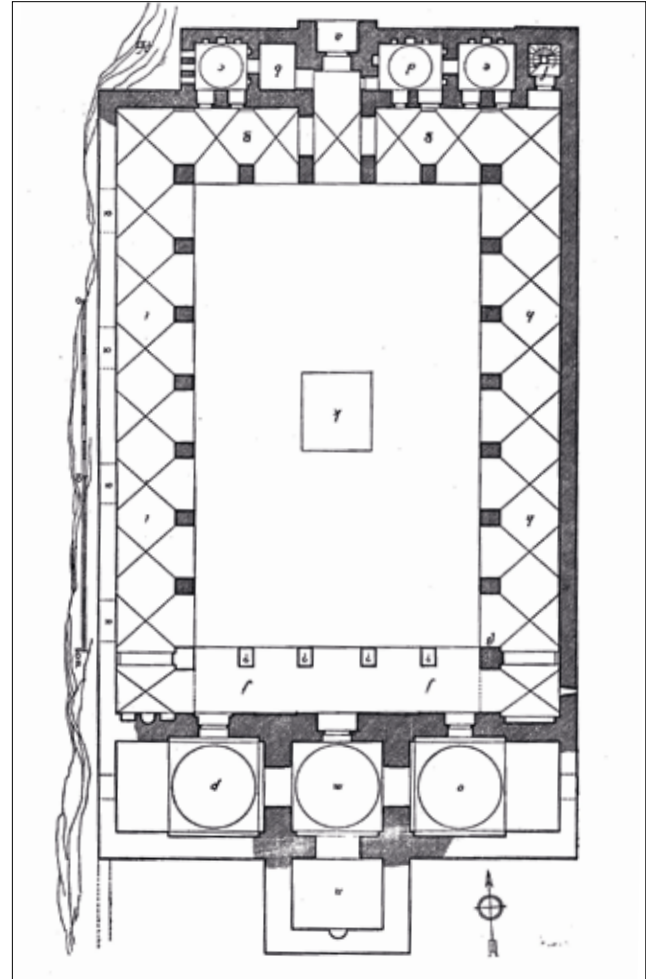
HASANKEYF ER RIZK CAMİİ MİNARESİ YAPI MALZEMELERİNİN ARKEOMETRİK ANALİZLERİ

Resim 2b. Hasankeyf Er Rızk Camii ve Minaresi / *Hasankeyf Er Rızk Mosque and Minaret*Resim 2c. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi / *Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret*

(%SEK) ve gözeneklilik (%P) değerleri belirlenmiştir⁸. Standart fiziksel testleri yapabilmek için gereken örnek miktarı (küp veya silindirik standart karot örnekler) standart uygulamalar açısından mümkün olmadığı için test uygulamaları, örnekleme ile alınan amorf taş ve harç parçaları üzerinde gerçekleştirilmiştir (Tablo 3a, 3b).

Farklı yapı malzemelerinin içeriğinde doğal olarak bulunan veya suda çözünerek sonradan malzemelerin yüzeyine veya gözeneklerine kılcal etki sonucu su ile

⁸ ASTM 1984; Rilem 1980

Resim 3. Hasankeyf Er Rızk Camii'nin Özgün Mimari Planı (Gabriel, 1940). / *Original Architectural Plan of Hasankeyf Er Rızk Mosque*

Tablo 1. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi yapı malzeme grubu / *Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret Building Materials Group*

Grup Kodu	Yapısal Malzeme Grubu Açıklamalar	Örnek Sayısı
HEM-T	Taş Örnekler	6
HEM-H	Harç Örnekler	9

Kodlama Ön Ek : HEM = Hasankeyf, Er Rızk Camii Minaresi

Tablo 2. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi'nden örneklenen harç örnekleri / *Mortar Samples From Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret*

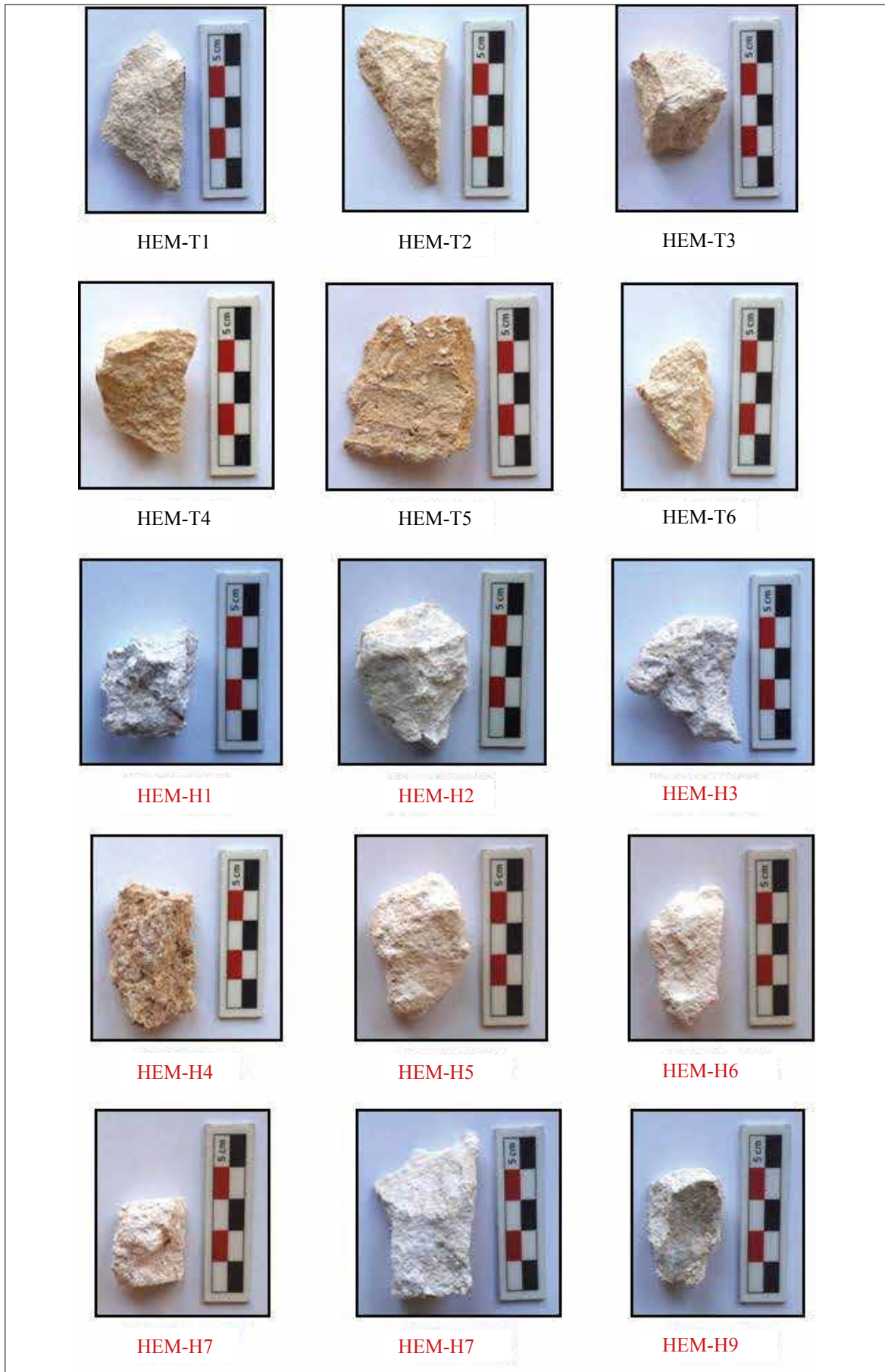
Örnekler	Açıklamalar	Malzeme Türü
HEM-T1	Taş sıraları arası dolgudan	Taş
HEM-T2	A9 sırası, sıralı taşların iç yüzeyinden, D/A-09/01	
HEM-T3	A9 sırası, sıralı taşların iç yüzeyinden, İ/A-09/02	
HEM-T4	D/A-08/03	
HEM-T5	İ/A-08/09	
HEM-T6	Dolgudan	
HEM-H1	G7 sırasından	Harç
HEM-H2	E13 sırasından	
HEM-H3	F14 sırasından	
HEM-H4	B7 sırasından	
HEM-H5	B13 sırasından	
HEM-H6	C24 sırasından	
HEM-H7	D23 sırasından	
HEM-H8	A1 sırasından	
HEM-H9	A9 sırasından	

taşınan tuzlar, malzemenin hem kendi bünyesinde, hem de ilişkide buldukları diğer malzemelerin yapılarında gerçekleşebilecek kimyasal değişimler hakkında bilgi vermektedir. Tarihi yapıya ait taş ve harç örneklerin bünyesinde bulunan suda çözünen tuz miktarı (toplam) ve türleri ile pH değerleri belirlenmiştir (Tablo 4). Örneklerde toplam tuz ölçümü tayini için; 25 ml su içerisine alınan 5 gram örnek, 1 saat santrifüjlenip süzildükten sonra üzerine standart sodyum heksametafosfat eklenmiştir. Analiz için hazırlanan örneklerin toplam tuz içerikleri iletkenlik ölçer (Neukum Seri 3001 marka pH-sıcaklık-iletkenlik ölçer) ile kaydedilmiş, sonuçlar ilgili eşitlikler kullanılarak toplam tuz miktarlarına ağırlıkça yüzde olarak (%w/w) ulaşılmıştır⁹.

Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi'nden örneklenen harç örneklerin agrega ve bağlayıcı oranlarının belirlenmesi için öncelikle kuru tartıma alınan örnek daha sonra bağlayıcı (toplam karbonat içerik; CO_3^{2-}) içeriklerinden arındırılmak üzere seyreltik asitle (%5'lik HCl) muamele edilmiştir. Süzme, yıkama ve kurutma işlemleri ile (Res. 5a-5c) kireç ve tüm karbonat içeriklerinden (bağlayıcısından) ayrılan ve agrega kısmı elde edilen harç örnekler, oda sıcaklığında kurutulduktan sonra tekrar tartıma alınarak ağırlıkça toplam bağlayıcı ve agrega (%w/w) miktarına ulaşılmıştır (Tablo 5 ve Resim 7a). Örneklerin karbonat içerikli olmayan agregalarına sistematik eleme işlemi (TSE, 2012) uygulanarak (63-1000 μm arasındaki eleklerle) agrega tanecik dağılımları (granülometrik analiz) belirlenmiştir (Tablo 5 ve Resim 6,7b).

⁹ Black/Evans/Ensminger/White/Clark 1965; Brady/Weil 2004; Means/Parcher 1963.

HASANKEYF ER RIZK CAMİİ MİNARESİ YAPI MALZEMELERİNİN ARKEOMETRİK ANALİZLERİ



Resim 4. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi taş ve harç örnekleri / *Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret stone and mortar samples*

Tablo 4. Hasankeyf Er Rızık Camii Minaresi taş ve harç örneklerinde tuz türü, pH ve toplam tuz (SS) testleri / *Salt Type, pH and Total Soluble Salt (SS) Tests of Stone and Mortar Samples From Hasankeyf Er Rızık Mosque Minaret*

Örnekler	pH	SS (%)
HEM-T1	8,01*	1,51*
HEM-T2	8,47	1,32
HEM-T3	7,26	0,72
HEM-T4	7,95	1,64
HEM-T5	8,33	2,04
HEM-T6	8,19	2,19
HEM-H1	8,21	1,19
HEM-H2	8,25	3,50
HEM-H3	8,17	1,82
HEM-H4	8,26	1,43
HEM-H5	8,39	0,57
HEM-H6	8,56	0,73
HEM-H7	8,14	3,11
HEM-H8	8,30	1,99
HEM-H9	7,95	1,06
Taş Ort.	8,04	1,57
Harç Ort.	8,25	1,71

(*) 100 mL suda

Hasankeyf Er Rızık Camii Minaresi'ne ait taş ve harç örneklerin kimyasal bileşimi X-ışını Floresans Analizi Yöntemi (PED-XRF) kullanılarak belirlenmiştir (Tablo 7a,7b ve Resim 9). Analiz için seçilen taş ve harç örnekler agat havanda toz haline getirildikten sonra 32 mm'lik diskler oluşturulmuş her bir disk XRF analizinde kullanılan bir kimyasal ile (wacks) karıştırılarak aletin örnek bölgesine yerleştirilmiş ve analizi yapılmıştır¹¹. Bu çalışmada, X-LAB 2000 model PED-XRF (Polarized Energy Dispersive-XRF) spektrometresi kullanılmıştır. X-Lab 2000 PED-XRF spektrometresi atom numarası 11 olan sodyumdan (Na), 92 olan uranyuma (U) kadar olan elementleri analiz edebilme özelliğine sahiptir. Cihazın duyarlık sınırı, ağır elementlerde 0,5 ppm ve hafif elementlerde ise 10 ppm kadardır. Analizde temel ve az elementler oksit yüzdeleri (%) halinde, iz elementler ise milyonda bir (ppm) derişimle verilmiştir. Analizde USGS (Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma) standartları ve referans olarak GEOL, GBW-7109, ve GBW-7309 kullanılmıştır.

Harç örneklerin bağlayıcı kategorisi (hidroliklik özelliği) ve dayanım özellikleri, örneklerin kimyasal bileşim özellikleri ile elde edilen Cementation Index (CI) verileri yardımı ile değerlendirilmiştir¹². Cementation Index; asitte çözünen kısmın bazlarda çözünen kısma oranıdır. Kireç içerikli harçlar agrega içeriği ve türüne bağlı olarak yağlı harç



Resim 5. Asidik agrega & bağlayıcı analizi; (a) Asidik işlem (%5 HCl), (b) Süzme / yıkama ve (c) Kurutma işlemleri (MAKLAB) / *Acidic aggregate & binder analysis; (a) Acidic treatment (5% HCl), (b) Filtration / washing and (c) Drying processes (MAKLAB)*

Hasankeyf Er Rızık Camii Minaresi'ne ait taş ve harç örneklerin ince kesitleri hazırlanmış ve optik mikroskopta incelenmiştir. İnce kesitler, örneklerde dıştan içe doğru tüm tabakaları gösterecek şekilde taşlarda doğrudan, harçlarda ise sertleştirme yapılarak hazırlanmıştır¹⁰. İncelemelerde LEICA Research Polarizan DMLP Model alt ve üstten aydınlatmalı optik mikroskop kullanılmıştır. Fotoğraflamalar mikroskoba bağlı Leica DFC280 dijital kamerayla, değerlendirmeler de Leica Qwin Digital Imaging Programı kullanılarak yapılmıştır. Agregayı oluşturan kayaç ve mineraller Point Counting Programı ile tanımlanmıştır (Tablo 6a,6b ve Resim 8).

(YK) ve hidrolik harç olarak (ZHK, OHK ve HK) ayrımlandırılmaktadır. Harçlarda toplam agrega içeriği %5'in altında olan yağlı harçlar kireç oranı, yani CaO oranı yüksek harçlardır. Harçlarda toplam agrega oranı %5'in üzerinde olan harçlar, CaO oranı düşük hidroliklik özelliği olan harçlardır. Bu tür harçların bileşiminde silisyum (SiO₂), alüminyum (Al₂O₃) ve demir (Fe₂O₃) oranı yüksektir (Tablo 8).

¹⁰ Kerr 1977; Rapp 2002.

¹¹ Shackley 2011

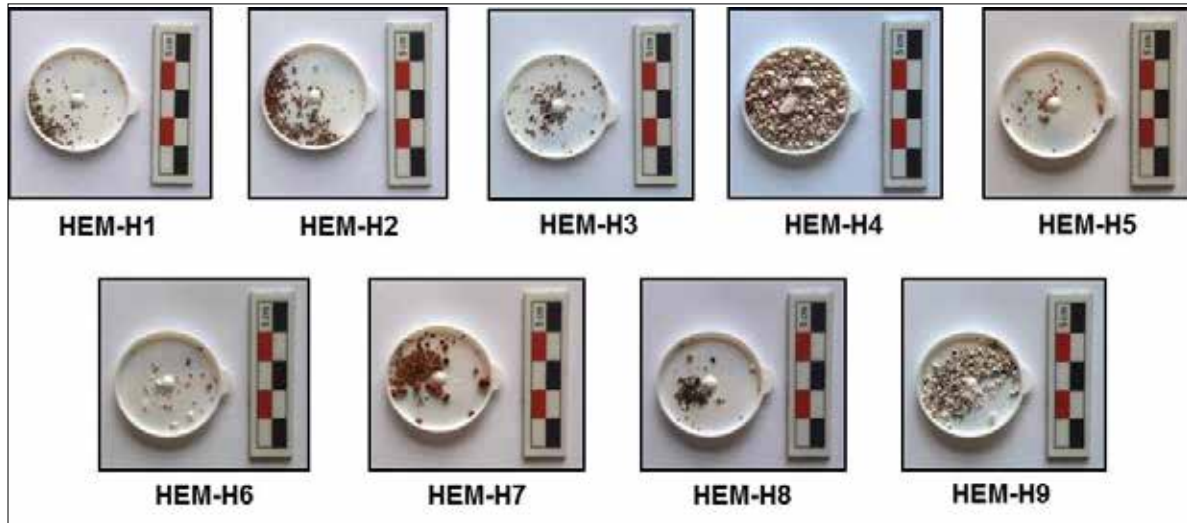
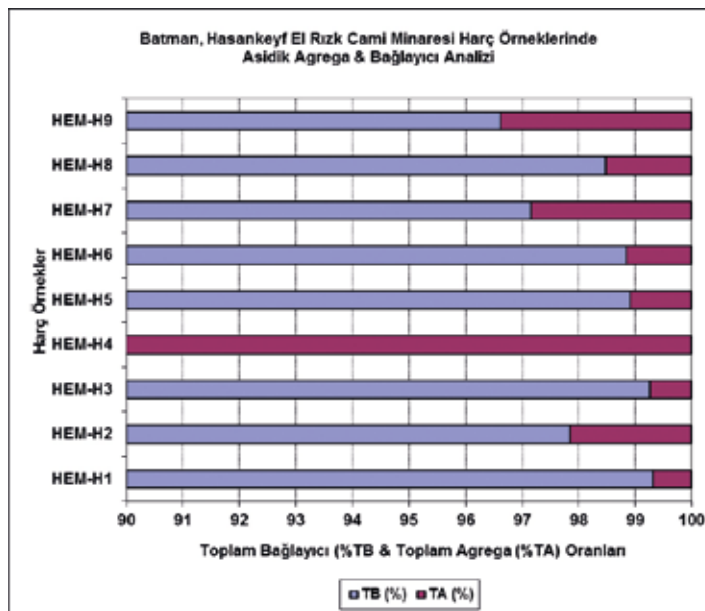
¹² Boynton 1980.

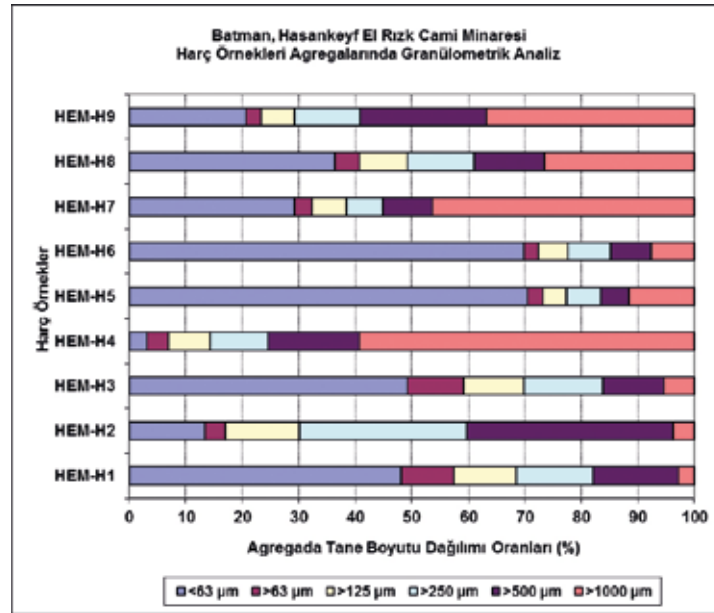
HASANKEYF ER RIZK CAMİİ MİNARESİ YAPI MALZEMELERİNİN ARKEOMETRİK ANALİZLERİ

Tablo 5. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi harç örneklerinde agrega/bağlayıcı ve granülometrik analizleri / *Aggregate/Binder and Granulometric Analyses of Mortar Samples From Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret*

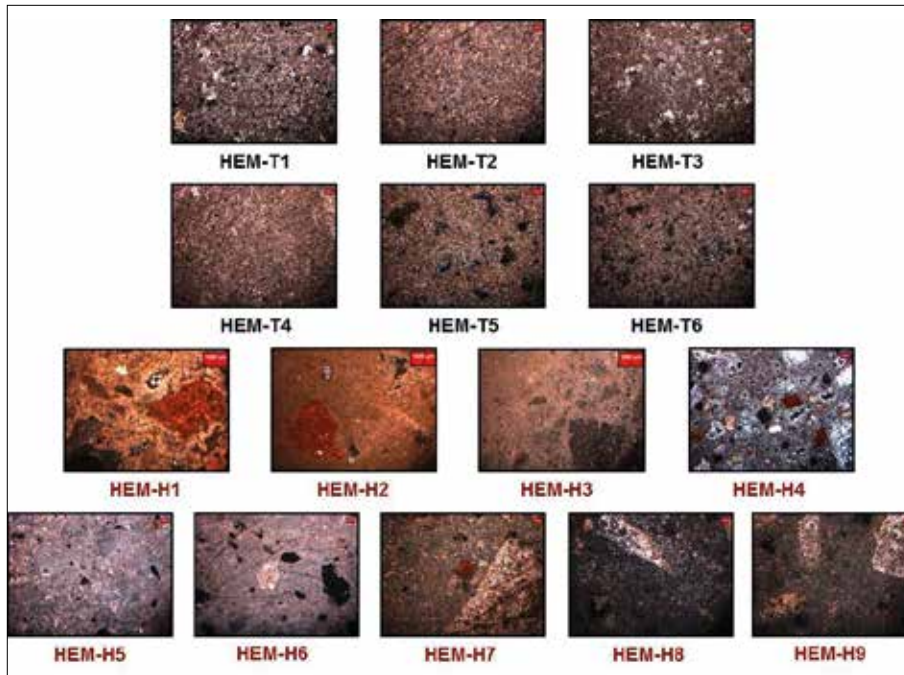
Örnekler	TB (%)*	TA (%)*	<63 µm	>63 µm	>125 µm	>250 µm	>500 µm	>1000 µm
HEM-H1	99,32	0,68	48,09	9,37	10,99	13,67	15,01	2,87
HEM-H2	97,84	2,16	13,38	3,66	13,12	29,59	36,51	3,75
HEM-H3	99,27	0,73	49,16	10,06	10,61	14,08	10,73	5,36
HEM-H4	35,16	64,84	3,18	3,74	7,40	10,20	16,22	59,26
HEM-H5	98,91	1,09	70,47	2,78	4,08	6,07	5,07	11,53
HEM-H6	98,85	1,15	69,88	2,52	5,25	7,56	7,14	7,66
HEM-H7	97,17	2,83	29,31	3,06	6,04	6,48	8,80	46,31
HEM-H8	98,49	1,51	36,39	4,30	8,52	11,83	12,41	26,55
HEM-H9	96,62	3,38	20,61	2,71	5,93	11,63	22,35	36,77
Ortalama	91,29	8,71	37,83	4,69	7,99	12,34	14,91	22,23

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

Resim 6. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi harç örneklerinde asidik agrega/bağlayıcı analizi ile elde edilen agregalar/ *Aggregates obtained from Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret mortar samples by acidic aggregate / binder analysis*Resim 7a. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi harç örneklerinde (a) toplam agrega/bağlayıcı oranları dağılımı ve (b) sistematik eleme ile belirlenen agrega boyutu dağılımı (Granülometrik Analiz) / *Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret mortar samples (a) total aggregate / binder ratio distribution and (b) aggregate particle size distributions determined by systematic sieving (Granulometric Analysis)*



Resim 7b. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi harç örneklerinde (a) toplam agrega/bağlayıcı oranları dağılımı ve (b) sistematik eleme ile belirlenen agrega boyutu dağılımı (Granülometrik Analiz) / *Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret mortar samples (a) total aggregate / binder ratio distribution and (b) aggregate particle size distributions determined by systematic sieving (Granulometric Analysis)*



Resim 8. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi taş ve harç örneklerinin ince kesit optik mikroskop altı görüntülemeleri / *Thin-section optical microscope imaging of Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret stone and mortar samples*

ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

Tarih içinde çeşitli dönemlerde geçirdiği değişiklikler ve uğradığı tahribat ile Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi'nin korunmasına yönelik olarak arkeometrik yapı malzeme analizleri, alanda gerçekleştirilen örnekleme çalışmaları sonrasında başlatılmıştır (Tablo 1,2 ve Resim 4).

Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi taş ve harç örneklerinin arkeometrik incelemeleri; alanda ve laboratuvar ortamında görsel olarak değerlendirilmiş, malzeme türlerine göre gruplandırılmış, fotoğraflanarak belgelenmiş ve kodlanmıştır (Tablo 1,2 ve Resim 4).

Tablo 6a. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi taş örneklerinin petrografik özellikleri

Taş Örnekler	Kayaç Türü	Doku	Sertlik (Mohs)	Kayaç ve Mineraller*
HEM-T1	Kırıntılı (Kuvarslı)	Kırıntılı	2,5 - 3	C matriks,Q,Ç,Op
HEM-T3	Kireçtaşı			
HEM-T2	Mikritik	Mikritik	2,5 - 3	C matriks,Q,Ç
HEM-T4	Kireçtaşı			
HEM-T5	Gösel	Mikritik	2,5 - 3	C matriks (%5 boşluk),Op
HEM-T6	Kireçtaşı			

Tablo 6b. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi harç örneklerinin petrografik özellikleri / *Petrographic Properties of Stone Samples From Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret*

Harç Örnekler	MTB (%)	MTA (%)	Matriks Bağlayıcı İçeriği (%100)				Matriks Agrega İçeriği (%100)		
			Kireç	Kil	Çm	Alçı	Kayaç & Mineraller*	TK	Org
HEM-H1	55	45	85	15	-	-	98 (Q,K,C,Ç,Pl,By,Sr,Kt,Op)	2 (9)**	-
HEM-H7**									
HEM-H8									
HEM-H9	65	35	75	25	-	-	98 (Q,Ç,Pl,Py,Ms,Sr,Op)	2	-
HEM-H2									
HEM-H3	35	65	60	15	-	25	97 (Q,Pl,Py,Pm,Op)	3	-
HEM-H4									
HEM-H5									
HEM-H6	75	25	75	-	-	25	99 (Q,K,C,M,Op)	1	-

(*) C: Kalsit, Ç: Çört, Çm: Çimento, K: Kireçtaşı, Kt: Kilitaşı, Ms: Muskovit, MTA: Matriks Toplam Agrega Oranı, MTB: Matriks Toplam Bağlayıcı Oranı, Op: Opak Mineraller, Org: Organik İçerik, Pl: Plajiyoklas, Pm: Pomza, Py: Piroksen, Q: Kuvars, Sr: Serizit, TK: Tuğla Kırığı Parçaları / *Petrographic Properties of Mortar Samples From Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret*

Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi'ne ait taş ve harç örneklerinin birim hacim ağırlığı (doğun-kuru), gözeneklilik ve su emme oranlarını saptayabilmek için temel fiziksel testler (Tablo 3a,3b), suda çözünen toplam tuz içerikleri ile pH'larının belirlenmesi için de kondaktometrik analiz uygulanmıştır (Tablo 4). Harçlarda toplam agrega ve bağlayıcı oranları ile agregada tane boyutu dağılımlarının belirlenmesi için asidik agrega/bağlayıcı analizi ve granülometrik analizler uygulanmıştır (Tablo 5 ve Resim 6,7a,7b). Örneklerin petrografik özellikleri ve tanımlamaları ince kesit optik mikroskop analizi ile (Tablo 6a,6b ve Resim 8), kimyasal özellikleri de X-ışını Floresans (PED-XRF) analizi ile (Tablo 7a,7b ve Resim 9) belirlenmiştir. Harçların kireç kategorisi ve

dayanım özellikleri de Cementation Index verileri ile değerlendirilmiştir (Tablo 8).

Bu incelemeler doğrultusunda, Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi'ne ait harçların fiziksel, kimyasal ve petrografik özellikleri çeşitli arkeometrik yöntemler uygulanarak değerlendirilmelerde bulunulmuştur.

Taş Örnekler

Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi'ne ait taşlar kireçtaşı (sedimanter) kayaç türündedir. Temel fiziksel testlerin uygulandığı yapısal kireçtaşlarının doğun/kuru birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2,46-2,68 g/cm³ (ort. 2,55 g/

Tablo 7a. Hasankeyf Er Rızık Camii Minaresi taş örnekleri PED-XRF analizi sonuçları / *PED-XRF Analysis Results of Stone Samples From Hasankeyf Er Rızık Mosque Minaret*

Element	Conc.'n	HEM-T1	HEM-T2	HEM-T3	HEM-T4	HEM-T5	HEM-T6	Taş Ort.
Na ₂ O	%	0,051	0,047	0,056	0,046	0,055	0,046	0,050
MgO		11,29	3,07	15,60	0,076	14,99	18,09	10,52
Al ₂ O ₃		0,006	0,118	0,007	0,200	0,007	0,047	0,064
SiO ₂		0,348	0,497	0,522	0,777	0,645	0,640	0,571
P ₂ O ₅		0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003
SO ₃		0,412	0,147	0,218	0,164	0,125	0,074	0,190
Cl		0,044	0,015	0,100	0,013	0,042	0,011	0,037
K ₂ O		0,005	0,005	0,006	0,063	0,006	0,004	0,015
CaO		43,54	56,93	38,61	55,98	34,09	33,67	43,80
TiO ₂		0,001	0,007	0,007	0,008	0,008	0,007	0,006
V ₂ O ₅		0,001	0,007	0,001	0,001	0,014	0,011	0,006
Cr ₂ O ₃		0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002
MnO		0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002
Fe ₂ O ₃		0,029	0,030	0,055	0,047	0,061	0,041	0,044
LOI*		44,22	39,33	44,33	43,02	49,30	46,93	44,52
Co		ppm	5,1	2,8	3,9	2,4	5	2,7
Ni	2,4		1,9	3,8	2,6	5,7	1,8	3,0
Cu	0,7		0,8	0,8	0,9	0,6	0,6	0,7
Zn	0,4		0,4	0,4	0,6	0,8	0,4	0,5
Ga	1,1		0,6	1,5	2,9	1,6	1	1,5
Ge	1		0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5
As	0,3		0,3	0,3	0,4	0,7	0,5	0,4
Se	0,2		0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
Br	1,8		0,8	1,5	0,3	3,8	1,5	1,6
Rb	0,7		1,1	0,9	1,1	1	0,7	0,9
Sr	132,4		151,3	143,5	171,7	89,9	85,8	129,1
Y	0,4		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Zr	5,3		5,8	4,8	6	4,7	6,6	5,5
Nb	3,3		4	3,2	6,6	2,8	3,2	3,9
Mo	5,7		3,7	2,9	3,5	3,6	3,8	3,9
Cd	0,4		2,3	0,9	1	0,8	0,8	1,0
In	0,8		1	1	0,9	0,8	0,8	0,9
Sn	0,9		1,1	0,9	1	0,9	0,9	1,0
Sb	1,6		1	0,9	1	0,9	0,8	1,0
Te	1,6		1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,3
I	2		2	2	2	1,9	1,9	2,0
Cs	3,5		3,5	3,5	3	4,9	7,2	4,3
Ba	5,2		12	5,2	11,3	13	5	8,6
La	14		7,2	7,4	13,4	7,5	7,1	9,4
Ce	16,4		9,9	10	10,9	11,1	9,8	11,4
Hf	3,7		4,8	1,9	3,9	2,8	1,8	3,2
Ta	1,3		2,3	1,8	2,5	2,1	1,8	2,0
W	1,8		2,3	2	2,1	1,6	1,6	1,9
Hg	0,7		2	0,6	0,8	0,6	0,6	0,9
Tl	1,1		0,7	0,6	0,7	1,5	0,6	0,9
Pb	0,9		3	0,9	2,8	1,4	1,4	1,7
Bi	0,5		0,6	0,5	0,6	0,4	0,9	0,6
Th	0,5	1,4	0,5	0,7	0,4	0,5	0,7	
U	19,1	24	21,9	9,8	8,8	21,3	17,5	

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

HASANKEYF ER RIZK CAMİİ MİNARESİ YAPI MALZEMELERİNİN ARKEOMETRİK ANALİZLERİ

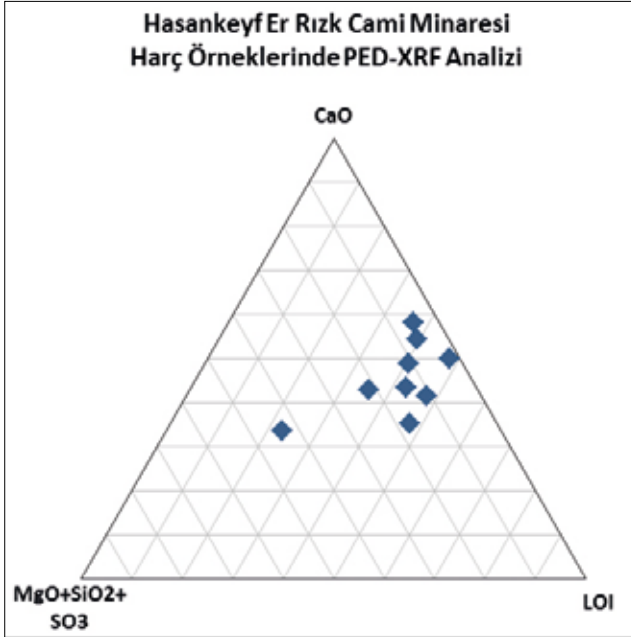
Tablo 7b. Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi harç örnekleri PED-XRF analizi sonuçları (devamı) / *PED-XRF Analysis Results of Mortar Samples From Hasankeyf Er Rızk Mosque Minaret*

Element	Conc.'n	HEM-H6	HEM-H7	HEM-H8	HEM-H9	Harç Ort.	
Na ₂ O	%	0,050	0,045	0,047	0,064	0,059	
MgO		4,94	12,19	1,25	14,02	8,04	
Al ₂ O ₃		0,256	0,216	0,170	0,175	0,346	
SiO ₂		1,16	1,05	0,597	1,08	1,67	
P ₂ O ₅		0,003	0,003	0,003	0,014	0,024	
SO ₃		0,133	0,453	0,235	1,74	4,68	
Cl		0,219	0,073	0,172	0,853	0,227	
K ₂ O		0,411	0,290	0,104	0,579	0,398	
CaO		54,04	43,05	50,29	34,31	44,94	
TiO ₂		0,022	0,022	0,002	0,019	0,043	
V ₂ O ₅		0,009	0,011	0,007	0,001	0,007	
Cr ₂ O ₃		0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	
MnO		0,006	0,004	0,002	0,006	0,006	
Fe ₂ O ₃		0,139	0,154	0,072	0,151	0,232	
LOI*		38,95	42,48	48,02	46,30	39,72	
Co		ppm	14,2	8,1	2,7	8	9,2
Ni			6,9	12,3	4,2	8	11,5
Cu			1,6	2,7	0,8	2,7	2,6
Zn	1,6		0,5	0,5	1,5	1,4	
Ga	1,5		1	2,5	1,5	1,9	
Ge	0,4		0,4	0,4	0,3	0,4	
As	1,5		0,3	0,4	1,6	0,8	
Se	0,6		0,2	0,7	0,2	0,4	
Br	6,3		1,9	3,2	8,6	5,9	
Rb	2,9		2,1	0,6	3,4	2,3	
Sr	99,6		128,7	144,7	205,7	183,9	
Y	0,4		0,4	0,4	0,4	0,6	
Zr	5,5		6,5	9,8	10,5	8,2	
Nb	3,3		3,2	4	3,1	3,3	
Mo	6		3,2	3,7	3	3,7	
Cd	0,9		0,8	1,1	1,1	0,9	
In	0,8		0,8	2,3	0,9	1,0	
Sn	1		0,9	2,3	0,9	1,1	
Sb	0,9		0,9	1	0,9	0,9	
Te	1,2		1,1	1,2	1,1	1,2	
I	3,4		1,9	2,3	2	2,4	
Cs	3,4		3,4	3	3,4	3,9	
Ba	21,7		5,1	5,1	19,7	18,3	
La	7,1		11,7	7,1	7,1	9,6	
Ce	9,7		9,8	9,8	10,7	10,3	
Hf	2,7		2,5	2,5	5,2	2,8	
Ta	3,4		4,3	2,4	1,9	2,8	
W	2,2		2,2	2,2	1,7	2,0	
Hg	1,2		0,7	0,8	0,6	0,7	
Tl	0,7		0,6	0,8	1,5	1,0	
Pb	2,1	3,1	3,4	2,7	2,9		
Bi	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6		
Th	2,4	1,3	2,3	1,8	1,4		
U	9	9,2	19	8,7	12,5		

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

Tablo 8. Hasankeyf Er Rızık Camii Minaresi harç örnekleri Cementation Index verileri / *Cementation Index Data of Mortar Samples From Hasankeyf Er Rızık Mosque Minaret*

Örnekler	CI	Kireç Türü	Kireç Türü
HEM-H1	0,16	YK	Yağlı Kireç (YK) : <0,30 Zayıf Hidrolik Kireç (ZHK) : 0,30 - 0,50 Ortalama Hidrolik Kireç (OHK) : 0,51 - 0,70 Hidrolik Kireç (HK) : 0,71 - 1,10 Doğal Çimento (DÇ) : 1,11-1,70 Doğal Çimento & Çimento (DÇ/Ç) : 1,70<
HEM-H2	0,08		
HEM-H3	0,11		
HEM-H4	0,28		
HEM-H5	0,06		
HEM-H6	0,06		
HEM-H7	0,06		
HEM-H8	0,04		
HEM-H9	0,06		
Ortalama	0,10		

Resim 9. Hasankeyf Er Rızık Camii Minaresi harç örneklerinde PED-XRF analizi sonuçları ana element (CaO / MgO+SiO₂+SO₃ / LOI) gruplamaları (Triangle Plotting) / *Hasankeyf Er Rızık Mosque Minaret mortar samples PED-XRF analysis results main element (CaO / MgO+SiO₂+SO₃ / LOI) groupings (Triangle Plotting).*

cm³) / 1,57-1,99 g/cm³ (ort. 1,86 g/cm³) arasında, toplam su emme kapasiteleri %10,79-23,39 (ort. %15,06) arasında ve toplam gözeneklilikleri de %21,43-36,82 (ort. %27,35) arasındaki değerlerdedir (Tablo 3a). Yapısal özellikleri ile düşük yoğunluklu ve yüksek gözenekli yapı malzemesi olan taşlar daha düşük dayanıma sahiptirler. Kayaç kökeni (sedimanter) açısından oldukça gözenekli yapıdaki kireçtaşı örnekler birbirine yakın ve düşük değerlerde dayanım verilerine sahiptirler (Tablo 3a).

Taş örneklerin suda çözünen toplam tuz miktarları, içerdiği tuz (anyon) türleri ile pH değerleri belirlenmiştir. Örneklerin

(kayaç türünden bağımsız olarak) pH değerleri zayıf bazik ortam şartlarını yansıtır şekilde 7,26-8,47 arasındaki (ort. 8,04) değerlerdedir (Tablo 4). Aynı örneklerin içerdiği toplam tuz miktarları da %0,72-2,19 (ort. %1,57) arasında değişmektedir (Tablo 4). Kondaktometrik iletkenlik analizi ile taşların düşük ve ortalama (HEM-T3) ile yüksek (AFL-T6) değerlerde toplam tuz içeriklerine sahip oldukları anlaşılmıştır (toprakta >%0,15 yüksek miktarda tuzlanmayı işaret etmektedir¹³).

Kaynağını ayırışan taşlar (rekristalizasyon) ve derz harçlarından alan (karbonat) ve zayıf bazik ortamda bulunan taşların tuzlanması bünyesel niteliklidir. Bununla beraber taşlara taşınan çevresel veya yapısal tuzlar mevsimsel (özellikle yağışlı dönemlerde) etkilerle artan veya azalan oranda yıl içinde değişimler gösterebilmektedir.

İnce kesit optik mikroskop analizi ile petrografik yönden incelenen yapısal taşlar kireçtaşı (kırıntılı, mikritik ve gösel) kayaç türünde sınıflandırılmıştır (Tablo 6a ve Resim 10).

Hasankeyf Er Rızık Camii Minaresi'ne ait kireçtaşı örneklerin kimyasal bileşimlerine PED-XRF analizi ile ulaşılmıştır (Tablo 7a). Örneklerin ana (>%1) element içeriğini azalan oranda LOI (toplam karbonat, ort. %44,52), CaO (ort. %43,80) ve MgO (ort. %10,52) oluşturmaktadır (Tablo 7a). Örneklerin ana ve eser element içerikleri oldukça benzeşmektedir. Bu durumda minarenin inşasında kullanılan taşların (HEM-T4 dışında) aynı taş kaynağından elde edildiği düşünülebilir. Örneklerin MgO oranı örneklerde (HEM-T4 dışında) yüksektir. Bu durum dolomitik içerik ile açıklanabilir. Dolomit, kireçtaşlarında CaO'in yerini kısmen veya tamamen MgO 'in alması ile oluşmaktadır. Kimyasal

¹³ Dursun 2008.

analizin ışığında %5-10 arasında Mg içeren kireçtaşlarını, magnezyumlu kireçtaşı olarak tanımlamak da mümkündür. Stronsiyum (Sr) jeokimyasal olarak Ca'ya benzer ve kireç içeren maddeler (denizkabağı, kireçtaşı gibi) içerisinde bulunur. Kireçtaşı örneklerdeki yüksek Sr seviyesi yerel kayaç formasyonu ile ilişkilidir. Örneklerin uranyum (U) içeriğinin oldukça yüksek oluşu da dikkat çekicidir.

Harç Örnekler

Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi'nin farklı seviyelerine ait derz/moloz dolgu harçlarına temel fiziksel testler uygulanmıştır. Harç örneklerin doygun/kuru birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2,08-2,2 g/cm³ (ort. 2,39 g/cm³) / 1,16-1,69 g/cm³ (ort. 1,41 g/cm³) arasında, toplam su emme kapasiteleri %10,98-45,20 (ort. %29,75) arasında ve toplam gözeneklilikleri de %18,59-54,27 (ort. %40,29) arasındaki değerlerdedir (Tablo 3b). Yapısal özellikleri ile düşük yoğunluklu ve gözenekli yapıya sahip olan harç örnekler düşük dayanım verileri sunmaktadırlar. Örnekler kendi içinde değerlendirildiğinde, HEM-H4 örneği en yüksek, HEM-H6 örneği de en düşük dayanım verisi sunan örnektir.

Harç örneklerin suda çözünen toplam tuz miktarları, içerdiği tuz (anyon) türleri ile pH değerleri belirlenmiştir. Örneklerin pH değerleri zayıf bazik ortam şartlarını yansıtır şekilde 7,95-8,56 arasındaki (ort. 8,25) değerlerdedir (Tablo 4). Aynı örneklerin içerdiği toplam tuz miktarı da %0,57-3,50 (ort. %1,71) arasında değişmektedir (Tablo 4). Örnekler içinde HEM-H2 örneği en yüksek, HEM-H5 örneği de en düşük toplam tuz içeriğine sahip örneklerdir. Kondaktometrik iletkenlik analizi uygulanan harçlar yüksek değerlerde toplam tuz içeriklerine sahiptir (toprakta >%0,15 yüksek miktarda tuzlanmayı işaret etmektedir¹⁴).

Minareye ait harçların toplam bağlayıcı/agrega oranları asidik agrega/bağlayıcı analizi ile belirlenmiştir. Harç örneklerin toplam agrega (karbonat içermeyen) içerikleri %0,68-64,84 (ort. %8,71) arasında değişim göstermektedir (Tablo 5 ve Resim 6a). Sadece toplam agrega/bağlayıcı oranları açısından yapılacak bir değerlendirme ile özgün nitelik taşıyan harçların oldukça düşük (HEM-H4 dışında) oranda toplam agrega içeriklerinin bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 5). Harç örneklerin toplam agrega oranları, yüksek bağlayıcı oranı nedeniyle geleneksel/standart uygulamalarda görülen 2:1 (agrega:bağlayıcı) karışım oranının çok uzağındadır.

Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi'ne ait taşların derzlerinden örneklenerek agrega/bağlayıcı analizine tabi tutulan harçların asidik işlem sonrası elde edilen agregaları, sistematik elemelerden geçirilerek granülometrik ayrımları <63 µm – 1000 µm elek aralığında 6 farklı bölümlere ile yapılmıştır (Tablo 5 ve Resim 4b). Harç örneklerde kil/silt (<63 µm Ø) boyutlu agrega oranı %3,18-70,47 (ort. %37,83) arasındaki değerlerdedir (Tablo 5). Harçların çok iri kum boyutlu (>1000 µm Ø) agrega içerikleri %2,87-59,26 (ort. %22,23) arasındaki değerlerdedir (Tablo 5). Analiz edilen örneklerin silt/kum boyutlu agrega içeriğini de toplam kil/silt ve çok iri kum dışındaki agregalar (%100'e tamamlanan oranda) oluşturmaktadır. Harç örneklerin ana agrega içeriklerini (HEM-H2 ve HEM-H4 dışında) kil/silt (<63 µm Ø) ve iri/çok iri kum boyutlu (500-1000 ve >1000 µm Ø) agregalar birlikte oluşturmaktadır¹⁵ (Tablo 5 ve Resim 6b). Özgün harç örneklerin agrega dağılımları benzerlik taşımaktadır (Tablo 5 ve Resim 6b).

Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi'nden örneklenen harç örnekler asidik agrega/bağlayıcı analizinden geçirildikten sonra elde edilen agregaların içeriği ve tanecik türleri binoküler mikroskop altında incelenmiştir. Özgün harçların içeriğine ait agregaların fiziksel yapılarının yoğunlukla ince ve kırıklı/köşeli taneli bir yapı sergilediği görülmektedir (Res. 5). HEM-H4 ve HEM-H9 örneklerinin agrega içerikleri diğer örneklerden farklıdır. HEM-H4 örneğinin agrega içeriğinde çözünmeden yapıda kalan alçı (CaSO₄) mevcuttur. HEM-H9 örneğinde de asidik işlem ile çözülmeyen dolomitik [CaMg(CO₃)₂] bir yapı mevcuttur (Res. 7). Dolomit, kireçtaşlarından CaO'in yerini kısmen veya tamamen MgO'in alması ile oluşmaktadır. Çoğu dolomitler, yüksek tuzlulukta sular tarafından kalsiyum karbonatlı sedimanların veya kayaçların alterasyonu ile oluşmuşlardır. Harçların mukavemetinin artışı dolomitik yapı etkilidir ve bilinen bu özelliği ile antik çağlardan itibaren su ile ilişkili yapılarda tercih edilmiştir (Tablo 5,7b).

Hasankeyf Er Rızk Camii Minaresi harç örnekleri ince kesit optik mikroskop analizi ile petrografik yönden detaylı olarak incelenmiştir. Agregabağlayıcı bileşimleri incelenen harç örnekler 4 farklı grup altında sınıflandırılmıştır (Tablo 6b ve Resim 8). Özgün nitelik taşıyan harç örneklerin bağlayıcı içeriğini; kireç/kil, kireç/alçı ve kireç/kil/alçı karışımı bağlayıcıların oluşturduğu belirlenmiştir (Tablo 6b ve Resim 8).

Minareye ait özgün harçlarda optik mikroskop analizi ile belirlenen toplam matriks agrega içeriği %25-65 arasında değişmektedir (Tablo 6b). Harçların agrega içeriğinde tuğla kırığı parçalarının (HEM-H7 örneğinde

¹⁴ Dursun 2008.

¹⁵ Wentworth 1922.

daha yüksek oranda ve örneklerde toplam agreganın %1-9'u oranlarında) bulunduğu da belirlenmiştir (Tablo 6b ve Resim 8). Harç örneklerden B7 sırasından örneklenen HEM-H4 örneği diğer örneklerden farklılık göstermektedir. Örneklerin agrega/bağlayıcı yapılarında görülen farklılıklar, bu uygulamaların farklı dönem, fonksiyon (derz ve moloz dolgu) veya aynı dönemde tercih edilen farklı hammadde kullanımı ile açıklanabilir. Buradaki durum aynı dönemde seçilen farklı hammadde kullanımı olmalıdır.

Hasankeyf Er Rızık Camii Minaresi'ne ait harç örneklerin kimyasal bileşimlerine PED-XRF analizi ile ulaşılmıştır (Tablo 7b). Harç örneklerin ana (>%1) element içeriğini azalan oranda CaO (ort. %44,94), LOI (toplam karbonat, ort. %39,72), MgO (ort. %8,04), SO₃ (ort. %4,68 ve SiO₂ (ort. %1,67) oluşturmaktadır (Tablo 7b). Örneklerin ana ve eser element içerikleri birbirinden farklılık göstermektedir. Asidik agrega/bağlayıcı analizinde görülen dolomitik içeriğin tüm harçların ortak yapısını oluşturduğu PED-XRF analizi ile açıkça anlaşılmıştır. HEM-H1, HEM-H9 ve özellikle diğer örneklerden farklılık gösteren HEM-H4 örneğinde belirlenen yüksek SO₃, alçı içerikten kaynaklanmaktadır (Tablo 7b). İnce kesit optik mikroskop analizini destekler şekilde HEM-H4 örneği, kimyasal içeriği ile de (içerdiği düşük oranda MgO, SiO₂ ve yüksek oranda SO₃ ile) diğer örneklerden ayrılmaktadır. PED-XRF analizi ışığında yapılan gruplama ile harç örnekler için en az 2 farklı yapıım teknolojisi veya hammadde içeriğinde farklılaşmadan söz edilebilir (Res. 9).

Harç örneklerin PED-XRF analizi ile elde edilen verileri üzerinden Cementation Index (CI) değerlerine ulaşılmıştır (Tablo 8). Harçların dayanım özellikleri ve kireç türleri hakkında fikir veren bu veriler, örneklerin tümüyle benzer hidroliklik özellikte (YK) olduğunu göstermiştir. Harç örneklerin CI değerleri 0,04-0,28 arasında (ort. 0,10) değişim göstermektedir (Tablo 8). Harç örneklerin CI verileri örneklerin dayanımları hakkında da veriler sağlamaktadır. İncelenen harç örnekler oldukça düşük değerlerde CI verilerine yani düşük dayanımlara sahiptirler.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Batman'ın ilçesi Hasankeyf'in kent merkezinde bulunan ve proje kapsamında seviye seviye sökülerek daha yüksek bir kota taşınan Er Rızık Camii Minaresi'ne ait taş ve harç örnekler çeşitli analitik metotlar kullanılarak arkeometrik yünden incelenmiş, tanımlanmış, sınıflandırılmış ve malzeme açısından belgelenmiştir. Malzeme analizi çalışmaları ile minarenin hem yapısal yünden tanımlanması ve belgelenmesi, hem de restorasyon uygulamalarında seçilecek eşdeğer malzeme seçimi açısından da önemli bir altlık oluşturulması

hedeflenmiştir. Minarenin özgün/yapısal harçları uygun yaklaşımlarla korunmalıdır. Bu uygulamalarda koruma uzmanlarından hizmet alınmalıdır.

Er Rızık Camii Minaresi'nde kullanılmış olan yapısal taşlar farklı alt türde (kırıntılı, mikritik ve gösel) kireçtaşlarıdır. Kireçtaşlarının kimyasal analizi, magnezyum (Mg) içeriğinin yüksek olduğunu göstermiştir. Bu haliyle magnezyumlu kireçtaşı olarak da tanımlamak mümkündür. Minarenin inşasında kullanılan yapısal taşlar yakın çevre yerel kayaç formasyonunu doğrudan yansıtmaktadır. Taş onarımlarında kullanılacak kireçtaşları özgün yapıya uygun şekilde yakın çevre yerel kaynaklardan temin edilmelidir. Restorasyon uygulamaları öncesinde ve sırasında kullanılacak taşların onarım için uygun olup olmadıklarının da petrografik olarak incelenmesi önerilmektedir.

Tümü özgün nitelik taşıyan harç örneklerin agregalarının fiziksel ve petrografik analizleri de dikkate alınarak zengin içerikli akarsu yatağı (Dicle Nehri havzasına ait) malzemesi olan, genel bir eleme sonucu seçilmiş belli tane boylarındaki agregalardan oluştuğu belirlenmiştir. Harç örneklerde günümüzde de sürdürülmekte olan yerel yapı işçiliğini yansıtan uygulamalar tespit edilmiştir. Yörede alçı taşlarından (jips) ve daha önce kullanılmış alçı içerikli harçların ısıtılarak yeniden kullanımına dayanan (yörede cas diye ifade edilen) geleneksel kireç/alçı içerikli bağlayıcı kullanımını gösteren harç uygulamalarının Hasankeyf yapılarında yoğunlukla kullanıldığı belirlenmiştir. Harçların içeriğini oluşturan akarsu yatağına ait yoğunlukla silt boyutlu agregalar yerel kayaç formasyonunu yansıtmaktadır.

Minarenin özgün taş derz/moloz dolgu harçları kireç/kil karışımı (yerel kayaç formasyonu ile uygunluk gösteren yüksek Mg içeren) bağlayıcı içeriğine sahiptir. Onarım uygulamalarında öncelikle özgün harçla uyumlu, doğal kireç içeren harçların tercih edilmesi önerilmektedir. Agregası içeriğine öğütülmüş, elenmiş kireçtaşı tozu/kırığı ve volkanik kil/tüf tozu (pozolonik özellikte) ile tuğla kırığı parçaları katılması da önerilmektedir.

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

KAYNAKLAR

AHUNBAY, Z. 1998.

“Hasankeyf’in Korunması/ Anıtların Taşınmasıyla İlgili Sorunlar”, GAP Bölgesi’nde Kültür Varlıklarının Korunması, Yaşatılması ve Tanıtılması Sempozyumu, Şanlıurfa: 325- 335.

BLACK, C.A. / EVANS, D.D./ ENSMINGER, L.E./ WHITE, J.L./ CLARK, F.E. 1965.

Methods of Soil Analysis No. 9 in the Series Agronomy, American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA.

BOYNTON, R.S. 1980.

Chemistry and Technology of Lime and Limestone, 2nd ed, John Wiley & Sons, Inc., New York.

BRADY, N.C. / WEIL, R.R. 2004.

Elements of the Nature and Properties of Soils, 2nd ed., Pearson and Prentice Hall, New Jersey.

DURSUN, H./ DİZDAR, M.Y./ KIRIŞTIOĞLU, Ş./ ÖZCAN, İ./ HAMURKAR, Y. 2008.

Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.

GABRIEL, A. 1940.

Oyoges Archéologiques Dans La Turquie Orientale, 1, Paris.

KERR, P.F. 1977.

Optical Mineralogy, McGraw-Hill Co. First Ed’n., New York.

KILICI, A. 1987.

“Hasankeyf Vakıf Eserleri”, V. Vakıf Haftası, Restorasyon ve Vakıfların Ekonomik ve Sosyal Etkileri Semineri, Ankara: 159-187.

MEANS, R.E./ PARCHER, J.V. 1963.

Physical Properties of Soils, Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, Ohio, USA.

RILEM, 1980.

Research and Testing, Materials and Construction 13, Chapman and Hall, Paris. (Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, systèmes de construction et ouvrages)

RAPP, G. 2002.

Archaeomineralogy, Springer-Verlag, Berlin.

SEVGİ, S./ MURAT, Ç./ YILMAZ, M. 2017.

“Hasankeyf Zeynel Bey Türbesi’nin Koruma ve Kurtarma (Taşıma) Projesi”, Kargir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri IX Bildirileri, İstanbul: 10- 37.

SHACKLEY, M.S. 2011.

X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology, DOI 10.1007/978-1-4419-6886-9-2, Springer Publication.

TSE / TÜRK STANDARTLARI ENSTİTÜSÜ, 2012.

Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini - Eleme Metodu. (TS 3530 EN 933-1/ Nisan 1999 / Şubat 2007 / 12.04.2012). Ankara.

WENTWORTH, C.K. 1922.

A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments, Journal of Geology, Vol. 30, p. 377-392.

ULUÇAM, A. 2017.

“Hasankeyf’teki Kültürel Mirasın Bugünkü Durumu”, XX. Uluslararası Ortaçağ Ve Türk Dönemi Kazıları Ve Sanat Tarihi Araştırmaları Sempozyumu Bildirileri, Sakarya: 14-36.

YILMAZ, M./ ESKİCİ, B./ ELİÜŞÜK, M./ AKGÖNÜL, M./ ŞENER, Y.S. 2019.

“Hasankeyf Mardinike Külliyesi Kalıntılarının Sağlamlştırılması ve Su Altında Korunmasına Yönelik Uygulama Çalışmaları”, MASROP E-Dergi, 13 (1): 30-51.