

# MACARİSTAN, BUDAPEŞTE YUNUS EMRE ENSTİTÜSÜ BİNASI YAPI MALZEME ANALİZİ RAPORU

Prof. Dr. Ali Akın AKYOL

5 Nisan 2024

**Kod No:** RDV-MA-2024-97



Gazi Üniversitesi Teknokent  
REDEVIO AR-GE Bilgi ve Operasyon Teknolojileri Ltd. Şti.



Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri  
Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)



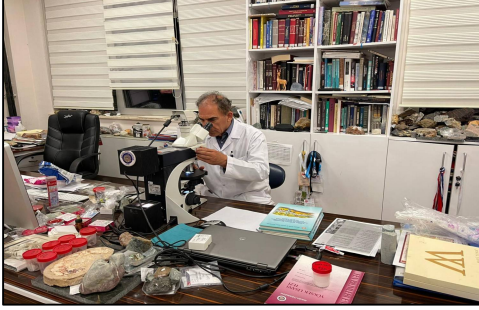
Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi,  
Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü  
Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı (MAKLAB)

*Bu rapor, ilgili kişi/kurum/kuruluş/firmaya özeldir,  
izin alınmadan hiçbir şekilde alıntı yapılamaz, çoğaltılamaz, yayımlanamaz.*

## ARAŞTIRMA LABORATUVARLARI



Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı (MAKLAB)



Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)

## TARİHİ MALZEME ANALİZİ AR-GE PROJESİ ARAŞTIRMA / DANIŞMA GRUBU

Prof. Dr. Ali Akın AKYOL (Fiziksel Testler, Kimyasal Analizler)  
*Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fak., Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü Tarihi Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı (MAKLAB)*

Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU (Petrografi)  
*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümü  
Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)*

Doç. Dr. Kıymet DENİZ YAĞCIOĞLU  
*Ankara Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Müh. Bölümü  
Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)*

M.A. Gülşen ALBUZ (MAKLAB Proje Asistanı)  
*Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fak., Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü Tarihi Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı (MAKLAB)*

## **RAPORUN İÇERİĞİ**

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ARAŞTIRMA LABORATUVARLARI</b>             | <b>2</b>     |
| <b>ARAŞTIRMA GRUBU</b>                       | <b>2</b>     |
| <b>RAPORUN İÇERİĞİ</b>                       | <b>3</b>     |
| <b>ÖZET</b>                                  | <b>4</b>     |
| <b>GİRİŞ</b>                                 | <b>5</b>     |
| <b>YÖNTEM VE DENEYLER</b>                    | <b>6</b>     |
| <b>ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER</b>  | <b>10</b>    |
| <b>Taş Örnek</b>                             | <b>11</b>    |
| <b>Çatı Kaplama Örnekleri</b>                | <b>12</b>    |
| <b>Harç ve Sıva Örnekler</b>                 | <b>14</b>    |
| <b>Pigment Örnekler</b>                      | <b>16</b>    |
| <b>YAPISAL MALZEMELERDE ONARIM ÖNERİLERİ</b> | <b>17</b>    |
| <b>KAYNAKLAR</b>                             | <b>19</b>    |
| <b>ANALİZLERE AİT TABLO VE ŞEKİLLER</b>      | <b>20-25</b> |

# MACARİSTAN, BUDAPEŞTE YUNUS EMRE ENSTİTÜSÜ BİNASI YAPI MALZEME ANALİZİ RAPORU

Prof. Dr. Ali Akın AKYOL (Raportör)

## ÖZET

Zaman içinde yapısal bütünlüğü bozulan ya da zayıflayan tarihi yapıların restorasyon ve konservasyon uygulamaları öncesinde yapıların mimari, tarihi, sanatsal ve estetik özelliklerinin araştırılmasının yanı sıra arkeometrik incelemelerinin de yapılması, seçilecek onarım malzemelerinin özgün yapıya uygun olarak belirlenebilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır.

Yunus Emre Enstitüsü'nün Macaristan'ın başkenti Budapeşte'de bulunan binasına ait yapısal ve dekoratif malzemelerden (taş, çatı kaplama, harç, sıva ve pigment) oluşan örnekler çeşitli analitik metotlar kullanılarak arkeometrik yönden incelenmiştir.

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait yapısal ve dekoratif malzeme örnekleri öncelikle görsel olarak değerlendirildikten sonra fotoğraflanarak belgelenmiş ve kodlanmıştır. Arkeometrik çalışmalar kapsamında taş örneğinin fiziksel özellikleri standart olmayan temel fiziksel testlerle (birim hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi ve gözeneklilikleri), aynı örneğin pH'ı, suda çözünen toplam tuz miktarı ile tuz (anyon) türleri de kondaktometrik analiz ile belirlenmiştir. Sıva örneklerine asidik agrega/bağlayıcı ve agregada tane boyutu dağılımı (granülometrik) analizleri uygulanmıştır. Yapısal örneklerin petrografik özellikleri, ince kesitleri üzerinden optik mikroskop analizi ile, kimyasal özellikleri de X-ışını floresan (PED-XRF) analizi ile belirlenmiştir. Pigment örneklerinin renk değerleri kromametrik analiz ile, kimyasal bileşimleri de noktasal Mikro-XRF analizi ile belgelenmiştir.

## GİRİŞ

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'nın (raporda yapı bu adla anılmaktadır) malzeme açısından belgelenmesi ve araştırılmasına yönelik çalışmalar; Yunus Emre Enstitüsü'nün sorumluluğunda **“Almanya-Frankfurt, Irak-Bağdat, Polonya-Varşova ve Macaristan-Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binalarının Rölöve Restitüsyon ve Restorasyon Projelerinin Hazırlanması ve Restorasyon (Uygulama) İşi”** kapsamında müellif firma **Oraybir İnşaat ve Restorasyon San. Tic. Ltd. Şti.**'nin Gazi Üniversitesi Teknopark, **REDEVIO AR-GE Bilgi ve Operasyon Teknolojileri Ltd. Şti.**'ne **27.11.2023** tarihinde yaptığı resmi başvuru ile başlatılmıştır.

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'nda **08.12.2023** tarihinde yerinde gerçekleştirilen yapısal malzeme incelemeleri, belgeleme ve örneklemelerin sonucunda elde edilen yapısal (taş, çatı kaplama ve sıva) ve dekoratif örnekler (harç ve pigment) üzerinde gerçekleştirilen arkeometrik çalışmaların sonuçları ve değerlendirmeleri bu raporun konusunu oluşturmaktadır.

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait malzeme grubu; Gazi Üniversitesi, Teknopark, **REDEVIO AR-GE Bilgi ve Operasyon Teknolojileri Ltd. Şti.** bünyesinde Prof. Dr. Ali Akın AKYOL tarafından yürütülen **“Kültürel Mirasın Arkeometrik Yöntemlerle Araştırılması ve Belgelenmesi AR-GE Projesi”** kapsamında **“Macaristan, Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası Yapı Malzeme Analizi”** adı altında Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, Tarihi Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı (MAKLAB) ile Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) Laboratuvarları'nda incelenmiştir.

## YÖNTEM VE DENEYLER

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait yapısal (taş, çatı kaplama ve sıva) ve dekoratif (harç ve pigment) malzemelerden oluşan örnekler önce görsel olarak değerlendirilmiş, fotoğraflanarak belgelenmiş, gruplandırılmış ve analiz edilmek üzere kodlanmıştır (Tablo 1,2 ve Şekil 1).

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 doymuş ağırlıkları (saf su içerisinde 50 torr basınç altında gözeneklere ulaşması sağlanan sulu ağırlık) yardımıyla birim hacim ağırlıkları (doymuş-kuru BHA,  $g/cm^3$ ), su emme kapasitesi (%SEK) ve gözeneklilik (%P) değerleri belirlenmiştir (RILEM, 1980). Standart fiziksel testleri yapabilmek için gereken örnek miktarı standart uygulamalar (5-10  $cm^3$ 'lük küp veya silindirik standart karot örnekler) açısından mümkün olmadığı için test uygulamaları, örnekleme ile alınan amorf taş parçaları üzerinde gerçekleştirilmiştir (Tablo 3).

Farklı yapı malzemelerinin içeriğinde doğal olarak bulunan veya suda çözünerek sonradan malzemelerin yüzeyine veya gözeneklerine kılcal etki sonucu su ile taşınan tuzlar, malzemenin hem kendi bünyesinde, hem de ilişkide buldukları diğer malzemelerin yapılarında gerçekleşebilecek kimyasal değişimler hakkında bilgi vermektedir. Tarihi binanın duvarlarına ait taş örneğinin bünyesinde bulunan suda çözünen tuz miktarı (toplam) ve türleri ile pH değerleri belirlenmiştir (Tablo 4). Örnekte toplam tuz ölçümü tayini için; 25 ml su içerisine alınan 5 gram örnek, 1 saat santrifüjlenip süzöldükten 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 (%<sup>w/w</sup>) ulaşılmıştır (Black vd., 1965; Brady ve Weil, 2004; Means ve Parcher, 1963).

Standart spot tuz testleri, alanda örnekleme sırasında veya laboratuvar ortamında analizler öncesinde uygulanan ön testler veya süreçsel anyon/kasyon testleridir. Tarihi yapılarda malzemelerin doğal içeriğini oluşturan ya da dış/çevresel etkilerle (yağmur, kar, gece-gündüz sıcaklık farkları, hava kirliliği, trafik vb.) sonradan kazandıkları özellikleri belirlemek amacı ile

uygulanmaktadır. Suda çözünerek malzemeye taşınan bu tuzlar; sodyum, potasyum ve magnezyum tuzları olan sülfat, fosfat, nitrat, nitrit, klorür ve karbonat vb. gibi gruplardır (Feigl, 1966). Taş örneğin yapısındaki tuz (katyon/anyon) türlerinin belirlenmesi için spot tuz testleri uygulanmış, örneğin pH dağılımı belirlenmiştir (Tablo 4). Çözeltilerde spot test türüne göre ya reaktifler eklenerek ya da şerit kullanılarak testler yapılmıştır. Anyon analizlerinde; standart Merck nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ; 108025), Merck nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ; 111170) ve Merck fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ; 114846) test kitleri kullanılmıştır. Yapı malzemelerinde çoğunlukla bulunan tuzlardan;

**Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) ve Nitrat Testi ( $\text{NO}_3^-$ )** :  $\text{NO}_x$  içerik; kent merkezlerinde doğrudan maruz kalınan eksoz gazlarının yanı sıra hava kirliliğinin yoğun olduğu endüstri bölgelerinde atmosferik etki ile yapısal malzemeye taşınabilme yüzeylerinde siyah tabakalanmaya yolaçabilmektedir.

**Fosfat Testi ( $\text{PO}_4^{3-}$ )** : Tarımsal etkinlikler (fosfat içerikli gübreleme), hayvansal (dışkılama) veya bitkisel kalıntılar, kanalizasyon veya evsel atıkların etkisi, atık veya piknik alanlarına yakınlıkta gıda birikintilerinin doğrudan veya dolaylı olarak toprak rezervardan nemlenme ile malzemeye taşınmasından kaynaklanabilmektedir.

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'ndan örneklenen sıva (izolasyon amacıyla boru çevresini saran) örneklerin agrega ve bağlayıcı oranlarının belirlenmesi için öncelikle kuru tartıma alınan örnekler daha sonra bağlayıcı (toplam karbonat içerik;  $\text{CO}_3^{2-}$ ) içeriklerinden arındırılmak üzere seyreltik asitle (%5'lik HCl) muamele edilmiştir. Süzme, yıkama ve kurutma işlemleri ile (Şekil 2a-2c) kireç ve tüm karbonat içeriklerinden (bağlayıcısından) ayrılan ve agrega kısmı elde edilen sıva örnekler, oda sıcaklığında kurutulduktan sonra tekrar tartıma alınarak ağırlıkça toplam bağlayıcı ve agrega (%<sup>w/w</sup>) miktarlarına ulaşılmıştır (Tablo 5). Örneklerin karbonat içerikli olmayan agregalarına sistematik eleme işlemi (TSE, 2012) uygulanarak (63-1000  $\mu\text{m}$  arasındaki eleklerle) agrega tanecik dağılımları (granülometrik analiz) belirlenmiştir (Tablo 5 ve Şekil 3).

Tarihi binaya ait yapısal ve dekoratif örneklerin (taş, çatı kaplama, harç ve sıva) ince kesitleri hazırlanmış ve optik mikroskopta incelenmiştir. İnce kesitler, örneklerde dıştan içe doğru tüm tabakaları gösterecek şekilde taş ve çatı kaplama örnekleri için doğrudan, harç ve sıva örneklerinde ise sertleştirme yapılarak hazırlanmıştır (Kerr 1977; Rapp, 2002). İncelemelerde LEICA Research Polarizan DMLP Model alt ve üstten aydınlatmalı optik mikroskop kullanılmıştır. Fotoğraflamalar mikroskoba bağlı Leica DFC280 dijital kamerayla,

değerlendirmeler de Leica Qwin Digital Imaging Programı kullanılarak yapılmıştır. Agregayı oluşturan kayaç ve mineraller Point Counting Programı ile tanımlanmışlardır (Tablo 6a-6d ve Şekil 4).

Eğer herhangi bir atom, X-Işınları gibi yüksek enerjili bir radyasyonla uyarılırsa bu yüksek enerji girişi, yakın yörüngelerdeki elektronları daha yüksek enerji düzeyine çıkarır, uyarılan elektronlar ilk enerji düzeyine geri döndüklerinde kazanmış oldukları fazla enerjiyi X-ışınları şeklinde geri verirler. Bu ikincil X-ışınları yayılımına “fluoresan ışımaya” adı verilir. Bir elementin verdiği bu ışımaların dalga boyu o element için ayırdedicedir. Işımanın dalga boyunun saptanmasıyla elementin cinsi, saptanan bu ışının yoğunluğunun ölçülmesiyle elementin o madde içerisindeki derişimi belirlenebilmektedir (Shackley, 2011).

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası’na ait çatı kaplama ve sıva örneklerin kimyasal bileşimleri X-Işınları Floresan Analizi Yöntemi (PED-XRF) kullanılarak belirlenmiştir (Tablo 7). Analiz için seçilen örnekler agat havanda toz haline getirildikten sonra 32 mm’lik diskler oluşturulmuş her bir disk XRF analizinde kullanılan bir kimyasal ile (wacks) karıştırılarak aletin örnek bölgesine yerleştirilmiş ve analizi yapılmıştır. Bu çalışmada, X-LAB 2000 model PED-XRF (Polarized Energy Dispersive-XRF) spektrometresi kullanılmıştır. 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.

Sıva örneklerin bağlayıcı kategorisi (hidroliklik özelliği) ve dayanım özellikleri, örneklerin kimyasal bileşim özellikleri ile elde edilen Cementation Index (CI) verileri yardımı ile değerlendirilmiştir (Boynton, 1980). Cementation Index; asitte çözünen kısmın bazlarda çözünen kısma oranıdır. Kireç içerikli sıvaların agrega içeriği ve türüne bağlı olarak yağlı harç (YK), hidrolik (ZHK, OHK ve HK) ve doğal çimento içeriği yüksek (DÇ ve DÇ/Ç) sıva harcı olarak ayrımlandırılmaktadır (Tablo 8).

Tarihi binanın giriş katında bulunan duvar resimlerine ait pigment örneklerin renkleri kromametrik (renk tanımlama) analiz ile belgelenmiştir (Tablo 9 ve Şekil 5). Renk analizleri,



standart CIE L\*a\*b\* (Commission Internationale de L'Eclairage) renk sistemi kullanılarak yapılmıştır. (L) değeri rengin açıklık değerini, (+a) değeri renkteki kırmızı yoğunluğunu, (-a) değeri rengin yeşil yoğunluğunu, (+b) değeri rengin sarı yoğunluğunu ve (-b) değeri de rengin mavi yoğunluğunu temsil etmektedir (Ohno, 2007).

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'ndan örneklenen pigment örneklerin kimyasal bileşimleri noktasal Mikro-XRF analizi ile belgelenmiştir (Tablo 10). Analizlerde SPECTRO marka MIDEX-M model Mikro-XRF cihazı kullanılmıştır. Cihaz; mineral, kayaç veya herhangi bir katı, sıvı, toz, film numunelerde kimyasal analizlerin yapılmasında kullanılmaktadır. Mikroprosesör kontrollü olup, aynı anda çoklu element analizini birbiri ardına bir program süresince yapabilmektedir.

## ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

Tarih içinde çeşitli dönemlerde geçirdiği değişiklikler ve uğradığı tahribat ile Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'nın korunmasına yönelik olarak arkeometrik yapı malzeme analizleri, alanda gerçekleştirilen örnekleme çalışmaları sonrasında başlatılmıştır (Tablo 1,2 ve Şekil 1).

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait yapısal ve dekoratif malzemelerin arkeometrik incelemeleri; binanın duvar örgüsünü yansıtan taşın, yüzeyleri örten veya boruları saran izolasyon sıvasının, giriş kattaki duvar resminin çevresindeki dekoratif süslemeye ait harcın ve duvar resmine ait pigmentin analizlerini içermektedir.

Çalışmaya konu olan yapısal ve dekoratif malzeme örnekleri; alanda ve laboratuvar ortamında görsel olarak değerlendirilmiş, malzeme türlerine göre gruplandırılmış, fotoğraflanarak belgelenmiş ve kodlanmıştır (Tablo 1,2 ve Şekil 1).

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait taş örneğinin birim hacim ağırlığı (doygun-kuru), gözeneklilik ve su emme oranlarını saptayabilmek için temel standart olmayan fiziksel testler (Tablo 3), aynı örneğin pH'ı, suda çözünen toplam tuz içerikleri ile türlerinin belirlenmesi için de spot tuz testleri ve kondaktometrik analizler uygulanmıştır (Tablo 4). Sıva ve izolasyon örneklerine toplam agrega ve bağlayıcı oranları ile agregada tane boyutu dağılımlarının belirlenmesi için asidik agrega/bağlayıcı analizi ve granülometrik analizler uygulanmıştır (Tablo 5 ve Şekil 2,3). Yapısal örneklerin (taş, harç, sıva/izolasyon ve çatı kaplama) petrografik özellikleri ve tanımlamaları ince kesit optik mikroskop analizi ile (Tablo 6a-6d ve Şekil 4), kimyasal bileşimlerine de PED-XRF analizi (Cementation Index verileri ile beraber) ile ulaşılmıştır (Tablo 7,8). Pigment örneklerin renk değerleri kromametrik analiz ile (Tablo 9 ve Şekil 5), kimyasal bileşimleri de noktasal Mikro-XRF analizi ile (Tablo 10) belgelenmiştir.

Bu incelemeler doğrultusunda, Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'nın inşasında kullanılan yapısal ve dekoratif (giriş kattaki duvar resimlerine ait pigmentlerin) örneklerin özelliklerini fiziksel, kimyasal ve petrografik analizlerle aşağıdaki şekilde değerlendirmek mümkün olabilmektedir.

## Taş Örnek

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait taş (kumtaşı) örneğinin (standart örnek üzerinde olmayan/amorf) fiziksel özellikleri temel (standart olmayan) fiziksel testler uygulanarak (doymun/kuru birim hacim ağırlıkları, su emme kapasitesi ve gözeneklilik) değerlendirilmiştir (Tablo 3). Örneğin (MBB-T1) doymun/kuru birim hacim ağırlıkları (sırasıyla)  $2,83 \text{ g/cm}^3$  /  $2,58 \text{ g/cm}^3$ , toplam su emme kapasitesi %3,36 ve toplam gözenekliliği de %8,66 değerindedir (Tablo 3). Yapısal özellikleri ile yüksek birim hacim ağırlığına ve düşük gözenekli yapıya sahip olan taşlar daha yüksek dayanım verilerine sahiptir. Bu açıdan incelenen taş örnek standart/ortalama dayanım verileri sunmaktadır (Kadioğlu, 2001).

Tarihi binadan örneklenen taş örneğinin suda çözünen toplam tuz miktarı, içerdiği tuz (anyon) türleri ile pH değeri belirlenmiştir. Örneğin pH'ı 7,29, içerdiği toplam tuz miktarı da %0,33 değerindedir (Tablo 4). İletkenlik analizi ile taş örneğin zayıf bazik ortamda ortalama düzeyde tuzlanmaya uğradığı anlaşılmıştır (toprakta >%0,15 yüksek miktarda tuzlanmayı işaret etmektedir; Dursun, 2008).

Taş örnek içerdiği tuz türleri açısından değerlendirildiğinde; örneğin düşük miktarda nitrit (0,75 mg/L), nitrat (30 mg/L) ve fosfat (1,50 mg/L) türü tuzlar içerdikleri belirlenmiştir (Tablo 4). Kaynağını çevresel (eksoz gazları vb.) ve özellikle de yapısal etkilerden (kılcallık ile gözenekli yapıdaki taşlara taşınan ve ayrılan taş ve kireç/çimento içeren harç ve sıvalardan kaynaklanan) alan taşların tuzlanması bünyesel/yaygın niteliklidir. Bununla beraber çevresel etkiler de düşünüldüğünde, tuzlanmalar mevsimsel etkilerle (yağışlı dönemler) artan veya azalan oranda yıl içinde değişimler gösterebilmektedir.

İnce kesit optik mikroskop analizi ile petrografik yönden incelenen taş örnek detritik dokulu kumtaşı (kuvars aranit) olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 6a ve Şekil 4). Örneğin amorf silis parçaları içeren matriks yapısında; kuvars, feldispat, piroksen, biyotit, muskovit ve opak mineraller yer almaktadır (Tablo 6a ve Şekil 4).

Taşların jeolojik köken analizleri ise uzun erimli akademik bir başka çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

## Çatı Kaplama Örnekleri

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'ndan örneklenen çatı kaplama örneklerinin petrografik özellikleri ince kesit optik mikroskop analizi ile belirlenmiştir. MBB-B1 örneği ısı işlem görmemiştir. MBB-B2 örneğinin boşluklu yapısı (gözenekliliği), karbonat içeriği ve kil yapısı göz önüne alınarak düşük sıcaklıkta (700 ile 750°C) pişirim uygulanarak üretilmiş olduğu anlaşılmıştır (Tablo 6b ve Şekil 4). Örneklerin matriks boşluk oranı %3 ve %5 oranlarındadır (Tablo 6b ve Şekil 4). Optik mikroskop analizi ile MBB-B1 örneğinin agrega içeriğini ortalama (0,5-1,0 mm), MBB-B2 örneğinin de iri (>1,0 mm) boyutlu heterojen dağılımlı ve kırıklı/köşeli agregaların oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 4).

Çatı kaplama örneklerinin yapısını oluşturan agregalar, buldukları/üretildikleri yöre nin kayaç formasyonunu yansıtan bileşenleri ile üretildikleri hammadde (kil) kökenleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. MBB-B1 örneği üretim özelliği bir kaynağa dayanmayan yapay bir üretimi yansıtmaktadır. MBB-B2 örneği ise killeşmiş kumtaşı türü kayaçların ayrışmasını yansıtan agregalar içermektedir (Tablo 6b ve Şekil 4).

MBB-B1 örneğinin bileşiminde kuvars, kalsit, krizotil (toplam agreganın %70'i oranında; asbest) ve opak mineraller içermektedir. MBB-B2 örneğinin yapısını oldukça zengin mineral ve kayaçlar oluşturmaktadır: kuvars, kireçtaşı, çört, kiltası, kumtaşı, plajiyoklas, piroksen, biyotit, serpantin, krizotil (asbest), tuğla kırığı parçaları (toplam agreganın %2'si oranında) ve opak mineraller.

Çatı kaplama örneklerinin yapısında yönlendirilmiş asbest (serpantin grubu krizotil) lifleri belirlenmiştir (Şekil 4). MBB-B1 örneğinde; bir bağlayıcı (kil ve çimento içeren) ile preslenmiş farklı kalınlıklara sahip bu lifler ile beraber örneğin yapısında amorf silikalar da görülmektedir (Şekil 4). MBB-B2 örneğinde ise pişirim ile yapıya katılmış asbest lifleri bulunmaktadır.

Asbest, lifli yapıda bir silikat mineralidir. Silisyumun sodyum, demir, magnezyum ve kalsiyumla oluşturduğu ısıya, aşınmaya ve kimyasal maddelere çok dayanıklı, lifsel mineral yapısında hidrate silikatlardandır. Doğal bir silikat minerali olan asbest maddesinin, ısıyı iletmemesi yani iyi bir izolasyon maddesi (ısı, ses, ışık, kaplama vb. malzemesi olarak) olması nedeniyle kullanımı çok eski çağlardan itibaren yaygınlaşmıştır.

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'ndan örneklenen çatı kaplama malzemelerinin yapısını da oluşturan krizotil türü asbest dünyada en yaygın olarak kullanılan asbest türüdür. Bugün hala ev ve işyerlerinin çatılarında, tavanlarında, duvarlarında bulunmaktadır. Krizotil

asbest ısıya karşı dayanıklılığından dolayı boru izolasyonunda, kazanlarda kullanılmaktadır. Krizotil asbestin lifleri diğer asbest türlerinden daha uzun, daha dalgalı ve esnek bir yapısı olmasından dolayı kolayca örülebilme, dokunabilme özelliklerine sahiptir. Bu yüzden tekstil sektöründe geniş olarak kullanılmaktadır. Dünya’da üretilen asbestin %95’i krizotil asbesttir. Asbest son derece kanserojen bir maddedir. Solunum yoluyla vücuda girdiğinde başta kanser olmak üzere çeşitli ölümcül hastalıklara yol açmaktadır (Yeşilyurt, 2016).

Tarihi binadan örneklenen çatı kaplama örneklerinden kimyasal analize uygun olan MBB-B2 çatı kaplama örneğinin kimyasal bileşimi PED-XRF analizi ile belirlenmiştir. Örneğin major (>%1) kimyasal içeriğini (azalan oranda);

CaO (%38,75),

SiO<sub>2</sub> (%29,43),

LOI (toplam karbonat, %19,37),

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%3,67),

MgO (%3,37),

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%2,77),

SO<sub>3</sub> (%1,85) ve

K<sub>2</sub>O (%0,56) oluşturmaktadır (Tablo 7).

MBB-B2 örneğinin karbonatlı kimyasal yapısında belirlenen silisyum ve sülfat (SO<sub>3</sub>) içerik kullanılan kilin çimento üretiminde de kullanılmış olabilecek bir kil olduğunu düşündürmektedir.

## Harç ve Sıva Örnekler

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'ndan örneklenen sıva/izolasyon örneklerinin asidik agrega/bağlayıcı analizi ile toplam bağlayıcı/agrega oranları belirlenmiştir. Örneklerin toplam agrega (karbonat içermeyen) içerikleri %54,22 ve %62,72 değerlerindedir (Tablo 5). Sadece toplam agrega/bağlayıcı oranları açısından yapılacak bir değerlendirme ile sıva örneklerin benzer oranlarda toplam agrega içeriklerinin bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 5). Harç ve sıva örneklerin toplam agrega oranları (karbonat içerikli olmayan) en genel anlamda geleneksel/standart uygulamalarda görülen 2:1 (agrega:bağlayıcı) karışım oranıyla uyum göstermektedir (Tablo 5). İnce kesit optik mikroskop analizi ile toplam agrega oranı, karbonat içerikli agregaların da bu orana katılması ile revize edilmektedir.

Tarihi binadan örneklenecek agrega/bağlayıcı analizine tabi tutulan sıvaların asidik işlem sonrası elde edilen agregaları, sistematik elemelerden geçirilerek granülometrik ayrımları <63 µm – 1000 < µm elek aralığında 6 farklı bölümlene ile yapılmıştır (Tablo 5). Sıva örneklerin kil/silt (<63 µm Ø) boyutlu agrega oranları %3,04 ve %5,64, çok iri kum boyutlu (>1000 µm Ø) agrega içerikleri de %4,85 ve %9,83 değerlerindedir (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 (Tablo 5). Sıva örneklerin ana agrega içeriğini ince, ortalama ve iri kum boyutlarındaki (125-1000 µm Ø) agregalar birlikte oluşturmaktadır (Wentworth, 1922) (Tablo 5).

Sıva örnekler asidik agrega/bağlayıcı analizinden geçirildikten sonra elde edilen agregalarının içeriği ve tane türleri binoküler mikroskop altında incelenmiştir. Sıvaların içeriğine ait agregaların fiziksel yapılarının yoğunlukla kırıklı/köşeli ve ince taneli bir yapı sergilediği anlaşılmıştır (Şekil 3).

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait dekoratif harç (resminin çevresinde küçük topaklar halinde dizilerek oluşturulan dekoratif süsleme) ve sıva örnekleri ince kesit optik mikroskop analizi ile petrografik yönden detaylı olarak incelenmiştir. Özgün nitelik taşıyan harç ve sıva örneklerin bağlayıcı içeriğini kireç/kil/alçı karışımı bağlayıcıların oluşturduğu belirlenmiştir (Tablo 6c,6d ve Şekil 4). Harç örneğinin toplam agrega içeriği %25, sıva örneklerin ise %30 ve %80 oranlarındadır (Tablo 6c,6d). Harç örnek düşük seviyede ısıtılmıştır. Sıva örneklerden MBB-B1 örneğinde fosil ve fosil kavkalarına, MBB-S2 örneğinin agrega içeriğinde de asbest/krizotile (toplam agreganın %25'i oranında) rastlanmıştır (Şekil 4).

Sıva örneklerin kimyasal yapısı PED-XRF analizi ile incelenmiştir. Örneklerin kimyasal bileşimlerini (azalan oranda); SiO<sub>2</sub> (%34,90 ve %44,49), CaO (%19,25 ve %22,34), LOI (toplam karbonat, %6,84 ve %28,54), SO<sub>3</sub> (%5,67 ve %20,19), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%2,43 ve %3,34), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%1,85 ve %2,84), MgO (%1,93 ve %1,99), K<sub>2</sub>O (%0,83 ve %1,09), ve Cl (%0,10 ve %0,57) oluşturmaktadır (Tablo 7). Sıva örnekler major ve eser element içeriklerine göre farklılıklar göstermektedir. Örneklerin yapısında yüksek oranda klor (Cl) ve sülfat (SO<sub>3</sub>) belirlenmiştir. Klorun kökenini denizel kumun yapıda kullanımı ile açıklamak mümkündür. Sülfatın nedenini de sıvaların yapısında bulunan alçı türü bağlayıcı oluşturmaktadır. Özellikle MBB-S2 örneğindeki yüksek sülfat içerik izolasyon olarak kullanılan sıvanın sargılanmasıyla ilgili olmalıdır.

Sıva örneklerin PED-XRF analizi ile elde edilen kimyasal içerikleri üzerinden Cementation Index (CI) verilerine ulaşılmıştır (Tablo 8). Sıva örneklerin kireç türleri hakkında fikir veren bu veriler, örneklerin DÇ/Ç (Doğal Çimento/Çimento) kategorisinde olduğunu göstermiştir (Tablo 8). Sıva örneklerin CI değerleri 4,08 ve 5,95 değerlerindedir (Tablo 8). Sıva örnekler oldukça yüksek CI verilerine sahiptirler (Tablo 8). Kireç türlerinin yanı sıra yüksek CI verileri harç ve sıvaların dayanımları hakkında da fikir vermektedir. Doğru orantılı olarak oldukça yüksek CI verileri yüksek dayanıma da işaret etmektedir.

## Pigment Örnekler

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait pigment örneklerin renkleri kromametrik analiz ile tanımlanmıştır (Tablo 9 ve Şekil 5). Binanın giriş katında yer alan duvar resmi ile duvar resminin çevresinde küçük topaklar halinde dizilerek oluşturulan dekoratif süslemenin (MBB-H1) üzerinde yer alan altın sarısı renkli pigment örneklerin renk değerleri CIE L\*a\*b\* renk sistemi ile belgelenmiştir (Tablo 9).

Pigment örneklerin kimyasal bileşimleri de noktasal Mikro-XRF analizi ile belirlenmiştir (Tablo 10). Örneklerin renklerini oluşturan mineraller kullanılan hammadde kaynağını da işaret etmektedirler. Örneklerin ana element içeriğini magnezyum (Mg), alüminyum (Al) ve silisyum (Si) oluşturmaktadır (Tablo 10). Özgün nitelik taşıyan pigment örneklerin renk kökenini farklı oranlarda demir (Fe), titanyum (Ti), bakır (Cu), çinko (Zn) ve kurşun (Pb) oluşturmaktadır (Tablo 10). Geçtiğimiz yüzyılda yaygın olarak kullanılan Ti ve Zn örneklerin beyaz renk içeriğini oluştururken, yüksek oranda belirlenen kurşun (Pb) aynı örneklerin kimyasal içeriklerinde renk değerlerini artırıcı özelliği ile antik çağlardan beri kullanımı bilinen bir element olarak pigment örneklerde belirlenmiştir (Tablo 10). Örneklerin benzer kimyasal içerikte oluşu aynı dönem veya benzer türde pigment uygulamaları olduğuna işaret etmektedir.



## YAPISAL MALZEMELERDE ONARIM ÖNERİLERİ

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'ndan ait yapısal (taş, çatı kaplama, sıva), ve dekoratif (harç ve pigment) malzemelerden oluşan örnekler çeşitli analitik metotlar kullanılarak arkeometrik yönden bir ön çalışma halinde incelenmiş, tanımlanmış, sınıflandırılmış ve malzeme açısından belgelenmiştir. Malzeme analizi çalışmaları ile tarihi binanın hem yapısal yönden tanımlanması ve belgelenmesi, hem de restorasyon uygulamalarında seçilecek eşdeğer malzeme seçimi açısından da önemli bir altlık oluşturulması hedeflenmiş, bu amaca yönelik olarak bir ön çalışma halinde sınırlı sayıda örnek incelenmiştir. Tarihi binaya ait özgün/yapısal malzemeler uygun yaklaşımlarla korunmalıdır. **Bu uygulamalarda koruma uzmanlarından hizmet alınmalıdır.**

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'ndan örneklenen yapısal taş kumtaşı (kuvars aranit) türündedir. **Binanın farklı bölgelerinde yapısal ve dekoratif amaçlı olarak kullanılmış taş türleri de bulunmaktadır. Bu kapsamda binada daha geniş bir örnekleme yapılmalıdır.** Restorasyon uygulamaları öncesinde ve sırasında kullanılacak taşların onarım için uygun olup olmadıklarının da petrografik yönden incelenmesi önerilmektedir.

Binanın çatı kaplama malzemesi ve sıvalarında asbest içerik bulunmaktadır. Bu malzemeler yapıdan itinalı bir şekilde arındırılmalıdır.

Binanın girişinin tonoz duvarlarını kaplayan duvar resimlerine ait birer pigment ve dekoratif unsurlar da bu çalışma ile öncül bir şekilde incelenmiştir. **Duvar resmi ve resimleri oluşturan pigmentler daha geniş bir örnekleme ile belgelenmelidir.**

Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'nın duvar yüzeyinden örneklenen 2 sıva örneği bu çalışma kapsamında örneklenip incelenmiştir. MBB-S1 sıva örneği içeriği son dönem sıvası olarak belgelenmiştir. Söz konusu sıva kireç/kil/alçı karışımı bağlayıcı içeriğine sahiptir. **Binanın taş/tuğla duvar örgülerine ait özgün harçlar örneklemediği için bu kapsamda bir harç onarımı önerisinde bulunulmamıştır.**

Onarım/restorasyon uygulamalarında öncelikle doğal kireç içeren harçların tercih edilmesi önerilmektedir. MBB-S1 örneği içeriği üzerinden tarihi binanın koruma/onarım uygulamalarında sıva onarımları için (ağırlıkça);

- %25 oranında kireç içeren homojen olarak karıştırılacak bağlayıcının içerisinde,

- %35 oranında dişli/kırıklı, elenmiş, yıkanmış, dağılımı analiz edilen harçlarla uyumlu, (karbonat içeriğe sahip olmayan) akarsu yatağı malzemeli (ortalama %25 oranında iri/çok iri kum boylu, %70 oranında çok ince/ince/ortalama kum ile %5 oranında da <63 µm kil/silt karışımından oluşan) agrega,

- %25 oranında öğütülmüş, elenmiş kireçtaşı tozu/kırığı ve

- %15 oranında volkanik kil/tüf tozu (pozolonik özellikte) içeren **kireç harcı** kullanılması önerilmektedir.

Sıva içeriklerine katılacak olan pozolonik özellikteki kil/tüf kullanımı harcın mukavemetini artırıcı ve ayrışmayı önleyici ve nemlenmenin etkisini azaltmak için büyük önem taşımaktadır.

Önerilen kireç içeren harç/sıvalar, söndürülmüş ve dinlendirilmiş kireçten oluşan (doğal) onarım harçlarıdır. Bu tür harç/sıvalar mukavemet açısından orta ve uzun vadede yapılar için daha başarılı dayanım özelliğine sahiptirler. Onarımlarda bu amaç için özel olarak üretilmiş **hidrolik kireç** kullanımını da mümkündür.

**Onarım/restorasyon harç/sıva içeriklerinin hiçbir aşamasında alçı (nemlenmeye karşı dayanımsız özelliği ile) ve çimento (içeriğinde yoğun tuz) içerikli malzeme kullanılması önerilmemektedir.**

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

## KAYNAKLAR

- 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, 578 p
- Brady, N.C., Weil, R.R., 2004, Elements of the Nature and Properties of Soils, 2nd ed., Pearson and Prentice Hall, New Jersey, 96.
- Dursun, H., Dizdar, M.Y., Kırıştioğlu, Ő., 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, s. 70.
- Feigl, F., 1966, Spot Test in Organic Analysis, Elsevier Publication Company, Amsterdam.
- Kadıoğlu, Y.K., 2001, “Mafik ve Ultramafik Magmatik Kayaçların Ana-Eser REE Jeokimyasal Karakteristikleri ve Jeofiziksel Açından İncelenmeleri”, Magmatik Petrojenez Lisans Üstü Yaz Okulu, Akçakoca-Düzce, TMMOB Yayınları No:61, s. 159-195.
- Kerr, P.F., 1977, Optical Mineralogy, McGraw-Hill Co. First Ed'n., New York.
- Means, R.E., Parcher, J.V., 1963, Physical Properties of Soils, Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, Ohio, USA.
- Ohno, Y., 2007, Spectral Colour Measurement, in CIE Colorimetry: Understanding the CIE System, J. Schanda, Ed., Ch. 5., Wiley Publication, New York.
- RILEM, 1980, Research and Testing, Materials and Construction 13, Chapman and Hall, Paris, p. 73.
- Rapp, G., 2002, Archaeomineralogy, Springer-Verlag, Berlin.
- Shackley, M.S. (Ed.), 2011, X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology, DOI 10.1007/978-1-4419-6886-9-2, Springer Publication.
- TSE / Türk Standartları Enstitüsü, 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, s. 377-392.
- Yeşilyurt, D. 2016, “Binalarda Yapılacak Asbest Söküm Çalışmalarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi”, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, s. 5-6.

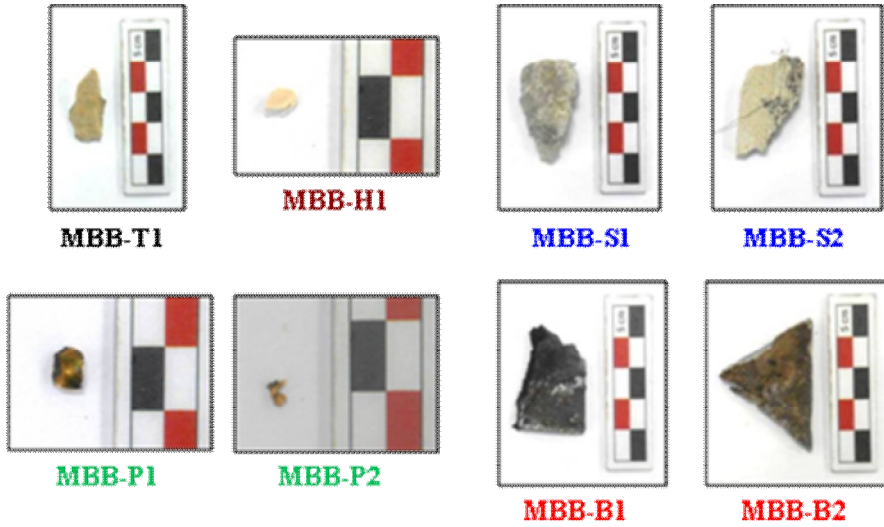
**Tablo 1.** Macaristan, Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait malzeme grupları

| Grup Kodu | Yapısal Malzeme Grubu    | Örnek Sayısı |
|-----------|--------------------------|--------------|
| MBB-T*    | Taş Örnek                | 1            |
| MBB-B     | Çatı Kaplama Örnekleri   | 2            |
| MBB-H     | Harç Örnek               | 1            |
| MBB-S     | Sıva/İzolasyon Örnekleri | 2            |
| MBB-P     | Pigment Örnekler         | 2            |

(\*) Kodlama : **MBB** = Macaristan, Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü **B**inası

**Tablo 2.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası örnekleme: taş, çatı kaplama, harç, sıva, ve pigment örnekleri

| Örnekler | Açıklamalar   | Malzeme Türü |
|----------|---|--------------|
| MBB-T1   | Yapısal taş   | Taş          |
| MBB-B1   | Çatı kaplamadan-1                                       | Çatı Kaplama |
| MBB-B2   | Çatı kaplamadan-2                                       |              |
| MBB-H1   | Girişteki duvar resmi kenarındaki topaklı dekorasyondan | Harç         |
| MBB-S1   | Yapısal sıva  | Sıva         |
| MBB-S2   | Boru çevresini saran izolasyon sıvasından               |              |
| MBB-P1   | Giriş kattaki duvar resminden kenarından (altın sarısı) | Pigment      |
| MBB-P2   | Giriş kattaki duvar resminden (altın sarısı)            |              |



**Şekil 1.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası analiz örnekleri: taş, harç, sıva, pigment ve çatı kaplama örnekleri

**Tablo 3.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait taş örneğinde temel fiziksel testler (standart boyutta olmayan örneklerde)

| Örnekler | BHA-Doygun (g/cm <sup>3</sup> ) | BHA-Kuru (g/cm <sup>3</sup> ) | SEK (%) | P (%) |
|----------|---------------------------------|-------------------------------|---------|-------|
| MBB-T1   | 2,83                            | 2,58                          | 3,36    | 8,66  |

**Tablo 4.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait taş örneğinde tuz türü, pH ve toplam tuz/iletkenlik (SS) testleri

| Örnekler | Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) | Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) | Fosfat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) | pH     | SS (%) |
|----------|--|--|---|--------|--------|
| MBB-T1   | 0,75*                                  | 30*                                    | 1,50*                                   | 7,29** | 0,33** |

(\*) Testlerin Hassasiyeti; Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>): 0,05 mg/L, Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>): 10 mg/L, Fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>): 0,50 mg/L  
(\*\*) 100 mL suda



(a)



(b)



(c)

**Şekil 2.** Asidik agrega & bağlayıcı analizi; (a) Asidik işlem (%5 HCl), (b) Süzme / yıkama ve (c) Kurutma işlemleri (MAKLAB)

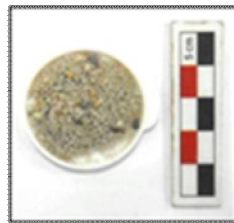
**Tablo 5.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait sıva (MBB-S1) ve izolasyon (MBB-S2) örneklerinde asidik agrega/bağlayıcı ve granülometrik analizler

| Örnekler | TB (%)* | TA (%)* | <63 µm | >63 µm | >125 µm | >250 µm | >500 µm | >1000 µm |
|----------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|----------|
| MBB-S1   | 45,78   | 54,22   | 5,64   | 5,31   | 36,99   | 27,13   | 20,09   | 4,85     |
| MBB-S2   | 37,28   | 62,72   | 3,04   | 6,80   | 42,04   | 26,80   | 11,49   | 9,83     |

(\*) TA: Toplam Agregra Oranı, TB: Toplam Bağlayıcı Oranı



MBB-S1



MBB-S2

**Şekil 3.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait sıva ve izolasyon örneklerinde agregalar (asidik agrega/bağlayıcı analizi sonrasında elde edilen karbonat içermeyen agregalar)

**Tablo 6a.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait taş örneğinin petrografik özellikleri

| Taş Örnek | Kayaç Türü                 | Doku     | Sertlik (Mohs) | Kayaç ve Mineraller*               |
|-----------|----------------------------|----------|----------------|------------------------------------|
| MBB-T1    | Kumtaşı<br>(Kuvars Aranit) | Detritik | ~ 3            | Q,F,Py,By,Ms,Op<br>(silis matrisi) |

**Tablo 6b.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait çatı kaplama örneklerinin petrografik özellikleri

| Örnek  | T (°C)  | P (%) | MTA (%) | Kayaç ve Mineraller*                    | Agrega Boyutu | Kayaç Kökeni          |
|--------|---------|-------|---------|---|---------------|-----------------------|
| MBB-B1 | -       | 5     | 25      | Q,C,Kr(%70),Op                          | Ortalama**    | Killi, amorf silikalı |
| MBB-B2 | 700-750 | 3     | 45      | Q,K,Ç,Ct,Kt,Pl,Py,<br>By,S,Kr,Op,TK(%2) | İri           | Killeşmiş<br>Kumtaşı  |

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

**Tablo 6c.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait harç örneğinin petrografik özellikleri

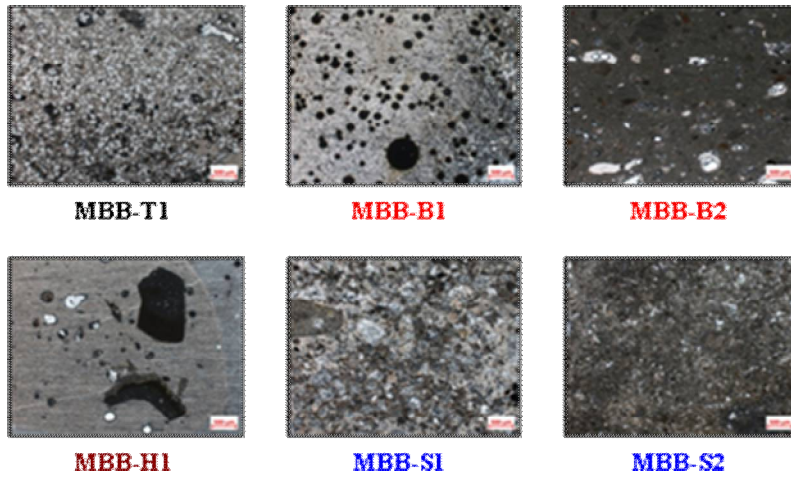
| Harç Örnek | MTB (%) | MTA (%) | Matriks Bağlayıcı İçeriği (%100) |     |    |      | Matriks Agregası İçeriği (%100) |    |     |
|------------|---------|---------|----------------------------------|-----|----|------|---------------------------------|----|-----|
|            |         |         | Kireç                            | Kil | Çm | Alçı | Kayaç & Mineraller*             | TK | Org |
| MBB-H1*    | 75      | 25      | 70                               | 30  | -  | -    | 100 (Q,Ç,Pl,Op)                 | -  | -   |

(\*) Düşük sıcaklıkta ısıtılmış

**Tablo 6d.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait sıva örneklerinin petrografik özellikleri

| Sıva Örnekler | MTB (%) | MTA (%) | Matriks Bağlayıcı İçeriği (%100) |     |    |      | Matriks Agregası İçeriği (%100) |    |     |
|---------------|---------|---------|----------------------------------|-----|----|------|---------------------------------|----|-----|
|               |         |         | Kireç                            | Kil | Çm | Alçı | Kayaç & Mineraller*             | TK | Org |
| MBB-S1        | 20      | 80      | 65                               | 25  | -  | 10   | 100 (Q,K,Ç,Pl,By,Ms,Fs,Op)      | -  | -   |
| MBB-S2        | 70      | 30      | 75                               | -   | -  | 25   | 100 (Q,K,Ç,Kr(%25),Ks,S,Op)     | -  | -   |

(\*) By: Biyotit, C: Kalsit, Ct: Kiltası, Ç: Çört, Çm: Çimento, F: Feldispat, Fs: Fosil ve Fosil Kavkaları, K: Kireçtaşı, Kr: Krizotil (Asbest), Ks: Kalsedon, Kt: Kumtaşı, Ms: Muskovit, MTA: Matriks Toplam Agregası Oranı, MTB: Matriks Toplam Bağlayıcı Oranı, Op: Opak Mineraller, Org: Organik İçerik, Pl: Plajiyoklas, Py: Piroksen, Q: Kuvars, S: Serpantinit, TK: Tuğla Kırığı Parçaları

**Şekil 4.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait taş, harç, sıva/izolasyon ve çatı kaplama örneklerinin ince kesit optik mikroskop fotoğrafları

**Tablo 7.** Budapeşte Yunus Emre Ens. Binası sıva ve çatı kaplama örneklerinde PED-XRF analizi

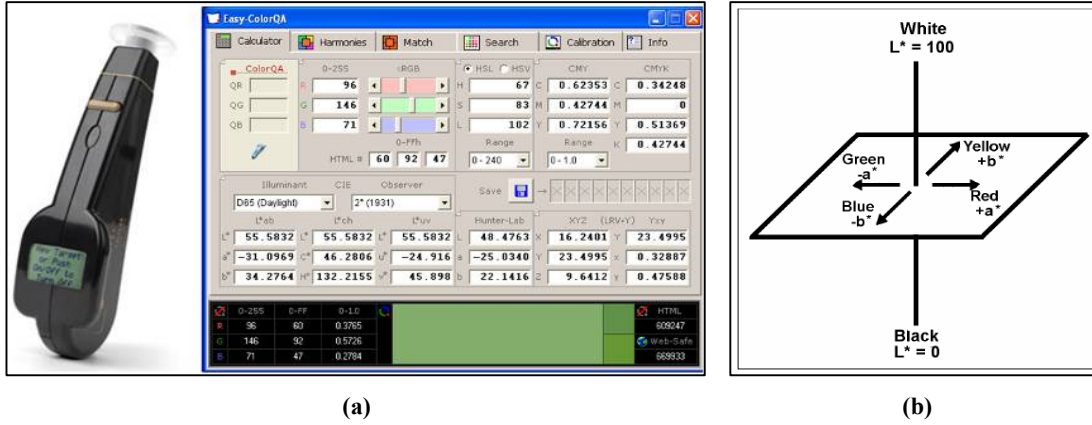
| Element                        | Bileşim | MBB-S1 | MBB-S2 | MBB-B2 |       |
|--------------------------------|---------|--------|--------|--------|-------|
| Na <sub>2</sub> O              | %       | 0,082  | 0,094  | 0,063  |       |
| MgO                            |         | 1,93   | 1,99   | 3,37   |       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |         | 2,43   | 3,34   | 2,77   |       |
| SiO <sub>2</sub>               |         | 34,90  | 44,49  | 29,43  |       |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  |         | 0,064  | 0,076  | 0,046  |       |
| SO <sub>3</sub>                |         | 5,67   | 20,19  | 1,85   |       |
| Cl                             |         | 0,569  | 0,103  | 0,096  |       |
| K <sub>2</sub> O               |         | 1,09   | 0,833  | 0,555  |       |
| CaO                            |         | 22,34  | 19,25  | 38,75  |       |
| TiO <sub>2</sub>               |         | 0,215  | 0,215  | 0,182  |       |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  |         | 0,007  | 0,012  | 0,008  |       |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |         | 0,018  | 0,004  | 0,021  |       |
| MnO                            |         | 0,057  | 0,124  | 0,047  |       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |         | 1,85   | 2,84   | 3,67   |       |
| LOI*                           |         | 28,54  | 6,84   | 19,37  |       |
| Co                             |         | ppm    | 11,8   | 17,5   | 45,3  |
| Ni                             |         |        | 6,2    | 13,7   | 164,5 |
| Cu                             | 27,4    |        | 18,5   | 102    |       |
| Zn                             | 42,5    |        | 41,7   | 5218   |       |
| Ga                             | 5,7     |        | 4,9    | 1,3    |       |
| Ge                             | 0,4     |        | 36,1   | 0,8    |       |
| As                             | 5,8     |        | 61,5   | 25     |       |
| Se                             | 0,2     |        | 0,6    | 0,3    |       |
| Br                             | 7,3     |        | 2,2    | 3,2    |       |
| Rb                             | 27,3    |        | 44,8   | 19,6   |       |
| Sr                             | 204,3   |        | 1943   | 204,5  |       |
| Y                              | 10,3    |        | 3,2    | 8,6    |       |
| Zr                             | 72,5    |        | 36     | 53     |       |
| Nb                             | 3,6     |        | 4,9    | 8,4    |       |
| Mo                             | 2,5     |        | 11,6   | 3,6    |       |
| Cd                             | 0,7     |        | 1,4    | 1,2    |       |
| In                             | 0,8     |        | 1,5    | 1,1    |       |
| Sn                             | 0,9     |        | 1,7    | 0,7    |       |
| Sb                             | 2       |        | 28     | 1,3    |       |
| Te                             | 1,2     |        | 2,3    | 1,7    |       |
| I                              | 2       |        | 4,2    | 2,9    |       |
| Cs                             | 3,5     |        | 27,1   | 7,6    |       |
| Ba                             | 242,8   |        | 140    | 173,7  |       |
| La                             | 14,7    |        | 17     | 22,6   |       |
| Ce                             | 23,7    |        | 44     | 16     |       |
| Hf                             | 3,8     |        | 5,6    | 5,9    |       |
| Ta                             | 3,1     |        | 4,3    | 6,5    |       |
| W                              | 2       |        | 2,6    | 15     |       |
| Hg                             | 0,6     |        | 2,4    | 1      |       |
| Tl                             | 0,7     |        | 8,3    | 1,2    |       |
| Pb                             | 19,7    |        | 13,5   | 28,8   |       |
| Bi                             | 0,5     |        | 1,1    | 0,8    |       |
| Th                             | 2,4     |        | 3,6    | 0,6    |       |
| U                              | 7,2     | 7,9    | 9,4    |        |       |

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

**Tablo 8.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası sıva örneklerinde Cementation Index verileri

| Örnekler | Cementation Index | Kireç Türü |
|----------|-------------------|------------|
| MBB-S1   | 4,08              | DÇ/Ç       |
| MBB-S2   | 5,95              | DÇ/Ç       |

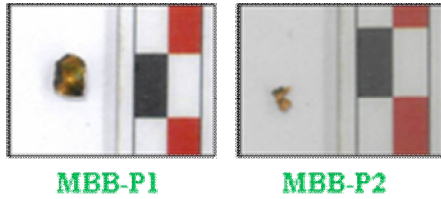
(\*) Yağlı Kireç (YK) : <0,30  
Zayıf Hidrolik Kireç (ZHK) : 0,30 - 0,50  
Ortalama Hidrolik Kireç (OHK) : 0,51 - 0,70  
Hidrolik Kireç (HK) : 0,71 - 1,10  
Doğal Çimento (DÇ) : 1,11-1,70  
Doğal Çimento & Çimento (DÇ/Ç) : 1,70<



**Şekil 5.** (a) Renk ölçer, (b) CIE L\*a\*b\* renk sistemi ve (c) a\*b\* renk değerleri

**Tablo 9.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait pigment örneklerinde kromametrik analiz (CIE L\*a\*b\*)

| Örnekler | L     | a     | b     | Görünen Renk |
|----------|-------|-------|-------|--------------|
| MBB-P1   | 28,59 | 4,75  | 20,34 | altın yaldız |
| MBB-P2   | 38,90 | 10,67 | 34,04 | altın yaldız |





**Tablo 10.** Budapeşte Yunus Emre Enstitüsü Binası'na ait pigment örneklerin Mikro-XRF analizi

| Element   | Bileşim | MBB-P1 | MBB-P2 |
|-----------|---------|--------|--------|
| <b>Mg</b> | %       | 8,10   | 9,20   |
| <b>Al</b> |         | 2,06   | 3,00   |
| <b>Si</b> |         | 0,696  | 0,860  |
| <b>P</b>  |         | 0,090  | 0,090  |
| <b>S</b>  |         | 0,080  | 0,080  |
| <b>Ti</b> |         | 1,37   | 0,096  |
| <b>V</b>  |         | 0,012  | 0,007  |
| <b>Cr</b> |         | 0,003  | 0,005  |
| <b>Mn</b> |         | 0,003  | 0,004  |
| <b>Fe</b> |         | 0,032  | 0,128  |
| <b>Co</b> |         | 0,020  | 0,003  |
| <b>Ni</b> |         | 0,002  | 0,003  |
| <b>Cu</b> |         | 0,550  | 3,03   |
| <b>Zn</b> |         | 0,075  | 0,339  |
| <b>Ga</b> |         | 0,010  | 0,002  |
| <b>Zr</b> |         | 0,050  | 0,050  |
| <b>Nb</b> |         | 0,087  | 0,082  |
| <b>Mo</b> |         | 0,064  | 0,075  |
| <b>Rh</b> |         | 0,002  | 0,002  |
| <b>Pd</b> |         | 0,003  | 0,004  |
| <b>Ag</b> |         | 0,004  | 0,005  |
| <b>Cd</b> |         | 0,050  | 0,006  |
| <b>In</b> |         | 0,005  | 0,007  |
| <b>Sn</b> |         | 0,006  | 0,009  |
| <b>Sb</b> |         | 0,010  | 0,013  |
| <b>W</b>  |         | 0,004  | 0,025  |
| <b>Ir</b> |         | 0,001  | 0,001  |
| <b>Pb</b> |         | 0,022  | 0,170  |