



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



KONYA TAKKELİ DAĞ GEVALE KALESİ
KAZISI SARNIÇLARINA AİT HARÇLARIN
KARAKTERİZASYONU VE ONARIM HARCİ
ÖNERİLERİNİN HAZIRLANMASI

Hatice Sevde DEMİR

DOKTORA TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Mayıs-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hatice Sevde DEMİR tarafından hazırlanan “Konya Takkeli Dağ Gevale Kalesi Kazısı Sarnıçlarına Ait Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harcı Önerilerinin Hazırlanması” adlı tez çalışması 24/05/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. İlhan KOÇ
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Danışman

Prof. Dr. Mehmet Emin BAŞAR
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Doç. Dr. Mustafa KORUMAZ
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Doç. Dr. Mehmet Ergün HATIR
(Necmettin Erbakan Üniversitesi)

.....

Üye

Doç. Dr. Hayriye Hale KOZLU
(Erciyes Üniversitesi)

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Hatice Sevde DEMİR

Tarih: 04.06.2024

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KONYA TAKKELİ DAĞ GEVALE KALESİ KAZISI SARNIÇLARINA AİT HARÇLARIN KARAKTERİZASYONU VE ONARIM HARCİ ÖNERİLERİNİN HAZIRLANMASI

Hatice Sevde DEMİR

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Emin BAŞAR

2024, 194 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Mehmet Emin BAŞAR
Doç. Dr. Mustafa KORUMAZ
Doç. Dr. Mehmet Ergün HATIR
Doç. Dr. İlhan KOÇ
Doç. Dr. Hayriye Hale KOZLU**

Tarihi yapıların korunma sürecinde geleneksel yapı malzemeleri büyük bir öneme sahiptir. Tarihi yapılara yapılacak koruma, onarım ve restorasyon çalışmalarındaki müdahalelerde geleneksel yapı malzemelerinin özelliklerini, mevcut durumlarını tespit etmek gerekmektedir. Geleneksel yapı malzemesi özellikleri koruma, onarım ve restorasyon süreçlerinde kullanılacak yöntem, malzeme ve tekniğin belirlenmesinde önemlidir. Hem tarihi yapılarda hem de arkeolojik kazılarda harç malzemeleri, yapı bileşenlerini bir arada tutarak tarihi yapıların ayakta kalmasında önemli rol oynamaktadır. Ancak harç malzemeler zaman içerisinde çevresel koşulları nedeniyle yıpranmaktadır. Bu nedenle günümüzde koruma faaliyetlerinde onarım harcı oluşturulmaktadır. Oluşturulan onarım harcının içeriği mevcut tarihi yapının malzemesine uygun olmalıdır. Bu nedenle tarihi yapıların mevcut harçlarının analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu analizlerle harç malzemenin özellikleri tespit edilmektedir. Bu analizler fiziksel, kimyasal, petrografik ve ileri analizler başlıklarında toplanmaktadır.

Bu çalışmada Konya Takkeli Dağ Gevale Kalesi alan çalışması olarak seçilmiştir. Konya Takkeli Dağ Gevale Kalesi sarnıçlarından harç örnekleri alınmıştır. Sarnıçlarından alınan 22 örneğin fiziksel, kimyasal, mekanik, petrografi, ileri analizleri ve tuz testleri yapılmıştır. Yapılan deney ve analizler sonunda mevcut harçların özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen özelliklere göre harçlar gruplandırılmıştır ve gruplara uygun onarım harcı önerileri oluşturulmuştur. Oluşturulan onarım harcı önerilerinin karışımları hazırlanıp fiziksel ve mekanik analizleri yapılmıştır. Onarım harçlarının analiz sonuçları ile çalışma alanından alınan mevcut harçların deney ve

analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonrasında önerilen ve hazırlanan onarım harçlarının mevcut harçlar ile uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel yapı malzemesi, harç malzeme, koruma



ABSTRACT

PhD THESIS

CHARACTERIZATION OF MORTARS OF KONYA TAKKELİ DAĞ GEVALE CASTLE EXCAVATION CISTERNS AND PREPARATION OF REPAIR MORTAR RECOMMENDATIONS

Hatice Sevde DEMİR

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Architecture**

Advisor: Prof. Dr. Mehmet Emin BAŞAR

2024, 194 Pages

Jury

**Advisor Prof. Dr. Mehmet Emin BAŞAR
Assoc. Prof. Dr. Mustafa KORUMAZ
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Ergün HATIR
Assoc. Prof. Dr. İlhan KOÇ
Assoc. Prof. Dr. Hayriye Hale KOZLU**

Traditional building materials are of great importance in the process of preserving historical buildings. In interventions in conservation, repair and restoration works to be carried out on historical buildings, it is necessary to determine the properties and current conditions of traditional building materials.

Traditional building material properties are important in determining the method, material and technique to be used in conservation, repair and restoration processes. In both historical buildings and archaeological excavations, mortar materials play an important role in the survival of historical buildings by holding the building components together. However, mortar materials wear out over time due to environmental conditions. For this reason, repair mortar is created in conservation activities today. The content of the repair mortar must be suitable for the material of the existing historical building. For this reason, it is necessary to analyze the existing mortars of historical buildings. With these analyses, the properties of the mortar material are determined. These analyzes are grouped under the headings of physical, chemical, petrographic and advanced analyses.

In this study, Konya Takkeli Mountain Gevale Castle was chosen as the field study. Mortar samples were taken from the cisterns of Konya Takkeli Dağ Gevale Castle. Physical, chemical, mechanical, petrography, advanced analysis and salt tests were performed on 22 samples taken from the cisterns. As a result of the experiments and analyses, the properties of the existing mortars were determined. Mortars were grouped according to the determined properties and repair mortar recommendations suitable for the groups were created. Mixtures of the repair mortar suggestions were prepared and physical and mechanical analyzes were carried out. The analysis results of

the repair mortars were compared with the test and analysis results of the existing mortars taken from the study area. After comparison, it was concluded that the proposed and prepared repair mortars were compatible with the existing mortars.

Keywords: Traditional building material, mortar material, conservation



ÖNSÖZ

Tez çalışması sürecim boyunca bilgisini, zamanını bana ayıran, bana yol gösterip beni destekleyen, beni yönlendiren saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Emin BAŞAR hocama çok teşekkür ederim.

Tez sürecimde bilgi ve donanımlarıyla bana destek olan, beni yönlendiren tez izleme komitesi kurulu üyesi Doç. Dr. Mustafa KORUMAZ hocama, Doç. Dr. Mehmet Ergün HATIR hocama çok teşekkür ederim. Doktora tez savunmamda jüri üyesi olan ve değerli bilgilerini benimle paylaşan Doç. Dr. İlhan KOÇ hocama ve Doç. Dr. Hayriye Hale KOZLU hocama çok teşekkür ediyorum.

Tez çalışmam da çalıştığım Takkeli Dağ Gevale Kalesi kazısı ile ilgili verilere ulaşmamda bana yardımcı olan Prof. Dr. Ahmet ÇAYCI hocama, Dr. Öğr. Üyesi Zekeriya ŞİMŞİR hocama, alan çalışmasında bana yardımcı olan tüm bilgisini benimle paylaşan Hasan Hüseyin ÖZDENİZ beye çok teşekkür ederim.

İstanbul Büyükşehir KUDEB personeli Mustafa ERUŞ beye yardımları için çok teşekkür ederim.

Laboratuvar ile ilgili yaptığı bilgilendirmeler için Dr. Öğr. Üyesi Murat SAYDAN hocama ve Doç. Dr. Ali BOZDAĞ hocama çok teşekkür ederim.

Çalışmada yapılan deneyler için hem mekân hem de cihaz konusunda yardımcı olan Konya DSİ 4. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürü İbrahim PINARKARA'ya, laboratuvarında deney aşamalarında her ihtiyacım olduğunda bana yardımcı olan Şerife Dilek BİLGİN'e, Orhan KARA'ya, Abdulbaki BORA'ya, Fırat GÜREL'e çok teşekkür ederim.

İstanbul'da bana ev olan her daim kapılarını açan canım dostum Dilek ATAĞ KİYMET'e çok teşekkür ederim. Her zaman derdimi dinleyen bana destek olan canım dostum Elif DEMİR'e, Kübra KARKIN'a, Asena KARA'ya çok teşekkür ederim. Desteğini esirgemeyen arkadaşım Ceyhan TAZEİDAN'a çok teşekkür ederim.

Her defasında sevgisiyle beni yüreklediren, her daim yanımda olan, bana güç, kuvvet, neşe veren canım Naim ERDEM'e çok teşekkür ederim.

Her başarımda beni destekleyen bana enerji, güç, kuvvet, neşe veren canım kardeşlerim Ayşe Zehra DEMİR ve Aziz Mahmut DEMİR'e çok teşekkür ederim.

Hayatımın her anında olduğu gibi tez çalışmam sürecinde hep yanımda olan, her zorlukta desteklediklerini bilip, hissettiğim, eğitimimde, yaptığım çalışmalarda, hedeflerimde ve hayallerimde beni destekleyen bana güvenen her daim yanımda duran canım annem Ülfet DEMİR'e ve canım babam Ahmet DEMİR'e, sevgimi, saygımı, minnetimi sunuyorum. Çok teşekkür ederim.

Hatice Sevede DEMİR
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın amacı ve kapsamı	3
1.2. Çalışmanın Metodolojisi	4
1.3. Kaynak araştırması	6
2. GELENEKSEL HARÇ MALZEMELERİ	15
2.1. Geleneksel Harç Malzemenin Tarihsel Gelişimi	15
2.1. Bağlayıcılarına göre harçlar	19
2.1.1. Alçı Bağlayıcılı Harçlar	20
2.1.2. Kireç Bağlayıcılı Harçlar	21
2.1.3. Kireç ve Puzolanlı harçlar	22
2.1.4. Hidrolik Kireç Bağlayıcılı harçlar	25
2.1.5. Killi Bağlayıcılı Harçlar	26
2.2. Dolgu Maddeleri (Agregalar)	27
2.2. Katkı Maddeleri	29
3. KONYA TAKKELİ DAĞ GEVALE KALESİ	32
3.1. Çalışma Alanı: Konya Takkeli Dağ Gevale Kalesi	32
3.1.2. Takkeli Dağ Gevale Kalesi Kazı Çalışmaları	32
3.1.1. Takkeli Dağ Gevale Kalesi Tarihi	33
4. DENEYLER VE ANALİZLER	35
4.1. Örnek Alma ve Görsel Analizler	36
4.1.1. Örnek Alma	36
4.1.2. Görsel Analizler	38
4.2. Fiziksel Analizler	60
4.2.1. Kütlece ve Hacimce Su emme oranları	60
4.2.2. Görünür Yoğunluk (birim hacim kütlesi)	63
4.3. Tuz Testleri	65
4.3.1. Klorür (Cl^-) analizi	65
4.3.2. Nitrat (NO_3^-) analizi	66
4.3.3. Sülfat (SO_4^{2-}) ve Karbonat (CO_3^{2-}) analizi	67
4.3.4. İletkenlik Ölçümü	69
4.3.5. Protein ve Yağ Testleri	70

4.4. Kimyasal Analizler	71
4.4.1. Kızdırma Kaybı Analizi (Kalsinasyonu)	72
4.4.2. Asit Kaybı ve Elek Analizi	72
4.5. İleri Analizler	75
4.5.1. SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu).....	75
4.6. Petrografik Analizler.....	101
4.6.1. İnce Kesit Hazırlanması.....	101
4.6.2. Petrografik ve Mikroskobik Tanımlama.....	103
4.7. Mekanik Analizler	126
4.7.1. Nokta Yük Deneyi	126
4.7.2. Donma Çözünme Deneyi.....	129
4.8. Deneylerin Değerlendirilmesi.....	131
5. ONARIM HARCİ HAZIRLANMASI	134
5.1. Onarım harcı hazırlanması.....	134
5.2. Onarım Harçlarına Yapılan Deney ve Analizler.....	142
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	151
6.1 Sonuçlar	151
6.2 Öneriler	155
KAYNAKLAR	157
EKLER	171

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
mm	: Milimetre
kg	: Kilogram
cm	: Santimetre
km	: Kilometre
gr	: Gram
ml	: Mililitre
ms/cm	: İletkenlik
°C	: Santigrad (Celcius)
mpa	: Megapascal
N	: Newton
KN	: Kilonewton
Δ	: Görünür yoğunluk
μ	: Mikron

Kısaltmalar

RİLEM	: Réunion internationale des laboratoires et experts des matériaux, systèmes de construction et ouvrages
ASTM	: Uluslararası amerikan test ve materyalleri topluluğu
EDS	: Enerji dağılım spektroskopisi
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
XRF	: X-ışınları floresans spektrometresi
XRD	: X-Işını difraktometresi
EDAX	: Porozimetri
TSE EN	: Türk standartları enstitüsü
TG/DTA	: Termografik analiz
KUDEB	: Koruma uygulama ve denetim büroları
Sk	: Ağırlıkça su emme yüzdesi
WSilk	: İlk ağırlık

WSd	: Suya doymuş ağırlık
Sh	: Hacimce su emme yüzdesi
WSi	: Su içindeki ağırlık
Gk	: Değişmez kütleye kadar kurutulmuş örneğin kütlesi
L	: Noktasal yükün uygulandığı nokta ile en yakın serbest yüzey arasındaki uzaklık
W	: Örneğin genişliği
D	: Yükleme başlıkları arasındaki uzaklık
De	: Eşdeğer kesit çapı
Is	: Düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi
P	: Kırılma anındaki yük
A	: Yükleme başlıkları arasında kalan düzlemin kesit alanı
UCS	: Uniaksiyal basınç dayanımı
K	: Düzeltme faktörü
O ₂	: Oksijen
CO ₂	: Karbondioksit
NO ₃ ⁻	: Nitrat
Cl ⁻	: Klorür
SO ₄ ²⁻	: Sülfat
CO ₃ ²⁻	: Karbonat
CuSO ₄ .2H ₂ O	: Bakır sülfat dihidrat
CaSO ₄ .2H ₂ O	: Doğadaki alçıtaşı
CaSO ₄ . 1/2H ₂ O	: Kalsiyum sülfat hemi hidrat
H ₂ O	: Su
CaCO ₃	: Kireçtaşı
CaMg(CO ₃) ₂	: Dolomit
MgCO ₃	: Magnezyum Karbonat
Ca(OH) ₂	: Sönmüş Kireç
CaO	: Sönmemiş Kireç
SiO ₂	: Silisyum Dioksit
Al ₂ O ₃	: Alüminyum Oksit
Fe ₂ O ₃	: Demir Oksit
O ₂	: Oksijen
CO ₂	: Karbondioksit

NaCl	: Sodyum Klorür
CaCl ₂	: Kalsiyum Klorür
HNO ₃	: Nitrik Asit
AgNO ₃	: Gümüş nitrat
C ₁₂ H ₁₁ N	: Difenilamin
H ₂ SO ₄	: Sülfürik Asit
BaCl ₂	: Baryum Klorür
Ca(OH) ₂	: Kalsiyum hidroksit
HCl	: Hidroklorik asit
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
NH ₃	: Amonyak

1. GİRİŞ

İnsanoğlu varoluşundan beri koruma sorunuyla alakadar olmuştur (Erder, 2020). Tarihte birçok uygarlık kendi döneminden önce yaşamış olan atalarından kalan kültürel mirası korumuş olup, yıllar öncesinden gelen anıtların kültürel mirasın önemli bir parçası olduğunun bilincinde olmuştur. Bu bilinç sebebiyle kültürel mirasın önemli parçasını oluşturan anıt eserlerin tüm özelliklerini inceleyip belgelemiştir. Koruma sürecinde bu belgelemenin düzenli olması büyük öneme sahiptir. Bu belgelemelerde bulunan veriler uzun yıllar boyunca yaşamış olan bir neslin eserleridir. Kültürel ve tarihi verilerin doğru okunabilmesinde anıt eserler değerli bilgi kaynaklarıdır (Uluengin ve ark., 2001; Uğur, 2019; Sarılioğlu, 2021)

Tarihi yapıların büyük öneme sahip olması nedeniyle koruma süreçlerine ve yöntemlerine hâkim olmak gerekmektedir. Tarihi yapının korunmasında bulunan uzman ekibin yapının üslubunu, ait olduğu ekolü, strüktürünü, malzemesini, süslemelerini detaylarını, yapım tekniğini, malzemesini tanıyıp bilmesi gerekmektedir (Viollet le Duc, 1843; Sarılioğlu, 2021). Bu bilgiler doğrultusunda tarihi yapıya yapılacak uygulamalar ile ilgili kararlar alınır ve bu kararlar tarihi yapının geleceğini belirler. Her ne kadar tarihi yapıların geleceği ile ilgili alınan kararlar basit gibi görünse de bu süreç basit ve geçici bir iş değildir (Erder, 2020). Verilebilecek karar kültürel mirasın geleceğe aktarılmasında büyük rol oynar ve tarihi yapının özgün özelliklerini doğrudan etkiler (Wölfflin, 2019). Alınan kararlar sonucunda tarihi yapılara yapılacak müdahalelerin uygulamasında da titizlikle ve farkındalıkla davranılması gerekmektedir (Bekleyen ve Dalkılıç, 2018).

Tarihi yapılarda kullanılan geleneksel malzemeler ve bunlardan üretilen mimari öğeler hem özgün yapısı hem de bozulma süreçleri nedeniyle geçirdiği değişimler neticesinde kendine has sorunları olan ve özenle korunması gereken tarihi belgelerdir. Koruma biliminde mevcut orijinal malzemelerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bilgiler, aslına uygun onarım malzemelerinin hazırlanması açısından son derece önemli bir yere sahiptir (Kozlu, 2010). Bu sebeple koruma kapsamında tarihi yapılara yapılacak her türlü müdahaleler yapının malzemesinin özgün durumunu bilerek ve anlayarak yapılmalıdır (Kozlu, 2010; Sarılioğlu, 2021). Günümüzde çoğu restorasyon uygulamasına baktığımızda yapının özgün niteliklerini bilmeden hareket edildiği ve bu durumun yapıyı korumanın aksine yapıyı bilinçsizce tahrip ettiği görülmektedir. Hızlı bir şekilde yapılan bu restorasyon müdahaleleri yapıda tahribata sebep olurken diğer

tarafından geçmişte kullanılan teknoloji hakkında doğru bilgilerin edinilmesinin önüne geçmektedir. Bahsi geçen restorasyon uygulamalarından dolayı oluşan tahribatların en mühim sebeplerine baktığımızda ise bunların başında yeterli araştırmanın yapılmaması ve yapıya uygun onarım malzemesinin kullanılmaması söylenebilir (Feilden, 1982; Jokilehto, 1999). Günümüzdeki bir çok restorasyon uygulamasında özellikle malzemelerde ve yapım tekniği söz konusu olduğunda ciddi hatalar yapılmaktadır (Kozlu, 2010). Bu sebeple restorasyon uygulamalarından önce mevcut malzeme ve yapım tekniği çok iyi incelenmeli ve yeni seçilecek malzeme ve yapım tekniği yapının özgün durumu ile uyumlu olmalıdır (Feilden, 1982; Torracca, 1982; Ashurst ve Ashurst, 1988; Teutonico, 1988; Gulec ve Ersen, 1998; Jokilehto, 1999)

Harçlar ve sıvalar tarihi yapıların bir bütün olarak günümüze gelmelerinde çok önemli bir yere sahiptirler. Öncelikle örgü harçlarını ele aldığımızda bu harçların tarihi yapılarda bulunan malzemelerin birbirine tutunmasını sağladığını söyleyebiliriz. Böylece örgü harçları hem strüktür açısından önemli bir yer tutar hem de harcın özellikleri tarihi yapıların beden duvarlarının ana malzemelerine direkt etki ettiği için bu malzemelerin günümüze gelmesinde de büyük bir öneme sahiptir. Sıva harçlarını incelediğimizde ise bunların, tarihi yapıların yapı malzemelerini koruyucu bir katman göreviyle günümüze daha az hasarla gelmesini sağladığını görmekteyiz (Tuncoku, 2001). Bu sebepler dolayısıyla harçlar ve sıvalar anıt eserlerin günümüze gelmesinde çok büyük öneme sahiptir (Sarılioğlu, 2021). Harç ve sıvaların korunması büyük titizlik gerektirmektedir ancak yapılan uygulamalarda harç malzemelere çok fazla önem verilmemektedir. Bu durum restorasyon uygulamalarında büyük eksikliklere sebep olmaktadır.

Tarihi yapıların restorasyonunda yeni harçların ve sıvaların kullanımı yaygın olarak görülmektedir. Ancak seçilen harçlar yapının ana malzemeleri ile uyumlu çalışmazsa bu durum büyük sorunlara neden olur. Tarihi yapılarda kullanılan harç malzemeler günümüzde kullanılan harç ve sıva içeriklerinden farklı özellikler göstermektedir (Gulec ve Ersen, 1998).

Günümüzde hızlı erişimi olan, yaygın kullanılan çimento katkılı harçlar yer yer tarihi yapılarda harç malzemesi olarak kullanılmıştır. Ancak kullanılmış olan çimento esaslı harç ve sıva malzemeler tarihi yapıların ana malzemesi olan taşlar, kerpiçler ve tuğlalar ile uyumlu değildir. Çimento esaslı harçlar ve sıvalar tarihi yapılarda kullanılan harç ve sıva malzemeler gibi boşluklu bir yapıya sahip olmadığı için su ile temasında donatı dayanımı geleneksel harçlardaki kadar yüksek değildir. Aynı zamanda

boşluklu yapıya sahip geleneksel harçlar çimento esaslı harçlara kıyasla daha hafif yapıda olduğu için yapılardaki taş, tuğla, kerpiç gibi malzemelere bir yük oluşturmazlar. Çimento esaslı harçlar su ile etkileşime geçtiğinde oluşan reaksiyonlar sonucu yapının malzemelerinin bozulmasına neden olan tuzların ortaya çıkmasına da sebep olmaktadır. Bunlara benzer birçok sebep günümüzde ekonomik olan, hızlı erişilen, uygulaması kolay olan çimento esaslı harçların ve sıvaların tarihi yapılarda kullanılmaması gerektiği sonucuna yönlendirmektedir. Bu nedenle bazı uygulamalarda az miktarda çimento ile kirecin bağlayıcı olarak kullanıldığı harç denemeleri yapılmıştır fakat bu denemelerde de harcın katılma süreci iki ayrı fazda olduğu için uygulamaya uygun bulunmamıştır. Bu nedenle tarihi yapılarda kullanılacak harç malzemenin mümkün olduğunca yapının bünyesinde bulunan özgün harç ve sıva malzemelerle aynı özellikleri göstermesi önerilmiştir (Boynton, 1966; Feilden, 1982; Michel, 1982; Ashurst ve Architects, 1983; Ashurst ve Ashurst, 1988; Güleç, 1992; Holmes ve Wingate, 1997; Gulec ve Ersen, 1998; Borelli, 1999; Allen ve ark., 2003; Esen ve ark., 2004; Güleç ve ark., 2005; Ashall ve ark., 2018). Tarihi yapının özgün harç ve sıva malzemesinin karakterizasyonunun çok iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir (Özgünler ve ark., 2010). Bu karakterizasyonun yapılmasında basit ve ileri analizlerden faydalanılabilir (Güleç, 1992; Kuleli, 2005; Ersen ve Güleç, 2009a; Kozlu, 2010; Pekmezci, 2012; Uğur, 2019; Sarılioğlu, 2021). Tarihi yapıdan alınan harç ve sıvalara yapılan basit ve ileri analizler uygulanarak harcın mineralojik ve kimyasal yapıları öğrenilip yapılacak restorasyon uygulamalarında bu özelliklere göre bir harç hazırlandığında tarihi yapı bütüncül bir şekilde korunmuş olur.

1.1. Çalışmanın amacı ve kapsamı

Tarihi yapılarda kullanılan doğal yapı malzemelerini bağlamak için kullanılan harç malzemelerinin içerikleri, karakterizasyonu, bozulmaları ve dayanımı üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Tarihi yapılarda kullanılan harç malzemeler yapının bulunduğu bölgedeki hammaddelerin kullanılmasıyla, karışım oranlarıyla ve harç içerisinde kullanılan katkı maddeleriyle bulunduğu yere özgün içeriklere sahiptir. Bu nedenle harç malzemeleri üzerinde birçok karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda mevcut özgün harçların içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Harç malzemelerin karakterizasyonu ile ilgili yeterince çalışma yapılmaması uygulama

aşamasında hatalı malzeme seçimine neden olabilir. Hatalı malzeme seçimi ise onarım gören tarihi yapılarda bozulma süreçleri görmemize sebep olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Konya'daki Takkeli Dağ Gevale Kalesindeki sarnıç kalıntılarına ait harç ve sıvaların niteliklerinin belirlenmesi ve uygun onarım harcı önerisinde bulunulmasıdır. Belirlenen amaçlar doğrultusunda, harç ve sıva örneklerinin kimyasal, petrografik, mineralojik ve mekanik özellikleri ile mikro yapıları, süreç içerisinde meydana gelen değişiklikler ve hammadde kompozisyonları araştırılmıştır.

1.2. Çalışmanın Metodolojisi

Çalışmada tarihi harç ve sıva malzemeler ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Yapılan literatür çalışmasında tezler, makaleler, kitaplar, bildiriler taranmıştır. Literatür çalışmaları neticesinde harç ve sıva malzemelerin özellikleri ile ilgili bilgiler edinilmiş, harçların bileşenleri, bağlayıcıları, dolgu malzemeleri, katkı maddeleri, tarihi süreçteki gelişimi, hangi dönemlerde kullanıldığı öğrenilmiştir. Literatür taraması sırasında onarım harçları ile ilgili kaynaklara da ulaşılmıştır ve onarım harçlarının restorasyon uygulamalarındaki yeri ve önemi hakkında bilgi edinilmiştir. Birçok akademik kaynaktan onarım harçlarının tasarım aşamaları, kriterleri ve özellikleri hakkında bilgiler edinilmiştir. Çalışmanın bu sürecinde tarihsel yöntem kullanılmıştır.

Çalışmada 2012 yılında yüzey araştırmasına başlanan Konya ilinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Gevale Kalesinin seçilmesinin nedeni arkeolojik bölge olması ve burada bulunan sarnıçlara onarım harcı önerisinde bulunulmamasıdır. Çalışmada Konya Takkeli Dağ Gevale Kalesinin sarnıçlarından örnekler alınmıştır. Alınan örneklerle deney ve analizle uygulanmıştır. Uygulanan deney ve analizler sonrası alınan harç numunelerinin karakterizasyonu yapılmıştır. Alınan harç ve sıva numunelerinin karakterizasyon aşamasında ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlar temel alınmıştır. Standart olarak RİLEM, TSE EN ve ASTM referans alınmıştır.



Şekil 1.1. Çalışmanın metodolojisi

Deney ve analizlerin değerlendirilmesi aşamasında geçmişte yapılan çalışmalardan faydalanılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda Gevale kalesi sarnıçlarının harç ve sıvalarının bileşenleri tespit edilmiştir. Yapılan tespitler sonrasında benzer özellikteki harçlar aynı grupta olacak şekilde gruplandırma yapılmıştır. Yapılan gruplandırma sonrasında ise her bir gruba uygun içerikte ve özellikte onarım harcı önerileri oluşturulmuştur. Çalışmanın bu aşamasında karşılaştırma yöntemi ve aynı zamanda işlevselci yöntem de harçların içeriğinde bulunan bileşenlerin işlevleri tespit edildiği için kullanılmıştır.

Oluşturulan onarım harcı karışımları hazırlanıp mekanik, fiziksel analizleri yapılmıştır. Hazırlanan onarım harçlarının Gevale Kalesi sarnıçlarına uygun olup

olmadığını tespit etmek için onarım harçlarının deney ve analiz sonuçları ile Gevale kalesinden alınan harç ve sıva numunelerinin deney ve analiz sonuçları kıyaslanmıştır. Çalışmanın bu aşamasında deneysel yöntem ile karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır.

1.3. Kaynak araştırması

Gürdal (1976), “Kuzey ve Orta Anadolu Alçıları Üzerine Bir Araştırma” adlı doktora tezinde, Kuzey ve Orta Anadolu alçıları üzerine bir araştırma yapmış, alçıların fiziksel ve kimyasal yapılarını, bölgesel özelliklerini ve mimaride nasıl kullanıldıklarını araştırmış ve önerilerde bulunmuştur.

Perander (1982), “Mortar study in Finland. Maintenance of Historic Buildings” (Finlandiya'da harç çalışması. Tarihi Binaların Bakımı) isimli bildirisinde, 14. yüzyılda inşa edilen Fin savunma yapılarında kullanılan harçları irdelemiştir. Bahse konu yapıların ve bölgedeki diğer tarihi binaların koruma ve onarımları için yeni derz ve sıva harçları hususunda araştırmalar yapılmıştır.

Piana ve Armani (1981), “A Research Programme on the Plaster of Historical Buildings in Venice” (Venedik'teki Tarihi Yapıların Sıvaları Üzerine Bir Araştırma Programı) adlı bildirilerinde, Venedik'teki tarihi binaların dış cephe sıvaları üzerinde araştırma yapmış, kentteki birçok tarihi binanın cephelerinden numuneler almış ve meydana gelen yıpranmaların nedenleri ve çözüm önerilerini irdelemişlerdir.

Kulunyar (1990), “İznik'teki Bizans Dönemi Yapılarında Tarihlendirme Sorunları ve Malzeme-Teknik” isimli yüksek lisans tezinde, İznik'teki Bizans yapılarındaki tarihleme problemlerini ve malzeme tekniklerini incelemiş, söz konusu yapılarda kullanılmış olan harçların özelliklerini aktarmıştır.

Güleç (1992), “Bazı Tarihi Anıt Harç ve Sıvalarının İncelenmesi” isimli doktora tezinde alan çalışması olarak Tahtakale Hamamı, Esekapi Medresesi, Roma Hamamı (Ankara) eserlerini seçmiştir. Seçilen alanlardan harç ve sıva örnekleri alınmıştır. Alınan harç ve sıva örnekleri kimyasal, fiziksel analizler yapılmış olup harçların özelliklerini daha iyi tanımlanması için yaş kimya, petrografik, X ışınları difraksiyonu (XRD), taramalı elektron mikroskobu (SEM), element dağılım analizli X ışınlar difraksiyonu (EDAX), porozimetri ve yoğunluk analizleri gibi analizler de yapılmıştır. Yapılan analizler sonrası değerlendirmeler yapıp, alınan harç ve sıvaların karakterizasyonu hakkında bilgiler verilmiştir.

Bonen ve ark. (1995), “The Evolution of Cementitious Materials Through History” (Çimentolu Malzemelerin Tarih Boyunca Evrimi) isimli bildirilerinde, çimentolu malzemelerin tarih öncesi çağlardan günümüze gelişimini anlatmış ve portland çimentolu betonla karşılaştırıldığında eski çimentolu malzemelerin dayanıklılığını vurgulamışlardır.

Moropoulou ve ark. (1996), “Hot Lime Technology Imparting High Strength to Historic Mortars” (Tarihi Harçlara Yüksek Mukavemet Kazandıran Sıcak Kireç Teknolojisi) adlı makalelerinde, Yunanistan’da Athos Dağı’nda bulunan Symonos Petra Manastırı’nı pilot anıt olarak seçmiş, harçların fiziksel ve kimyasal analizlerini yapmışlardır.

Bakolas ve ark. (1998), “Characterization of Structural Byzantine Mortars by Thermogravimetric Analysis” (Yapısal Bizans Harçlarının Termogravimetrik Analizle Karakterizasyonu) adlı makalelerinde, Ayasofya Camisi’nde bulunan Bizans dönemine ait önemli sayıda harcın kompozisyonu incelemişlerdir. “Cocciopesto” (kırık seramik) denilen bir malzemeden yapılan ve muhtemelen yığma yapıda taşıyıcı bir işleve sahip olan bu numuneler üzerinde parçacık boyutu, kızılötesi spektroskopi ve termogravimetrik analizler yapılmıştır. Sonuçlar, harçların hacmi $\frac{1}{2}$ ile $\frac{1}{4}$ arasında değişen bağlayıcı/agrega oranıyla yapılan hafif hidrolik karışımlar olduğunu, bu karışımların morfolojisi ve heterojenliği, harcın taşıma fonksiyonuna katkıda bulunacak sıcak kireç teknolojisinin kullanımını işaret etmektedir.

Pusat (2002), “Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılacak Harç Üretimi” isimli yüksek lisans tezinde, tarihi binaların restorasyonlarında faydalanılacak harç imalatlarını araştırmış, değişik ölçeklerde ortaya konan harç örnekleri üzerinde birtakım deneyler yaparak dayanıklılık, fiziksel ve estetik açılardan harçların hangi oranlarda karıştırılmasına ihtiyaç olduğunu araştırmıştır.

Akman (2003), “Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi” adlı makalesinde, yapı malzemeleri alanında geçmişten günümüze sarf edilen çabaları kronolojik bir sırayla özetlemiştir. Özellikle tarih öncesi çağdaki gelişmeler ve tarihi çağların başlangıcındaki gelişmeleri arkeolojik verilere dayanarak anlatmış ve güncel dönemin son gelişmelerine de kısaca değinmiştir.

Böke ve ark. (2004) “Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı ve Sıvalarının Özellikleri” isimli makalelerinde, kırık tuğla ve kireç kullanılarak imal edilen Horasan harcının tarihçesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Kireç harcı ve sıvanın hammadde bileşimleri ve üretimi hakkında bilgiler vermiş, ardından Horasan harcı ve sıvanın

özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmanın neticesinde Horasan harcı ve sıvasının imalatında kullanılması uygun görülen tuğlaların gereksinimlerini belirtmişlerdir.

Wells (2004), “History and Characterization of Mortars in Spanish New World Fortifications: A Case Study on El Castillo de San Cristobal, San Juan Puerto Rico” (İspanyol Yeni Dünya Tahkimatlarındaki Harçların Tarihi ve Karakterizasyonu: El Castillo de San Cristobal, San Juan, Porto Riko Üzerine Bir Örnek İncelemesi) adlı doktora tezinde, Porto Riko, San Juan'daki tarihi bir İspanyol savunma yapısı olan San Cristobal Kalesi'nin harçlarını incelemiştir. Çalışma kapsamında savunma yapıları içerisinde yer alan surlar incelenmiş ve çalışmanın gelecekteki restorasyon çalışmalarına yardımcı olması amaçlanmıştır.

Budak (2005), “Characterization of Selected Beylikler Period Mortars and Processing of New Intervention Mortars for Restoration Purposes” (Bazı Beylikler Dönemi Harçlarının Karakterize Edilmesi ve Yeni Müdahale Harçlarının Restorasyon Amacıyla Üretilmesi) isimli yüksek lisans tezinde, Manisa'daki 14. yüzyıl yapıları olan Çukur Hamamı ve Hacet Mescidi yapılarından alınan harç numunelerinin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerini incelemiş, karakterizasyon çalışmaları sonucunda mevcut malzemelerle uyumlu şekilde çalışabilecek ve söz konusu yapıların restorasyonlarında uygulanabilecek harçların hazırlanması için öneriler geliştirmiştir.

Casadio ve ark. (2005), “Evaluation of binder/aggregate ratios in archaeological lime mortars with carbonate aggregate: a comparative assessment of chemical, mechanical and microscopic approaches” (Karbonat agregalı arkeolojik kireç harçlarında bağlayıcı/agrega oranlarının değerlendirilmesi: kimyasal, mekanik ve mikroskopik yaklaşımların karşılaştırmalı bir değerlendirmesi) adlı makalelerinde, harç teknolojisinin araştırılmasına yönelik geleneksel ve yenilikçi yöntemlerin karşılaştırmalı değerlendirmesini yapmışlardır. Kireç harçlarında karbonat agregalı karışım oranlarının belirlenmesi için bu yaklaşımların ön sonuçlarını sunmuşlardır. Söz konusu yaklaşımların avantajları ve dezavantajlarını tartışmış ve arkeolojik harç ve sıvaların analizindeki uygulamalarını vurgulamışlardır.

Elsen ve ark. (2005), “Conservation of Ancient Mortars at Sagalassos-Turkey” (Sagalassos Antik Harçlarının Korunması) isimli bildirilerinde, Burdur'da bulunan Sagalassos antik kentindeki tarihi yapılardan alınan harç numunelerinin mineralojik ve petrografik analizlerini ve sınıflandırmalarını yapmışlardır. Araştırmalar neticesinde antik dönemlere benzer hammaddeler kullanılarak hazırlanan harçların fiziksel

mukavemeti ve don tehlikesine karşı dayanıklılığı araştırılmış ve restorasyon harcı önerilerinde bulunmuşlardır.

Kuleli (2005), “Efes Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 No’lu Evler Örneğinde Roma Dönemi Harçları Araştırması” adlı doktora tezinde çalışma alanı olarak Efes Antik Kenti Yamaçevler 2’de bulunan konut yapılarını tercih etmiştir. Efes Antik Kentte çalışan kazı ekibindeki uzmanlar ile birlikte önceden yapı süreçleri tanımlanmış olan 1, 2 ve 4 konutlardaki duvarlardan harç ve sıva numunesi alınmıştır. Alınana harç ve sıva numunelerine belirlenen deneyler yapılmıştır ve deneylerin sonuçları değerlendirilmiştir.

Gülmez (2005), “Antik Yapılarda Kullanılan İnşaat Malzemeleri ve Bu Malzemelerin Özelliklerinin Mineralojik, Petrografik, Kimyasal, Fiziksel, Mekanik ve Tahribatsız Deney Yöntemleri Kullanılarak Saptanması” adlı yüksek lisans tezinde, Burdur ve Isparta illerinde bulunan çeşitli antik yerleşim kalıntılarından alınan taş, tuğla ve harç numunelerini incelemiştir. İlk etapta, tahribatsız test yöntemleriyle analizler yapılmış, sonrasında mineralojik, petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik analizler tamamlanmıştır. Bu analizler sonucunda ulaşılan malzemelerin karakteristik özellikleri elde edilmiş, bu bilgiler neticesinde bu yapıların geçmişten günümüze nasıl ulaşabildikleri hususu aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Ekşi Akbulut (2006), “Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılacak Harçların Seçimine Yönelik Bir Öneri” isimli doktora tezinde, farklı puzolanik özelliklere sahip agregalar ile iki ana grupta 600 adet harç numunesi hazırlamıştır. Bu iki ana grup lifli ve lifsiz harçlar olarak ayrılmıştır. Bu harçların bir grubu 1 yıl süre ile Yıldız Teknik Üniversitesi kampüsünde atmosfer koşullarına maruz bırakılmıştır. Diğer grup ise laboratuvarında saklanmıştır. Bu etkiler sonucu planlanmış olan deney programına uygun deneyler yapıp gruplar karşılaştırılmıştır.

Kozlu (2010), “Kayseri Yöresindeki Tarihi Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçlarının Özellikleri” adlı doktora tezinde, çalışma alanı olarak Beştepeler Kale kalıntısı, Kuru köprü, Aziz Basilius Manastırı kalıntısı, Gevher Nesibe Sultan Tıp Medresesi, Kızıl köşk, Güpgüpoğlu konağı, Gön hanı, Gavremoğlu konağı, Kuyumcuoğlu konağı, Gereme Panagia kilisesi, Erdemli kaya kilisesi, Setenönü Hamamı, Darsiyak Yanartaş kilisesi gibi Kayseri’de bulunan tarihi yapıları tercih etmiştir. Seçilen yapılardan dönemleri de dikkate alınarak harç ve sıva örnekleri alınmıştır. Örneklerin fiziksel, kimyasal, mekanik, petrografik analizleri yapıp karakterizasyonu yapılmıştır. Onarım harçları bu karakterizasyona göre geliştirilmiştir.

Geliştirilen onarım harçlarının uygun olup olmadığı yine deney ve analizlerle tespit edilmiştir.

Polat Pekmezci (2012), “Çukurova Bölgesindeki (Kilikya) Bazı Tarihi Yapılarda Kullanılan Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçları İçin Öneriler” isimli doktora tezinde, çalışma alanı olarak Donuktaş-Tarsus, Roma yolu-Tarsus, Roma hamamı-Tarsus, Kleopatra kapısı-Tarsus, Zafer takı-Anavarza-Kozan, Sur kalıntısı (Adana), Kale- (Sis) Kozan, Yağ camii ve medresesi-Adana, Kubat paşa medresesi-Tarsus, Ulu camii-Tarsus, Yeni hamam-Adana, Ramazanoğlu konağı, Bedesten-Kozan, Çifte güvercinli konak-Tarsus, Konut-Tarsus, Yaverin konağı-Kozan yapılarını tercih etmiştir. Çalışmada tarihi yapılarda kullanılan harç ve sıvaların karakterizasyonlarının yapılması ve bölgedeki restorasyon uygulamalarında kullanılabilecek onarım harçları üretimi için uygun karışımlar belirlenmiştir.

Dabanlı ve Ersen (2013), “Bir 19.YY Anadolu Kilisesinin Malzeme Karakterizasyonu ve Konservasyon Önerileri: Niğde Ermeni (II.) Kilisesi” adlı bildirilerinde, 19. yüzyılda inşa edilen Niğde Ermeni (II.) Kilisesi'nin yapı malzemeleri üzerinde restorasyon odaklı analiz çalışmaları gerçekleştirmiş ve koruma önerileri çalışmışlardır. Bu çalışma kapsamında, tarihi yapı yerinde incelenmiş ve geleneksel yapı malzemelerinin karakterizasyonu ile bozulma nedenlerini araştırmak için örnekler alınmıştır. Laboratuvar ortamında yapılan deneysel çalışmalar ve yerinde gerçekleştirilen incelemeler sonucunda tespit edilen problemlere yönelik restorasyon önerileri geliştirilmiştir.

Uğur (2013), “Perge Antik Kenti Mozaik Harçlarının Analizi” isimli bildirisinde, Antalya'nın Aksu ilçesindeki Perge Antik Kenti'nde bulunan Güney Hamam, Macellum (Agora) ve Güney Bazilika Portiği mozaiklerinden alınan 20 mozaik harç örneğini incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda örnekler 3 ana gruba ayrılmıştır. Harçların nitelikleri ve içerikleri belirlenmiş, bu sayede dönemsel mozaik harç üretim teknolojisi ortaya konmuştur. Bu bulgulara dayanarak, gelecekteki restorasyon çalışmalarında kullanılabilecek, orijinaline benzer özellikte harç karışımları önerilmiştir.

Borges ve ark. (2014), “Durability of Ancient Lime Mortars in Humid Environment” (Antik Kireç Harçlarının Nemli Ortamdaki Dayanıklılığı) adlı makalelerinde, nemli ortamlarda tarihi yapıların kireç harçlarının dayanıklılığını araştırmışlardır. İklimsel ve çevresel koşullar, özellikle yüksek nem oranının bulunduğu ya da su ve tuzlarla doğrudan temasın olduğu durumlarda, inşaat malzemeleri üzerinde ciddi etkiler yaratır. Ancak bazı tarihi binalar günümüzde, muhtemelen özenli inşaat

teknikleri, doğru malzeme seçimi ve belirli bir teknoloji kullanımı sayesinde çok iyi korunmuştur. Eski harç bileşenlerine dair bilgi, kullanılan malzemelerin özel çevrelerdeki performanslarının anlaşılmasını sağlar ve bu da kültürel mirasın korunmasında yeterli ve uyumlu malzemelerin seçilmesine olanak tanır. Lizbon kıyısında, deniz kenarındaki çevresel etkiler altında kullanılan eski kireç harçları bu çalışma kapsamında incelenmiştir.

Pekmezci (2014), “Kireç Esaslı Malzemelerde Görülen Bozulma Sebepleri ve Onarım” isimli bildirisinde, kireç esaslı malzemelerde görülen bozulma sebepleri ve onarım yöntemlerini araştırmıştır. Kireç esaslı harç ve sıvalarda meydana gelen bozulma nedenleri ile bunların onarım yöntemlerinin bilinmesi, tarihi yapıların malzemelerindeki bozulmaların anlaşılması ve restorasyon sırasında uygun müdahale yöntemlerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Kireç esaslı malzemeler, zamana bağlı olarak çevresel etkenler, malzeme özellikleri, inşaat aşamaları ve işçilikten kaynaklanan çeşitli bozulmalara maruz kalmaktadır. Bu çalışmada, kireç esaslı malzemelerdeki bozulma sebepleri incelenmiş ve sorunların tespiti için kullanılan yöntemler tanımlanmıştır. Ardından, yapılarda izlenecek temel onarım yöntemleri ve onarım malzemelerinin seçimi konusunda görüşler sunulmuştur.

Aysal ve ark. (2016), “Knidos Antik Kentinde Kullanılan Yapıtaşları, Harç ve Sıvaların Mineralojisi, Petrografisi ve Yer Seçiminde Rol Oynayan Jeolojik Faktörler” adlı makalelerinde, Muğla ili Datça ilçesinde bulunan Knidos Antik Kenti'ndeki tarihi yapıların harç ve sıvalarının mineralojisi, petrografisi ve yer seçiminde rol oynayan jeolojik faktörleri araştırmışlardır. Kentin inşasında kullanılan yapı taşlarının, bölgede bulunan ocaklardan (özellikle Kayaköy, Göçgediği ve Karaböğürtlen Formasyonları) temin edildiği ve bölgede yapılacak çalışmalarla antik taş ocaklarına ulaşılabileceği belirlenmiştir. Bölgedeki tüflerin, Kos ve Nisiros Adaları'ndaki volkanlardan kaynaklandığı ve Nisiros Adası'ndaki volkanın patlaması sonucunda Datça Yarımadası'na kadar ulaşan küllerden oluştuğu anlaşılmıştır.

Güleç (2016), Divriği Ulu Camii ve Darüşşifası'nın yapı malzemelerini incelemiş ve koruma-onarım önerileri sunmuştur. Sivas'ın Divriği ilçesinde yer alan bu yapı, Anadolu Selçuklu Devleti'ne bağlı Mengücek Beyliği döneminde inşa edilmiştir. İnşaatına 1228 yılında başlanıp 1243 yılında tamamlanan Ulu Cami, Süleyman Şah'ın oğlu Ahmet Şah tarafından, Darüşşifa ise eşi Melike Turan Melek tarafından, Başmimar Muğis oğlu Ahlatlı Hürrem Şah'a yaptırılmıştır. Çalışmada, Divriği Camii ve Darüşşifası'nın yapı malzemelerinin nitelikleri ve sorunları incelenmiştir. Tarihi

camiden ve darüşşifadan alınan taş, harç ve sıva örnekleri laboratuvarında standart ve ileri analiz teknikleri ile incelenmiş; bu malzemelerin nitelikleri, sorunları ve bunların nedenleri belirlenmiştir. Harç ve sıva örneklerinin bağlayıcı içeriklerinin belirlenmesi sonucunda, yapıların onarım kronolojisi hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Analizler sonucunda, Divriği Ulu Camii ve Darüşşifası'nın koruma ve restorasyon uygulamalarında izlenecek yöntemler ve kullanılacak harç ve sıva içerikleri konusunda önerilerde bulunulmuştur.

Memiş (2016), “Boyabat Kaya Camii Restorasyon Projesi” isimli yüksek lisans tezinde, Sinop ilinde bulunan Boyabat Kaya Camii üzerinde araştırmalar yapmıştır. Boyabat Kaya Camii, Osmanlı Geç Dönem Mimarisi karakterini yansıtan unsurların kullanıldığı bir yapıdır. Bu çalışmanın amacı, camii için bir koruma projesi hazırlamak ve gelecek nesillere aktarımı için gerekli müdahalelerin nitelik ve kapsamını belirlemektir. Bu kapsamda, tarihi Boyabat Kaya Camii'nin günümüzdeki durumu ayrıntılı olarak betimlenmiş, rölöve, restitüsyon ve restorasyon önerileri sunulmuştur.

Sayın (2016), “Tarihi Yığma Yapıların Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi ve Uygulama Önerileri” adlı makalesinde, tarihi yığma yapıların malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve bu doğrultuda uygulama önerileri getirmek üzere araştırmalar yapmıştır. Tarihi yığma yapıların restorasyon sürecinde özgün malzemelerin seçimi, bilimsel analiz sonuçlarına dayanarak gerçekleştirilmelidir. Bu yaklaşım, yapıların tarihsel değerinin ve özgün kimliğinin korunması açısından zorunludur. 1800'lü yıllarda hastane binası olarak inşa edilen ve zaman içinde farklı işlevlerle kullanılan, günümüzde ise İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilimler Fakültesi olarak hizmet veren tarihi yığma bir yapının restorasyon süreci incelenmiştir. Bu kapsamda, ilk aşamada yapının farklı noktalarından örnekler alınarak malzeme karakteristikleri belirlenmiştir. Malzeme örnekleri üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. İkinci aşamada, analiz verileri değerlendirilerek yapı üzerinde gerçekleştirilecek restorasyon önerileri geliştirilmiştir. Restorasyon çalışmalarında ölçülebilir veriler esas alınarak, yapısal anlamda geri dönüşü olmayan yanlış uygulamaları önlemek ve yapının özgün yapısını korumak amaçlanmıştır.

Dabanlı ve ark. (2017), “Molla Güranî Camii'nde Kullanılan Yapı Malzemelerinin Karakterizasyonu” isimli makalesinde, İstanbul'un tarihi yarımadasında yer alan Molla Güranî Camii'nde kullanılan yapı malzemelerini, yerinde yapılan gözlemler ve yapıdan alınan örneklerle laboratuvar ortamında gerçekleştirilen

deneylerle incelemişlerdir. Bu çalışma kapsamında, malzemelerin bozulma sebepleri araştırılmış ve yapıdaki koruma uygulamaları için öneriler sunulmuştur.

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

Akyol ve ark. (2022), “Afyon Ulu Cami Arkeometrik Analizleri” isimli makalelerinde, Afyon ili içerisinde bulunan Ulu Cami yapısında kullanılmış olan yapısal ve dekoratif yapı malzemelerinin karakteristik özelliklerinin belirlenebilmesi için yapıdan alınan malzeme numuneleri deneysel yöntemlerle incelemişlerdir. Çalışma kapsamında yapılan deneyler sonucunda yapının inşasında kullanılmış olan taşların yerel kayaç kaynaklarından elde edilmekle birlikte andezit taşlar olduğu, taş/tuğla derz ve moloz dolgu harçlarının kireç ve kireç/kil karışumlu bağlayıcı içeriklerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Solak (2023), “Tarihi Büyük Hamam (Milas-Muğla) Yapısında Kullanılan Duvar ve Sıva Harçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi” adlı makalesinde, Milas’ta yer alan Beçin antik kentinin Büyük Hamam binasının duvarlarındaki örgü ve sıva harçlarını incelemiştir. Büyük Hamamdan alınan harç numuneleri üzerinde laboratuvar ortamında stereo mikroskopla petrografik inceleme, X-ışınları Difraktometresi (XRD), Termografik analiz (TG/DTA), X-ışını Floresans (XRF) spektrometresi, birim hacim kütle, kütlece ve hacimce su emme, özgül kütle, kompasite, porozite, asit kaybı ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucu, harçların temel fiziksel, mekanik ve hidrolik özellikleri ile mikro yapıları, doğal madde kompozisyonları, doğal maddelerin mineralojik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda yapıda bulunan duvar örgü ve sıva harçlarındaki bağlayıcı

malzemenin saf kireç harcı olduğu belirlenmiştir. Harçların hidrolik özellik göstermediği, ayrıca basınç dayanımlarının da düşük olması incelenen örneklerin hidrolik özellikte olmadığından dolayı yani harçların saf kireç harcı olmasından kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir.

Solak ve Çüçen (2023), “Tarihi Yapılarda Kullanılan Harç ve Sıvaların Karakteristik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi” isimli makalelerinde, Muğla Milas’ta bulunan Beçin antik kentindeki Yelli Medresesi ile Denizli ili içerisinde yer alan İlbade Mezarlığı’nda bulunan Osmanlı döneminde inşa edilen Namazgah yapısının inşasında kullanılmış olan duvar örgü ve sıva harçlarının fiziksel, mekanik, kimyasal ve mineralojik özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesini yapmışlardır. Bu kapsamda yapılardan alınan harç ve sıva numunelerinin; kütlece ve hacimce su emme değerlerinin, birim hacim kütlesi, özgül kütlelerinin, porozite ve kompasite değerlerinin, tek eksenli basınç dayanımlarının, termogravimetrik, elementel ve kimyasal kompozisyon ile mineralojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda her iki yapıda kullanılan harçların fiziksel, mekanik, kimyasal ve mineralojik özelliklerinin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Hidrolik özellik açısından sıva harçlarının hidrolik olduğu, duvar örgü harçlarının ise hidrolik olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapılarda kullanılan sıva harçlarının mekanik dayanımlarının duvar örgü harçlarına göre daha büyük olduğu belirlenmiştir.

2. GELENEKSEL HARÇ MALZEMELERİ

2.1. Geleneksel Harç Malzemenin Tarihsel Gelişimi

Harçlar, kağır malzemeler (taş veya tuğla) kullanılan yapılarda malzemeleri birbirine bağlamak, derzleme yapmak, düzgün korunmuş yüzeyler oluşturmak, eşit yük dağılımını sağlamak amacıyla kullanılan malzemelerdir (Güleç, 1992; Borelli, 1999; Pekmezci, 2012; Uğur, 2019). Bu nedenle harç malzemeler yapıların inşa sürecinde ve uygulama sonrasında önemli bir yeri olan malzemelerdir (Uğur, 2019). Harçlar ve sıvalar farklı tür bağlayıcılar, çeşitli ağırlıklarda ve hacimlerde agregalar ve doğal ya da sentetik katkı maddeleri ile su kullanılan karışımlar olup zamanla katılaşma özelliğine sahiptirler (Davey, 1961a). Harç ve sıva malzemelerinin içeriklerinin bilinmesi çok önemlidir ancak harç ve sıva malzemelerinin tarihi süreç içerisindeki gelişimini bilmek malzemeyi anlamamız açısından kıymetlidir (Güleç, 1992; Uğur, 2019). Çünkü araştırmalar sonucu tarihte yapılan yapılarda kullanılan geleneksel malzemeler, inşa edilen yapının çevresinde bulunan materyaller ile üretilmiştir (Akman, 2003a).

Tarihte ilk kullanılan harç topraktan yapılan kerpiçtir ve günümüzde özellikle kırsal yerleşimlerde halen kullanılmaktadır. Kerpiç içerisinde killi toprak, saman ve su eklenerek tarihte ilk olarak Orta Doğu'da kullanılmıştır (Cowper, 2000; Akman, 2003b). Kültepe, Acmühyük, Beycesultan, Çatalhöyük, Hacılar'da, eski Asur şehirlerinde bulunan kale surlarında kerpiç malzeme kullanımı görülmektedir. Bu yerleşim yerlerinde 3 metre yüksekliği geçen aynı zamanda hatıl bulunan duvarlar ile birlikte hatıl bulunmayan duvarlar da bulunmaktadır (Naumann, 1955; Sevin, 1991).

Kerpiç malzemenin yoğun olarak kullanıldığı yapılarda ise sıvalar, örülen duvarların dayanımını artırmak için kullanılmıştır (Davey, 1961b).

Harç malzemenin gelişimini incelediğimizde ise Antik Mısır'da alçı bağlayıcılı harç malzemenin kullanıldığını görmekteyiz. Ancak bu kullanım şekline baktığımızda alçı bağlayıcılı harcın düzgün taş örülmesi için kullanıldığını görmekteyiz (Davey, 1961b; Cowper, 2000; Pekmezci, 2012). Aynı zamanda Kudüs'te yapılan kazılar neticesinde milattan önce 8000 yıllarında yapıldığı düşünülen yapıların temellerinde taş kullanıldığı ve yapının geri kalanında ise kerpiç tuğlalar olduğu görülmüştür (Houben ve Guillaud, 1994).

Harçların Tarihi süreç içerisindeki gelişimi

Kudüste yapılan kazılarda buluntular, M.Ö. 8000 yıllarına ait yapılarda temellerin taş, üst bölümlerin ise **kerpiç** tuğla olduğu görülmüştür (Hugo Houben, 1994).

**M.Ö.
8000
Kudüs**

Mısırda M.Ö. 3000 yıllarına ait yapılarda bağlayıcı olarak **jips harçlarının** kullanıldığı görülmüştür. Jips harçları aynı zamanda Mezopotamya'da da bir çok tarihi yapıda görülmüştür (Davey, 1961; Torracca, 1981).

**M.Ö.
3000
Mısır**

Irak, Khafajede antik kireç fırını kalıntısı Mezopotamya'da **kireç harcı** kullanıldığını göstermektedir (Davey, 1961).

**M.Ö.
2450
Irak**

Rodos Kameronosdaki M.Ö. 500 yıllarına ait bir sarnıcın duvarlarında **puzolanik harç** kullanımı görülmüştür (Davidovits, 1993 ; Moropoulou ve ark., 2004).

**M.Ö.
500
Rodos**

M.S. 500 yıllarına ait Bizans dönemi yapılarında iri **tuğla kırığı içeren harç** kullanımı görülmüştür. 50-70 mm kalınlığında olan harç tuğlalarla karıştırılabilir kalınlığa gelmiştir. Bu harçlar beton ön uygulaması olarak nitelendirilmiştir (Livingston, 1993).

**M.S.
500
Bizans**

**13. yy.
Selçuklu
Dönemi**

13. yy' da Selçuklu Dönemine ait yapılarda **doğal puzolanlı harç** kullanımı görülmüştür (Tuncoku, 2001).

14. Yüzyılda yapılmış olan ve Saruhan Beyliği Dönemi yapısı olan Manisa Çukur Hamamda **doğal ve yapay puzolanlı harç** kullanımı görülmüştür (Esen ve diğer., 2004).

**14. yy
Saruhan
Beyliği**

**15 yy ve
sonrası
Osmanlı
Dönemi**

15. Yüzyıl ve sonrası Osmanlı dönemi eserlerinden Rumeli Hisarı, Süleymaniye Cami, Yeni Cami vb. yapılarda **tuğla ya da kiremit kırıkları/tozu içeren horasan harcı** kullanıldığı görülmüştür (Akman ve diğer., 1986).

18. Ve 19. yüzyılda Osmanlı yapılarında İtalya kökenli puzolanlar ile **has harç** adı verilen kireç harçları kullanımı görülmüştür (Akman ve diğer., 1986).

**18. Ve
19. yy
Osmanlı
Dönemi**

**1756-
1830
İngiltere**

1756-1830 yılları arası İngilterede Smeathon ve Parker isimli mühendisler kil içeren kalker taşlarından hidrolik kireç elde etmişlerdir. 1818'de Vicat, killi taşlar ile kalker taşları karıştırıp hidrolik kireci yapay elde etmiştir. (Baradan, 2000).

1824'de İngiltere' de Joseph Aspdin, kireç kil karışımı sonucu Portland çimentosunu elde etmiştir (Baradan., 2000).

**1824
İngiltere**

1835

1835'de Isaac Charles Johnson günümüz çimentosunu üretmiştir (Baradan, 2000; Neville, 1975).

Şekil 2.1. Harç malzemenin tarihi süreç içerisindeki gelişimine genel bir bakış (Davey, 1961a; Neville, 1975; Torracca, 1981; Akman ve ark., 1986; Davidovits, 1993; Livingston, 1993; Houben ve Guillaud, 1994; Baradan, 2000; Tuncoku, 2001; Esen ve ark., 2004; Moropoulou ve ark., 2004)

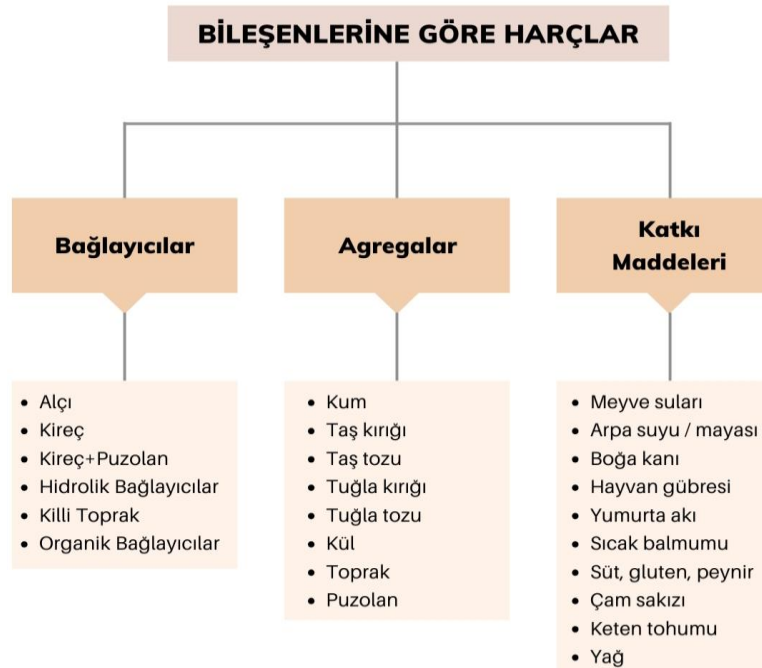
Antik Yunan'da ise sıvaların, yapıda kullanılan kireç taşı malzemesinin üzerindeki boşluklu yüzeyi düzlemek ve üzerine süsleme yapmak için kullanıldığı görülmektedir (Davey, 1961b; Cowper, 2000). Mısırdan milattan önce 3000 yıllarına ait olan yapılarda harçlarda bağlayıcı olarak jips harçların kullanıldığı görülmüştür, Jips harçları aynı zamanda Mezopotamya bölgesinde de görülmüştür (Davey, 1961a; Torracca, 1981). Jips suda çözünen bir malzeme olmasına rağmen tarihi yapılarda bir çok yerde kullanılmıştır (Middendorf ve Knöfel, 1998). Kireç harçlarının hidrolük özelliği (suya dayanım) puzolanlarla gerçekleşmiştir. Puzolanların bulunduğu bölgelerde hidrolük harç üretimi daha erkenden başlamıştır (Davidovits, 1993; Moropoulou ve ark., 2004; Kuleli, 2005). Bizans döneminde ise harç malzemelerin mukavemeti ve kalınlığı artmıştır. Harçlarda artan derz kalınlığı tuğlaların yüksekliğine yaklaşmış olup, 60-70 milimetreye kadar yükselmiştir ve içerisindeki tuğlaların ebatları 1 santimetreye kadar çıkmıştır (Livingston, 1993). Anadolu Selçuklu ve Beylikler döneminde ise doğal ve yapay puzolanın kullanımı yaygın görülmekte olup, 13. yüzyılda ait tarihi yapılarda ise yapay puzolandan ziyade doğal puzolan kullanımı görülmektedir (Tuncoku, 2001). Puzolanik maddelerin kullanımı rönesans dönemi ile birlikte tekrar başlamıştır (Swallow ve Carrington, 1995). Osmanlı dönemi eserlerinde Yeni camii, Rumeli hisarı, Sultan Ahmet külliyesi gibi yapılarda horasan harcı kullanılmıştır. Kullanılan horasan harçlarında tuğla kırıkları, kiremit kırıkları bulunmaktadır ve horasan harcının mukavemeti kireç harçlarına oranla yüksektir (Akman ve ark., 1986). 1824 yılında ise kireç ve kil karışımı olan Portland çimentosu bulunmuştur (Neville, 1975; Baradan, 2000). Harçların tarih içerisinde değişimine baktığımızda zamanla hidrolük özellikler kazandığını, yer yer kalınlığının arttığını, malzeme seçiminde bağlayıcı olarak killi toprak, alçı, kireç, puzolan katkılı kireç ve Portland çimentosu kullanıldığını görülmektedir (Şekil 2.1.).

Tarihi süreç içerisinde harç malzemenin gelişimi dışında harç malzemelerini incelediğimizde işlevlere göre gruplara ayrıldığı görülmektedir (Rossi-Doria, 1990). İşlevlerine göre grupları; sıvalar, kaplama harçları, dekoratif amaçlı kullanılan harçlar, kagir yapı harçları, özel harçlar sıralanabilir (Rossi-Doria, 1990). Bu gruplara ait harçlar Şekil. 2.2.'de belirtilmiştir.



Şekil 2.2. Harçların işlevlerine göre sınıflandırılması (Rossi-Doria, 1990)

Harçları incelediğimizde bileşenlerine göre de alt başlıklara ayrıldığı görülmektedir. Bu alt başlıklar; bağlayıcılar, agregalar ve katkı maddeleridir (Şekil 2.3.). Bağlayıcıları incelediğimizde kullanılanlar; alçı, kireç, kireç ve puzolan, hidrolik bağlayıcılar, killi toprak, organik bağlayıcılardır. Agregalara ise kum, taş kırığı, taş tozu, tuğla kırığı, tuğla tozu, kül, puzolan örnek olarak gösterilebilir. Katkı maddelerine ise yağlar, hayvan kanları, bitki/meyve özleri, yumurta, şeker, süt ve süt ürünleri, çam sakızı, gübre, arpa suyu, arpa mayası vb. örnek verilebilir (Rossi-Doria, 1990).



Şekil 2.3. Harçların bileşenlerine göre sınıflandırılması (Rossi-Doria, 1990).

2.1. Bağlayıcılarına göre harçlar

Bağlayıcı maddeler su ile karıştırıldığında sıvı halden katı hale geçen malzemeler olup kum, taş, çakıl, tuğla kırığı gibi doğal ya da yapay dolgu maddelerini bağlayan maddelerdir (Artel ve Dibağ, 1969; Torracca, 1982; Ashurst ve Ashurst, 1988; Akman, 1990; Güleç, 1992; Borelli, 1999). Bağlayıcı maddeler sıvı halden katı hale geçerken oluşan fiziko-kimyasal olaya prizlenme denir ve prizlenme olayı belirgin olmadığı için katılaşmanın belirli bir düzeye ulaşmasına prizlenme denir (Akman, 2003b).



Şekil 2.4. Katılma özelliklerine göre bağlayıcı malzemeler (Artel ve Dibağ, 1969; Torracca, 1982; Ashurst ve Ashurst, 1988; Güleç, 1992; Borelli, 1999; Kozlu, 2010)



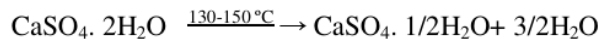
Şekil 2.5. Eckel tarafından yapılan sınıflandırmaya göre bağlayıcılar (Eckel, 1905; Baturayoglu Yöney, 2008; Kozlu, 2010; Uğur, 2019)

Bağlayıcı maddeler katılaşma (prizlenme) özelliklerine göre üçe ayrılır; su kaybı ile katılaşanlar, su ile tepkimeye girerek katılaşanlar, hava ile katılaşanlar (Şekil 2.4.) (Artel ve Dibağ, 1969; Güleç, 1992; Borelli, 1999; Kozlu, 2010).

Eckel'in tarafından 1902 yılında yapılan sınıflandırmaya göre bağlayıcı malzemeler iki gruba ayrılmaktadır. Bu iki grup basit bağlayıcı malzemeler ve karmaşık bağlayıcı malzemelerdir (Eckel, 1905; Baturayoğlu Yöney, 2008; Kozlu, 2010; Uğur ve Güleç, 2014)

2.1.1. Alçı Bağlayıcılı Harçlar

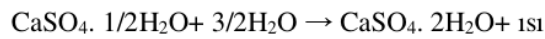
Alçı, alçı taşının farklı sıcaklıklarda pişirilerek suyunun buharlaştırılması ile elde edilir. Bu işlemden sonra toz haline getirilen alçı su ile karıştırılarak bağlayıcı özelliğini kazanmaktadır (Gürdal, 1976). İnorganik bir madde olan alçı kullanılan eski bağlayıcılardan biridir ve elde edildiği kaynakların çoğunda kalsiyum sülfat bulunmaktadır (Tuncoku, 2001). Alçının elde edildiği maddelerde bulunan kalsiyum sülfat suda çözündüğü için nemli hava koşullarına dayanımı düşüktür. Bu nedenle genellikle iç mekânlarda kullanılmasına rağmen İtalya ve Almanya'da duvarlarda da kullanılmıştır (Avdan; Davey, 1961b; Ashurst ve Ashurst, 1988; Collepardi, 1990; Livingston, 1993; Kozlu, 2010).



$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: Doğadaki alçıtaşı

$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$: Kalsiyum sülfat hemi hidrat

H_2O : Su



$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$: Kalsiyum sülfat hemi hidrat

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: Sertleşmiş alçı

H_2O : Su

Şekil 2.6. Alçıtaşının kimyasal tepkime ile alçıya dönüşümü (Torraca, 1982; Kozlu, 2010)

Alçı malzeme katılaştığında hacimce büyüme gösterdiği için agrega/dolgu malzemesi gerektirmez. Alçı harçta hidrasyonun süresini az olup, 3 ile 15 dakika arası

sürmektedir. Alçı malzemenin katılaşma (prizlenme) süresini artırmak için şeker, alkol, sitrik asit gibi katkıları kullanılırken, katılaşma süresini azaltmak için tuz, şap gibi katkıları kullanılır (Gürdal, 1976; Borelli, 1999; Mavi, 2000; TS EN ve 13279-1, 2007; Kozlu, 2010)

2.1.2. Kireç Bağlayıcı Harçlar

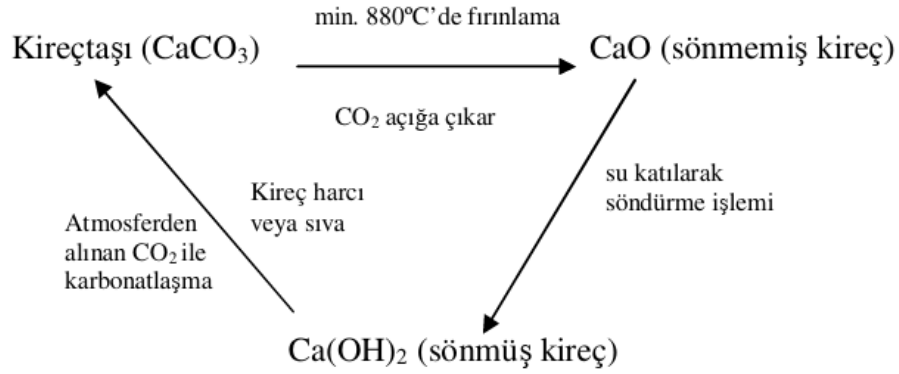
Kireç, tarihte harç ve sıvalarda kullanılan, sönmemiş kireç, hidrate kireç ve hidrolik kirecin biçimlerini içeren çoğunlukla büyük oranda kalsiyum karbonata sahip malzemedir. Kireç, kireçtaşının (CaCO_3) ve dolomitin $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 850 – 1400 °C’de pişirilmesi ile elde edildiği için kireçtaşlarının iki gruba ayrıldığını söyleyebiliriz. Yüksek kalsiyum içeren kireçtaşlarında %97 ile % 99 arasında (CaCO_3) bulunmaktadır. Dolomit kireçtaşlarında ise %43 oranlarına kadar yükselen magnezyum karbonat (MgCO_3) bulunmaktadır.

Kireçtaşının pişirilmesinden sonra toz haline getirilen kireç su ile karıştırıldığında katılaşan bir maddedir (Eckel, 1905; Torracca, 1982; Ashurst ve Ashurst, 1988; Borelli, 1999; Allen ve ark., 2003).

Kirecin elde edildiği kireçtaşı oluşumlarına göre üç gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar; kimyasal kireçtaşları, organik kireçtaşları, klastik kireçtaşlarıdır. Kirecin eski dönemlerde elde edilme aşamalarını sıraladığımızda;

- İlk aşamada toprak içerisine çukur açılır
- Çukurda bulunan ateş kaynağının üzerine kireç taşı, kireç taşının üzerine ateş kaynağı şeklinde alması düzen oluşturulur.
- Üzeri örtülen çukurun üzerine, pişirme işlemi sırasında ortaya çıkan gazların tahliyesi ve hava alması için bir delik açılır.
- Pişirme işlemi sonrası kireç maddesi toz hale getirilir (Ashurst ve Ashurst,1990; Swallow ve Carrington,1995).

Bu basit teknik yerini zaman içerisinde sürekli yükleme ve pişirme yapılan iki tür fırına bırakmıştır (Ashurst ve Ashurst,1990; Swallow ve Carrington,1995). Pliny Mısırlıların kireç ürettiklerini söylese de en yaygın kullanıma Roma ve Yunan döneminde rastlanmıştır (Collepari, 1990).



Şekil 2.7. Hidrolik olmayan kirecin fırınlanması, sönme aşaması ve sertleşme aşamasının döngüsü (Torraca, 1982; Kozlu, 2010).

2.1.3. Kireç ve Puzolanlı harçlar

Hidrolik olmayan kireçlerin kireçleştirme süreçleri atmosferdeki karbondioksit (CO_2) oranına bağlı olan ve yavaş işleyen bir süreçtir. Hidrolik olmayan kireçle yapılan harcın yapısı ve harcı çevreleyen diğer malzemeler de kireçleştirme sürecinde belirleyici rol oynamaktadır. Hidrolik olmayan kireç ile örülen kalın bir kâgir duvarda hidrolik olmayan kireç tam olarak sertleşmeyebilir. Bunun nedeni hidrolik olmayan kireç ile yapılan harcın atmosferdeki hava ile teması sonucu temas eden dış katmanının sertleşip kabuk oluşturup havanın iç katmanlara temas etmesini önlemesidir. Böylece iç katman sertleşmeyebilir. Bu süreç nedeniyle geçmişte hidrolik olmayan kirece hidrolik özellik kazandıracak katkı maddeleri eklenmiştir (Swallow ve Carrington, 1995).

Harcın boşluk yapısı ve harcı çevreleyen diğer malzemeler de bu süreçte belirleyicidir. Kalın bir kâgir duvarda kullanılan hidrolik olmayan kireç hiçbir zaman tam olarak sertleşmeyebilir çünkü harç, duvarın dış yüzeylerinde daha hızlı katılaşarak bir kabuk oluşturacak ve diğer kısımların hava ile temas oranını azaltacaktır. Bu nedenle geçmişte genellikle kirece hidrolik özellik kazandıracak katkı maddeleri kullanılmıştır. İlk kullanımının erken dönemlerde olduğu düşünülen volkanik kül veya tuğla parçaları ilaveli kireç harçları uygulaması, MS 1. yüzyılda Vitruvius tarafından kaydedilmiştir.

Vitruvius, harçlarda kullanılan katkı maddelerinden şu şekilde bahsetmektedir: *"Doğal etkenler nedeniyle şaşırtıcı sonuçlar veren bir başka toz türü daha vardır. Baiae yakınlarında ve Vesevius Dağı'nın eteklerindeki şehirlerin çevresinde bulunur. Bu madde, kireç ve molozla karıştırıldığında sadece çeşitli yapıların dayanıklılığını artırmakla kalmaz, aynı zamanda denizdeki iskelelerde kullanıldığında su altında sertleşir."* (Vitruvius, 1998).

Vitruvius'un sözünü ettiği bu toz, Napoli yakınlarındaki Pozzuoli'de bulunan ve alümina, silika, magnezyum ve demir oksitleri içeren volkanik bir küldür. "Puzolan" ismi buradan gelse de, hidrolik olmayan kirece hidrolik özellikler kazandıran herhangi bir katkı maddesi de bu isimle anılabilir (Swallow ve Carrington, 1995).

İtalya (Pozzuoli, Civita Vecchia ve Roma çevresi) dışında, en iyi bilinen diğer doğal puzolanik katkı kaynakları; güneydoğu Fransa'daki Asor adaları, Tenerife (Kanarya Adaları) ve Japonya'da elde edilen volkanik puzolanlar, Almanya'daki Andernach ve Bavyera'da bulunan tras ve Yunanistan'ın Santos adasında mevcut olan Santorin toprağıdır (Davey, 1961b; Baronio ve Binda, 1997).

Aynı şekilde ponzadan da bu amaçla faydalanılmıştır. Bazalt gibi diğer camsı volkanik malzemeler de iyice öğütüldükten sonra kireç harçlarına eklenince çok güçlü olmayan puzolanik özellikler gösterebilmektedir (Gibbons, 1999; Groot ve ark., 2000; Güney, 2012)

Doğal puzolanların büyük ölçüde silisyum dioksit (SiO_2), alüminyum oksit (Al_2O_3), demir oksit (Fe_2O_3) ve diğer oksitlerden meydana geldiği bilinmektedir (Allen ve ark., 2003).

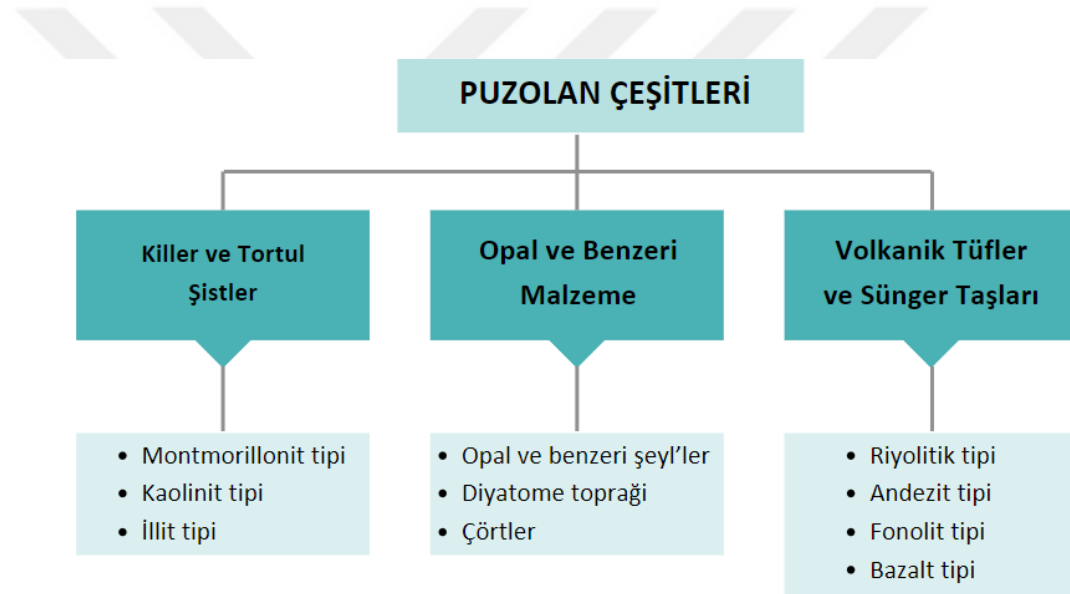
Romalılar döneminde puzolanik özellikleri için, düşük sıcaklıklarda pişirilmiş ve öğütülmüş kiremit veya tuğla parçaları kullanılmıştır. Roma mimarisinde "cocciopesto" olarak adlandırılan bu tarz karışımlar, özellikle su yalıtımı gerektiren sarnıç, kuyu veya su kemeri gibi yapılarda geniş biçimde kullanılmıştır (Bakolas ve ark., 1998). Batı Asya ve Orta Doğu'da "Horasan harcı" olarak bilinen, tuğla-kiremit kırıntısı/tozu ve kirecin karıştırılmasıyla oluşan bu harç türüne Bizans, Selçuklu ve Osmanlı eserlerinde yaygın olarak rastlanmaktadır. Bu harçlar kireç, tuğla veya seramik parçaları ve tozları gibi yapay puzolanlar ve diğer agregaları içeren kompozit malzemelerdir (Bakolas ve ark., 1998).

Çok ince öğütülmüş kil mineralleri 600-900 °C arasında pişirildiğinde yüksek puzolanik aktivite gösterir. Bu tür killeri içeren tuğla/kiremit kırıntısı veya toz gibi malzemeler kireçle karıştırıldığında, bağlayıcı özelliklerini artıran ürünler oluşturmak üzere reaksiyona girerler (Baronio ve Binda, 1997).

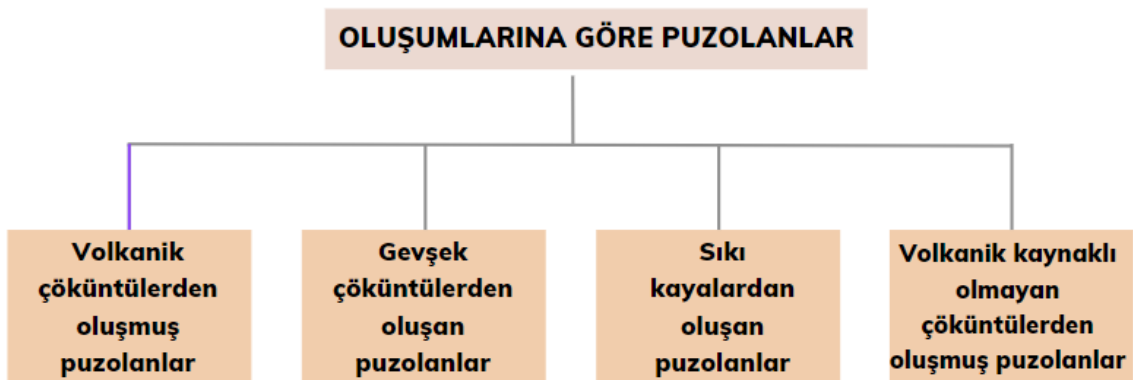
Kireçtaşının pişirilmesi sırasında kireçle karışan küller, kirecin söndürülmesi sırasında temizlenmezse malzemeye hidrolik özellik kazandırmaktadır (Akman, 1998). Osmanlı İmparatorluğu'nda özellikle Suriye bölgesinde hamam cüruf ve küllerinin de bu amaçlarla katkı maddesi olarak kullanılmış ve bu malzemeye "kozromil" adı

verilmiştir (Akman, 2003b). Yüksek oranda şist, bazalt, feldspat ve mika içerikli killi kumlar da kısmen puzolanik olarak kullanılmaktadır (Gibbons, 1999).

Volkanik küllerin veya tuğla kırıklarının eklendiği kireç harçlarının kullanımının nasıl yapıldığı M.S. 1. yüzyılda Vitruvius ile belgelenmiştir (Pekmezci, 2012). Doğal etkenler nedeniyle şaşırtıcı sonuçlar veren bir toz türü daha vardır. Bu madde kireç ve molozla karıştırıldığı zaman, yalnızca çeşitli yapıların dayanıklılığın artırmakla kalmaz, denizde iskelelerin ayaklarında kullanıldığında suyun altında sertleşir (Vitruvius, 1998). Puzzoli'den elde edilen, alümina, silika, magnezyum ve demir oksitler içeren volkanik küllerdir. Puzolan ismi buradan gelmekle birlikte, hidrolik olmayan kireçlere hidrolik özellik kazandıran her tür katkı bu isimle anılabilmektedir (Swallow ve Carrington, 1995).



Şekil 2.8. Puzolan çeşitleri (Taşkın, 1984; Koçu, 1997)



Şekil 2.9. Oluşumlarına göre puzolan çeşitleri (Massaza, 1989; Koçu, 1997)

2.1.4. Hidrolik Kireç Bağlayıcı harçlar

Genel itibariyle hidrolik kireçler, hidrolik olmayan kireçlerden farklı şekilde karbondioksit ihtiyacı duyulmadan sertleşebilen kil katkılı kireçtaşlarından üretilen kireçlerdir. Kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat ile silikat ve alüminat içeren kireçtaşından elde edilen hidrolik kireçler, bu kireçtaşlarının 900 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda kızdırıldıktan sonra toz haline getirilmesi ve suyla karıştırılarak su içerisinde veya açık havada belirli sürelerde sertleştirilmesiyle oluşan üründür (Torraca, 1982; Ashurst ve Ashurst, 1988; Swallow ve Carrington, 1995; Cowper, 2000)

Hidrolik kirece su eklenince içeriğindeki silikat ve alüminat, tepkimeye girerek kalsiyum silikat ve kalsiyum alüminatı oluşturur. Başka bir ürünün ısıyla dönüştürülmesi sayesinde olduğu için suni kökenli olarak tasnif edilmektedir. Fakat eğer hidrolik kireç, içerisinde farklı oranlarda doğal kil mineralleri (atapulgit, kaolin, montmorillonit gibi) içeren bir kireç taşından oluşuyorsa buna doğal hidrolik kireç adı verilir. Özetle hidrolik kireç üretimi denilen süreç, kalsiyum alüminat ve kalsiyum silikatın 500, 850 ve 1000 °C sıcaklıklardaki bir fırında ısıtılmasıyla meydana gelen kimyasal ve termal oluşumların bir sonucudur. Ayrıca çok az miktarda demir veya bazı alkali metaller, kükürt veya sülfat izleri de gözlemlenebilir (Torraca, 1982; Ashurst ve Ashurst, 1988; Swallow ve Carrington, 1995; Cowper, 2000)

Hidrolik kireçlerde, hava kireciyle pişirme adımları benzer olmasına rağmen kalsinasyon işlemi sırasında hava kirecine kıyasla çok daha karmaşık reaksiyonlar meydana gelebilir. Kireçtaşının içeriğindeki katkı maddelerine ve pişirme sıcaklıklarına bağlı olarak farklı özelliklere sahip hidrolik kireçler oluşabilir (Ashurst ve Ashurst, 1988) Oluşacak ürünün hidrolik özellikleri büyük ölçüde kirecin içerdiği silikat ve alüminat miktarına bağlıdır ancak aynı zamanda pişirme sıcaklığına da bağlı olabilir (Lynch, 1998, s. 10). Vicat'ın yaptığı çalışmalara göre hidrolik kireçler %66 ile %90 arası oranda kireç ve %10 ile %34 arası oranda kil içermelidir (Vicat, 2014). Bu çalışmalara göre hidrolik kireçteki kil oranı arttıkça hidrolik kirecin kuvveti de artmaktadır. Henry Scott RE ise 1870 senesinde, hidrolik kirece kalsiyum sülfat (alçıtaşı) ekleyerek yeni bir yaklaşımda bulundu. Sülfat, kirecin prizlenmesini hızlandırmıştır fakat dayanımını azaltmıştır. Bu tarz karışımlar ise çoğunlukla sıvalarda tercih edilmiştir (Swallow ve Carrington, 1995).

2.1.5. Killi Bağlayıcı Harçlar

Killi toprak yapı malzemesi olarak eski çağlardan beri kullanılmaktadır. Killi toprak malzeme, ulaşımının kolay olması, ekonomik olması gibi sebeplerden dolayı eski çağlardan beri yaygın olarak kullanılmaktadır (Koçu ve Korkmaz, 2004). Kil malzemenin oluşumunda kilin kaynağı olan ana kayaçlar kadar kil malzemenin taşınması, yıkama süreci ve kimyasal tepkimeleri de büyük önem taşımaktadır (Malayoğlu ve Akar, 1995).

Geçmişten günümüze kil çeşitli sıcaklıklarda pişirilerek farklı şekillerde yapılarda kullanılmışlardır. Kilin kullanım şekillerine seramik, tuğla, kiremit, künk, çini, fayans gibi örnekler verilebilir (Eriç, 2002). Killi toprak eski çağlardan bu yana kerpiç yapımının yanı sıra yapı inşaatlarında bağlayıcı malzeme olarak da kullanılmıştır (Artel ve Dibağ, 1969; Borelli, 1999).

Killer volkanik kayaçların çözünmesinden elde edilmekte olup, topraklardan, kayaçlardan elde edilen killerin boyutu 0,002 milimetreden küçüktür (Malayoğlu ve Akar, 1995; Karakaya, 2006). İnce taneciklerden oluşan kil, su ile karıştırıldığında yapışkan ve kolay şekillendirilebilir bir hal almasına rağmen dayanımı oldukça düşüktür (Roy, 1953; Artel ve Dibağ, 1969; Sazcı, 2001; Acun ve Gürdal, 2003). Su ile karıştırılan kilin düşük dayanımı ise lifli maddelerle artırılmaya çalışılmıştır. Bu uygulama ülkemizde yaygın görülen kırıltı ile karıştırılan toprak harcında görülmektedir. Killi toprak bağlayıcı harca eklenen lif aynı zamanda rötrenin de azalmasını sağlamaktadır (Pekmezci, 2012). Ancak fazla lifli malzemenin killi toprak harcında kullanılması ise harcın zayıflamasına neden olur (Kozlu, 2010).

Killi toprak harcına eklenen lifler, kum ve farklı organik katkı maddeleri ile elde edilen sıvalar, kerpiç bloklar inşaatlarda kullanılmıştır. Bu yapı malzemelerinin kullanım şekilleri ise ahşap iskelet arası dolgu, duvar yüzeyini kaplama ve yapı malzemelerini bağlayıcı harç olarak sıralayabiliriz (Şekil 2.10.) (Pekmezci, 2012; Dirican ve Akyol, 2019).

Killerin içeriğinde bulunan birçok organik madde ve suda çözünebilir tuzlar kilden elde edilen harcın hem dayanımını düşürür hem de su ile temasta tuzlar tepkimeye girerek bozulmaya neden olur (Malayoğlu ve Akar, 1995).



Şekil 2.10. Killi toprak harcın uygulanmasının çeşitleri (Cookckson, 2010; Dirican ve Akyol, 2019)

Farklı tarihi dönemlere ait yapılar incelendiğinde moloz taş ile örülen temel duvarlarında kil içeren harçların olduğu görülmüştür (Dassler, 1990; Nandadeva, 1990; Sumanov, 1990; Pekmezci, 2012). Bu harçların içeriğinde kireç de bulunmaktadır (Dassler, 1990; Nandadeva, 1990; Sumanov, 1990; Pekmezci, 2012). Killi toprak ile hazırlanan harçların içerisine alçı ve kireç malzemenin eklenmesinin sebebi killi toprak harcının dayanımını artırmaktır (Eric, 1980). Doğal yapısında kalker bulunan topraklardan elde edilen harçların dayanımını artırmak için ise tuğla kırığı ve tuğla tozu agrega olarak eklenmiştir (ICOMOS, 1993).

Anadolu'da Neolitik Dönem'de Çatalhöyük, Aşıklı Höyük ve Hacılar gibi yerleşimlerin yanı sıra Kalkolitik Dönem'de Can Hasan ve Alishar gibi merkezlerde, Hitit Dönemi'nde ise Kültepe ve Boğazköy gibi pek çok yerde evlerin kerpiçten yapıldığı gözlemlenmektedir (Naumann, 1955; Mellart, 2003).

2.2. Dolgu Maddeleri (Agregalar)

Geçmişten günümüze gelen süreçte harç üretiminde bağlayıcı malzemenin hem üretilmesi hem de erişimi ekonomik olarak zor olmuştur. Bu nedenle daha az bağlayıcı malzeme ile daha fazla hacim kaplayan harç üretimi için dolgu malzemeleri harç karışımlarında kullanılmıştır. Bahsi geçen dolgu malzemelerine örnek olarak taş tozu, taş kırığı, kum, tuğla tozu, tuğla kırığı, çakıl taşları, puzolana, keramik kırığı, tras, kül

vb. örnek olarak verilebilir (Davey, 1961a; Güleç, 1992; Borelli, 1999; Pekmezci, 2012; Uğur, 2019).

Dolgu maddelerini incelediğimizde farklı şekillerde, farklı boşluk oranlarına sahip, farklı renklere, farklı ebatlara, farklı kimyasal yapılara sahip olduğunu söyleyebiliriz ve dolgu maddelerindeki bu farklılıklar harcın mukavemetine doğrudan etki etmektedir (Güleç, 1992; Pekmezci, 2012; Uğur, 2019). Agregalar olarak kullanılan malzemeler farklı kimyasal yapılara sahip olsalar bile çoğunluğunun içeriğinde genellikle silikat ve karbonat bulunmaktadır (Güleç, 1992; Uğur, 2019). Harçlardaki mukavemete agregaların köşeli yapıda olması, ocak ve derelerden elde edilmesi olumlu etki eder (Swallow ve Carrington, 1995).

Tarihte harç malzemelerde kullanılan dolgu malzemeleri, çoğunlukla inşaatı yapılacak binanın yakın çevresinde bulunan kaynaklardan elde edilmiştir (Rossi-Doria, 1990; Swallow ve Carrington, 1995). Harç malzemelerde yer yer eski harçların öğütülüp, harç malzeme olarak tekrar dolgu malzemesi olarak kullanıldığı görülmüştür (Rossi-Doria, 1990; Swallow ve Carrington, 1995; Pekmezci, 2012).

Dolgu maddesi olarak kullanılan malzemelerin bir kısmı harçta bulunan bağlayıcı malzeme ile reaksiyona girerken bir kısmı ise reaksiyona girmez (Güleç, 1992). Reaksiyona giren agregaları incelediğimizde ise bu agregaların ortak noktalarının puzolanik özellik taşımaları olduğu görülmüştür (Güleç, 1992). Puzolanik özellik taşıyan agregalar, harç malzeme bulunan bağlayıcı malzeme ile yavaş bir şekilde reaksiyona girmektedir (Güleç, 1992). Agregaların bir kısmı harcın puzolanik özelliğinin artmasını sağlarken bir kısmı ise sadece hacminin artmasını sağlar (Pekmezci, 2012).



Şekil 2.11. Çeşitli dolgu malzemelerinin görselleri

Harç ve sıvalarda ideal agrega boyutlarının seçilmesi ve büyük boyuttaki agregaların arasına küçük boyuttaki agregaların yerleştirilmesi ile hazırlanan harç ve sıva malzemelerin priz sonrası dayanımı çok yüksek olup sertleşme sürecinde de daha az hacim kaybı yaşar (Davey, 1961a).

Harç malzemelerde kullanılacak dolgu malzemelerinin ayrışmaya uğramamış olması ve dayanıklı olması gerekmektedir (Güleç, 1992). Dolgu malzemeleri suda çözünabilir ya da suda az çözünabilir özelliğe sahip olmamalıdır (Güleç, 1992). Agrega olarak kullanılan kumlarda dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Bunlar;

- Kumun ocaktan elde edilmesidir. Eğer ocaktan elde edilmediyse kumda bulunan katkı maddeleri harç karışımına farklı etkileyebilir (Güleç, 1992; Vitruvius, 1998).
- Deniz kumlarının tuzdan arındırılması gerekmektedir. Eğer tuzdan arındırılmazsa kumda bulunan tuz, yağış vasıtasıyla su ile reaksiyona girip harcın yapısını bozabilir (Güleç, 1992; Vitruvius, 1998).
- Ocak kumlarının ise kilden arındırılması gerekmektedir (Güleç, 1992; Vitruvius, 1998).
- Kömürün atık malzemesinden elde edilen dolgu maddesinin harçta kullanımı %25 oranını geçmemelidir (Güleç, 1992; Eriç, 2002; Kozlu, 2010; TS EN ve 1936, 2010)

2.2. Katkı Maddeleri

Tarihte harç ve sıva karışımlarına su iticilik özelliğe sahip puzolanik madde kullanımı bazı bölgelerde bilinmekteydi. Puzolanik maddelerin kullanımını bilenler Romalılar, İngilizler, Almanlar, Hollandalılardır (Sickels, 1981; Güleç, 1992). Fakat geçmişte insanların puzolanik maddeye ulaşımı zor olduğu için harç ve sıva karışımlarına bazı katkı maddeler eklemişlerdir (Uğur, 2019). Eklenen katkı maddelerle harç ve sıvalara bazı özellikler kazandırılmıştır(Sickels, 1981; Güleç, 1992). Bu özellikleri;

- Harç ve sıvanın priz süresinin artırılması
- Harç ve sıvanın priz süresinin azaltılması
- Harç ve sıvada çalışma kolaylığı sağlanabilecek forma ulaştırılması
- Harç ve sıvada karbonatlaşmayı hızlandırması

- Harç ve sıvada karbonatlaşmayı yavaşlatması
- Harç ve sıvanın dayanımını artırması
- Harç ve sıvaya su iticilik özellik kazandırılması sıralayabiliriz (Sickels, 1981; Ashurst ve Ashurst, 1988; Güleç, 1992; Vitruvius, 1998; Cowper, 2000; Böke ve ark., 2004).

Geleneksel Harç ve Sıvalarda Kullanılan Katkı Maddeleri

* İncir suyu	* Süt	* Bitkisel yağlar
* Meyve suyu	* Gluten	* Üre
* Arpa suyu	* Kaymak	* Arpa mayası
* Boğa kanı	* Peynir	* Çam sakızı
* Karaağaç kabuğu	* Kıtık	* Keten tohumu yağı
* Hayvan gübresi	* Hayvan kılı	* Bira
* Sıcak balmumu	* Arap zamkı	* Üre
* Yumurta akı	* Kazein	* Hayvansal yağlar

Şekil 2.12. Geleneksel harç ve sıva malzemelerde kullanılmış olan bazı katkı maddeleri (Sickels, 1981; Ashurst ve Ashurst, 1988; Güleç, 1992; Cowper, 2000; Böke ve ark., 2004; Pekmezci, 2012; Uğur, 2019)

Vitruvius tarafından aktarılan bilgilerde deniz kenarlarında ve nehir kenarlarındaki iskele inşaatlarında katranın kullanıldığı görülmektedir (Vitruvius, 1998). Yine Vitruvius tarafından aktarılan bilgilere göre su sarnıç ve kanalların birleşme yerlerinde yağ ile karıştırılmış kireç harcı kullanılmasının önerildiği görülmektedir (Vitruvius, 1998). Pliny'nin aktardığına göre ise milattan önce 450 yılında Elis tapınağında kullanılan harç malzemedde safranin ve sütün harcın hamuruna karıştırılıp kullanıldığı görülmektedir (Cowper, 2000).

Harç ve sıva malzemelerde hayvan kılı ile bitki lifleri harç ve sıvanın dayanımını artırmak için kullanılmıştır (Sickels, 1981). Harç ve sıvada kullanılacak kılın belirli özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler kılın temiz olması, kılın yağından arındırılmış olması, kılın sağlam ve sağlıklı yapıda olmasıdır. En çok tercih edilen kıl öküz kılıdır. Bir metreküp harçta 4 kilogram hayvan kılı kullanıldığında harçta istenilen dayanım elde edilir (Sickels, 1981). Hayvan kılı ile elde edilen özellikle harç karışımına eklenen kıtık ile de sağlanmaktadır.

Hayvansal yağlar, balmumu, bitkisel yağlar harç ve sıva malzemelerde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise yağ ve suyun heterojen karışım

oluşturmasıdır. Harçta bulunan yağ herhangi bir etmenle su ile temas ettiğinde reaksiyona girmeden suyu ittiği için harca su iticilik özellik kazandırır (Ashurst ve Ashurst, 1988; Güleç, 1992; Böke ve ark., 2004).

Çeşitli meyvelerden elde edilen suların ve şekerli katkıların harç ve sıva karışımlarında özelliği ise harçta bulunan su miktarını azaltıp, karbonatlaşmayı ve priz süresini geciktirmeyi sağlamasıdır (Ashurst ve Ashurst, 1988; Güleç, 1992; Böke ve ark., 2004).

Bira, üre, arpa suyu gibi fermente durumdaki katkılar ise harç ve sıva malzemeye hava sürükleyici özellik kazandırmaktadır (Ashurst ve Ashurst, 1988; Güleç, 1992; Böke ve ark., 2004).

Harç ve sıvalarda kullanılan çavdar hamuru, domuz yağı, kan, yumurta akı, kesik süt gibi katkı maddeler ise harcın prizlenme süresini kısaltmaktadır (Vitruvius, 1998).

3. KONYA TAKKELİ DAĞ GEVALE KALESİ

3.1. Çalışma Alanı: Konya Takkeli Dağ Gevale Kalesi

Çalışmada alan olarak seçilen Konya Takkeli Dağ Gevale Kalesi ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalar ile birlikte kalenin tarihi ve kalenin kazı çalışmaları incelenmiştir.

3.1.2. Takkeli Dağ Gevale Kalesi Kazı Çalışmaları

Konya Takkeli Dağ Gevale Kalesinin kazı çalışmaları 2012 yılında Kültür ve Turizm Bakanlığı izni ile kale ve çevresinde geniş çaplı yüzey araştırması olarak başlamış olup, 2013 yılında Konya Müzeler Müdürlüğü başkanlığında Selçuklu Belediyesi'nin destekleriyle kazı çalışmalarına başlanmıştır. 2013 yılındaki kazı çalışması, Necmettin Erbakan Üniversitesi Sanat Tarihi Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Ahmet Çaycı danışmanlığında takip edilmeye başlanmıştır.



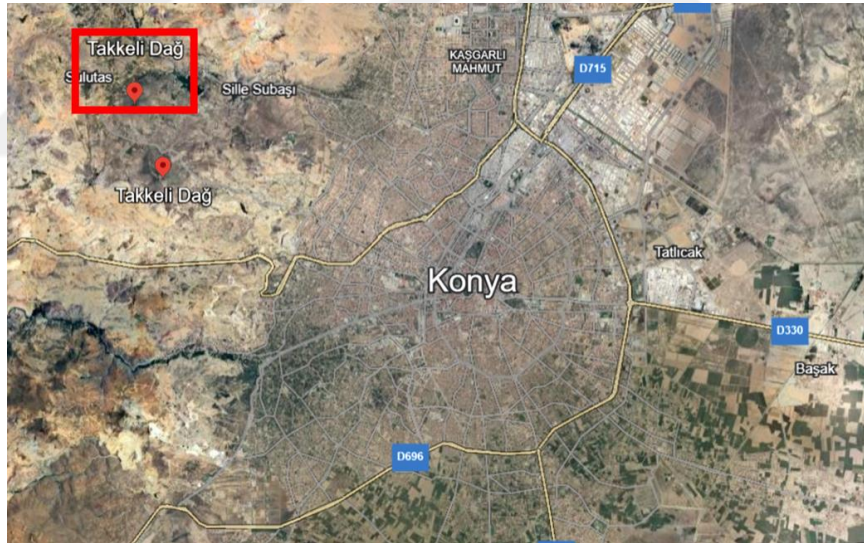
Şekil 3.1. Gevale Kalesi Kazısı genel görünümü (Ahmet Gümüş)

2013'te başlayan Takkeli Dağ Gevale Kalesi kazı çalışmalarına kalenin kuzey yamacında bulunan ibadethane olduğu düşünülen kaya oyma mekânda başlanmıştır. Kazıya başlanan bu mekân 18,40 x 5 x 50 cm ölçülerindedir. 2014 yılında kazı çalışmalarında ibadethanenin batısında bulunan mekânlar ile kalenin zirve noktasında

bulunan mekânlarda çalışmalar devam etmiştir. 2015 yılında yapılan kazı çalışmalarında ise kalenin zirve noktasında bulunan mekânlar ile birlikte kalede şapel olduğu ortaya çıkmıştır. Şapel ile orijinal bir zemine sahip olan ve tuvalete sahip olan mekânlarla birlikte hamam ortaya çıkarılmıştır. 2015 yılında yapılan kazı çalışmalarında çok sayıda sarnıçlar, ocaklar ve mekânlar ortaya çıkarılmıştır. 2016 yılında yapılan kazı çalışmalarında ise Takkeli Dağ Gevale Kalesinin zirve noktasında ve kalenin güney eteklerinde kaya oyma mezarları ortaya çıkarılmıştır. 2016 yılındaki çalışmalarda çok sayıda sarnıçlar ve ocaklar ortaya çıkarılmıştır. 2017 yılında yapılan kazı çalışmalarında ise çeşitli boyutlarda mekânlar ve bu mekânlarla bağlantılı sarnıçlar, ocaklar, seramik parçaları ve küçük ebatlı buluntular bulunmuştur.

3.1.1. Takkeli Dağ Gevale Kalesi Tarihi

Takkeli Dağ Gevale Kalesi Konya kent merkezinin kuzey batısında bulunmaktadır. Kale kent merkezinden 13 kilometre uzaklıktadır(Sarıköse, 2008).



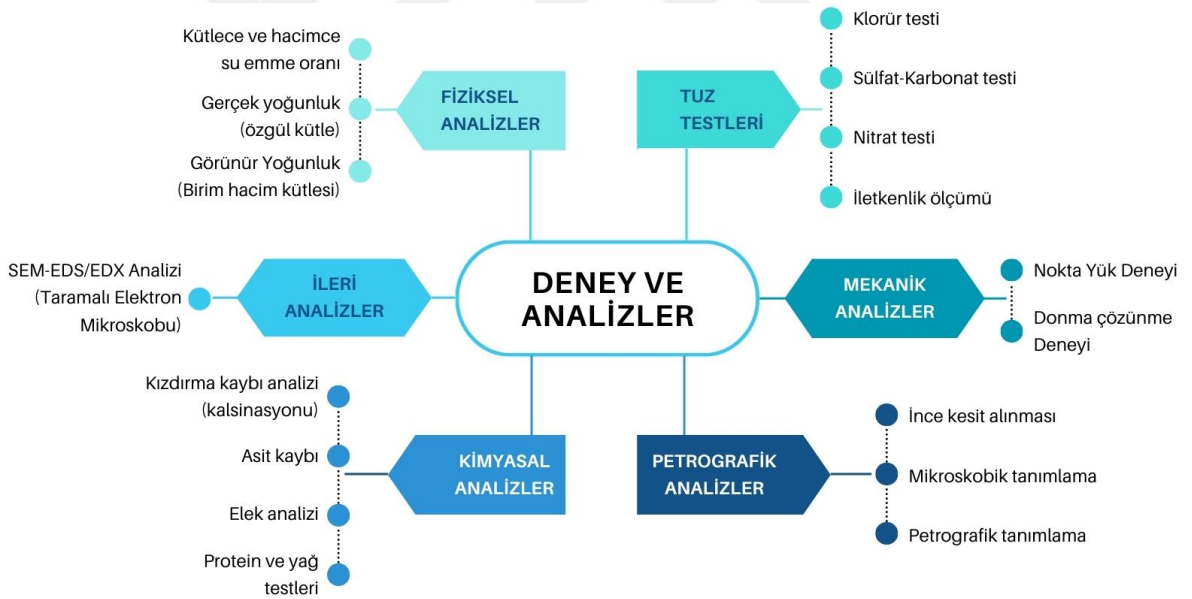
Şekil 3.2. Takkeli Dağ Gevale Kalesi'nin Konya Kent İçindeki konumu (Google earth) (URL no)

Kalenin adı olan Gevale isminin kaynağı araştırıldığında çeşitli bilgiler, görüşler ve kullanımlar görülmektedir. İbrahim Hakkı Konyalı'ya göre kalenin adı eski Frig yer tanrısı olan Cybele'den gelmektedir. Cybele ismi ilk zamanlarda Sibel, Sibebe olarak telaffuz edilse de zaman içerisinde farklı okunup, farklı telaffuzlarla günümüzdeki isme yakın olan Kübel, Kübele, Küvel, Küvele, Kiveli, Kivele, Kevele, Kebele şeklinde değişmiştir. Zamanla bu kelimelerin de telaffuzları ve okunuşları değişerek Gevele ve Gebeie şeklinde telaffuz edilmiştir (Konyalı, 1964; Bahar, 1994; Özönder, 1998;

Sarıköse, 2008; Özdeniz, 2019). Kalenin adı Bizans dönemide ise Caballa olarak geçmektedir (Konyalı, 1964; Bahar, 1994; Özönder, 1998; Sarıköse, 2008; Ermiş, 2019; Özdeniz, 2019). Günümüzde ise kale Gevale, Gevele kalesi olarak bilinmektedir (Baştak, 1936). Ayrıca Gevale kalesi'nin burçlarının doğal görünümü sebebiyle kalenin bulunduğu dağa halk tarafından Takkeli Dağ ismi verilmiştir (Konyalı, 1964). Geçmişte Konya kentinin korunması için Gevale kalesi kullanılmıştır. Konya'ya yapılan saldırılara ilk aşamada bu kaleden karşılık verilmiştir. Kalenin konumu nedeniyle kaleyi ele geçiren Konya kentine de hakimiyet kurmuştur (Önder, 1971; Atçeken, 1998; Önder, 1999). Bu nedenle Takkeli Dağ Gevale kalesi Roma, Bizans ve Selçuklu dönemlerinde hep önemli bir konumda bulunmuştur (Önder, 1971; 1999) . Anadolu Selçuklu döneminde ise Konya'nın kilidi olarak tabir edilen kale Selçukluların ilk aldıkları kalelerden olmuştur (Turan, 1968; Uzunçarşılı, 1972; Merçil, 1991). Bu fetih sonrası Konya kenti Anadolu Selçuklu Devletinin başkenti olmuştur. Takkeli Dağ Gevale Kalesi ve çevresi tarih boyunca önem arz eden mücadelenin yaşandığı bir yer olarak kaynaklarda yer bulmuştur (Konyalı, 1964).

4. DENEYLER VE ANALİZLER

Çalışmada Konya Takkeli Dağ Gevale Kalesinin sarnıçlarından örnekler alınmıştır. Örneklerin tanımlama kartları hazırlanıp, fotoğrafları çekilmiştir. Fotoğrafların çekimi sırasında örneklerin ebat olarak anlaşılabilmesi için çizgi ölçek kullanılmıştır. Ardından alınan örneklerin görsel incelemeleri yapılmıştır. Yapılan görsel inceleme harç ve sıva numunelerinin yapım tekniğini, kalınlıklarını, renklerini, dokularını ve görünür içeriğini kapsamaktadır. Kalede bulunan sarnıçlardan alınan örneklerin analiz fişleri oluşturulmuş, ilk gözlemler bu analiz fişlerine işlenmiştir. Analiz fişleriyle birlikte sarnıçlardan alınan harç ve sıva numunelerinin karakterizasyonunun belirlenmesi için laboratuvarında fiziksel, kimyasal, petrografik, mekanik ve ileri analizler yapılmıştır. Çalışmanın bu aşamasında ise deneysel yöntemden faydalanılmıştır.



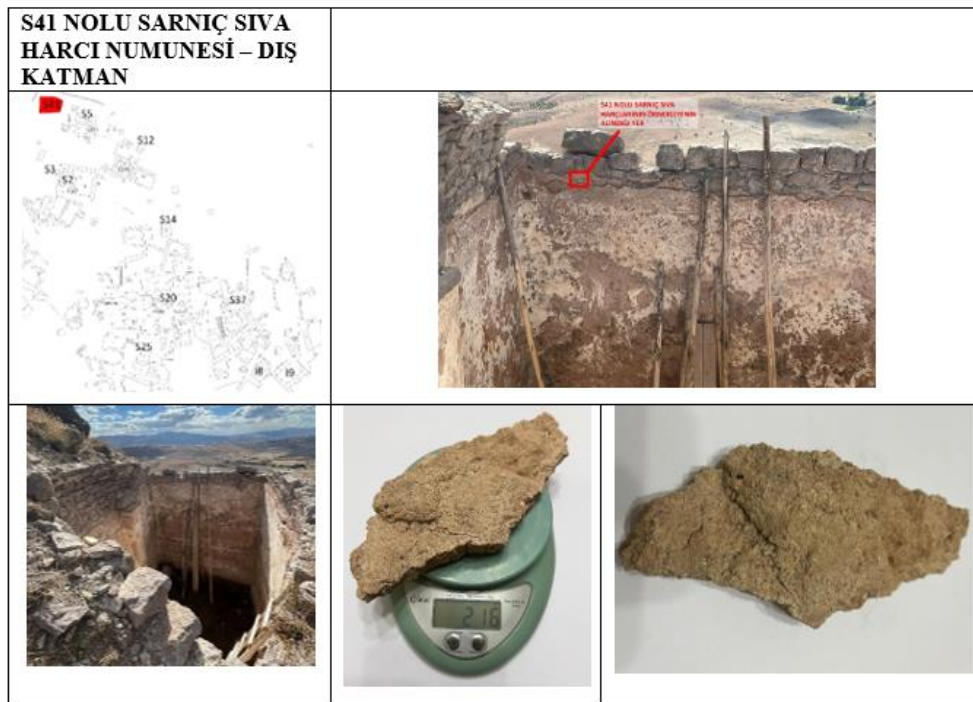
Şekil 4.1. Takkeli Dağ Gevale kalesi sarnıçlarından alınan örneklerin karakterizasyonu için yapılan deney ve analizler (Güleç, 1992; KUDEB, 2009-2011; Pekmezci, 2012; Uğur, 2019)

Yapılmasına karar verilen deneyleri fiziksel analizler, mekanik analizler, tuz testleri, kimyasal analizler, petrografik analizler ve ileri analizler olarak 6 ana başlık altında tanımlayabiliriz (Şekil 4.1.). Çalışma alanından alınan örnek numunelerde yapılmasına karar verilen deneylerde alınan harç numunelerinin içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

4.1. Örnek Alma ve Görsel Analizler

4.1.1. Örnek Alma

Tarihi yapılarda malzeme örneği alma aşaması büyük öneme sahiptir. Alınan örnekler yapının genel durumunu aktaracak nitelikte olmalıdır. Bu nedenle örnekler yapının sağlam olan yerlerinden alınmalıdır. Böylece malzemenin en az bozulmaya uğradığı ve karakterinin özgüne en yakın olduğu halini inceleme imkânına erişmiş oluruz. Tarihi yapılarda örnek alma sürecinde bazı dikkat edilecek hususlar bulunmaktadır. Bu hususlara bakıldığında örneklerin yapının bütün dönemlerini temsil etmesi, yapının farklı yerlerinden numunelerin alınmasını, yapıya mümkün olduğunca zarar verilmemesini görmekteyiz (Güleç, 1992).



Şekil 4.2. Numune görsel analiz tablosu örneği

Tarihi yapılardan malzeme numunesi alınırken yapının özgünlüğüne zarar vermemek için karot yöntemi ile örnek alınması doğru değildir. Bu nedenle karot yöntemi yerine örnek alımına yardımcı farklı aletlerle bu işlem gerçekleştirilmelidir. Bu aletlere tornavida, çekiç örnek olarak verilebilir. Alınan örnekler ortam koşulları elverdiğince bir kütle biçiminde olmalıdır. Ancak harç malzemede dağılma, toz haline dönüşme gibi durumlar yaşanabilmektedir. Örnekler alındıktan hemen sonra polietilen torbalara yerleştirilmiştir. Örneklerin yerleştirildiği plastik torbaların üzerine örneğin alındığı yapı, harcın tipi, örneğin alınma tarihleri belirtilmiştir. Alınan örnekler laboratuvara götürülmeden önce fotoğraflarla belgelenmiştir. Belgelenen fotoğraflarda

alınan numunelerin ebatları ile ilgili bilgi vermesi için çizgi ölçek kullanılmıştır (Güleç, 1992; KUDEB, 2009-2011).



Şekil 4.3. Takkeli Dağ Gevale Kalesi (harç numunelerinin alındığı sarnıçlar)

Ardından örnek tanımlama kartları hazırlanmıştır. Hazırlanan örnek tanımlama kartında numunenin numarası, numunenin görseli, görsel analizi, numunenin alındığı yapıyı, numune alınan yapının vaziyet planındaki yeri gösterilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında hazırlanan örnek tanımlama kartları numune ile ilgili bilgi edinilmesini pratikleştirmiştir. Alınan örnekler yapının bütünündeki malzeme özelliklerini temsil etmelidir.

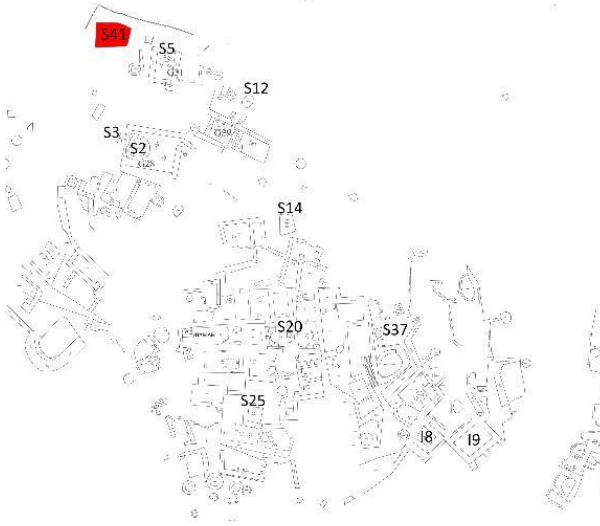
Takkeli Dağ Gevale Kalesi'nin sarnıçlarından alınan harç numuneleri ve görsel analizleri hazırlanan tablolarda bulunmaktadır.

4.1.2. Görsel Analizler

Numune 1

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 1 olarak adlandırılan örnek kalenin S41 numaralı sarnıcından alınmıştır. S41 numaralı sarnıçta 3 katman halinde sıva harçları bulunmaktadır. Numune 1, dış katmandan alınmıştır.

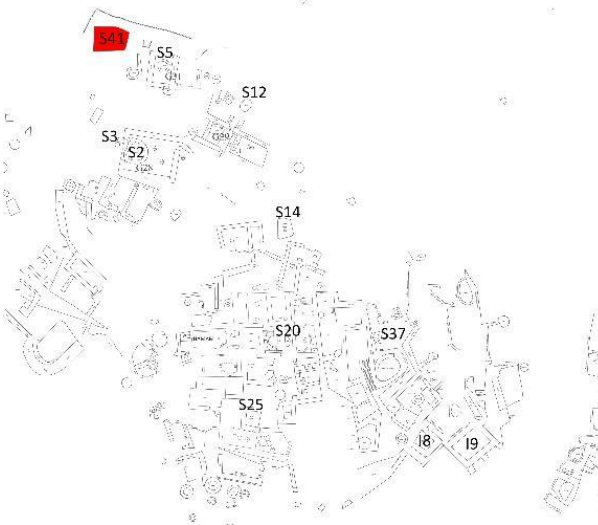
Tablo 4.1. Numune 1 görsel analiz fişi

NUMUNE 1	Numune Alınan Yapı: S41 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Sıva harcıdır. (Dış katman) Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç Numune 216 gramdır.	
Yapının Konumu: 	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Açık pembe renkli, içerisinde tuğla kırığı agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlamca yapıda sıva numunesidir.	

Numune 2

Takkeli Dağ gevele kalesinden alınan ve numune 2 olarak adlandırılan örnek kalenin S41 numaralı sarnıcından alınmıştır. S41 numaralı sarnıçta 3 katman halinde sıva harçları bulunmaktadır. Numune 2, orta katmandan alınmıştır.

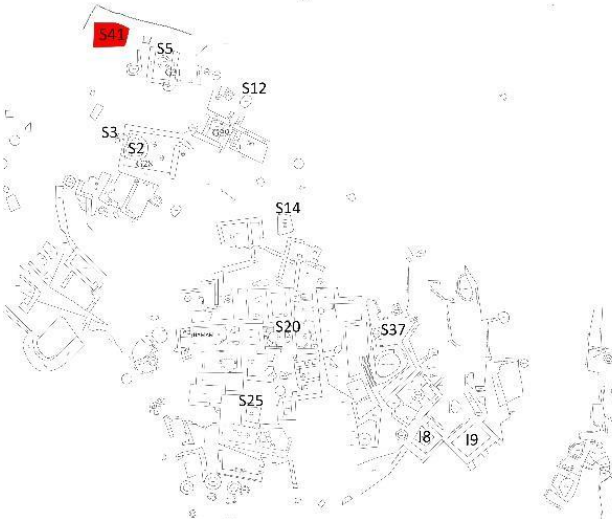
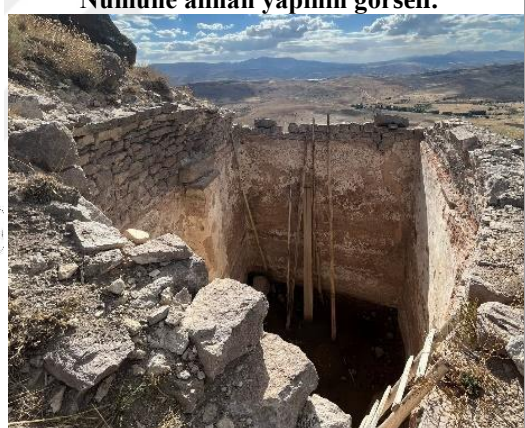
Tablo 4.2. Numune 2 görsel analiz fişi

NUMUNE 2	Numune Alınan Yapı: S41 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Sıva harcıdır. (Orta katman)	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 173 gramdır.	
Yapının Konumu: 	
Numunenin alındığı yerin görseli:	Numune alınan yapının görseli: 
	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Açık pembe renkli, içerisinde tuğla kırığı agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlamca yapıda sıva numunesidir.	

Numune 3

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 3 olarak adlandırılan örnek kalenin S41 numaralı sarnıcından alınmıştır. S41 numaralı sarnıçta 3 katman halinde sıva harçları bulunmaktadır. Numune 3, iç katmandan alınmıştır.

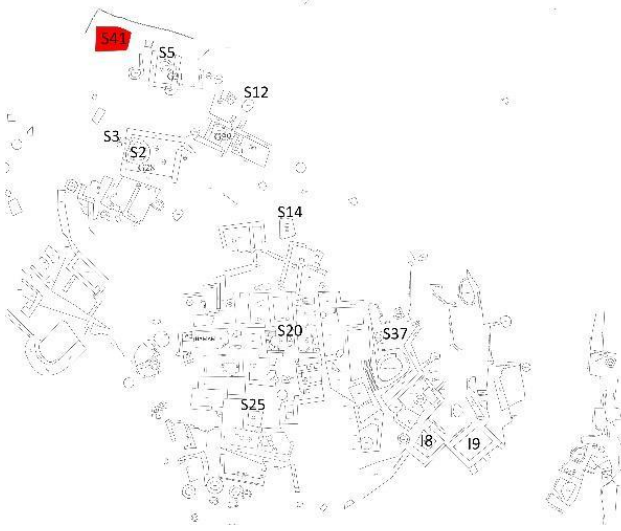
Tablo 4.3. Numune 3 görsel analiz fişi

NUMUNE 3	Numune Alınan Yeri: S41 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Sıva harcıdır. (İç katman)	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 201 gramdır.	
Yapının Konumu:	
	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Açık pembe renkli, içerisinde tuğla kırığı agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlam yapıda sıva numunesidir.	

Numune 4

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 4 olarak adlandırılan örnek kalenin S41 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 4, duvar harcı örneği olarak alınmıştır.

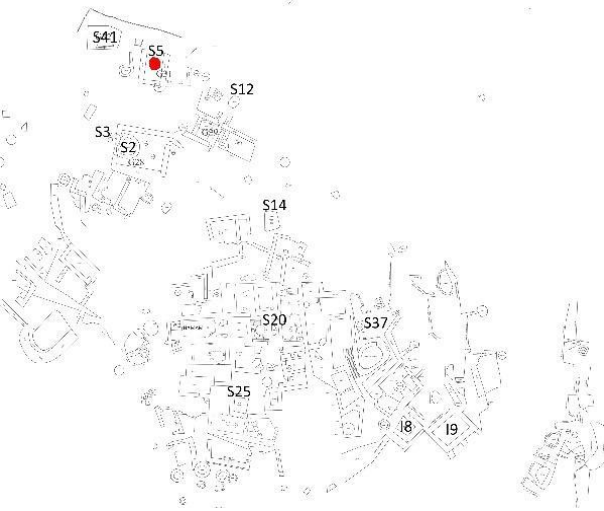
Tablo 4.4. Numune 4 görsel analiz fişi

NUMUNE 4	Numune Alınan Yapı: S41 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Duvar harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 192 gramdır.	
Yapının Konumu: 	
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Numune alınan yapının görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Beyaz renkli, içerisinde kum agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlamca yapıda harç numunesidir.	
	Alınan numunenin görseli: 

Numune 5

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 5 olarak adlandırılan örnek kalenin S5 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 5, duvar harcı örneği olarak alınmıştır.

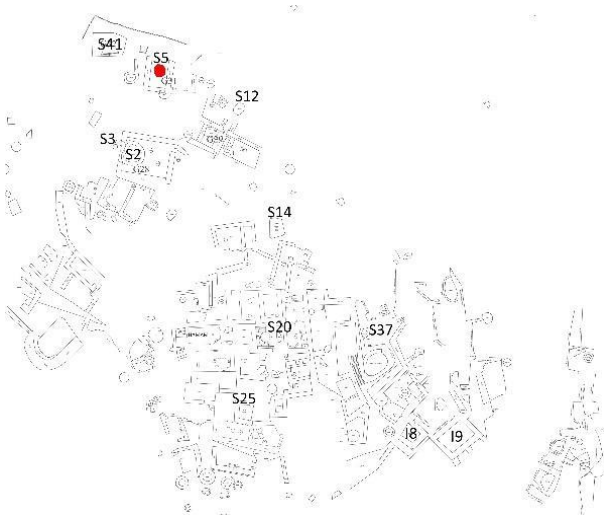
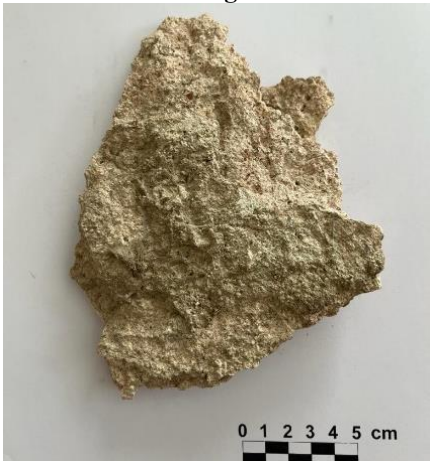
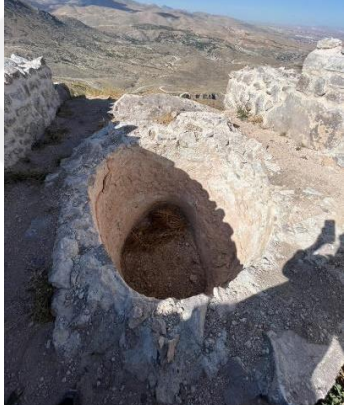
Tablo 4.5. Numune 5 görsel analiz fişi

NUMUNE 5	Numune Alınan Yapı: S5 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Duvar harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 112 gramdır.	
Yapının Konumu: 	
Alınan numunenin görseli: 	Numune alınan yapının görseli: 
	Numunenin alındığı yerin görseli:  S5 NOLU SARNIÇ DUVAR HARÇ ÖRNEĞİNİN ALINDIĞI YER
GÖRSEL ANALİZ Krem renkli, içerisinde kum agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlamca yapıda harç numunesidir.	

Numune 6

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 6 olarak adlandırılan örnek kalenin S5 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 6, sıva harcı örneği olarak alınmıştır.

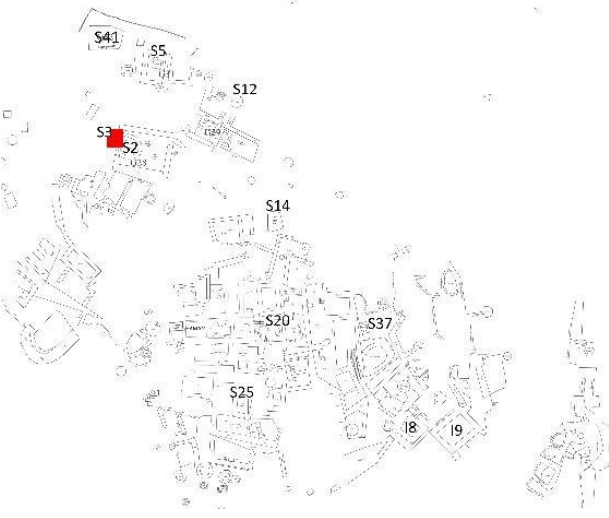
Tablo 4.6. Numune 6 görsel analiz fişi

NUMUNE 6	Numune Alınan Yapı: S5 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Sıva harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 156 gramdır.	
Yapının Konumu: 	
Alınan numunenin görseli: 	Numune alınan yapının görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Açık pembe renkli, içerisinde tuğla kırığı agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlamca yapıda sıva numunesidir.	

Numune 7

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 7 olarak adlandırılan örnek kalenin S3 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 7, sıva harcı örneği olarak alınmıştır.

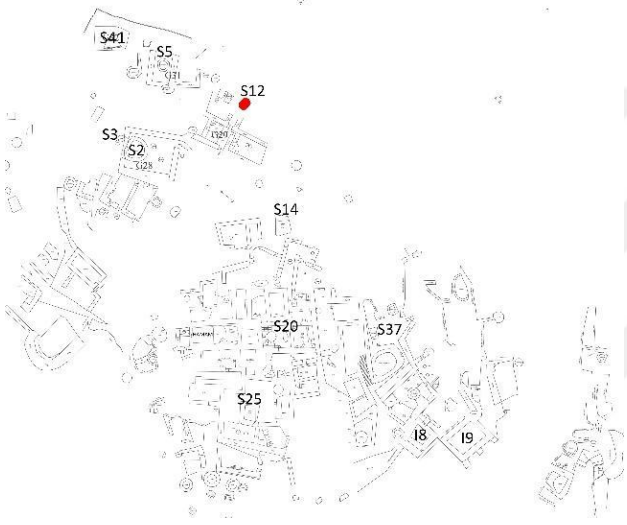
Tablo 4.7. Numune 7 görsel analiz fişi

NUMUNE 7	Numune Alınan Yapı: S3 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Sıva harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 306 gramdır.	
Yapının Konumu:	
Numunenin alındığı yerin görseli:	
	Numune alınan yapının görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Pembe renkli, içerisinde tuğla kırığı agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlamca yapıda sıva numunesidir.	Alınan numunenin görseli: 

Numune 8

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 8 olarak adlandırılan örnek kalenin S12 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 8, duvar harcı örneği olarak alınmıştır.

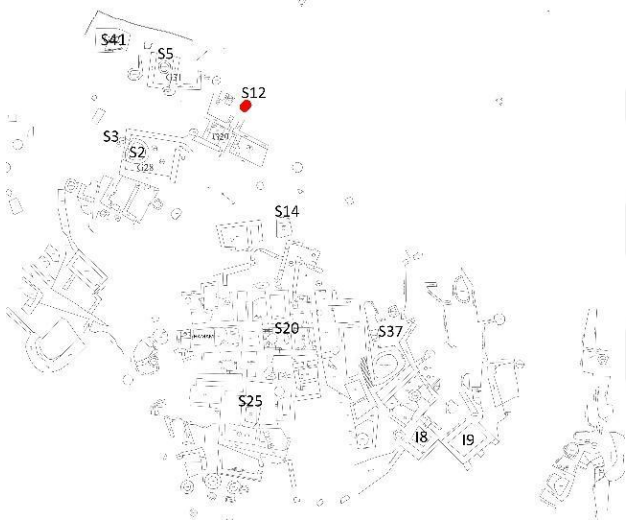
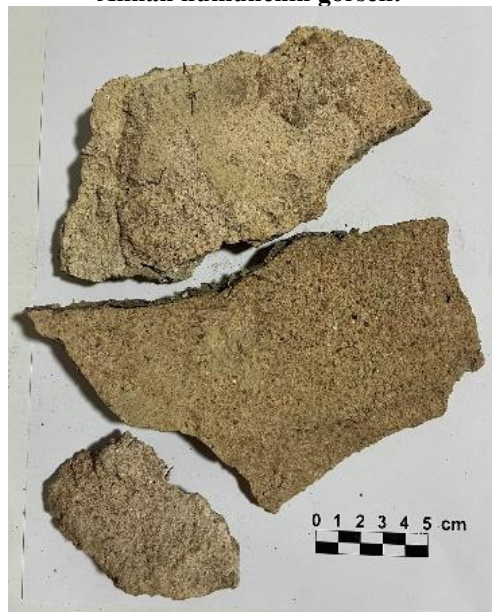
Tablo 4.8. Numune 8 görsel analiz fişi

NUMUNE 8	Numune Alınan Yapı: S12 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Duvar harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 279 gramdır.	
Yapının Konumu: 	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Beyaz renkli, içerisinde kum agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlam yapıda harç numunesidir.	

Numune 9

Takkeli Dağ gevele kalesinden alınan ve numune 9 olarak adlandırılan örnek kalenin S12 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 9, sıva harcı örneği olarak alınmıştır.

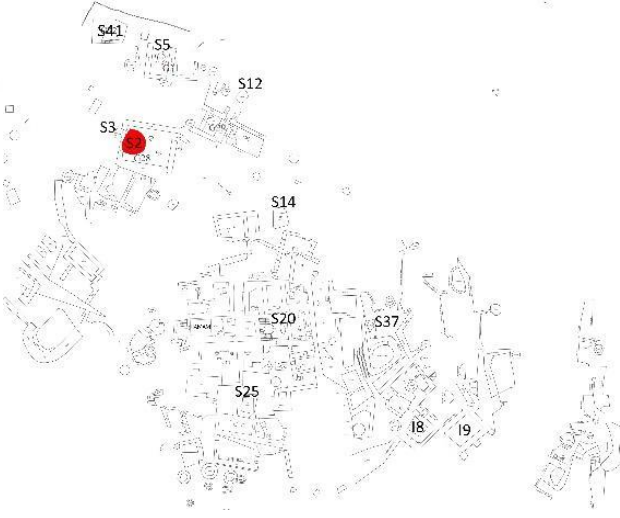
Tablo 4.9. Numune 9 görsel analiz fişi

NUMUNE 9	Numune Alınan Yayı: S12 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Sıva harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 370 gramdır.	
Yapının Konumu:	
	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Pembe renkli, içerisinde kum agregaları, tuğla kırığı agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlamca yapıda sıva numunesidir.	

Numune 10

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 10 olarak adlandırılan örnek kalenin S2 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 10, duvar harcı örneği olarak alınmıştır.

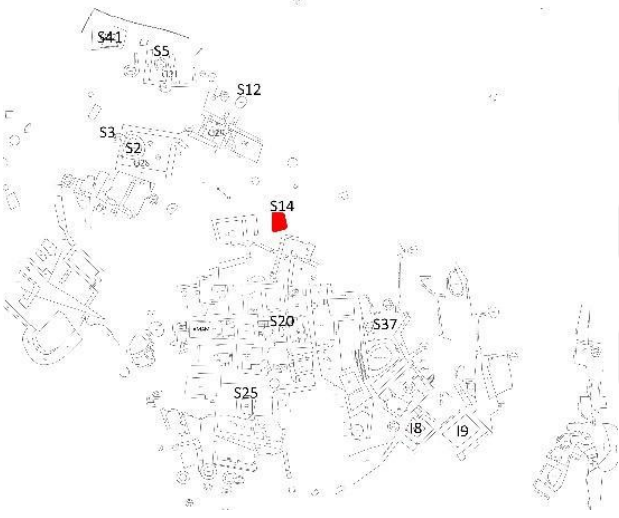
Tablo 4.10. Numune 10 görsel analiz fişi

NUMUNE 10	Numune Alınan Yapı: S2 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Duvar harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 300 gramdır.	
Yapının Konumu: 	
Numunenin alındığı yerin görseli:	Numune alınan yapının görseli: 
	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Beyaz renkli, içerisinde kum agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlam yapıda harç numunesidir.	

Numune 11

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 11 olarak adlandırılan örnek kalenin S14 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 11, duvar harcı örneği olarak alınmıştır.

Tablo 4.11. Numune 11 görsel analiz fişi

NUMUNE 11	Numune Alınan Yapı: S14 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Duvar harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 187 gramdır.	
Yapının Konumu: 	
Alınan numunenin görseli: 	Numune alınan yapının görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Krem tonlarında renge sahip, içerisinde kum agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlamca yapıda sıva numunesidir.	

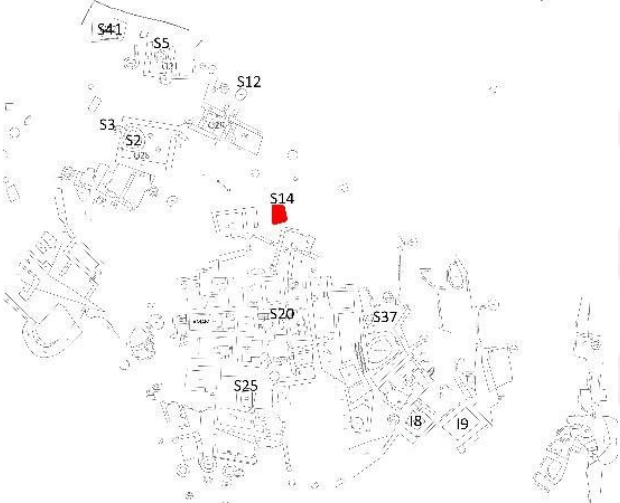
Numunenin alındığı yerin görseli:



Numune 12

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 12 olarak adlandırılan örnek kalenin S14 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 12, sıva harcı örneği olarak alınmıştır.

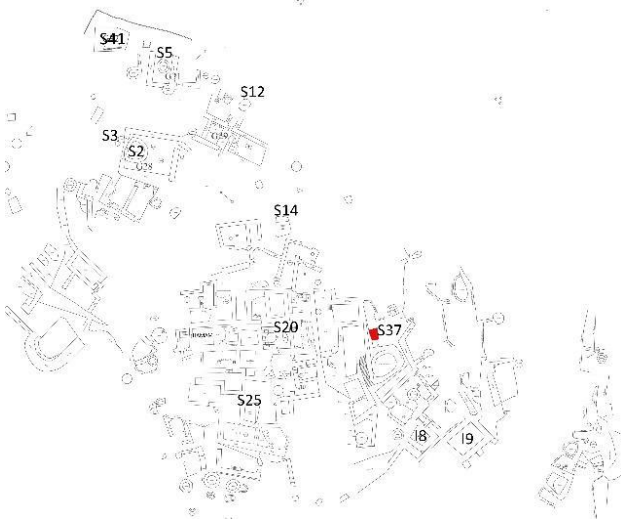
Tablo 4.12. Numune 12 görsel analiz fişi

NUMUNE 12	Numune Alınan Yapı: S14 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Sıva harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 273 gramdır.	
Yapının Konumu: 	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Açık pembe renkli, içerisinde tuğla kırığı agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlam yapıda sıva numunesidir.	

Numune 13

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 13 olarak adlandırılan örnek kalenin S37 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 13, sıva harcı örneği olarak alınmıştır.

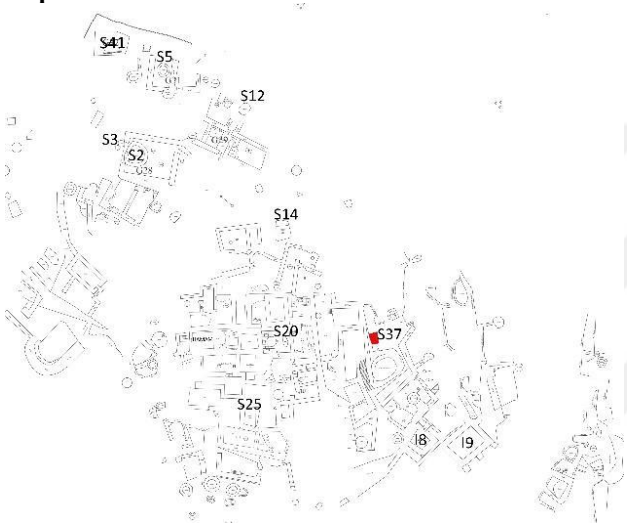
Tablo 4.13. Numune 13 görsel analiz fişi

NUMUNE 13	Numune Alınan Yayı: S37 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Sıva harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 178 gramdır.	
Yapının Konumu: 	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Açık pembe renkli, içerisinde tuğla kırığı agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlam yapıda sıva numunesidir.	

Numune 14

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 14 olarak adlandırılan örnek kalenin S37 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 14, duvar harcı örneği olarak alınmıştır.

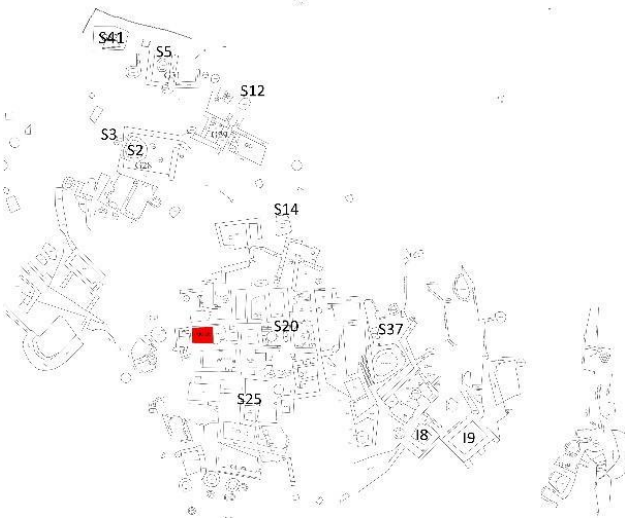
Tablo 4.14. Numune 14 görsel analiz fişi

NUMUNE 14	Numune Alınan Yayı: S37 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Duvar harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 169 gramdır.	
Yapının Konumu: 	
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Numune alınan yapının görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Beyazımsı gri renkli, içerisinde kum agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlam yapıda sıva numunesidir.	Alınan numunenin görseli: 

Numune 15

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 15 olarak adlandırılan örnek kalenin hamam yapısının giriş bölümünden alınmıştır. Numune 15, sıva harcı örneği olarak alınmıştır.

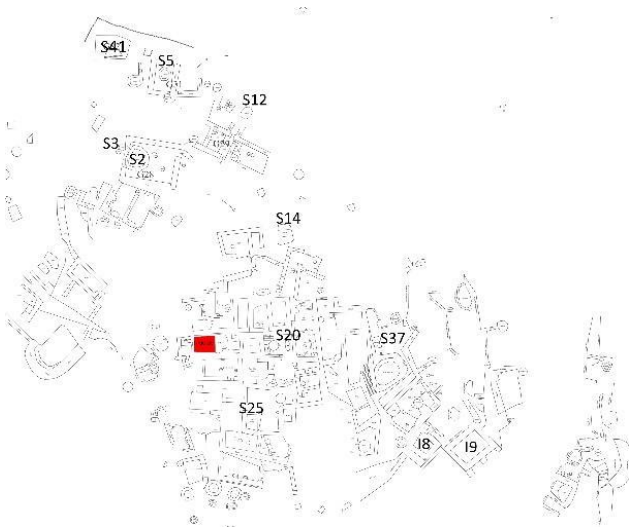
Tablo 4.15. Numune 15 görsel analiz fişi

NUMUNE 15	Numune Alınan Yayı: HAMAM YAPISI
Alınan Numune: Sıva harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 265 gramdır.	
Yapının Konumu: 	
Alınan numunenin görseli: 	Numunenin alındığı yerin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Krem tonlarında renge sahip, içerisinde kum agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlam yapıda sıva numunesidir.	

Numune 16

Takkeli Dağ gevale kalesinden alınan ve numune 16 olarak adlandırılan örnek kalenin hamam yapısının iç mekân bölümünden alınmıştır. Numune 16, sıva harcı örneği olarak alınmıştır.

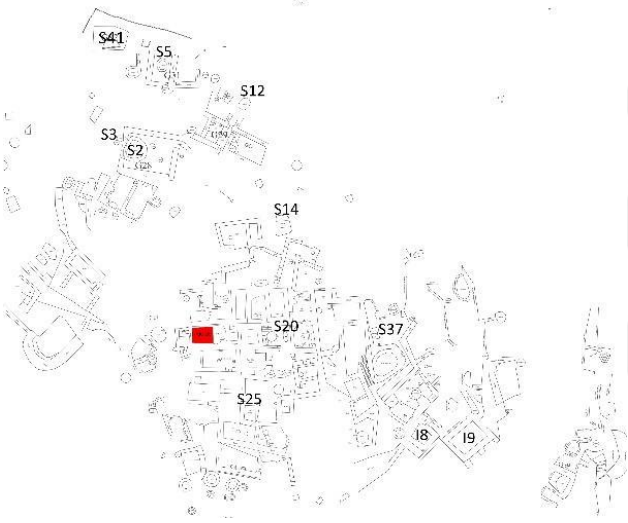
Tablo 4.16. Numune 16 görsel analiz fişi

NUMUNE 16	Numune Alınan Yapı: HAMAM YAPISI
Alınan Numune: Sıva harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 262 gramdır.	
Yapının Konumu:	
	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Beyazımsı renkli, içerisinde kum agregaları, beyaz kütleleri ve siyah cürüfları bulunan zayıf yapıda sıva numunesidir.	

Numune 17

Takkeli Dağ Gevale kalesinden alınan ve numune 17 olarak adlandırılan örnek kalenin hamam yapısının iç mekân bölümünden alınmıştır. Numune 17, duvar harcı örneği olarak alınmıştır.

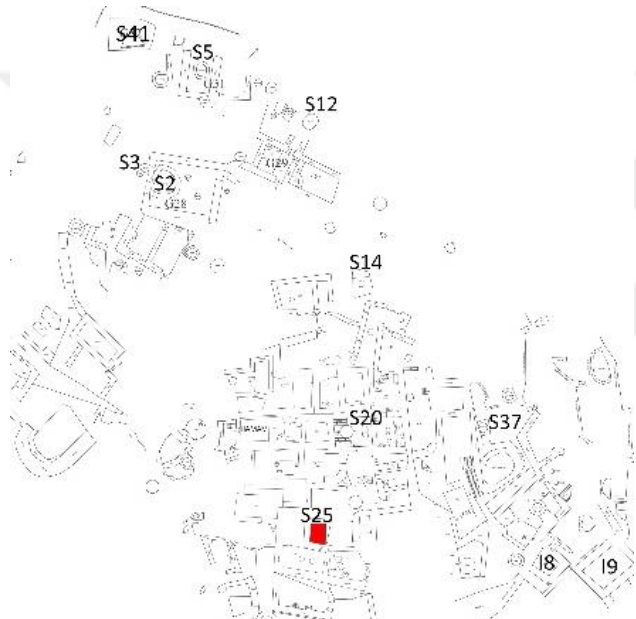
Tablo 4.17. Numune 17 görsel analiz fişi

NUMUNE 17	Numune Alınan Yapı: HAMAM YAPISI
Alınan Numune: Duvar harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 124 gramdır.	
Yapının Konumu: 	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Krem tonlarında renge sahip, içerisinde kum agregaları, beyaz kütleleri ve siyah cürufırları bulunan zayıf yapıda harç numunesidir.	

Numune 18

Takkeli Dağ Gevale kalesinden alınan ve numune 18 olarak adlandırılan örnek kalenin S25 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 18, sıva harcı örneği olarak alınmıştır.

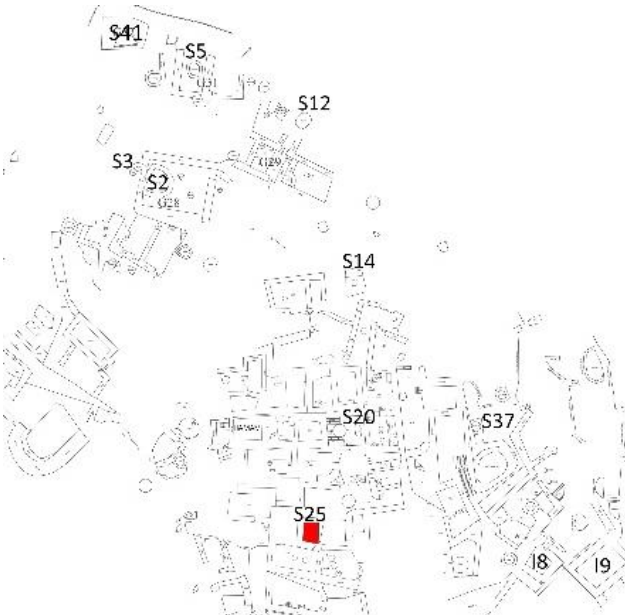
Tablo 4.18. Numune 18 görsel analiz fişi

NUMUNE 18	Numune Alınan Yapı: S25 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Sıva harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 150 gramdır.	
Yapının Konumu: 	
Numunenin alındığı yerin görseli:	Numune alınan yapının görseli: 
	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Pembemsi renkli, içerisinde tuğla kırığı agregaları ve beyaz kütleleri bulunan zayıf yapıda sıva numunesidir.	

Numune 19

Takkeli Dağ Gevale kalesinden alınan ve numune 19 olarak adlandırılan örnek kalenin S25 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 19, duvar harcı örneği olarak alınmıştır.

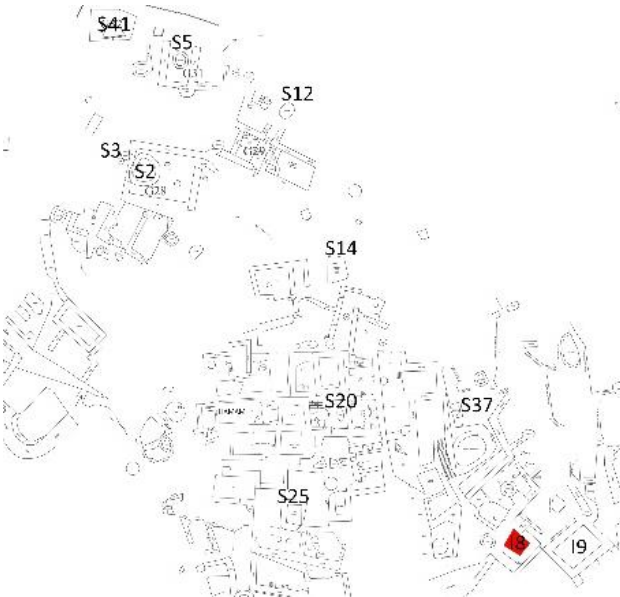
Tablo 4.19. Numune 19 görsel analiz fişi

NUMUNE 19	Numune Alınan Yapı: S25 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Duvar harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 117 gramdır.	
Yapının Konumu: 	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Gri renkli, içerisinde kum agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlamca yapıda harç numunesidir.	

Numune 20

Takkeli Dağ Gevale kalesinden alınan ve numune 20 olarak adlandırılan örnek kalenin 18 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 20, duvar harcı örneği olarak alınmıştır.

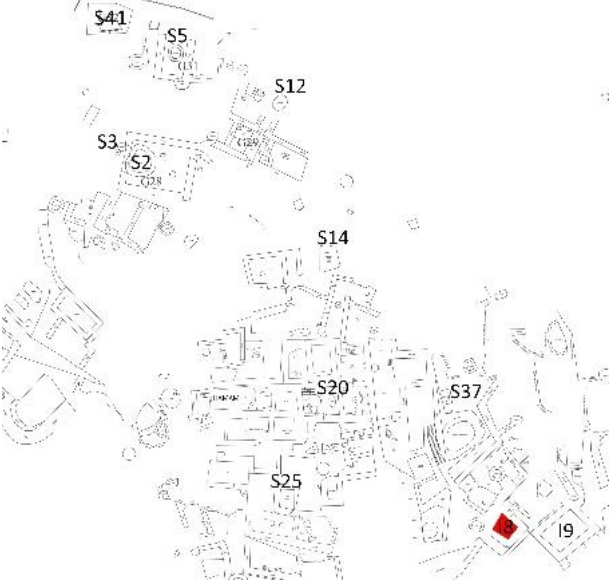
Tablo 4.20. Numune 20 görsel analiz fişi

NUMUNE 20	Numune Alınan Yapı: 18 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Duvar harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 451 gramdır.	
Yapının Konumu:	
	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Krem tonlarında renge sahip, içerisinde kum agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlam yapıda harç numunesidir.	

Numune 21

Takkeli Dağ Gevale kalesinden alınan ve numune 21 olarak adlandırılan örnek kalenin 18 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 21, sıva harcı örneği olarak alınmıştır.

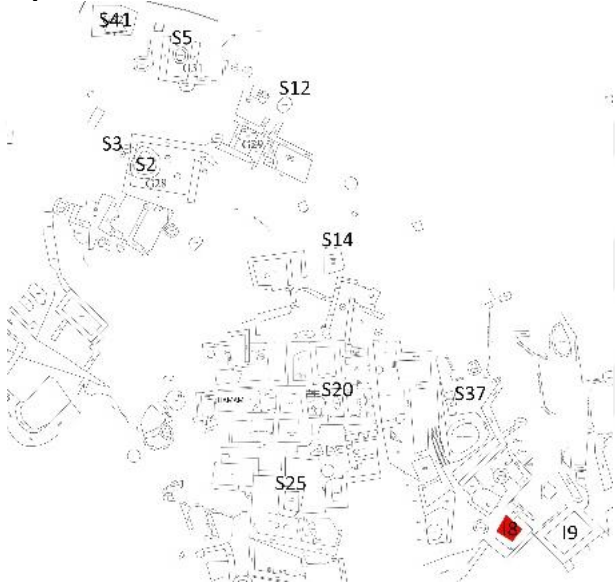
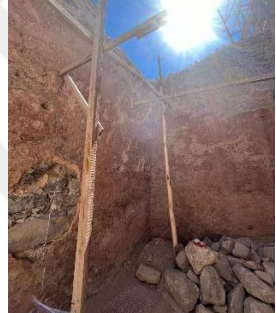
Tablo 4.21. Numune 21 görsel analiz fişi

NUMUNE 21	Numune Alınan Yapı: 18 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Sıva harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 292 gramdır.	
Yapının Konumu:	
	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli:  18 NOLU SARNIÇ SIVA HARÇ ÖRNEĞİNİN ALINDIĞI YER	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Açık pembe renkli, içerisinde tuğla kırığı agregaları ve beyaz kütleleri bulunan oldukça sağlam yapıda sıva numunesidir.	

Numune 22

Takkeli Dağ Gevale kalesinden alınan ve numune 22 olarak adlandırılan örnek kalenin I9 numaralı sarnıcından alınmıştır. Numune 22, sıva harcı örneği olarak alınmıştır.

Tablo 4.22. Numune 22 görsel analiz fişi

NUMUNE 22	Numune Alınan Yeri: I9 NOLU SARNIÇ
Alınan Numune: Sıva harcıdır.	
Alınan Numune Bağlayıcısı: Kireç	
Numune 236 gramdır.	
Yapının Konumu: 	Numune alınan yapının görseli: 
Numunenin alındığı yerin görseli: 	Alınan numunenin görseli: 
GÖRSEL ANALİZ Açık pembe renkli, içerisinde tuğla kırığı agregaları ve beyaz kütleleri bulunan sağlam yapıda sıva numunesidir.	

4.2. Fiziksel Analizler

Harç numuneleri üzerinde yapılan fiziksel analizlerde kütlece ve hacimce su emme oranları, görünür yoğunluk (birim hacim kütlesi), gerçek yoğunluk (özellik kütle) ve porozite verileri elde edilmiştir.

4.2.1. Kütlece ve Hacimce Su emme oranları

Çalışma alanında alınan numunelerin kütlece ve hacimce su emme oranlarının hesaplanması için deneyler gerçekleştirilmiştir (Teutonico, 1988; Güleç ve ark., 2005; Altun ve ark., 2009; TS EN ve 1936, 2010)



Şekil 4.4 Desikatör görseli

Temizlenen numuneler deney öncesi 60 °C'de 48 saat süre ile kurutulmuştur. Kurutulan, 26 ile 252 gram arası numuneler, desikatörde soğutulmuştur. Ardından tartılarak WS ilk (WSilk) değeri ölçülmüştür. Ölçüm sonrası kuru numuneler, numunelerin üzerini 4 cm geçecek kadar su dolu bir kaba yerleştirilmiştir. 48 saat boyunca suyun içinde bekletilen numuneler sudan çıkarılıp nemi alınarak suya doymuş ağırlığı (WSd) ölçülmüştür. Suyu doymuş ağırlık ölçümünden hemen sonra numunelerin su içerisindeki ağırlığı (WSi) ölçülmüştür.



Şekil 4.5. Su emme deneylerinde kullanılan terazi görseli (URL1, 2024)

Görsellerdeki tabloların üzerinde belirtilen formüller yardımıyla numunelerin kütlece su emme ve hacimce su emme oranları hesaplanmış olup sonuçlar Şekil 4.6.'da bulunmaktadır.

Deney yapılan 22 adet numunenin kütlece su emme oranlarını incelediğimizde en düşük kütlece su emme oranına %12,41 oranıyla numune 16 sahiptir. En yüksek kütlece su emme oranına ise %30,90 oranla numune 16 sahiptir. Numunelerin ortalama kütlece su emme oranları hesaplandığında ise sonuç %21,41 olarak bulunmuştur (Şekil 4.6.).

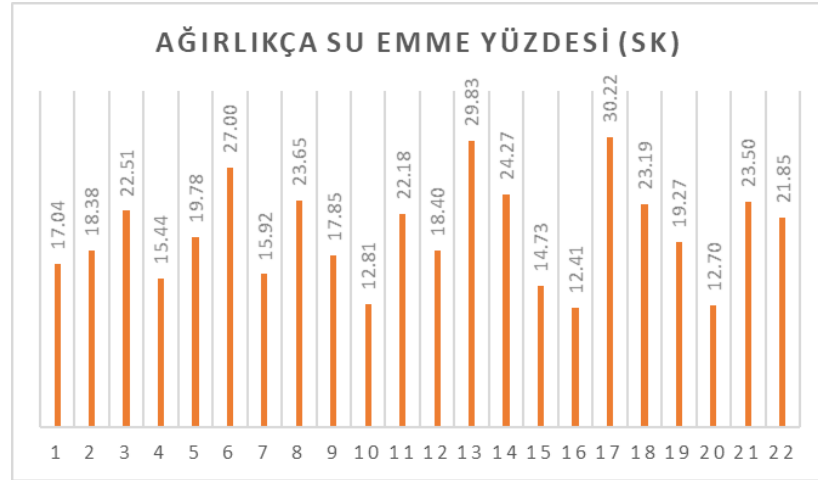
Sk= Ağırlıkça Su Emme Yüzdesi
 Wsilik= ilk ağırlık
 Wsd= Suya Doymuş Ağırlık
 $Sk = ((Wsd - Wsilik) / Wsilik) \times 100$

Sh= Hacimce su emme yüzdesi
 $Sh = Sk \times \Delta$

Numune No	Wsilik	Wsd	Sk
1	33.45	39.15	17.04
2	31.12	36.84	18.38
3	160.99	197.23	22.51
4	123.08	142.08	15.44
5	34.37	41.17	19.78
6	59.45	75.5	27.00
7	64.71	75.01	15.92
8	116.96	144.62	23.65
9	251.13	295.95	17.85
10	252.16	284.45	12.81
11	46.25	56.51	22.18
12	44.4	52.57	18.40
13	26.85	34.86	29.83
14	87.5	108.74	24.27
15	62.73	71.97	14.73
16	54.08	60.79	12.41
17	10.39	13.53	30.22
18	74.46	91.73	23.19
19	107.74	128.5	19.27
20	71.58	80.67	12.70
21	227.82	281.35	23.50
22	185.92	226.55	21.85

Numune No	Sk	Δ =Görünür Yoğunluk	Sh
1	17.04	1.66	28.32
2	18.38	1.69	30.99
3	22.51	1.49	33.47
4	15.44	1.69	26.11
5	19.78	1.59	31.53
6	27.00	1.43	38.65
7	15.92	1.67	26.51
8	23.65	1.51	35.69
9	17.85	1.64	29.22
10	12.81	1.70	21.73
11	22.18	1.52	33.71
12	18.40	1.68	30.96
13	29.83	1.36	40.47
14	24.27	1.44	35.06
15	14.73	1.76	25.92
16	12.41	1.72	21.35
17	30.22	1.28	38.77
18	23.19	1.53	35.44
19	19.27	1.54	29.70
20	12.70	1.67	21.15
21	23.50	1.51	35.58
22	21.85	1.56	34.06

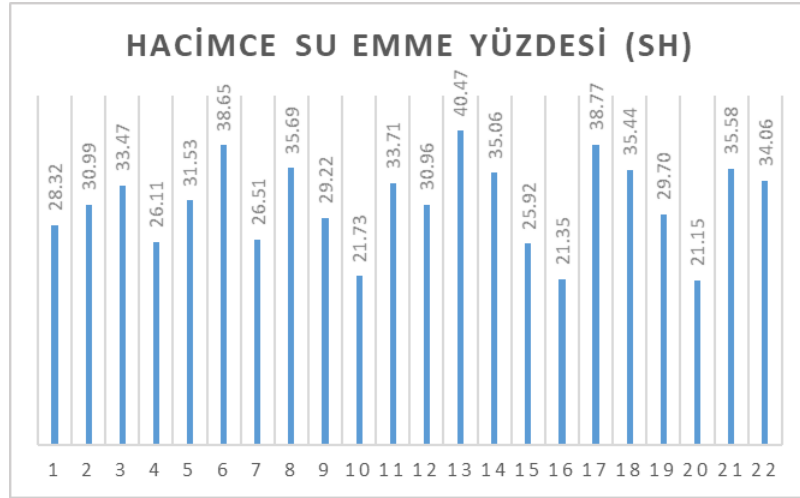
Şekil 4.6. Numunelerin kütlece su emme oranları ve hacimce su emme oranları



Şekil 4.7. Numunelerin kütlece su emme yüzdelerinin grafiği

Deney yapılan 22 adet numunenin hacimce su emme oranlarını incelediğimizde en düşük hacimce su emme oranına %21,15 oranıyla numune 20 sahiptir. En yüksek hacimce su emme oranının ise %40,47 oranla numune 13 sahiptir. Numunelerin ortalama

hacimce su emme oranları hesaplandığında ise sonuç %32,45 olarak bulunmuştur (Şekil 4.6.).



Şekil 4.8. Numunelerin kütlece su emme yüzdelerinin grafiği

4.2.2. Görünür Yoğunluk (birim hacim kütlesi)

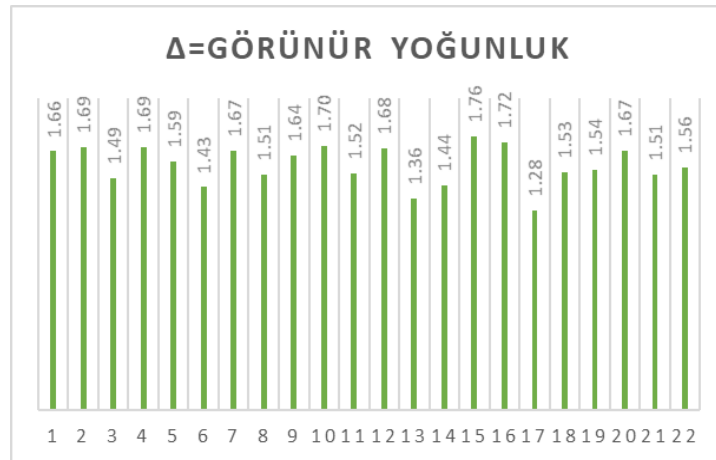
Çalışma alanından alınan numuneler düzgün bir şekle sahip değildir. Bu nedenle numunelerin görünür yoğunluk değeri (birim hacim kütlesi) için su emme deneylerinden yararlanılmıştır (Teutonico, 1988; RILEM TC 167-COM, 2001; Altun ve ark., 2009; TS EN ve 1936, 2010). Numuneler etüv fırınında sabit bir kütleye gelene kadar kurutulmuştur. Ardından ölçümler yapılarak G_k (değişmez kütleye kadar kurutulmuş örneğin kütlesi) değeri bulunmuştur. Ardından su emme deneyinden elde edilen W_{sd} (suya doymuş ağırlık), W_{si} (su içerisindeki ağırlık) değerleri kullanılarak görünür yoğunluk değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.9.) Görünür yoğunluk hesaplamasında kullanılan formül ise görselde bulunan tablonun üzerinde belirtilmiştir (Şekil 4.9.)

Δ =Görünür Yoğunluk
 W_{si} =Su içindeki Ağırlık
 G_k =Değişmez kütleye kadar kurutulmuş örneğin kütlesi
 $\Delta=G_k/(W_{sd}-W_{si})$

Numune No	Gk	Wsd	Wsi	Δ =Görünür Yoğunluk
1	33.45	39.15	19.02	1.66
2	31.12	36.84	18.38	1.69
3	160.99	197.23	88.95	1.49
4	123.08	142.08	69.32	1.69
5	34.37	41.17	19.6	1.59
6	59.45	75.5	33.97	1.43
7	64.71	75.01	36.15	1.67
8	116.96	144.62	67.11	1.51
9	251.13	295.95	142.57	1.64
10	252.16	284.45	135.88	1.70
11	46.25	56.51	26.07	1.52
12	44.4	52.57	26.18	1.68
13	26.85	34.86	15.07	1.36
14	87.5	108.74	48.15	1.44
15	62.73	71.97	36.34	1.76
16	54.08	60.79	29.32	1.72
17	10.39	13.53	5.43	1.28
18	74.46	91.73	43	1.53
19	107.74	128.5	58.61	1.54
20	71.58	80.67	37.7	1.67
21	227.82	281.35	130.91	1.51
22	185.92	226.55	107.27	1.56

Şekil 4.9. Numunelerin görünür yoğunluk değerleri

Deney yapılan 22 adet numunenin görünür yoğunluklarını incelediğimizde en düşük görünür yoğunluğa 1,28 değeriyle numune 17 sahiptir. En yüksek görünür yoğunluğa ise 1,70 değeriyle numune 10 sahiptir. Numunelerin ortalama görünür yoğunlukları hesaplandığında ise sonuç 1,54 olarak bulunmuştur (Şekil 4.9.).



Şekil 4.10 Numunelerin görünür yoğunluklarının grafiği

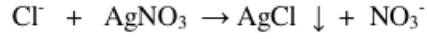
4.3. Tuz Testleri

Harç numunelerine yapılan tuz testleri, Klorür (Cl^-) analizi, Nitrat (NO_3^-) analizi, Sülfat (SO_4^{2-}) ve Karbonat (CO_3^{2-}) analizi ve İletkenlik Ölçümü deneylerini sıralayabiliriz. Çalışma alanında alınan örnekler üzerinde analizler yapılırken numunelerin mümkün olduğunca iç kısımları alınmıştır. Yapılan analizlerle klorür (Cl^-), nitrat (NO_3^-), sülfat (SO_4^{2-}), karbonat (CO_3^{2-}) gibi malzemelerde bozulmaya neden olan tuzların varlıklarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Analizler yapılırken numunelerin tümü, analiz sürecinde kullanılacak tüm deney aletleri saf su ile temizlenmiş olup, 1 gr örnek alınıp toz hale getirilmiştir. Toz hale getirilen malzemenin üzerine 100 ml. saf su eklenerek 24 saat bekletilmiştir. 24 saatin ardından stok çözelti ayrıştırılmıştır. Yani katı kısım sıvı kısımdan ayrıştırılmıştır (Teutonico, 1988; Güleç, 1992). Stok çözelti kullanılarak belirlenen analizler gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Klorür (Cl^-) analizi

Numune içerisine sodyum klorür (NaCl) ya da kalsiyum klorür (CaCl_2) şeklinde bulunan klor, yapı malzemelerine sudan, harçlar içinde kullanılmış olan bazı kumlardan ve havada bulunan atık gazlardan ulaşmaktadır (Velosa ve ark., 2006).

Geleneksel harç malzeme içerisindeki klorürün (Cl^-) belirlenmesi için hazırlanan stok çözeltiden 2 ml. alınır. Alınan 2 ml. stok çözelti bir test tüpüne yerleştirilir ve üzerine 1 damla HNO_3 (nitrik asit) ve 1-2 damla AgNO_3 (gümüş nitrat) eklenerek tepkimeye girmesi sağlanır. Tepkime sonucu test tüpünde beyaz renkli çökelti olup olmadığı gözlemlenmiştir. Gözlemlenen beyaz çökelti alınan numunede klorür (Cl^-) olduğunu göstermektedir (Güleç, 1992; Borelli, 1999). Çökelti durumuna göre klor varlığı en fazladan en aza sıralanmıştır. Bu sıralamada (-) çökelti olmadığını ifade etmek için kullanılmıştır. Sıralama (+), (++) ve (+++) şeklinde değerler kullanılmıştır. Bu sıralamada (+) az miktarda çökelti olduğunu belirtirken, (+++) çok miktarda çökelti olduğunu belirtmektedir. Böylece tabloda kantitatif ve yarı kantitatif durumları belirtilmektedir (KUDEB, 2009-2011).



Cl^- : Çözeltideki klor iyonu

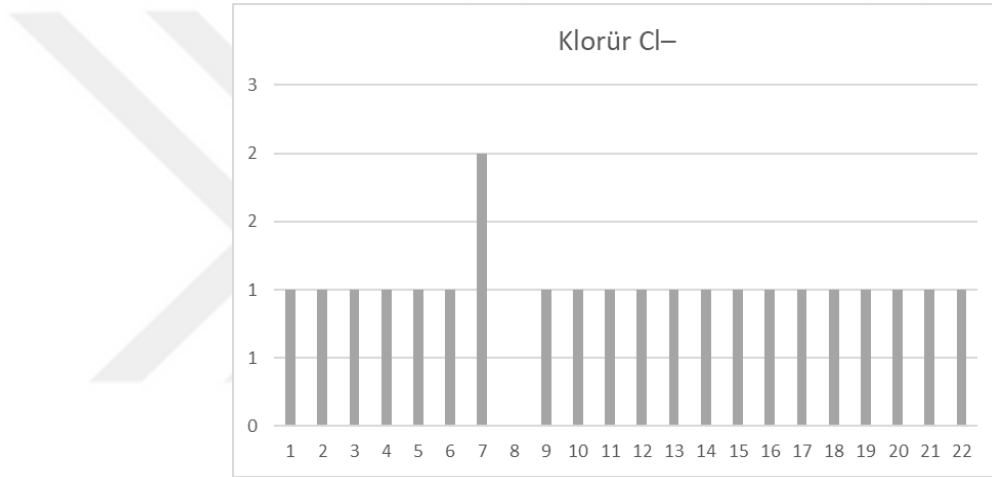
AgNO_3 : Gümüş nitrat

AgCl : Beyaz çökelek

NO_3^- : Nitrat iyonu

Şekil 4.11. Klorür (Cl^-) analizinde gözlemlenen tepkime

Testlerin yapıldığı harç numunelerin klorür (Cl^-) analizi sonuçları aşağıda verilen grafikte gösterilmiştir (Şekil 4.12.)

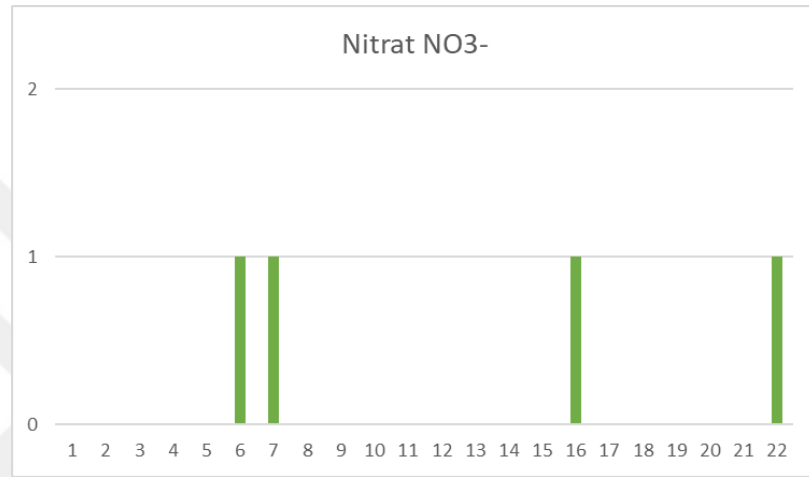


Şekil 4.12. Numunelerin klorür (Cl^-) analizi ölçümü grafiği

4.3.2. Nitrat (NO_3^-) analizi

Nitrik asit genellikle geleneksel harç malzemesinin içine tarımsal atıklar ve hava kirliliği sebebiyle girmektedir. Geleneksel harç malzemeye giren nitrik asit ise malzemede kalsiyum nitrata dönüşür. Alınan numunelerde nitrat (NO_3^-) tespiti için stok çözeltiden 1 ya da 2 damla alınır. Alınan stok 1-2 damla stok çözelti saat camı üzerine yerleştirilir. Stok çözeltiye renksiz olan, kristal yapıda bulunan difenilaminden ($\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}$) 1 kristal eklenerek karıştırılıp, kuruması için bekletilmiştir. Kurumuş karışımın içine sülfürik asit (H_2SO_4) damlatılmıştır. Oluşan reaksiyonlar sonucu mavi ile mor renk skalasındaki renk oluşumları gözlemlenmiştir. Oluşan renk değişiminden harç malzemenin içerisindeki nitratın (NO_3^-) varlığı belirlenmiştir. Renk değişimi gözlemlenmezse nitrat (NO_3^-) bulunmadığı anlamına gelir.

Renk değişimi durumuna göre nitrat (NO_3^-) varlığı en fazladan en aza sıralanmıştır. Bu sıralamada (-) renk değişimi olmadığını ifade etmek için kullanılmıştır. Sıralama (+), (++) , (+++) ve (++++) şeklinde değerler kullanılmıştır. Bu sıralamada (+) az miktarda renk değişimi olduğunu belirtirken, (++++) çok miktarda renk değişimi olduğunu belirtmektedir. Böylece tabloda kantitatif ve yarı kantitatif durumları belirtilmektedir (KUDEB, 2009-2011). Testlerin yapıldığı harç numunelerin nitrat (NO_3^-) analizi sonuçları aşağıda verilen grafikte gösterilmiştir (Şekil 4.13.)

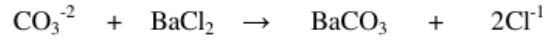
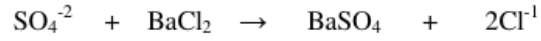


Şekil 4.13. Numunelerin nitrat (NO_3^-) analizi ölçümü grafiği

4.3.3. Sülfat (SO_4^{2-}) ve Karbonat (CO_3^{2-}) analizi

Sülfat (SO_4^{2-}) ve karbonat (CO_3^{2-}) genellikle geleneksel harç malzemesinin içine tarımsal atıklar, hava kirliliği, deniz suyu, portland çimentosu kullanımı ve alçı kullanımı sebebiyle girmektedir.

Geleneksel harç malzeme içerisindeki sülfatın (SO_4^{2-}) ve karbonatın (CO_3^{2-}) belirlenmesi için hazırlanan stok çözeltiden 2 ml. alınır. Alınan 2 ml. stok çözelti bir test tüpüne yerleştirilir ve üzerine 1 damla baryum klorür çözeltisi (BaCl_2) eklenerek tepkimeye girmesi sağlanır. Tepkime sonucu test tüpünde beyaz renkli çökeltme olup olmadığı gözlemlenmiştir. Gözlemlenen beyaz çökelti alınan numunede sülfatın (SO_4^{2-}) ve/veya karbonatın (CO_3^{2-}) olduğunu göstermektedir (Güleç, 1992; Borelli, 1999).



SO_4^{-2} : Çözeltideki sülfat iyonu

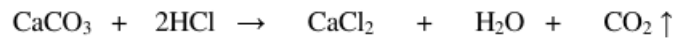
BaCl_2 : Baryum klorür

BaSO_4 : Beyaz parçacıklar

2Cl^{-1} : Klor iyonu

Şekil 4.14. Sülfat (SO_4^{2-}) ve Karbonat (CO_3^{2-}) analizinde gözlemlenen tepkime (Kozlu, 2010).

Beyaz çökelmenin gözlemlendiği numuneler santrifüje yerleştirilir. Ardından numunelerin üzerine 1 ya da 2 damla hidroklorik (HCL) asit eklenerek tepkimeye girmesi sağlanır. Siyah zemin önünde tepkime sonrası gaz çıkışı ve beyaz çökelti gözlemlenebilir. Sadece çökelti olursa bu sülfatın varlığını göstermektedir. Eğer gaz çıkışı ile çökelti kaybı olursa bu sadece karbonatın varlığını göstermektedir. Hem çökelti olup hem de gaz çıkışı gözlemlenirse bu durum numunede hem karbonat hem de sülfat varlığını gösterir (Güleç, 1992; Borelli, 1999; Velosa ve ark., 2006). Çökeltme ve gaz çıkışı durumuna göre sülfatın (SO_4^{2-}) ve karbonatın (CO_3^{2-}) varlığı en fazladan en aza sıralanmıştır. Bu sıralamada (-) çökeltme ve gaz çıkışının olmadığını ifade etmek için kullanılmıştır. Sıralama (+), (++), (+++) ve (++++) şeklinde değerler kullanılmıştır. Bu sıralamada (+) az miktarda çökelti ya da gaz çıkışı olduğunu belirtirken, (++++) çok miktarda çökelti ya da gaz çıkışı olduğunu belirtmektedir. Böylece tabloda kantitatif ve yarı kantitatif durumları belirtilmektedir (KUDEB, 2009-2011).



CaCO_3 : Kalsiyum karbonat (çözünmeyen madde)

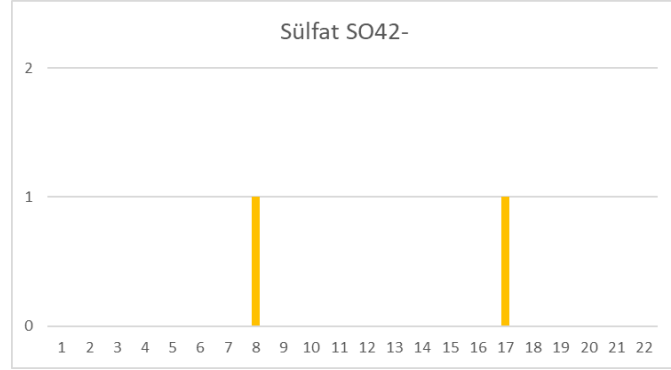
HCl : Hidroklorik asit

CaCl_2 : Kalsiyum klorür (çözünür madde)

CO_2 : Karbondioksit gazı

Şekil 4.15. Sülfat (SO_4^{2-}) ve Karbonat (CO_3^{2-}) analizinde gözlemlenen ikinci tepkime (Kozlu, 2010).

Testlerin yapıldığı harç numunelerin sülfat (SO_4^{2-}) analizi sonuçları aşağıda verilen grafikte gösterilmiştir (Şekil 4.16.) Testler sonucu numunelerin hiçbirinde karbonat (CO_3^{2-}) tespit edilmemiştir.



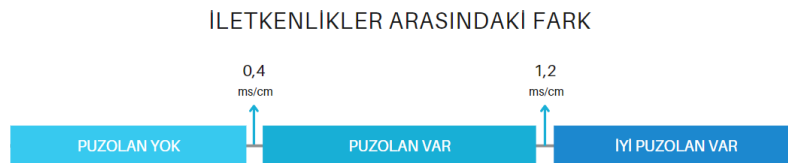
Şekil 4.16. Numunelerdeki sülfat (SO_4^{2-}) analizi ölçümü grafiği

4.3.4. İletkenlik Ölçümü

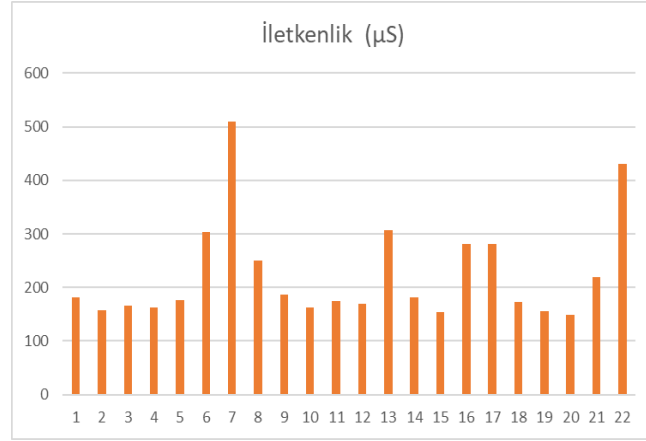
Numunelerde puzolanik aktivite değerlerinin belirlenmesi için iletkenlik ölçümünden yararlanılmıştır. İletkenlik ölçümü için ilk olarak kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) çözeltisi hazırlanmış olup, ardından iletkenli değeri ölçülmüştür. Sonra malzemelerin elek analizinde 125μ altında kalan bölüme 1g/50 ml. oranında çözelti eklenmiştir. Ardında iletkenliği ölçülmüştür. İletkenlikler arasındaki farkın 1,2 ms/cm'den büyük olması numunenin iyi puzolan olduğunu göstermektedir.

İletkenlikler arasındaki farkın 0,4 ms/cm ile 1,2 ms/cm arasında olması numunenin puzolan olduğunu göstermektedir. İletkenlikler arasındaki farkın 0,4 ms/cm'den küçük olması numunenin iyi puzolan olmadığını göstermektedir (Uğurlu ve Böke). Ancak bu test istenilen detayda sonuç vermeyebilir bu nedenle bu deneye ek olarak SEM-EDX ve ince kesit analizlerinin yapılması daha sağlıklı sonuçlar alınmasını sağlar (Kozlu, 2010).

Alınan numunelerin iletkenlik ölçümü sonrası sonuçlar aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 4.18.)



Şekil 4.17. İletkenlik ölçümündeki farkların anlamı (Uğurlu ve Böke)

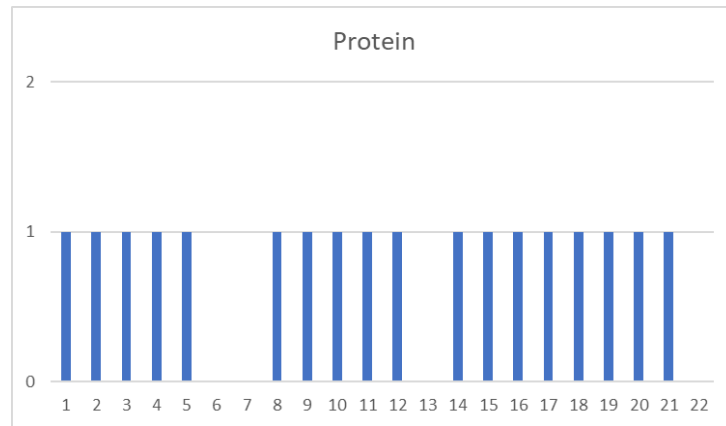


Şekil 4.18. Numunelerin iletkenlik analizi ölçümü grafiği

4.3.5. Protein ve Yağ Testleri

Protein Testi

Hayvan ve bitki kaynaklı protein varlığını saptamak için basit bir spot test uygulaması yapılır. Alınmış olan harç numunesi öğütülerek toz haline getirilir ve ardından kapiler cam tüpe doldurulur. Tüpün bir ucu ısıtılarak kapatılır. İnce şerit halindeki filtre kâğıdı, konsantre HCl içerisinde çözülmüş %5'lik p-dimetilaminobenzaldehit çözeltisine daldırılır ve sonra kapiler tüpün içine yerleştirilir. Örnek tüp alt kısmından ısıtılarak örnek degrade edilir ve çıkan gazın filtre kağıdında yaptığı renk değişimi gözlemlenir. Protein esaslı katkının konsantrasyonuna ya da dışarıdan kirlilik niteliğinde bulaşmış maddelere bağlı olarak değişen tonlarda pembe renk oluşumu proteinin varlığını gösterir. Eğer renk çok belirginse, proteinin katkı olarak ilave edildiği düşünülerek ileri analiz teknikleri ile bu maddenin niteliği ve miktarı belirlenebilir (Güleç, 1992; Kozlu, 2010; Uğur, 2019). Alınan numunelerin protein analizi ölçümü sonrası sonuçlar aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 4.19.)



Şekil 4.19. Numunelerin protein analizi ölçümü grafiği

Yağ Testi

Alınmış olan harç numunelerinin içerisindeki sabunlaşabilir yağ varlığı basit bir spot testle araştırılmıştır. Saat camı üzerine kristal yapıda olan az miktarda bakır sülfat dihidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve örnek tozu konulmuştur. Üzerine birkaç damla konsantre durumdaki hidrojen peroksit (H_2O_2) ve amonyak (NH_3) damlatılarak bekletilmiştir. Çözeltide oluşan kalıcı sabun kabarcıkları, örneklerin içerisinde katkı amaçlı yağ varlığını göstermektedir (Güleç, 1992; Kozlu, 2010; Uğur, 2019). Alınan numunelerin yağ analizi ölçümü sonrasında hiçbirinde yağ bulunmamıştır.

BASİT SPOT TESTLER (TUZ TESTLERİ)								
Numune No	Klorür Cl^-	Sülfat SO_4^{2-}	Karbonat CO_3^{2-}	Nitrat NO_3^-	İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	%Tuz Miktarı	Protein	Yağ
1	+	-	-	-	1,81	1,14	+	-
2	+	-	-	-	1,57	0,99	+	-
3	+	-	-	-	1,66	1,05	+	-
4	+	-	-	-	1,63	1,03	+	-
5	+	-	-	-	1,77	1,12	+	-
6	+	-	-	+	3,04	1,92	-	-
7	++	-	-	+	5,09	3,21	-	-
8	-	+	-	-	2,51	1,58	+	-
9	+	-	-	-	1,87	1,18	+	-
10	+	-	-	-	1,62	1,02	+	-
11	+	-	-	-	1,74	1,10	+	-
12	+	-	-	-	1,70	1,07	+	-
13	+	-	-	-	3,06	1,93	-	-
14	+	-	-	-	1,82	1,15	+	-
15	+	-	-	-	1,54	0,97	+	-
16	+	-	-	+	2,81	1,77	+	-
17	+	+	-	-	2,81	1,77	+	-
18	+	-	-	-	1,73	1,09	+	-
19	+	-	-	-	1,55	0,98	+	-
20	+	-	-	-	1,49	0,94	+	-
21	+	-	-	-	2,19	1,38	+	-
22	+	-	-	+	4,30	2,71	-	-

Şekil 4.20. Numunelerin tuz testlerinin tablosu

4.4. Kimyasal Analizler

Takkeli Dağ Gevale Kalesinin sarnıçlarından alınan numunelere kimyasal analiz olarak kızdırma kaybı analizi, asit kaybı analizi ve elek analizi yapılmıştır.

4.4.1. Kızdırma Kaybı Analizi (Kalsinasyonu)

Takkeli Dağ Gevale Kalesinden alınan harçlarda meydana gelen değişikliklerin incelenmesinde kızdırma kaybı deneyi kullanılmaktadır. Bu değişiklikler;

- Nem oranı
- Bileşim suyu
- Organik madde miktarıdır.

Örneklerden alınan parçaların bağlayıcı kısımları, agregaları ve lifli malzemeleri ayıklanarak, seramik havanda ince toz haline getirilmiştir. Kızdırma kaybı deneyinde toz halinde olan harç malzeme farklı sıcaklıklarda ve farklı sürelerde kızdırılarak ağırlıklarının kaybı kaydedilir. Bu sıcaklıklar ve süreler belirlidir. Ortalama 2 gr. bağlayıcı seramik krözeye konularak kül fırınına yerleştirilmiş, 105 ± 5 °C’de 2 saat, 550 ± 5 °C’de 1 saat, 1050 ± 5 °C’de 0,5 saat bekletilip desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Bu ağırlık kayıpları numunelerdeki nem oranı, bileşim suyu, organik madde miktarı ve CO₂ kaybından CaCO₃ miktarının hesaplanmasına imkân sağlar (Güleç, 1992; Gulec ve Ersen, 1998; Middendorf ve ark., 2005a; Ersen ve Güleç, 2009b).

Kızdırma kaybı analizine tabi tutulan harç numunelerinin hidrolik özellikleri CO₂ (1050 °C) / H₂O (105 °C) oranından tespit edilir. Ancak bu sonuçların kesinliği sadece kızdırma kaybı deneyi ile sağlanamaz. Bu nedenle kızdırma kaybı analizinin ileri analizlerle, petrografik analizlerle desteklenmesi önemlidir.

4.4.2. Asit Kaybı ve Elek Analizi

Asit Kaybı Analizi

Takkeli Dağ Gevale Kalesinin sarnıçlarından alınan harç numunelerinde ortalama 20 ile 25 gram miktarında alınır. Sonrasında ise alınan 20-25 gramlık harç parçaları etüvde 55°C sıcaklıkta kurutularak neminden arındırılır. Ardından harç parçaları desikatörde soğutulur. Bu işlemlerden sonra %10’luk hidroklorik asit (HCL) çözeltisinde harç malzemelerin reaksiyona girmesi sağlanır ve reaksiyon tamamlanıncaya kadar bekletilir. Reaksiyon tamamlandığında bir filtre kâğıdından süzülür. Filtre kâğıdından süzülen numunelerdeki kil ve lifli malzemeler ayrıştırılır. Sonrasında ise kurutulan agregalar 5 mm, 2.5 mm, 1 mm, 500 µ, 250 µ, 125 µ, ve 63 µ açıklıktaki eleklerden oluşan elek setinden geçirilmiştir (RILEM TC 167-COM, 2001).

Asit kaybı analizi sonrasında yapılan kızdırma kaybı analizi sonuçları birlikte incelenir. Farklı CaCO₃ miktarına sahip olan numuneler incelenir ve bu numunelerin

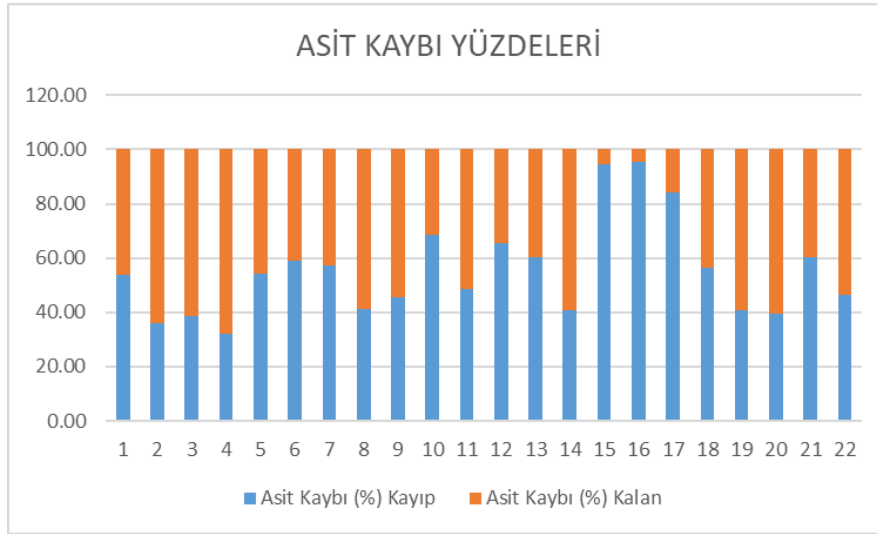
ince kesitleri alınıp, mikroskop altında gözlemlere dayandırılarak yaklaşık karbonatlı agrega içeriği belirlenir (Altun ve ark., 2009). Kızdırma kaybı ve asit kaybı analizi Şekil 4.21.'de bulunmaktadır.

Elek Analizi

Asit kaybı analizinden sonra harç numuneleri 1050 C'de sabit tartıma kadar kurutulur. Harç numuneleri desikatörde soğutulur. Tartı ile ölçümler yapıldıktan sonra numunelere elek analizi yapılır. Elek analizi yapılırken her bir elekte bulunan numunelerin tartı ile ölçümü yapılır. Örnekler ayrı ayrı paketlere yerleştirilir. Elek analizinden sonra paketlenen örnekler mikroskop altında incelenir ve bu inceleme sonucu harç örneklerinde asit ile tepkimeye girmeyen agregaların çeşitleri ve miktarları belirlenir. Elek analizi 5000 μ , 2500 μ , 1000 μ , 500 μ , 250 μ , 125 μ , 63 μ boyutlu elekler kullanılarak yapılmaktadır. Elek analizi sonuçları Şekil 4.23.'te bulunmaktadır.

Numune No	Kızdırma Kaybı (%)			Asit Kaybı (%)	
	Nem	550 °C	CaCO ₃	Kayıp	Kalan
1	1.99	3.82	47.65	53.97	46.03
2	0.80	1.83	29.69	35.84	64.16
3	0.82	1.97	27.99	38.73	61.27
4	0.98	2.58	29.92	32.16	67.84
5	2.03	3.98	32.39	54.34	45.66
6	4.01	5.73	42.77	59.07	40.93
7	7.77	4.87	39.98	57.12	42.88
8	2.14	2.99	35.43	41.20	58.80
9	2.61	3.91	33.69	45.33	54.67
10	0.74	2.51	64.01	68.38	31.62
11	1.71	2.78	27.42	48.48	51.52
12	2.25	3.04	56.61	65.64	34.36
13	4.39	4.87	40.87	60.49	39.51
14	4.60	2.81	26.72	40.72	59.28
15	0.75	3.56	89.22	94.48	5.52
16	0.88	4.56	88.29	95.58	4.42
17	1.08	4.36	78.65	84.18	15.82
18	1.84	3.51	45.31	56.19	43.81
19	0.92	2.17	33.23	40.90	59.10
20	0.89	2.77	25.42	39.47	60.53
21	2.02	3.69	51.49	60.42	39.58
22	4.43	5.55	28.17	46.25	53.75

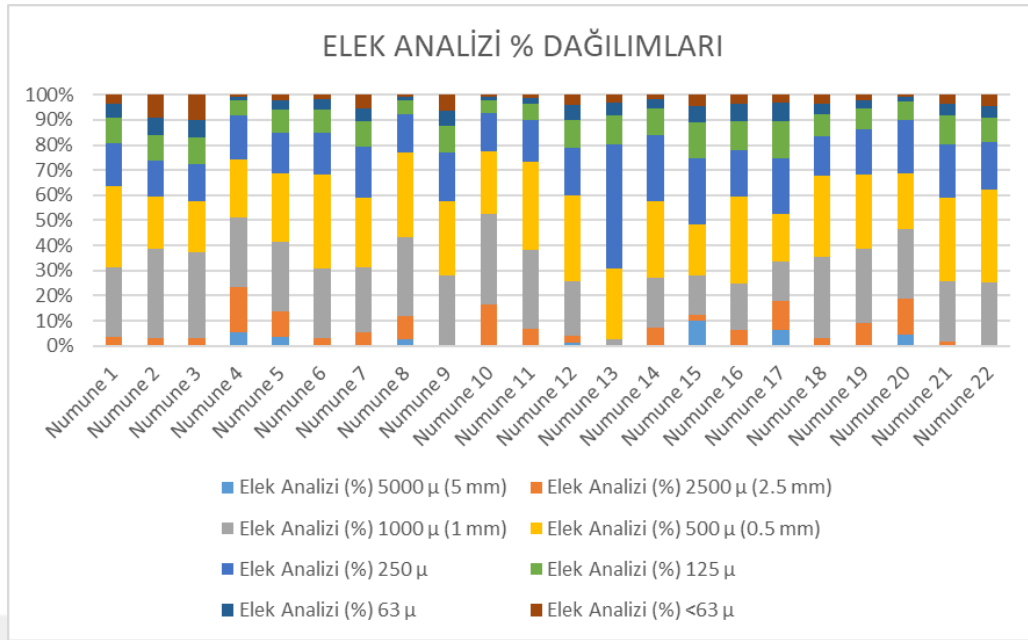
Şekil 4.21. Numunelere yapılan kızdırma kaybı, asit kaybı ve elek analizi deneylerinin sonuçları



Şekil 4.22. Numunelere yapılan kızdırma asit kaybı analizisıraı numunelerin kalan ve kayıp oranlarının yüzdeleri

Elek Analizi (%)								
Numune No	5000 μ (5 mm)	2500 μ (2.5 mm)	1000 μ (1 mm)	500 μ (0.5 mm)	250 μ	125 μ	63 μ	<63 μ
Numune 1	0.00	3.70	27.70	32.23	17.13	10.26	5.51	3.47
Numune 2	0.00	3.19	35.42	20.96	14.01	10.59	6.72	9.11
Numune 3	0.00	3.07	34.33	20.07	14.80	10.93	6.80	10.00
Numune 4	5.42	17.98	27.75	23.24	17.39	6.07	1.56	0.59
Numune 5	3.61	10.04	27.98	26.95	16.39	8.93	3.86	2.23
Numune 6	0.00	3.00	27.63	37.42	16.95	8.91	4.15	1.94
Numune 7	0.00	5.23	26.25	27.47	20.47	10.01	5.23	5.34
Numune 8	2.71	8.96	31.75	33.72	15.06	5.43	1.70	0.68
Numune 9	0.00	0.00	27.97	29.52	19.56	10.81	5.58	6.57
Numune 10	0.00	16.43	36.16	24.91	15.17	5.31	1.26	0.76
Numune 11	0.00	6.85	31.47	35.17	16.52	6.29	2.36	1.34
Numune 12	1.35	2.58	21.97	33.97	18.83	11.32	6.17	3.81
Numune 13	0.00	0.00	2.74	28.01	49.70	11.44	4.77	3.34
Numune 14	0.00	7.44	19.47	30.83	26.30	10.34	3.79	1.83
Numune 15	10.07	2.16	15.83	20.14	26.62	14.39	6.47	4.32
Numune 16	0.00	6.19	18.58	34.51	18.58	11.50	7.08	3.54
Numune 17	6.21	11.83	15.38	18.93	22.49	14.79	7.10	3.25
Numune 18	0.00	3.07	32.28	32.56	15.63	8.56	4.56	3.35
Numune 19	0.00	9.04	29.70	29.31	18.28	8.45	3.23	1.98
Numune 20	4.67	14.26	27.48	22.42	21.19	7.19	2.01	0.78
Numune 21	0.00	1.45	24.28	33.26	21.49	11.16	4.96	3.41
Numune 22	0.00	0.00	25.35	36.77	19.04	9.63	4.85	4.36

Şekil. 4.23. Numunelerin elek analizi deneylerinin sonuçları



Şekil. 4.24. Numunelere yapılan elek analizi deneyleri sonrası agrega dağılımları

4.5. İleri Analizler

Çalışmanın bu bölümünde Takkeli Dağ Gevale Kalesinin sarnıçlarından alınan numuneler için seçilen ve ileri analiz yöntemi olan SEM-EDS/EDX analizi bulunmaktadır.

4.5.1. SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu)

SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Analizi

SEM analizinde, analizi yapılacak numunenin yüzey bölümü yüksek enerjili elektron ışınları ile taranmaktadır. Yapılan bu tarama şeritler biçiminde olmaktadır. Sem cihazı bu işlemleri yapan bir elektron mikroskobudur. Analiz sırasında elektronlar, analizi yapılan numunedeki atomlar ile etkileşime girerek sinyaller oluşturmaktadır. Sem cihazı bu sinyalleri algılayarak analizi yapılan numunenin bileşimini görüntüler (KUDEB, 2009-2011). Elde edilen görüntüler ışını taramakla oluşturulur. Görüntüler oluşturulurken bir diğer taraftan elektron dedektöründe çıkan sinyalle ise monitöre aktarılır. Sem analizinde farklı modlar bulunmaktadır ve analizi yapılacak numunenin durumuna göre uygun mod seçilmesi önem arz eder. Sem analizinin bu kadar önemli ve başarılı bulunmasında üç boyutlu cisimlerin çok hızlı bir şekilde görsel olarak yorumunun yapılabilmesidir. Sem cihazında alternatif uygulamalar, detektör eklemeleri ile yapılabilir (KUDEB, 2009-2011). Sem analizinde çok küçük boyutlardaki

malzemelerin analize dâhil edilebilmesi tarihi yapılardan alınan harç numuneleri açısından oldukça önemlidir.



Şekil 4.25. Sem analizlerinin yapıldığı cihazın görseli (Carl Zeiss marka, EVO LS 10 model)

Sem analizi ile tarihi harç malzemeler ile ilgili birçok bilgi edinilebilir. Tarihi harç malzeme ile ilgili edinilen bilgiler;

- Mikro strüktürel yapı
- Bağlayıcı ve agrega kesitinde tepkimeler sonrası oluşmuş ürünler
- Kimyasal özellikleri ve içerikleri
- Harç içerisinde bulunan agregaların, morfolojisinin belirlenmesi
- Harç içerisinde bulunan agregaların minerolojik özelliklerinin belirlenmesi
- Bağlayıcı niteliği
- Harç malzemede bulunan mikroorganizma ve katkı maddeleri gibi verilerdir (Tuncoku, 2001; Middendorf ve ark., 2005a; Adriano ve ark., 2009; Uğur, 2019).

EDX/EDX (Enerji Dağılımı X- Işını Spektroskopisi) Analizi

EDX yada EDS olarak kısaltılan enerji dağılımı x-ışını spektroskopisi analizinde numunenin bileşenleri analiz edilir. Aynı zamanda EDX/EDS analizi ile numunenin

kimyasal karakterizasyonu da tespit edilebilir. EDX/EDS analizi malzemelerin bileşimini ve element olarak dağılımını belirlemek için kullanılır. EDX/EDS analizinde numuneye çok fazla X-ışını gönderilerek veriler elde edilir. EDX/EDS analizinin aşamalarını sıraladığımızda;

- **X-ışını bombardımanı:** Örneğe yüksek enerjili x-ışınları gönderilir. Bu x-ışınları, örneğin atomlarının iç elektronlarına çarparak atomların içinde bulunan elektronları uyarır ve bu elektronları dışarı iter.
- **İç elektronların doldurulması:** İç elektronların çıkmasıyla birlikte, daha yüksek enerjili dış elektronlar daha düşük enerjili iç boşluklara düşer. Bu düşüş sırasında fazla enerji, karakteristik x-ışınları şeklinde dışarı yayılır.
- **X-ışını emisyonu:** Her elementin atom yapısına özgü karakteristik enerji seviyeleri vardır. Bu nedenle, her element farklı enerjide x-ışınları yayacaktır. Bu yayılan x-ışınlarının enerji seviyeleri, o elementin kimliğini belirlemek için kullanılabilir.
- **Spektrum analizi:** Yayılan x-ışınlarının enerji seviyeleri, bir spektrometre tarafından algılanır ve kaydedilir. Bu spektrum, örneğin hangi elementlerin bulunduğunu ve bunların ne kadar olduğunu belirlemek için analiz edilir.
- **Elementel analiz:** Spektrumdaki piklerin yoğunlukları, örnekte hangi elementlerin bulunduğunu ve bunların miktarını belirlemek için kullanılır. Bu şekilde, örnekteki elementel bileşim ve dağılım hakkında bilgi elde edilir.

Örneklerin Hazırlanması ve Analiz Süreci

Sem (Taramalı Elektron Mikroskobu) analizi için numunelerin belirli bir hazırlıktan geçmesi gerekmektedir. Alınan numuneler analize tabi tutulacak sağlamlığa sahiplerse ve tozuma yapmıyorlarsa ön hazırlığa gerek yoktur. Ancak dağılıyorsa ya da analizin belirli bir kesitten yapılması gerekiyorsa numuneler epoksi malzemeye gömülür. Böylece numuneler analize hazır hale gelir (KUDEB, 2009-2011). Harç malzemelerin iletkenliklerinin çok düşük olması sebebiyle numuneler analiz tablasına yerleştirildikten sonra iletkenliğin sağlanması için gümüş boya ya da altın boya ile kaplanır. Bu yöntem ile harç malzeme iletkenlik özelliği kazanır.

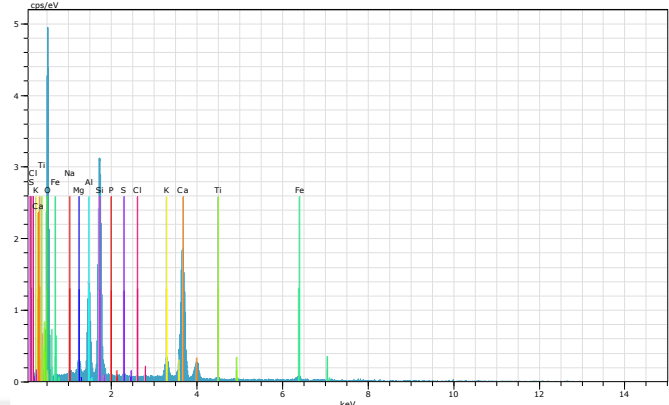
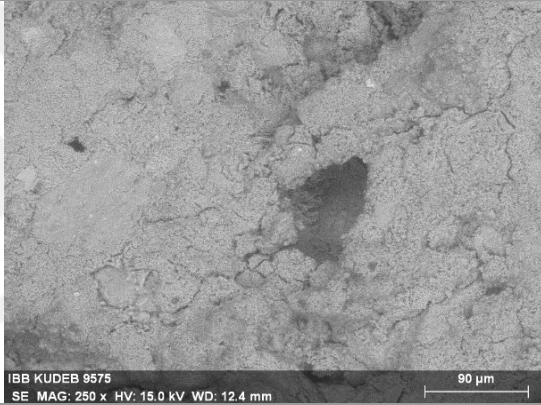


Şekil 4.26. Numunelerin iletkenliklerinin sağlanması için gümüş boya sürülmesi (KUDEB, 2009-2011).

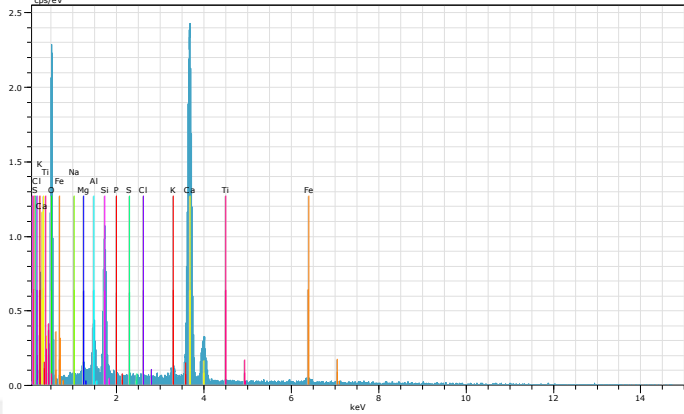
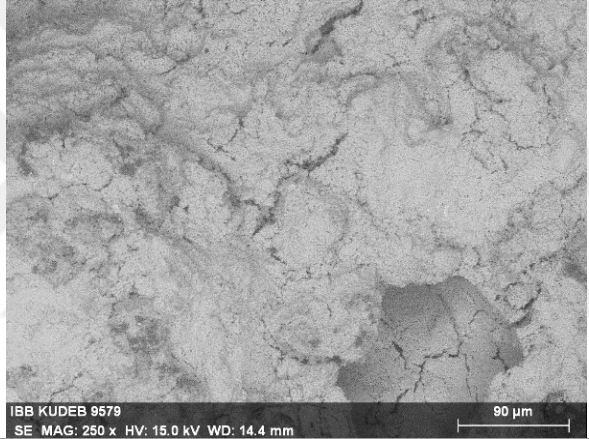
Sem analizinde daha sağlıklı sonuç alınabilmesi için harç malzemelerden eşit kalınlıklarda kalın kesitler alınır. Mikroskopta numune kesitleri incelenir ve incelemeler sonucu Sem analizinin yapılacağı bölgeler belirlenir. Belirlenen bölgelerin sem cihazında elde edilen görüntüleri alınır. Ardından bu bölgelerde noktasal ve bölgesel taramalar yapılır. Taramalar yapılırken bu bölgelerin EDX analizi ile kimyasal içeriği belirlenir. Analizi yapılan örneklerin, EDX programı olan Esprit 1.8. vasıtasıyla spektrumları oluşturulur. Ardından oluşturulan spektrumlarda isimlendirme yapılır. Harç malzemedeki elementlerin miktarı ise veri tabanı yardımı ile belirlenir (KUDEB, 2009-2011; Uğur, 2019).

Takkeli Dağ Gevâle Kalesinden alınan harç numunelerinin SEM-EDS/EDX analizlerinin sonuçları tablolarda verilmiştir.

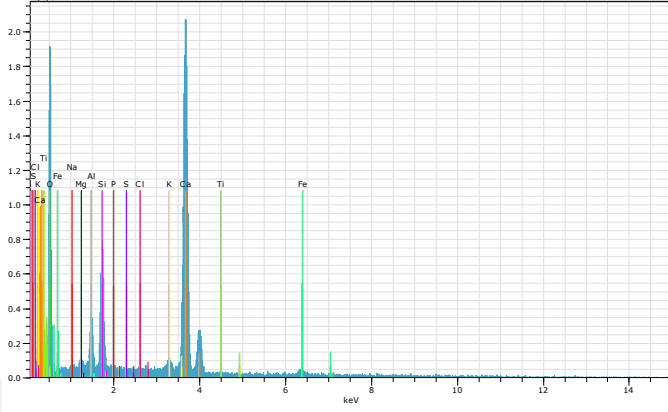
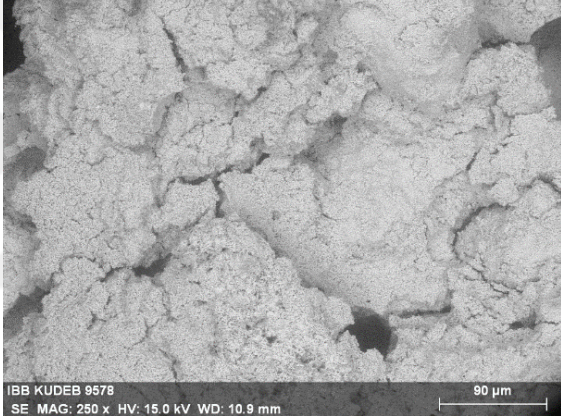
Tablo 4.23. Numune 1 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 1				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	40.14	58.43		0.00
Magnesium	1.20	1.15	MgO	1.99
Aluminium	7.09	6.12	Al2O3	13.40
Silicon	17.79	14.75	SiO2	38.06
Potassium	3.17	1.89	K2O	3.82
Calcium	28.03	16.29	CaO	39.22
Iron	1.91	0.80	FeO	2.45
Phosphorus	0.01	0.01	P2O5	0.02
Sulfur	0.09	0.06	SO3	0.22
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Titanium	0.14	0.07	TiO2	0.23
Sodium	0.43	0.43	Na2O	0.58
Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum ve silisyum, bu iki elementten daha az miktarda ise, alüminyum, potasyum, demir, magnezyum, sodyum, titanyum, kükürt ve fosfor bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.24. Numune 2 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

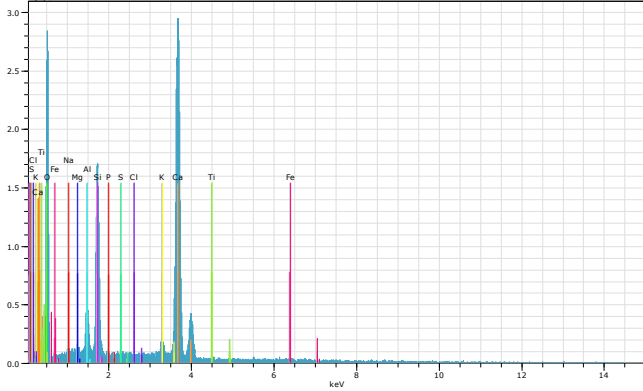
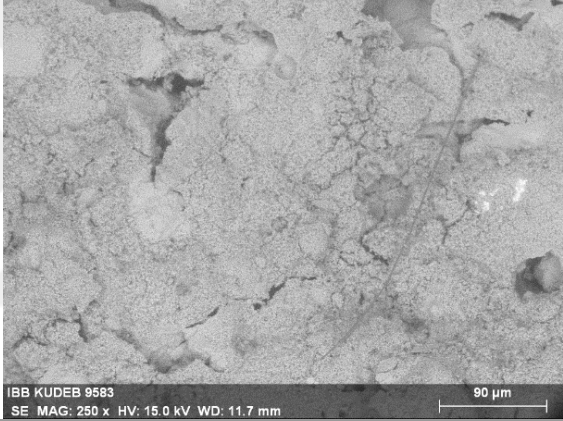
NUMUNE 2				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	33.52	54.08		0.00
Magnesium	0.53	0.56	MgO	0.88
Aluminium	2.86	2.74	Al ₂ O ₃	5.41
Silicon	8.04	7.39	SiO ₂	17.20
Calcium	51.53	33.19	CaO	72.10
Iron	1.79	0.83	FeO	2.31
Phosphorus	0.00	0.00	P ₂ O ₅	0.00
Sulfur	0.00	0.00	SO ₃	0.00
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Titanium	0.00	0.00	TiO ₂	0.00
Sodium	0.14	0.16	Na ₂ O	0.19
Potassium	1.59	1.05	K ₂ O	1.91
Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, demir, potasyum, magnezyum ve sodyum bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.25. Numune 3 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

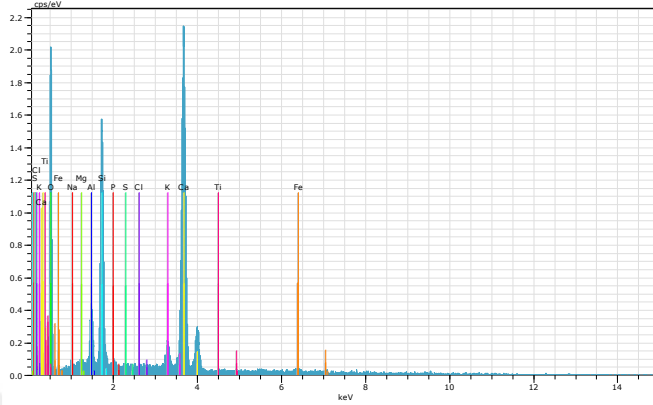
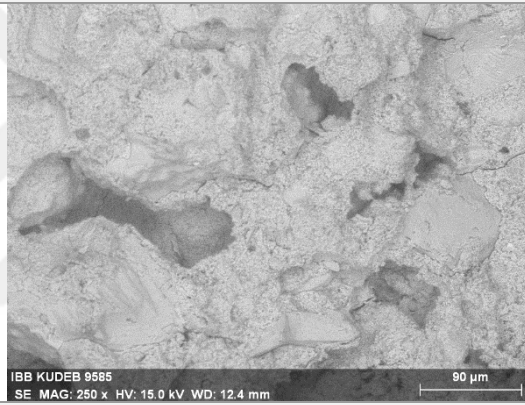
NUMUNE 3				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	33.27	53.93		0.00
Magnesium	0.33	0.36	MgO	0.55
Aluminium	3.04	2.92	Al ₂ O ₃	5.75
Silicon	7.51	6.93	SiO ₂	16.06
Potassium	1.54	1.02	K ₂ O	1.86
Calcium	52.43	33.93	CaO	73.36
Iron	1.82	0.85	FeO	2.34
Phosphorus	0.00	0.00	P ₂ O ₅	0.00
Sulfur	0.00	0.00	SO ₃	0.00
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Titanium	0.00	0.00	TiO ₂	0.00
Sodium	0.05	0.06	Na ₂ O	0.07

Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, demir, magnezyum, klor, potasyum, kükürt, sodyum ve titanyum bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.26. Numune 4 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

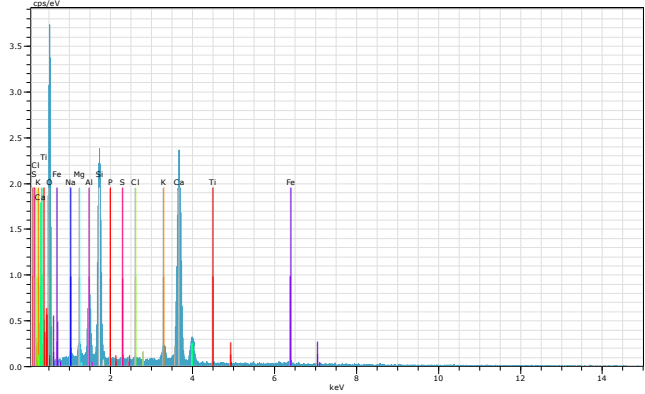
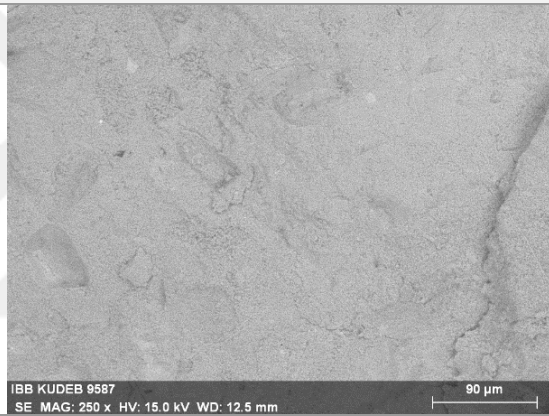
NUMUNE 4				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	34.59	54.92		0.00
Magnesium	0.17	0.18	MgO	0.29
Aluminium	2.49	2.34	Al ₂ O ₃	4.70
Silicon	10.33	9.35	SiO ₂	22.11
Potassium	1.69	1.10	K ₂ O	2.04
Calcium	49.63	31.46	CaO	69.44
Phosphorus	0.00	0.00	P ₂ O ₅	0.00
Sulfur	0.00	0.00	SO ₃	0.00
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Iron	0.87	0.40	FeO	1.12
Titanium	0.00	0.00	TiO ₂	0.00
Sodium	0.22	0.24	Na ₂ O	0.30
Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, potasyum, demir, sodyum ve magnezyum bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.27. Numune 5 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 5				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	35.70	55.84		0.00
Aluminium	2.76	2.56	Al2O3	5.21
Silicon	12.57	11.20	SiO2	26.90
Potassium	2.51	1.61	K2O	3.03
Calcium	45.16	28.20	CaO	63.19
Iron	1.28	0.58	FeO	1.65
Phosphorus	0.01	0.01	P2O5	0.02
Sulfur	0.00	0.00	SO3	0.00
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Titanium	0.00	0.00	TiO2	0.00
Magnesium	0.00	0.00	MgO	0.00
Sodium	0.00	0.00	Na2O	0.00

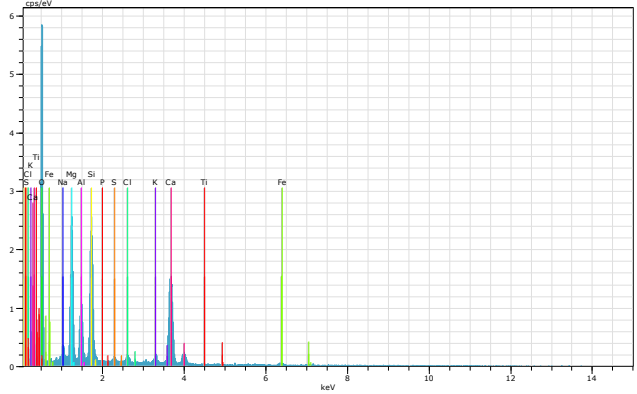
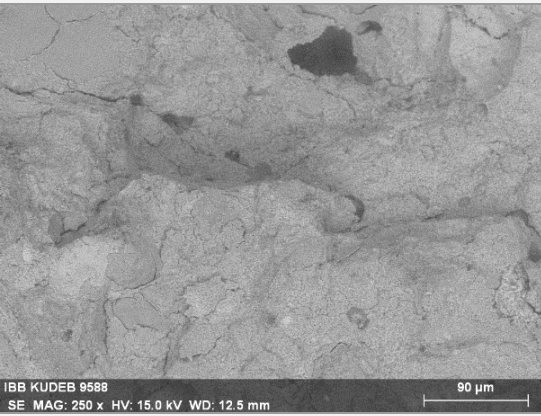
Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, potasyum, demir ve fosfor bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.28. Numune 6 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 6				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	37.67	56.81		0.00
Sodium	0.60	0.63	Na2O	0.81
Magnesium	1.08	1.07	MgO	1.79
Aluminium	4.92	4.40	Al2O3	9.29
Silicon	14.47	12.44	SiO2	30.96
Potassium	2.31	1.42	K2O	2.78
Calcium	37.19	22.40	CaO	52.04
Iron	1.53	0.66	FeO	1.96
Phosphorus	0.00	0.00	P2O5	0.00
Sulfur	0.08	0.06	SO3	0.20
Chlorine	0.15	0.10		0.15
Titanium	0.00	0.00	TiO2	0.00

Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, potasyum, demir, magnezyum, sodyum, kükürt ve klor bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.29. Numune 7 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

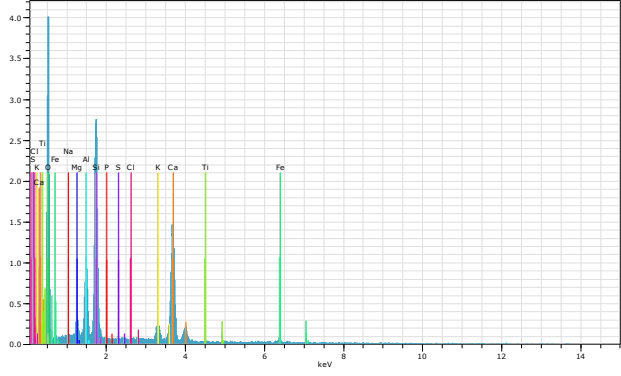
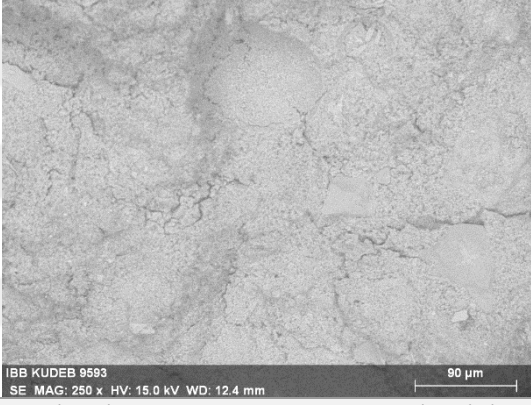
NUMUNE 7				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	39.95	56.23		0.00
Sodium	1.73	1.69	Na2O	2.33
Magnesium	12.47	11.55	MgO	20.67
Aluminium	5.87	4.90	Al2O3	11.10
Silicon	13.64	10.93	SiO2	29.17
Sulfur	0.57	0.40	SO3	1.43
Chlorine	0.85	0.54		0.85
Potassium	1.43	0.82	K2O	1.72
Calcium	21.65	12.16	CaO	30.29
Iron	1.74	0.70	FeO	2.23
Phosphorus	0.02	0.01	P2O5	0.04
Titanium	0.10	0.05	TiO2	0.17

Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum ve silisyum, bu iki elementten daha az miktarda ise, magnezyum, alüminyum, sodyum, demir, potasyum, kükürt, klor, titanyum ve fosfor bulunduğu tespit edilmiştir.				

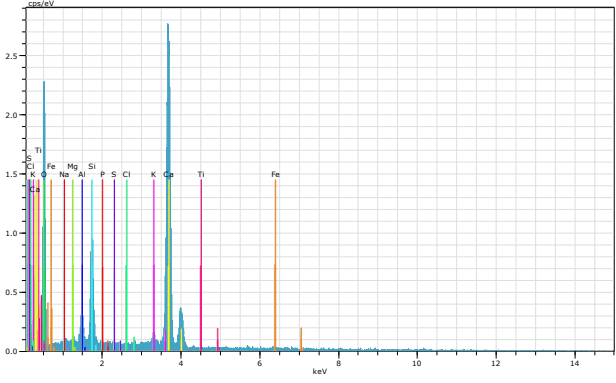
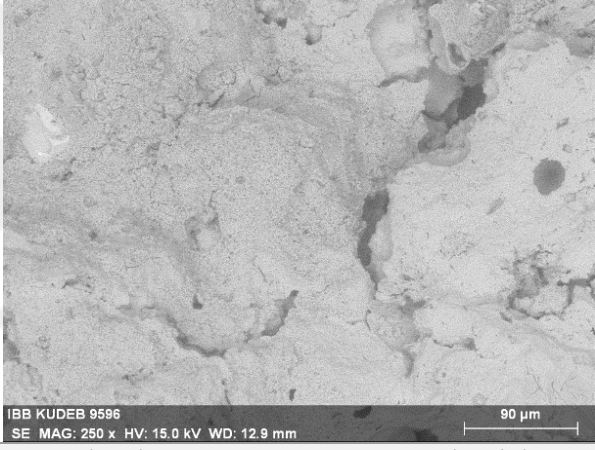
Tablo 4.30. Numune 8 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 8				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
SEM görüntüsü				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	34.31	54.60		0.00
Magnesium	0.65	0.68	MgO	1.08
Aluminium	2.61	2.47	Al2O3	4.94
Silicon	9.54	8.65	SiO2	20.41
Potassium	1.85	1.21	K2O	2.23
Calcium	50.28	31.95	CaO	70.36
Phosphorus	0.00	0.00	P2O5	0.00
Sulfur	0.00	0.00	SO3	0.00
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Sodium	0.17	0.18	Na2O	0.22
Titanium	0.00	0.00	TiO2	0.00
Iron	0.58	0.27	FeO	0.75
Total: 100.00 100.00				
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, potasyum, magnezyum, demir ve sodyum bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.31. Numune 9 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 9																																																																										
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi																																																																										
EDX spektrumu																																																																										
																																																																										
SEM görüntüsü																																																																										
																																																																										
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları																																																																										
Spectrum <table> <tr> <th>Element</th><th>norm. C [wt.%]</th><th>Atom. C [at.%]</th><th>Compound</th><th>norm. Comp. C [wt.%]</th></tr> <tr> <td>Oxygen</td><td>40.91</td><td>58.92</td><td></td><td>0.00</td></tr> <tr> <td>Magnesium</td><td>1.54</td><td>1.46</td><td>MgO</td><td>2.55</td></tr> <tr> <td>Aluminium</td><td>6.73</td><td>5.75</td><td>Al₂O₃</td><td>12.71</td></tr> <tr> <td>Silicon</td><td>19.46</td><td>15.97</td><td>SiO₂</td><td>41.63</td></tr> <tr> <td>Potassium</td><td>3.06</td><td>1.81</td><td>K₂O</td><td>3.69</td></tr> <tr> <td>Calcium</td><td>25.64</td><td>14.75</td><td>CaO</td><td>35.88</td></tr> <tr> <td>Iron</td><td>2.19</td><td>0.91</td><td>FeO</td><td>2.82</td></tr> <tr> <td>Phosphorus</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>P₂O₅</td><td>0.00</td></tr> <tr> <td>Sulfur</td><td>0.07</td><td>0.05</td><td>SO₃</td><td>0.17</td></tr> <tr> <td>Chlorine</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td></td><td>0.00</td></tr> <tr> <td>Titanium</td><td>0.02</td><td>0.01</td><td>TiO₂</td><td>0.03</td></tr> <tr> <td>Sodium</td><td>0.39</td><td>0.39</td><td>Na₂O</td><td>0.52</td></tr> <tr> <td>Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td><td></td></tr> </table>					Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Oxygen	40.91	58.92		0.00	Magnesium	1.54	1.46	MgO	2.55	Aluminium	6.73	5.75	Al ₂ O ₃	12.71	Silicon	19.46	15.97	SiO ₂	41.63	Potassium	3.06	1.81	K ₂ O	3.69	Calcium	25.64	14.75	CaO	35.88	Iron	2.19	0.91	FeO	2.82	Phosphorus	0.00	0.00	P ₂ O ₅	0.00	Sulfur	0.07	0.05	SO ₃	0.17	Chlorine	0.00	0.00		0.00	Titanium	0.02	0.01	TiO ₂	0.03	Sodium	0.39	0.39	Na ₂ O	0.52	Total:	100.00	100.00		
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]																																																																						
Oxygen	40.91	58.92		0.00																																																																						
Magnesium	1.54	1.46	MgO	2.55																																																																						
Aluminium	6.73	5.75	Al ₂ O ₃	12.71																																																																						
Silicon	19.46	15.97	SiO ₂	41.63																																																																						
Potassium	3.06	1.81	K ₂ O	3.69																																																																						
Calcium	25.64	14.75	CaO	35.88																																																																						
Iron	2.19	0.91	FeO	2.82																																																																						
Phosphorus	0.00	0.00	P ₂ O ₅	0.00																																																																						
Sulfur	0.07	0.05	SO ₃	0.17																																																																						
Chlorine	0.00	0.00		0.00																																																																						
Titanium	0.02	0.01	TiO ₂	0.03																																																																						
Sodium	0.39	0.39	Na ₂ O	0.52																																																																						
Total:	100.00	100.00																																																																								
ANALİZ SONUCU																																																																										
Numunede yüksek miktarda silisyum ve kalsiyum, bu iki elementten daha az miktarda ise, alüminyum, potasyum, demir, magnezyum, sodyum, kükürt ve titanyum bulunduğu tespit edilmiştir.																																																																										

Tablo 4.32. Numune 10 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 10				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	32.77	53.58		0.00
Aluminium	2.08	2.02	Al2O3	3.93
Silicon	7.16	6.66	SiO2	15.31
Potassium	1.56	1.04	K2O	1.88
Calcium	55.38	36.14	CaO	77.49
Iron	0.94	0.44	FeO	1.20
Phosphorus	0.00	0.00	P2O5	0.00
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Sulfur	0.00	0.00	SO3	0.00
Titanium	0.00	0.00	TiO2	0.00
Magnesium	0.11	0.11	MgO	0.17
Sodium	0.00	0.00	Na2O	0.00

Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, potasyum, demir ve magnezyum bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.33. Numune 11 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 11

Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi

EDX spektrumu

SEM görüntüsü

EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları

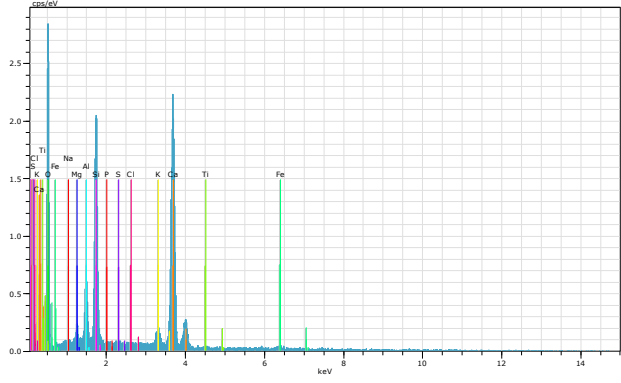
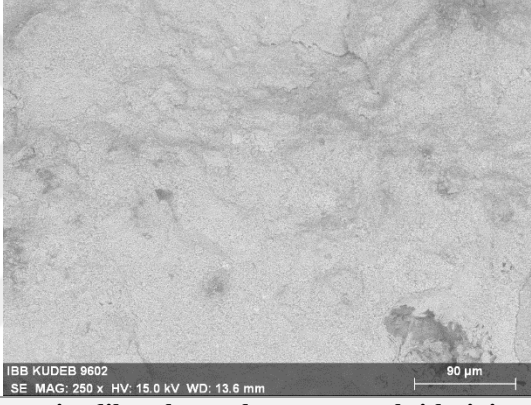
Spectrum

Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	39.69	58.42		0.00
Magnesium	0.83	0.80	MgO	1.37
Aluminium	4.40	3.84	Al2O3	8.31
Silicon	17.88	14.99	SiO2	38.26
Potassium	2.04	1.23	K2O	2.46
Calcium	32.87	19.32	CaO	46.00
Iron	1.26	0.53	FeO	1.62
Phosphorus	0.28	0.21	P2O5	0.63
Sulfur	0.31	0.22	SO3	0.76
Chlorine	0.03	0.02		0.03
Titanium	0.01	0.01	TiO2	0.02
Sodium	0.40	0.41	Na2O	0.54
Total:	100.00	100.00		

ANALİZ SONUCU

Numunede yüksek miktarda kalsiyum ve silisyum, bu iki elementten daha az miktarda ise, alüminyum, potasyum, demir, magnezyum, kükürt, fosfor, sodyum, klor ve titanyum bulunduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.34. Numune 12 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

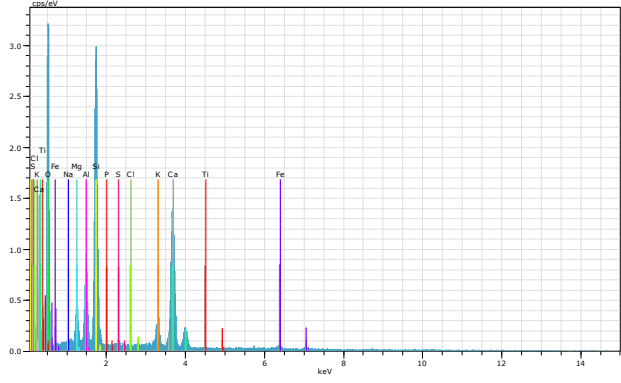
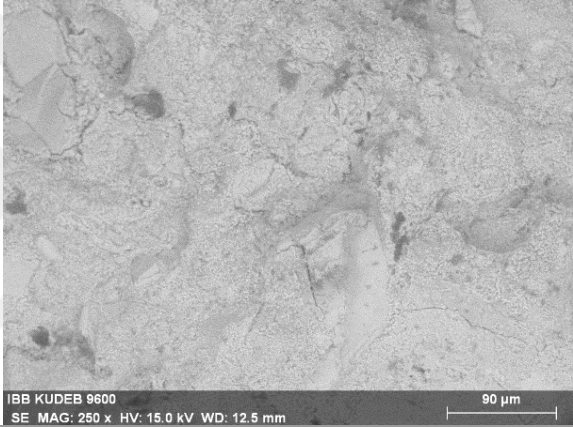
NUMUNE 12				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	37.43	56.88		0.00
Magnesium	0.92	0.92	MgO	1.52
Aluminium	4.17	3.76	Al2O3	7.89
Silicon	14.55	12.60	SiO2	31.14
Potassium	2.34	1.45	K2O	2.82
Calcium	38.67	23.45	CaO	54.10
Iron	1.69	0.74	FeO	2.18
Phosphorus	0.00	0.00	P2O5	0.00
Sulfur	0.04	0.03	SO3	0.09
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Titanium	0.06	0.03	TiO2	0.09
Sodium	0.13	0.14	Na2O	0.18
Total: 100.00 100.00				
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, potasyum, demir, magnezyum, sodyum, kükürt ve titanyum bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.35. Numune 13 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

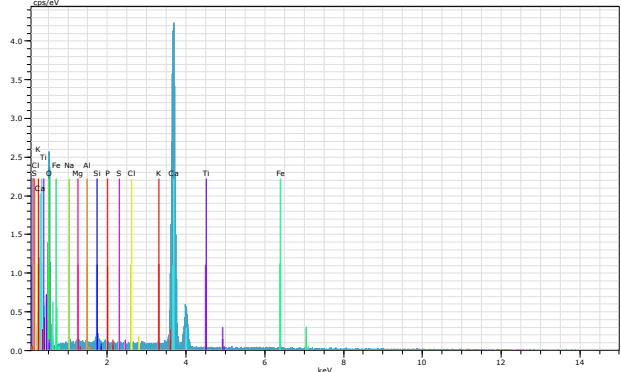
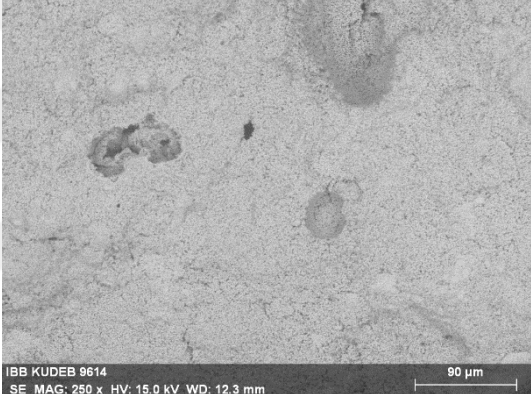
NUMUNE 13				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
SEM görüntüsü				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	40.39	58.61		0.00
Sodium	0.40	0.40	Na2O	0.53
Magnesium	1.21	1.15	MgO	2.00
Aluminium	6.74	5.80	Al2O3	12.73
Silicon	18.84	15.58	SiO2	40.31
Potassium	4.65	2.76	K2O	5.60
Calcium	25.00	14.48	CaO	34.98
Iron	2.54	1.06	FeO	3.27
Titanium	0.02	0.01	TiO2	0.04
Phosphorus	0.00	0.00	P2O5	0.00
Sulfur	0.22	0.16	SO3	0.54
Chlorine	0.00	0.00		0.00

Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda silisyum ve kalsiyum, bu iki elementten daha az miktarda ise, alüminyum, potasyum, demir, magnezyum, kükürt, sodyum ve titanyum bulunduğu tespit edilmiştir.				

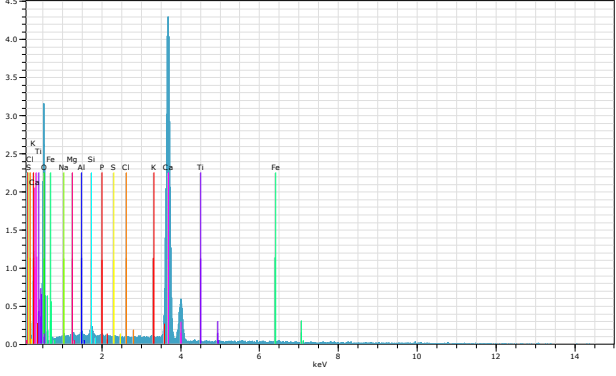
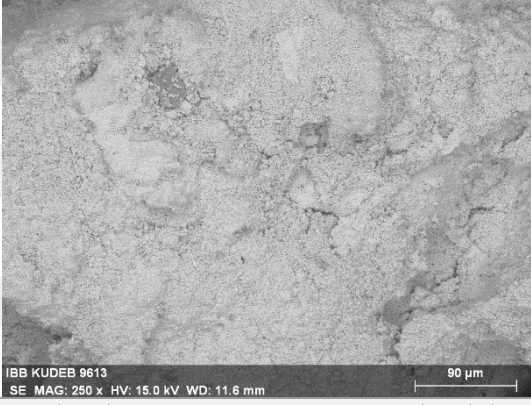
Tablo 4.36. Numune 14 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 14				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	40.66	58.71		0.00
Sodium	0.22	0.22	Na2O	0.30
Magnesium	2.45	2.33	MgO	4.06
Aluminium	5.45	4.66	Al2O3	10.29
Silicon	19.55	16.08	SiO2	41.83
Potassium	3.50	2.07	K2O	4.21
Calcium	26.06	15.02	CaO	36.47
Iron	2.00	0.83	FeO	2.58
Phosphorus	0.00	0.00	P2O5	0.00
Sulfur	0.10	0.07	SO3	0.25
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Titanium	0.00	0.00	TiO2	0.00
Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda silisyum ve kalsiyum, bu iki elementten daha az miktarda ise, alüminyum, potasyum, magnezyum, demir, sodyum ve kükürt bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.37. Numune 15 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 15				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	28.73	50.11		0.00
Silicon	0.58	0.58	SiO2	1.25
Calcium	69.17	48.16	CaO	96.79
Phosphorus	0.00	0.00	P2O5	0.00
Sulfur	0.00	0.00	SO3	0.00
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Aluminium	0.00	0.00	Al2O3	0.00
Iron	0.42	0.21	FeO	0.54
Titanium	0.00	0.00	TiO2	0.00
Magnesium	0.16	0.19	MgO	0.27
Sodium	0.18	0.22	Na2O	0.24
Potassium	0.74	0.53	K2O	0.89
Total: 100.00 100.00				
ANALİZ SONUCU				
Numunede çok yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten çok daha az miktarda ise, silisyum, potasyum, demir, magnezyum ve sodyum bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.38. Numune 16 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

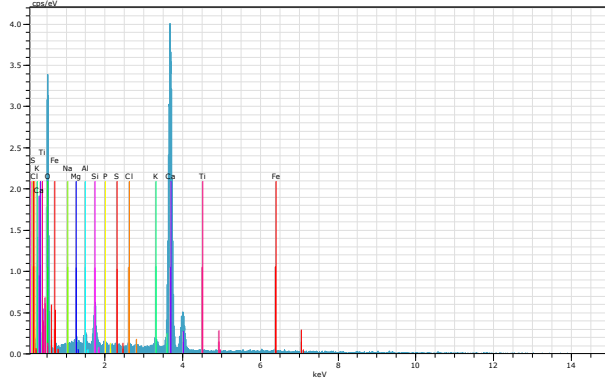
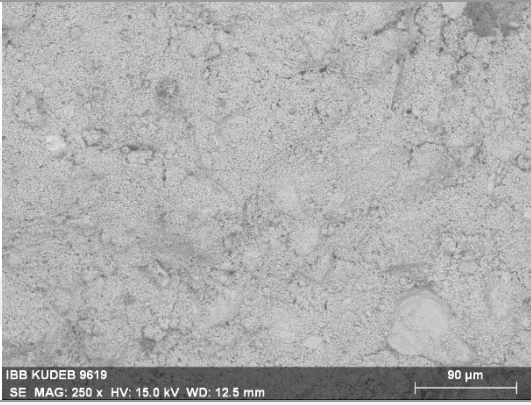
NUMUNE 16				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	28.90	50.21		0.00
Aluminium	0.24	0.24	Al2O3	0.45
Silicon	0.76	0.75	SiO2	1.62
Calcium	68.50	47.51	CaO	95.85
Phosphorus	0.03	0.02	P2O5	0.06
Sulfur	0.00	0.00	SO3	0.00
Chlorine	0.11	0.08		0.11
Iron	0.22	0.11	FeO	0.28
Titanium	0.00	0.00	TiO2	0.00
Magnesium	0.22	0.25	MgO	0.36
Sodium	0.18	0.22	Na2O	0.25
Potassium	0.85	0.60	K2O	1.02

Total:	100.00	100.00		

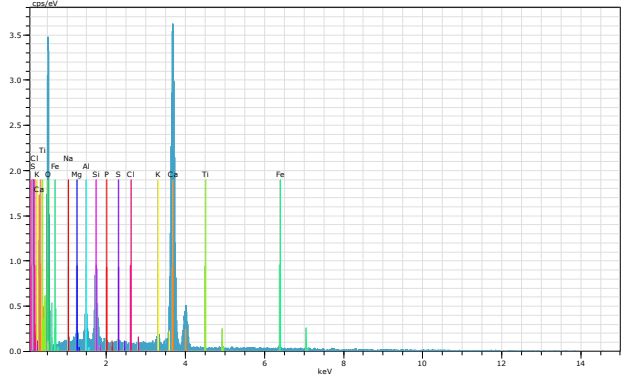
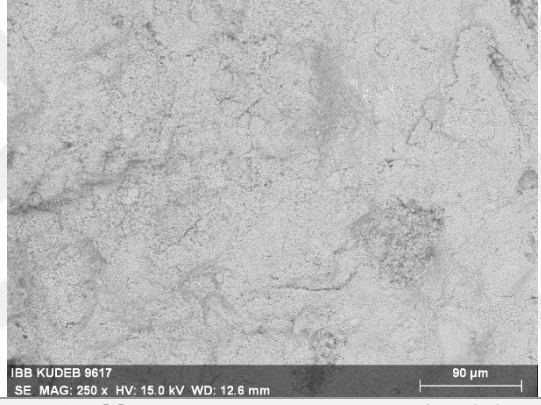
ANALİZ SONUCU

Numunede çok yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten çok daha az miktarda ise, silisyum, potasyum, alüminyum, magnezyum, demir, sodyum, klor ve fosfor bulunduğu tespit edilmiştir.

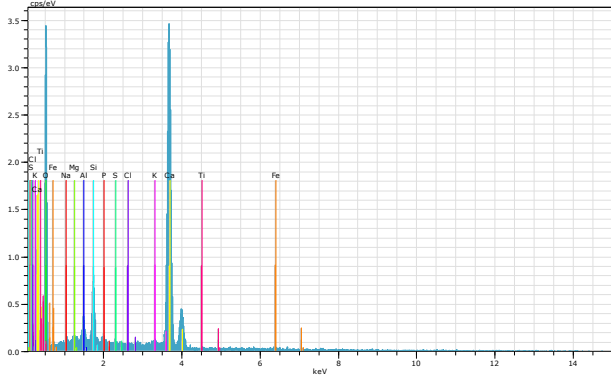
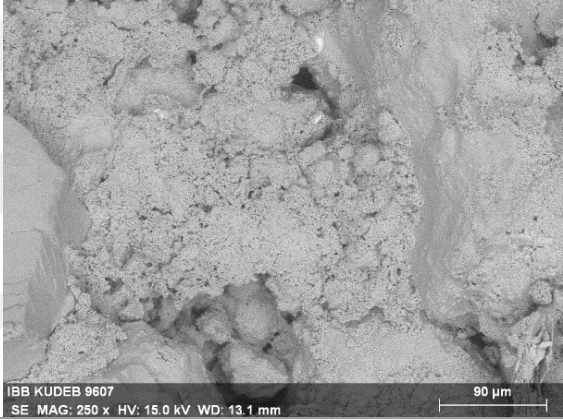
Tablo 4.39. Numune 17 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 17				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	30.55	51.57		0.00
Magnesium	0.59	0.66	MgO	0.98
Aluminium	1.07	1.07	Al2O3	2.03
Silicon	3.04	2.92	SiO2	6.50
Phosphorus	0.28	0.24	P2O5	0.63
Chlorine	0.25	0.19		0.25
Potassium	1.24	0.86	K2O	1.50
Calcium	62.00	41.78	CaO	86.75
Sulfur	0.07	0.06	SO3	0.17
Titanium	0.00	0.00	TiO2	0.00
Sodium	0.30	0.36	Na2O	0.41
Iron	0.60	0.29	FeO	0.77
Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede çok yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten çok daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, potasyum, magnezyum, demir, fosfor, sodyum, klor ve kükürt bulunduğu tespit edilmiştir.				

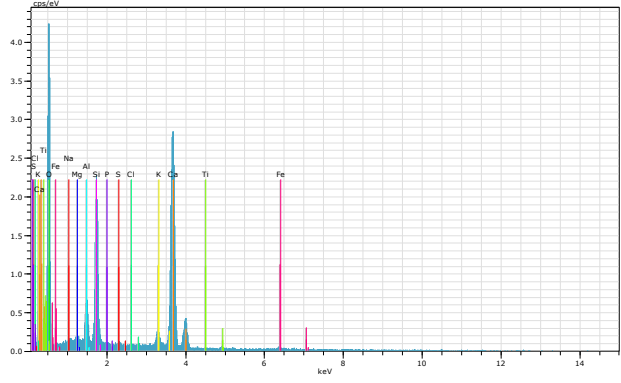
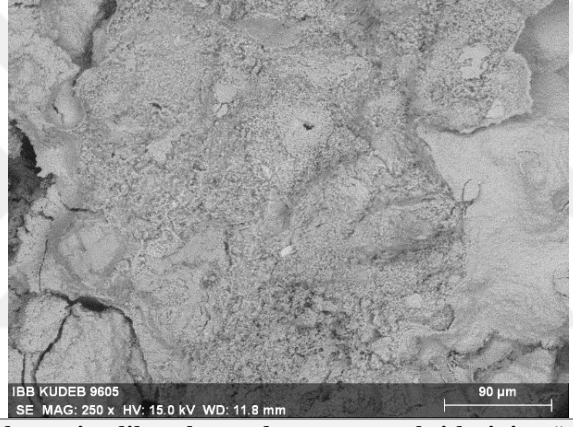
Tablo 4.40. Numune 18 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 18				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	31.92	52.70		0.00
Magnesium	0.66	0.72	MgO	1.10
Aluminium	2.03	1.99	Al2O3	3.83
Silicon	5.25	4.94	SiO2	11.24
Potassium	1.51	1.02	K2O	1.81
Calcium	57.38	37.82	CaO	80.28
Iron	0.89	0.42	FeO	1.15
Phosphorus	0.00	0.00	P2O5	0.00
Sulfur	0.08	0.07	SO3	0.21
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Titanium	0.00	0.00	TiO2	0.00
Sodium	0.28	0.32	Na2O	0.38
Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, potasyum, demir, magnezyum, sodyum ve kükürt bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.41. Numune 19 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

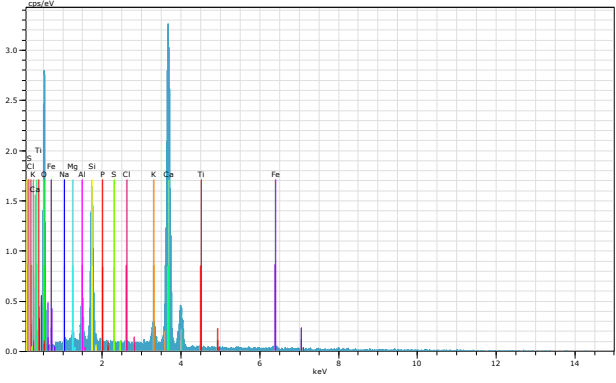
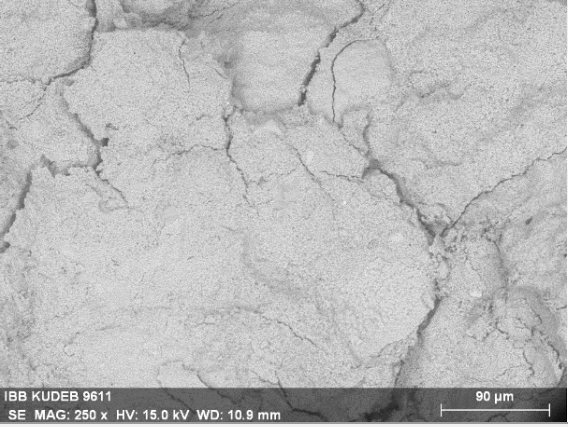
NUMUNE 19				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	31.64	52.53		0.00
Aluminium	1.78	1.75	Al2O3	3.36
Silicon	4.57	4.32	SiO2	9.78
Potassium	1.22	0.83	K2O	1.47
Calcium	58.76	38.93	CaO	82.22
Iron	0.82	0.39	FeO	1.06
Phosphorus	0.36	0.31	P2O5	0.83
Sulfur	0.00	0.00	SO3	0.00
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Titanium	0.00	0.00	TiO2	0.00
Magnesium	0.48	0.53	MgO	0.80
Sodium	0.35	0.40	Na2O	0.47
Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, potasyum, demir, fosfor, magnezyum ve sodyum bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.42. Numune 20 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

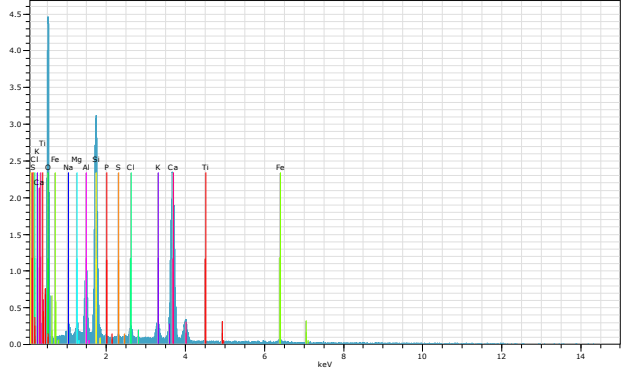
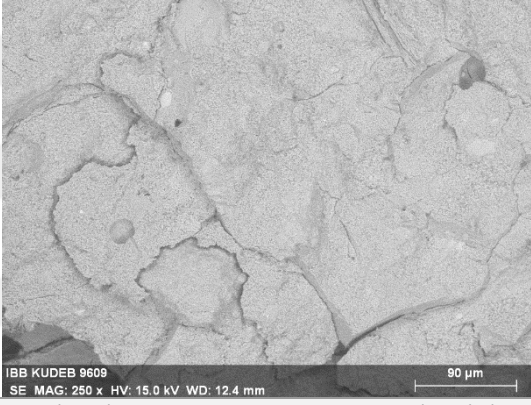
NUMUNE 20				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	36.11	55.84		0.00
Magnesium	0.60	0.61	MgO	0.99
Aluminium	3.35	3.07	Al2O3	6.32
Silicon	12.42	10.94	SiO2	26.57
Potassium	2.64	1.67	K2O	3.18
Calcium	43.37	26.77	CaO	60.68
Sulfur	0.13	0.10	SO3	0.32
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Phosphorus	0.10	0.08	P2O5	0.24
Iron	0.70	0.31	FeO	0.90
Titanium	0.03	0.02	TiO2	0.06
Sodium	0.55	0.59	Na2O	0.74

Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, potasyum, magnezyum, demir, sodyum, kükürt, fosfor ve titanyum bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.43. Numune 21 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 21				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	33.87	54.32		0.00
Sodium	0.09	0.11	Na2O	0.13
Magnesium	0.38	0.40	MgO	0.63
Aluminium	2.69	2.56	Al2O3	5.09
Silicon	9.16	8.36	SiO2	19.59
Potassium	2.99	1.96	K2O	3.60
Calcium	49.45	31.65	CaO	69.18
Iron	1.31	0.60	FeO	1.68
Phosphorus	0.00	0.00	P2O5	0.00
Chlorine	0.01	0.01		0.01
Sulfur	0.00	0.00	SO3	0.00
Titanium	0.05	0.02	TiO2	0.08
Total:	70.86	100.00	100.00	
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum, bu elementten daha az miktarda ise, silisyum, alüminyum, potasyum, demir, magnezyum, sodyum, titanyum ve klor bulunduğu tespit edilmiştir.				

Tablo 4.44. Numune 22 SEM-EDS/EDX Analizi (Taramalı Elektron Mikroskobu) verileri ve sonuçları

NUMUNE 22				
Sıva numunesinin bağlayıcı kısmının analizi				
EDX spektrumu				
				
SEM görüntüsü				
				
EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları				
Spectrum				
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	38.32	57.03		0.00
Sodium	1.23	1.27	Na2O	1.66
Magnesium	0.77	0.75	MgO	1.27
Aluminium	5.04	4.45	Al2O3	9.52
Silicon	16.21	13.74	SiO2	34.68
Sulfur	0.20	0.15	SO3	0.49
Chlorine	1.12	0.75		1.12
Potassium	2.84	1.73	K2O	3.42
Calcium	32.79	19.48	CaO	45.88
Iron	1.44	0.61	FeO	1.85
Phosphorus	0.05	0.03	P2O5	0.10
Titanium	0.00	0.00	TiO2	0.00
Total:	100.00	100.00		
ANALİZ SONUCU				
Numunede yüksek miktarda kalsiyum ve silisyum, bu iki elementten daha az miktarda ise, alüminyum, potasyum, demir, sodyum, magnezyum, klor, kükürt ve fosfor bulunduğu tespit edilmiştir.				

4.6. Petrografik Analizler

Petrografik ve minerolojik incelemeler harcın yapısı ile ilgili bizlere önemli bilgiler vermektedir. Bu bilgilere kısaca göz attığımızda bunlar; bağlayıcı- bağlayıcı oranı, bağlayıcı- agrega oranı, bağlayıcı agrega tipi, bağlayıcı-dolgu malzemesi oranı, bağlayıcı-katkı maddesi oranı, bağlayıcı- katkı tipi, bağlayıcı-dolgu tipi, katkı maddesinin içeriği, katkı maddesinin niteliği, mineral niteliği, mineral içerik oranı olarak sıralanabilir. Aynı zamanda petrografik ve minerolojik analizler harcın karbonatlaşma süreci ile ilgili, harcın nasıl uygulandığı ile ilgili bilgiler de verebilir (Maravelaki-Kalaitzaki ve ark., 2003; Middendorf ve ark., 2005b; Uğur, 2019). Petrografik ve minerolojik incelemelerde ince kesitler alınıp alınan kesitler mikroskopta incelemeye alınmıştır. Yapılan petrografik analizler TS EN 12407 standartlarına uygun olarak yapılmıştır (TS EN ve 12407, 2019).

4.6.1. İnce Kesit Hazırlanması

Petrografik analizlerde harç malzemenin incelenmesinde numunelerin ince ve kalın kesitleri alınması gerekmektedir. İnce kesitin ve kalın kesitin alınmasının sebebi ise malzemenin mikroskoplarda incelenebilir bir formunu oluşturmaktır.

Takkeli Dağ Gevale Kalesindeki sarnıçlardan alınan harç numunelerinin petrografik durumunun yorumlanabilmesi için ince kesitler hazırlanmıştır. İnce kesitlerin hazırlanma süreci şu şekildedir;

- İlk önce harç numunesinde ince kesitin alınacağı parça seçilir. Bu seçim yapılırken harç malzemenin tüm özelliklerinin gözlemlenebileceği bir bölüm seçilmelidir.
- İnce kesitin alınacağı parça hazırlanır. Hazırlama esnasında oluşabilecek toz, toprak vb. harç örneğinden uzaklaştırılır.
- Temizlenen harç örneği neminden arındırılması için etüv fırınında bekletilir. Etüv fırını 100 °C ile 110 °C olmalıdır ve harç örnekleri 2 saat etüvde bekletir.
- Harç örnekleri bir kalıba yerleştirilir.

- Harç örneklerinin yerleştirildiği kalıba epoksi polimer eklenir ve harcın epoksi polimeri emmesi sağlanır.
- Epoksi polimer eklenen örnekler desikatörde donması için bekletilir.
- Kesit hazırlama cihazından epoksi polimer ile bir bütün haline gelen örneklerden dilimler kesilir. Bu kesilen dilimler ince ve kalın kesitlerin ham hali olarak tanımlanabilir.
- Harç örneklerinden alınmış olan dilimler yine epoksi polimer ile 2 adet lama (20 mm x 30 mm ebatlarında) yapıştırılarak iki lam arasına yerleştirilir.
- İki adet lam arasına yapıştırılan dilim kesit hazırlama cihazında, örneğin kalınlığını 30 mikron kalınlığa kadar düşürür.
- Parlatma cihazında ise inceltilmiş örnek zımparalanarak parlatılır ve polarizan mikroskobu için örnek hazır hale getirilir (Güleç, 1992; KUDEB, 2009-2011; Uğur, 2019).



Şekil 4.27. Kesitlerin parlatılması (KUDEB, 2009-2011).



Şekil 4.28. Epoksi reçine ile harç örneklerinin kalıpta dondurulmuş hali (KUDEB, 2009-2011).

Şekil 4.29. Kesit hazırlama cihazından elde edilen dilimler (KUDEB, 2009-2011).



Şekil 4.30. İnceleme ve parlatma işlemleri sonrası ince kesitlerin görünüşü (KUDEB, 2009-2011)

4.6.2. Petrografik ve Mikroskopik Tanımlama

Harç malzemelerinin petrografik ve mikroskopik tanımlanması sürecinde yöntem olarak;

- Büyüteç ile inceleme
- Fiziksel ve Kimyasal basit testler
- İnce kesitler alınmıştır.
- Polarizan mikroskopta ince kesitleri inceleme
- Stereo mikroskopta kesitleri inceleme
- SEM-EDS/EDX analizlerini inceleme kullanılmıştır (Wisser ve ark., 1988; Franzini ve ark., 1999; RILEM TC 167-COM, 2001)

Yapılmış olan deneyler, analizler ve ileri analizler sonrasındaki tanımlamaların sonuçları aşağıda verilmektedir.

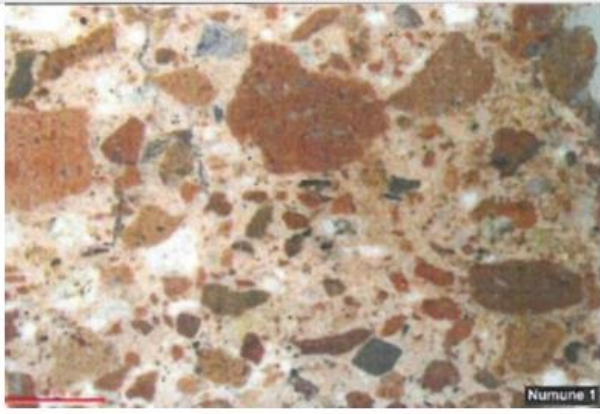
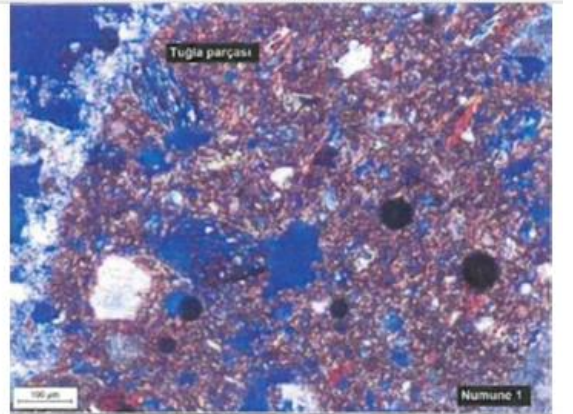
Numune 1

Numune 1'in bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireçtir. Numune 1'deki bağlayıcının oranı ise %30'dur. Harç malzemesi sıva harcı olup, numunenin agregalarının yaklaşık %5 ile %10'unun tuf tozu, %25 ile %30'unun kireçtaşı kırığı ve kireçtaşı tozu olduğu, %60 ile %65'inin tuğla kırığı ve tozu olduğu tespit edilmiştir.

Numunenin hamuru içinde %5 ile %10 arasında kireç topağı parçacıkları ve çok az miktarda siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregasına bakıldığında 0,5 mm elek altı tuf tozu, 1 mm elek altı kireçtaşı, 3 mm elek altında ise tuğla kırığı bulunmaktadır. Numune 1'in ağırlıkça bağlayıcı ve agrega oranı ise 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		1	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		30-35	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
Nadiren	Siyah cüruf parçası	Kuvarsit		Kuvars	
5	Mineraller ve kayaç parçaları	Mikaşist		Mika	
10	Kireç topağı			Alkali feldspat	
Kalanı	Tuğla parçası	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 1
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Nadiren	Siyah cüruf tozu	Nadiren	Siyah cüruf parçası	3-5	Mineraller ve kayaç parçaları
Kalanı	Tuğla tozu, mineraller ve kil boyutlu malzeme	Nadiren	Kırıntı	20	Tuğla tozu içeren kırmızı renkli dağılmamış kütleler
		Nadiren	Beyaz renkli dağılmamış kütleler	Kalanı	Tuğla parçası
		3-5	Mineral ve kayaç parçaları		
		Kalanı	Tuğla tozu içeren kırmızı renkli dağılmamış kütleler ve tuğla parçası	Agrega Boyutu	4 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ		NUMUNE 1
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ
		

Şekil 4.31. Numune 1 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

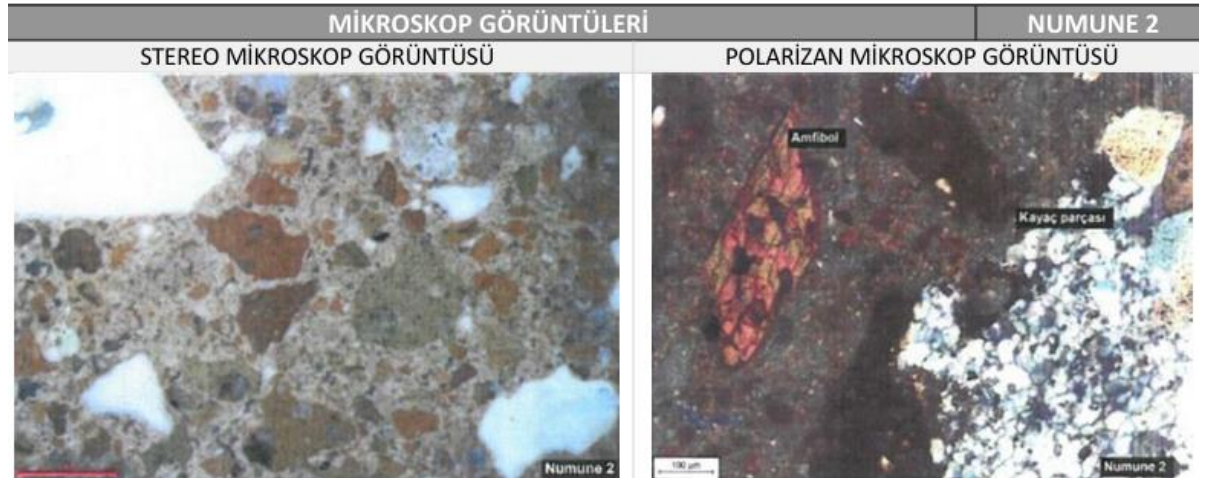
Numune 2

Numune 2'nin bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireçtir. Numune 2'deki bağlayıcının oranı ise %30'dur. Harç malzemesi sıva harcı olup, numunenin agregalarının yaklaşık %5 ile %10'unun tuf tozu, %10 ile %15'inin kireçtaşı kırığı ve kireçtaşı tozu olduğu, %75 ile %80'inin tuğla kırığı ve tozu olduğu tespit edilmiştir.

Numunenin hamuru içinde %2 ile %3 arasında kireç topağı parçacıklarının bulunduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregasına bakıldığında 0,5 mm elek altı tuf tozu, 4 mm elek altı kireçtaşı, 3 mm elek altında ise tuğla kırığı bulunmaktadır. Numune 2'in ağırlıkça bağlayıcı ve agrega oranı ise 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		2	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		30-35	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
Nadiren	Siyah cüruf parçası	Volkanik	Tuf	Kuvars	Mika
5-10	Mineraller ve kayaç parçaları	Kuvarsit		Amfibol	
5-10	Kireç topağı	Çört		Plajiolklas	
Kalanı	Tuğla parçası	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 2
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Nadiren	Siyah cüruf tozu	Nadiren	Siyah cüruf parçası	5	Mineraller ve kayaç parçaları
Kalanı	Tuğla tozu, mineraller ve kil boyutlu malzeme	Nadiren	Kırıktık	15-20	Tuğla tozu içeren kırmızı renkli dağılmamış kütleler
		10-15	Mineral ve kayaç parçaları	Kalanı	Tuğla parçası
		Kalanı	Tuğla tozu içeren kırmızı renkli dağılmamış kütleler ve tuğla parçası		
				Agrega Boyutu	4 mm



Şekil 4.32. Numune 2 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

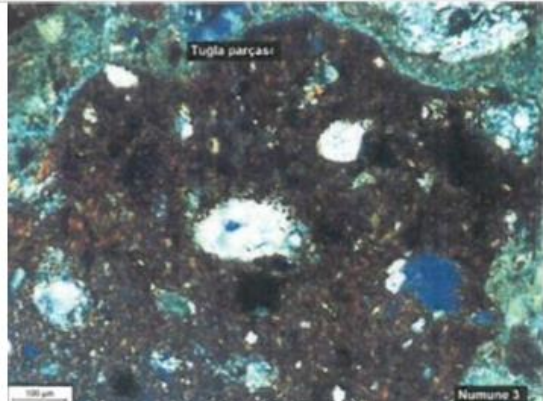
Numune 3

Numune 3'ün bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireçtir. Numune 3'teki bağlayıcının oranı ise %25'dir. Harç malzemesi sıva harcı olup, numunenin agregalarının yaklaşık %5 ile %10'unun tuf tozu, %10 ile %15'inin kireçtaşı kırığı ve kireçtaşı tozu olduğu, %75 ile %80'inin tuğla kırığı ve tozu olduğu tespit edilmiştir.

Numunenin hamuru içinde %2 ile %3 arasında kireç topağı parçacıklarının bulunduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregasına bakıldığında 0,5 mm elek altı tuf tozu, 4 mm elek altı kireçtaşı, 3 mm elek altında ise tuğla kırığı bulunmaktadır. Numune 3'ün ağırlıkça bağlayıcı ve agrega oranı ise 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		3	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		25-30	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
2-3	Kireç topağı	Volkanik		Kuvars	
5-10	Mineraller ve kayaç parçaları	Kuvarsit		Mika	
5-10	Kireçtaşı parçası	Tüf		Plajioklas	
Kalanı	Tuğla parçası	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI						NUMUNE 3	
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ			
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri		
Nadiren	Kırıntı	Nadiren	Beyaz renkli dağılmamış kütleler	Nadiren	Kırıntı		
				5	Mineraller ve kayaç parçaları		
Kalanı	Tuğla tozu, mineraller ve kil boyutlu malzeme	Nadiren	Kırıntı	20	Tuğla tozu içeren kırmızı renkli dağılmamış kütleler		
		15	Mineral ve kayaç parçaları	Kalanı	Tuğla parçası		
		Kalanı	Tuğla tozu içeren kırmızı renkli dağılmamış kütleler ve tuğla parçası	Agrega Boyutu	3 mm		

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ				NUMUNE 3	
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			
					

Şekil 4.33. Numune 3 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 4

Numune 4'ün bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireçtir. Numune 4'teki bağlayıcının oranı ise %25'tir. Harç malzemesi duvar örgü harcı olup, numunenin agregalarının yaklaşık %10 ile %15'inin tuf tozu, %85 ile %90'ının ise tuf kırığı ve tozu olduğu tespit edilmiştir.

Numunenin hamuru içinde %2 ile %3 arasında kireç topağı parçacıkları ve çok az miktarda siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregasına bakıldığında 0,5 mm elek altı tuf tozu, 8 mm elek altı tuf kırığı ve tozu bulunmaktadır. Numune 4'ün ağırlıkça bağlayıcı ve agrega oranı ise 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		4	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		25-30	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
2-3	Kireç topağı	Volkanik		Kuvars	Amfibol
Kalani	Mineraller ve kayaç parçaları	Kuvarsit		Mika	Plajiolas
		Tuf		Alkali feldspat	
		Kum Agregası Formu: Az yuvarlak - yuvarlak		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 4
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Kalani	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	Kalani	Mineraller ve kayaç parçaları	Nadiren	Siyah cüruf parçası
				5	Geneli kayaç parçaları kısmen mineraller
				Nadiren	Tuğla parçası
				Agrega Boyutu	6-13 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 4
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
					

Şekil 4.34. Numune 4 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 5

Numune 5'in, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 25-30 aralığında olan örgü harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 10-15'i tuf tozu, % 30-35'i kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 50-55'i tuf kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 5-10 aralığında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ile tek tük siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir. Agregası boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı agregalarda 2 mm elek altı, tuf kırığı ve tozu agregalarda 4 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		5	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		25-30	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
2-3	Kireçtaşı parçası	Volkanik		Kuvars	Amfibol
15-20	Kireç topağı	Tüf		Mika	Plajiolklas
Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları			Alkali feldspat	
		Kum Agregası Formu: Az yuvarlak - yuvarlak		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 5
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları	Nadiren	Tuğla parçası
				Kalanı	Geneli kayaç parçaları kısmen mineraller
				Agrega Boyutu	5 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ				NUMUNE 5
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
				

Şekil 4.35. Numune 5 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

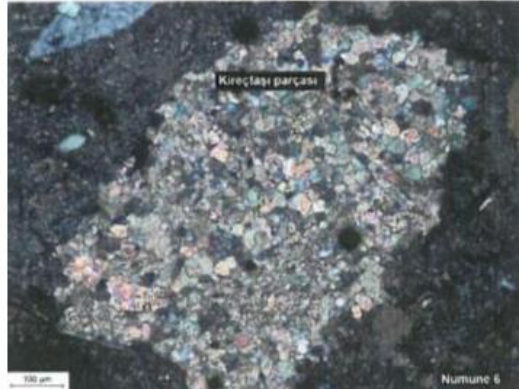
Numune 6

Numune 6'nın, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 25-30 aralığında olan sıva harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 5-8'i tuf tozu, yaklaşık % 30'u kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 60-65'i tuğla kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 10 oranında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ve tek tük siyah cüruf parçacıkları ile agreganın içeriğinden kaynaklı olarak tek tük fosil kavrısı parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir. Agreganın boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı ve tuğla agregalarda 3 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI			Numune No		6
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		25-30	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
Nadiren	Siyah cüruf parçası	Volkanik		Kuvars	Amfibol
Nadiren	Fosil kavrısı			Mika	Plajioloklas
2-3	Kireçtaşı parçası			Alkali feldspat	
2-3	Mineraller	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	
25-30	Kireç topağı				
Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları				

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 6
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları	Nadiren	Tuğla parçası
				Kalanı	Geneli kayaç parçaları kısmen mineraller
				Agrega Boyutu	4 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ				NUMUNE 6
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
				

Şekil 4.36. Numune 6 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 7

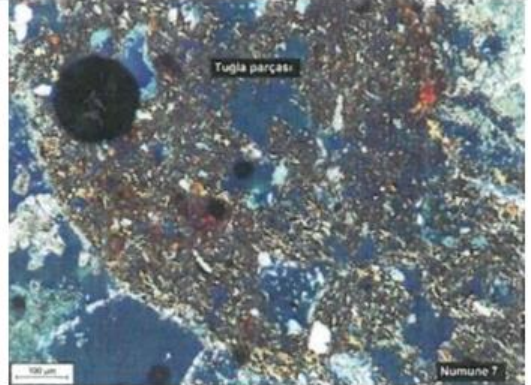
7 numaralı numunenin, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 25-30 aralığında olan sıva harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 5-8'i tuf tozu, yaklaşık % 30'u kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 60-65'i tuğla kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 5-10 aralığında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ile tek tük siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı ve tuğla agregalarda 3 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		7	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		25-30	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
Nadiren	Siyah cüruf parçası	Volkanik		Kuvars	
2-3	Mineraller	Kuvarssist		Mika	
15-20	Kireç topağı	Mikaşist		Feldspat	
Kalanı	Tuğla parçası	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 7
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Nadiren	Siyah cüruf tozu	Nadiren	Kırıntı	Nadiren	Beyaz renkli dağılmamış kütleler
		Nadiren	Siyah cüruf parçası	2-3	Mineraller
		2-3	Beyaz renkli dağılmamış kütleler	25-30	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler
Kalanı	Tuğla tozu, mineraller ve kil boyutlu malzeme	2-3	Mineraller	Kalanı	Tuğla parçası
		Kalanı	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler ve tuğla parçası	Agrega Boyutu	4 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 7
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
					

Şekil 4.37. Numune 7 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 8

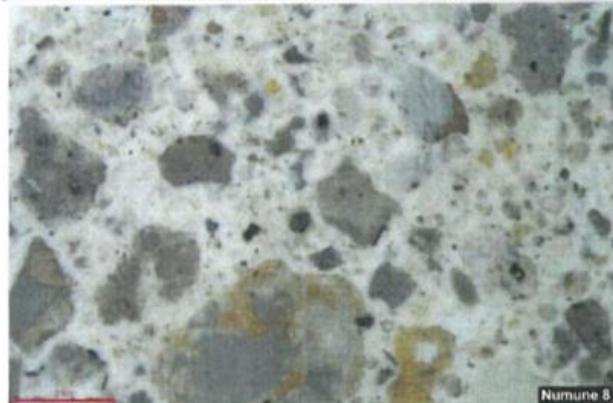
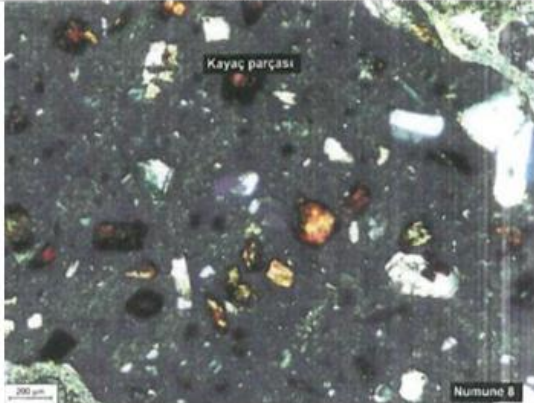
Numune 8'in, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 25 civarında olan örgü harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 10-15'i tuf tozu, % 20-25'i kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 60-65'i tuf kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 1-2 oranında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı agregalarda 2 mm elek altı, tuf kırığı ve tozu agregalarda 4 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		8	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		30-35	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
1-2	Kireç topağı	Volkanik		Kuvars	
2-31-2	Kireçtaşı parçası	Tüf		Mika	
Kalanı	Geneli kayaç parçaları kısmen mineraller	Kum Agregası Formu: Az yuvarlak- yuvarlak		Plajiolklas	
				NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 8
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları	Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları
				Agrega Boyutu	4 (10) mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ				NUMUNE 8
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
				

Şekil 4.38. Numune 8 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 9

Numune 9'un bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı yaklaşık % 25 olan sıva harcı olduğu tespit edilmiştir.

Numunenin agregalarının yaklaşık % 5-10'u tuf tozu, % 20'si kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 70-75'i tuğla kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 2-3 oranında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ile çok az miktarda (% 1'den az) siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı agregalarda 2 mm elek altı, tuğla kırığı agregalarda ise 3 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1,:3, civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI			Numune No		9	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		25-30		
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri		
<1	Siyah cüruf parçası	Çört		Kuvars		
2-3	Kireç topağı	Kuvarsit		Plajiolklas		
5	Mineraller ve kayaç parçaları	Kum Agregası Formu:		NOT: -		
ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 9	
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ		
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri	
<1	Siyah cüruf tozu	Nadiren	Siyah cüruf tozu	3-5	Mineraller ve kayaç parçaları	
Kalanı	Tuğla tozu, mineraller ve kil boyutlu malzeme	1-2	Beyaz renkli dağılmamış kütleler	20	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler	
		5	Mineraller ve kayaç parçaları	Kalanı	Tuğla parçası	
		Kalanı	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler ve tuğla parçası	Agrega Boyutu	3 mm	
MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 9	
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			
						

Şekil 4.39. Numune 9 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 10

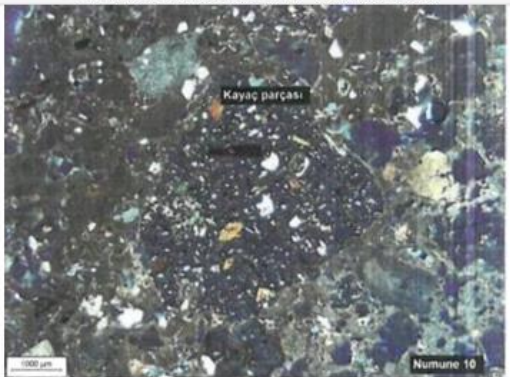
Numune 10'un, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 30-35 aralığında olan örgü harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 5-10'u tuf tozu, yaklaşık % 50'si kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 40'ı tuf kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 10-15 aralığında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ve agregası içeriğinden kaynaklı olarak % 2-3 oranında fosil kavrısı parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı agregalarda 2 mm elek altı, tuf kırığı ve tozu agregalarda 3 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		10	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		25-30	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
2-3	Fosil kavrısı	Volkanik		Kuvars	
5-10	Kireçtaşı parçası	Tuf		Plajiolklas	
25	Kireç topağı			Mika	
Kalanı	Geneli kayaç parçaları, kısmen mineraller	Kum Agregası Formu: Az yuvarlak - Yuvarlak		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 10
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	Nadiren	Kırıntı	Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları
		Nadiren	Tuğla parçası		
		5-10	Mineraller içeren bej renkli dağılmamış kütleler		
		Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları		
				Agrega Boyutu	4-6 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ		NUMUNE 10
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ
		

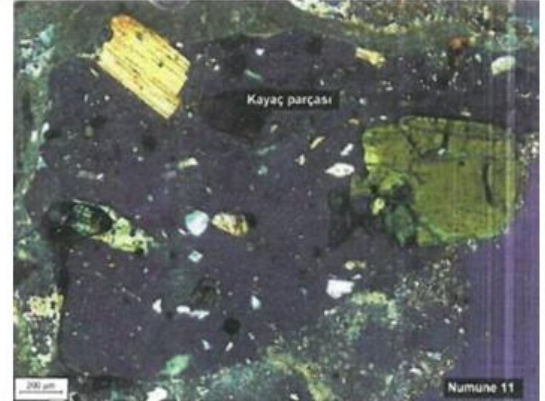
Şekil 4.40. Numune 10 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 11

Numune 11'in bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı yaklaşık % 30 olan örgü harcı olduğu tespit edilmiştir.

Numunenin agregalarının yaklaşık % 10-15'i tuf tozu, % 20-25'i kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 60-65'i tuf kırığı ve tozudur.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı agregalarda 1 mm elek altı, tuf kırığı agregalarda ise 4 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI			Numune No		11	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>			30-35	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri			Mineral Türü/Türleri	
15-20	Kireçtaşı parçası	Volkanik			Kuvars	
Kalanı	Geneli kayaç parçaları, kısmen mineraller	Tüf			Plajiyoklas	
		Kum Agregası Formu: Az yuvarlak			Mika	
					NOT: -	
ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 11	
<125 µ		125-500 µ arası			>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları		Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları
					Agrega Boyutu	4 mm
MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 11	
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			
						

Şekil 4.41. Numune 11 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 12

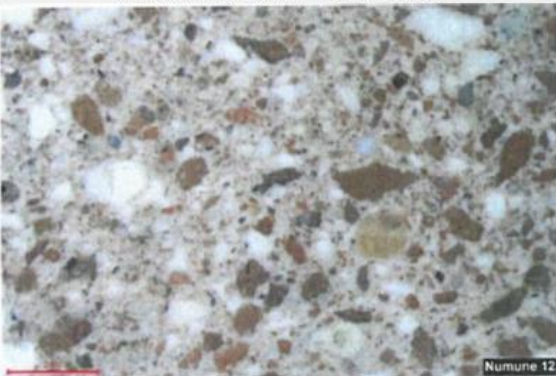
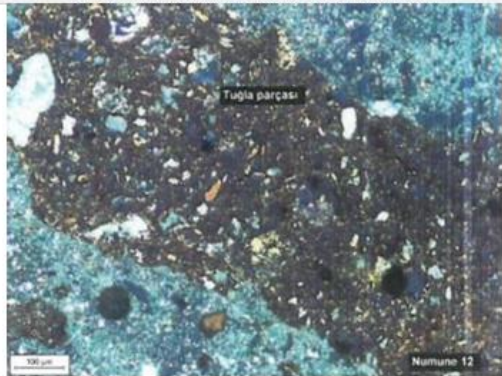
Numune 12'nin, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 20-25 aralığında olan sıva harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 5-10'u tuf tozu, yaklaşık % 50-55'i kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 35-40'ı tuğla kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 5 oranında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ve çok az miktarda (% 1'den az) siyah cüruf parçacıkları ile agrega içeriğinden kaynaklı olarak tek tük fosil kavrısı parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı agregalarda 2 mm elek altı, tuğla agregalarda ise 3 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		12	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		25-30	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
<1	Siyah cüruf parçası	-		Kuars	Amfibol
1-2	Mineraller			Plajiolas	
30	Kireç topağı			Mika	
Kalanı	Tuğla parçası	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 12
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Nadiren	Siyah cüruf tozu	Nadiren	Mineraller ve kayaç parçaları	Kalanı	Siyah cüruf parçası
Kalanı	Tuğla tozu, mineraller ve kil boyutlu malzeme	1-2	Beyaz renkli dağılmamış kütleler	1-2	Mineraller
		2-3	Mineraller	1-2	Beyaz renkli dağılmamış kütleler
		Kalanı	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler ve tuğla parçası	Kalanı	Tuğla parçası
				Agrega Boyutu	4 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ		NUMUNE 12
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ
		

Şekil 4.42. Numune 12 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 13

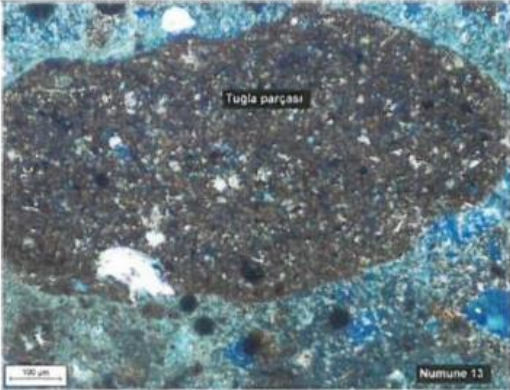
Numune 13'ün, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 25 civarında olan sıva harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 5-10'u tuf tozu, yaklaşık % 35-40'ı kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 50-55'i tuğla kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 5-10 aralığında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ve tek tük siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı ve tuğla agregalarda 1 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		13	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		30-35	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
Nadiren	Siyah cüruf parçası	Volkanik		Kuvars	
5	Mineraller ve kayaç parçaları	Tuf		Plajiolklas	
5-10	Kireç topağı	Kuvarssist		Mika	
Kalanı	Tuğla parçası	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 13
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
<1	Siyah cüruf tozu	Nadiren	Siyah cüruf parçası	1-2	Mineraller ve kayaç parçaları
Kalanı	Tuğla tozu, mineraller ve kil boyutlu malzeme	1-2	Beyaz renkli dağılmamış kütleler	15-20	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler
		5	Mineraller ve kayaç parçaları	Kalanı	Tuğla parçası
		Kalanı	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler ve tuğla parçası	Agrega Boyutu	2 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 13
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
					

Şekil 4.43. Numune 13 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 14

Numune 14'ün, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı yaklaşık % 25 civarında olan örgü harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 20-25'i tuf tozu, yaklaşık % 20-25'i kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 60-65'i tuf kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 2-3 oranında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı ve tuf kırığı agregalarda 4 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		14	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		25-30	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
2-3	Kireç topağı	Volkanik		Kuvars	
Kalanı	Geneli kayaç parçaları kısmen mineraller	Tüf		Plajiyoklas	
		Kum Agregası Formu: Az yuvarlak- yuvarlak		Mika	
				NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 14
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları	Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları
				Agrega Boyutu	4 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 14
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
					

Şekil 4.44. Numune 14 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 15

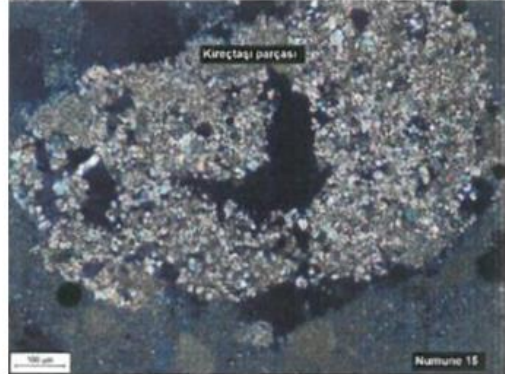
Numune 15'in, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 45-50 aralığında olan sıva harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 5-10'u kara kumu ve tuf kırığı ve tozu olup kalan % 90-95'i kireçtaşı kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde tek tük karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ve çok az miktarda (% 1'den az) siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu kum agregalarda 1 mm elek altı, tuf kırığı ve tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı agregalarda 1 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1,00:2,25 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		15	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		Agregasız	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
Yer yer	Gözenekler (<1 mm)	Grovak		Kuvars	
Yer yer	Kireç topakları			Mika	
<1	Siyah cüruf parçası				
2-3	Kireçtaşı parçası	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	
2-3	Mineraller ve kayaç parçaları				

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 15
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
1-2	Siyah cüruf tozu	1-2		<1	Tuğla parçası
1-2	Tuğla tozu	2-3	Tuğla parçası	1-2	Siyah cüruf parçası
		2-3	Beyaz renkli dağılmamış kütleler	2-3	Krem ve bej renkli dağılmamış kütleler
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	30	Bej renkli dağılmamış kütleler	Kalanı	Mineraller
		Kalanı	Mineraller	Agrega Boyutu	-

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 15
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
					

Şekil 4.45. Numune 15 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 16

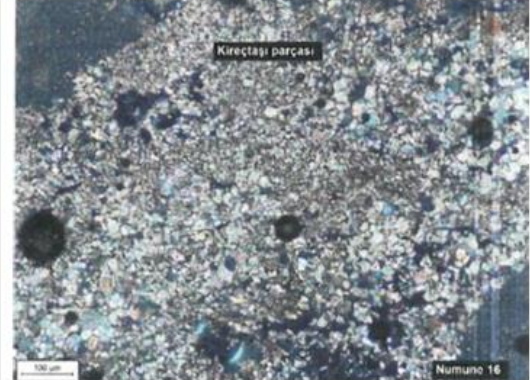
Numune 16'nın, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 45-50 aralığında olan sıva harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 5-10'u kara kumu ve tuf kırığı ve tozu, % 90-95'i kireçtaşı kırığı ve tozu olup içerikte çok az miktarda (% l'den az) yer alan tuğla kırığı parçacıklarının kirlilik olarak harca dâhil olduğu düşünülmektedir.

Numune hamuru içeriğinde tek tük karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ve çok az miktarda (% l'den az) siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu kum ve tuf kırığı ve tozu ile kireçtaşı agregalarda 1 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1,00:2,25 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		16	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		Agregasız	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
Yer yer	Kireç topağı	Kuvarsit		Kuvars	
<1	Siyah cüruf parçası			Feldspat	
<1	Tuğla parçası				
5-10	Kireçtaşı parçası	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	
1-1	Mineraller ve kayaç parçaları				

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 16
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
<1	Siyah cüruf tozu	<1	Siyah cüruf parçası	Nadiren	Siyah cüruf parçası
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	<1	Tuğla parçası	1-2	Tuğla parçası
		Kalanı	Mineraller ve bej renkli dağılmamış kütleler	Kalanı	Mineraller ve bej renkli dağılmamış kütleler
				Agrega Boyutu	-

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 16
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
					

Şekil 4.46. Numune 16 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 17

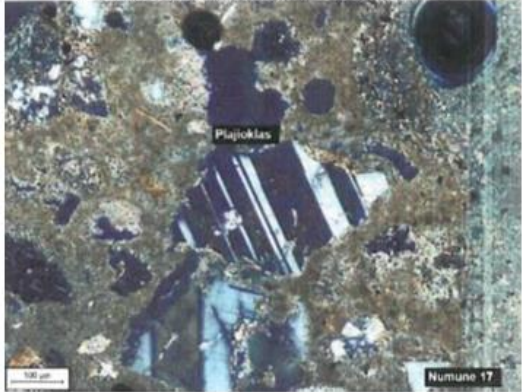
Numune 17'nin, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 40 civarında olan örgü harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 20-25'i tuf kırığı ve tozu olup kalan % 75-80'i kireçtaşı kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 15-20 aralığında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ile % 1-2 oranında siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf kırığı ve tozu ile kireçtaşı agregalarda 4 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:2,5 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI			Numune No 17	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>	Agregasız	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Mineral Türü/Türleri	
1-2	Siyah cüruf parçası	Volkanik	Kuvars	Mika
10-15	Mineraller ve kayaç parçaları		Alkali Feldspat	
20	Kireçtaşı parçası		Plajiolklas	
35-40	Kireç topağı	Kum Agregası Formu: -	NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 17
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
1-2	Siyah cüruf tozu	<1	Tuğla parçası	2-3	Tuğla parçası
1-2	Tuğla tozu	1-2	Siyah cüruf parçası	1-2	Siyah cüruf parçası
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	Kalanı	Mineraller ve bej renkli dağılmamış kütleler	25	Bej renkli dağılmamış kütleler
				Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları
				Agrega Boyutu	-

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ				NUMUNE 17
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
				

Şekil 4.47. Numune 17 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 18

Numune 18'in, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 20-25 aralığında olan sıva harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 5-8'i tuf tozu, yaklaşık % 30-35'i kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 55-60'ı tuğla kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde tek tük siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı agregalarda 1 mm elek altı, tuğla kırığı agregalarda 3 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI			Numune No		18
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		30-35	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
Nadiren	Siyah cüruf parçası	Volkanik		Kuvars	Mika
5	Mineraller ve kayaç parçaları			Amfibol	
15	Kireçtaşı parçası			Plajiolas	
Kalanı	Tuğla parçası	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 18
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Nadiren	Siyah cüruf tozu	Nadiren	Siyah cüruf parçası	3-5	Mineraller ve kayaç parçaları
Kalanı	Mineraller, tuğla tozu ve kil boyutlu malzeme	<1	Beyaz renkli dağılmamış kütleler	20	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler
		5	Mineraller	Kalanı	Tuğla parçası
		Kalanı	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler ve tuğla parçası	Agrega Boyutu	4 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 18
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		

Şekil 4.48. Numune 18 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

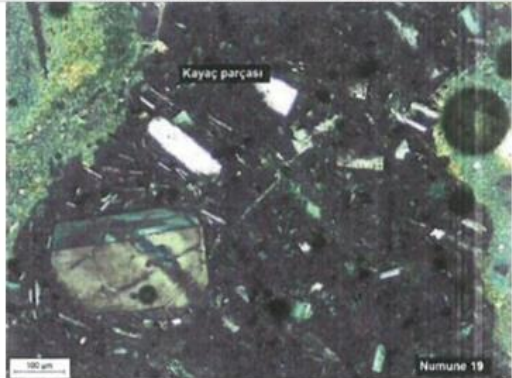
Numune 19

Numune 19'un, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı yaklaşık % 25 civarında olan örgü harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 20-25'i tuf tozu, yaklaşık % 20-25'i kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 60-65'i tuf kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 1-2 oranında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ile tek tük siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı ve tuf kırığı agregalarda 4 mm elek altıdır.

Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1,00:3,00 civarındadır. Ayrıca numunenin tuf agregası içerisinde, diğer numunelere göre kuvars oranı daha fazladır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		19	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		30-35	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
1-2	Kireç topağı	Volkanik		Kuvars	
3-5	Kireçtaşı parçası	Tüf		Mika	
Kalanı	Geneli kayaç parçaları kısmen mineraller			Plajiolklas	
		Kum Agregası Formu: Az yuvarlak		NOT: -	
ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI				NUMUNE 19	
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Nadiren	Siyah cüruf tozu	Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları	Nadiren	Tuğla parçası
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme			Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları
				Agrega Boyutu	4 (5) mm
MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ				NUMUNE 19	
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
					

Şekil 4.49. Numune 19 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 20

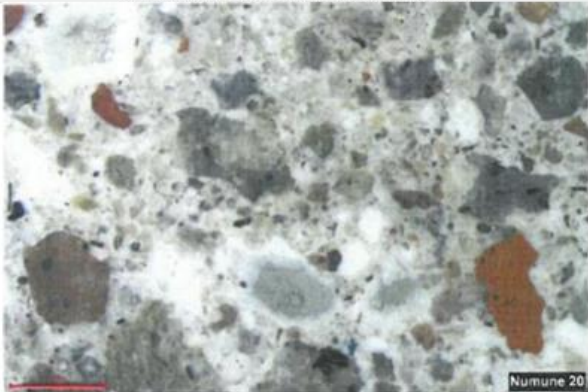
Numune 20'nin, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı yaklaşık % 25 civarında olan örgü harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 20-25'i tuf tozu, yaklaşık % 20-25'i kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 60-65'i tuf kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 5 oranında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ile tek tük siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı ve tuf kırığı agregalarda 4 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No	20
İçerik		Bağlayıcı Alan =>	30-35
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Mineral Türü/Türleri
2-3	Tuğla parçası	Volkanik	Kuvars
5	Kireç topağı	Tuf	Mika
Kalanı	Geneli kayaç parçaları kısmen mineraller	Grovak	Plajiolklas
		Kum Agregası Formu: Az yuvarlak - yuvarlak	NOT: -

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 20
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	Nadiren	Tuğla parçası	Nadiren	Siyah cüruf parçası
		Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları	Nadiren	Tuğla parçası
				Kalanı	Mineraller ve kayaç parçaları
				Agrega Boyutu	4 (5) mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 20
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
					

Şekil 4.50. Numune 20 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

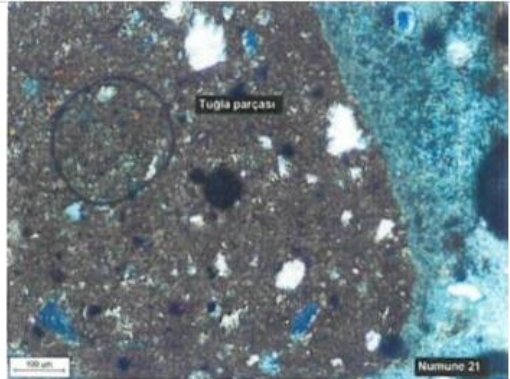
Numune 21

Numune 21'in, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı % 25-30 aralığında olan sıva harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 5-10'u tuf tozu, yaklaşık % 35-40'ı kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 50-55'i tuğla kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde % 5-10 aralığında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ile çok az miktarda (% 1'den az) siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir. Agregada boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı agregalarda 2 mm elek altı, tuğla kırığı agregalarda 3 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		21	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		30-35	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
<1	Siyah cüruf parçası	Volkanik		Kuars	
2-3	Kayaç parçaları ve mineraller	Tuf		Mika	
20-25	Kireç topağı			Plajiolklas	
Kalanı	Tuğla parçası	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 21
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Nadiren	Siyah cüruf tozu	<1	Siyah cüruf parçası	Nadiren	Siyah cüruf parçası
Kalanı	Mineraller ve kil boyutlu malzeme	<1	Beyaz renkli dağılmamış kütleler	Nadiren	Beyaz renkli dağılmamış kütleler
		2-3	Mineraller	1-2	Mineraller
		Kalanı	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler ve tuğla parçası	30	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler
				Kalanı	Tuğla parçası
				Agrega Boyutu	4 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 21
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		
					

Şekil 4.51. Numune 21 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

Numune 22

Numune 22'nin, bağlayıcısı söndürülmüş kaymak kireç olup, alansal olarak bağlayıcı oranı yaklaşık % 25 civarında olan sıva harcı olduğu tespit edilmiştir. Numunenin agregalarının yaklaşık % 10'u tuf tozu, yaklaşık % 25-30'u kireçtaşı kırığı ve tozu olup kalan % 60-65'i tuğla kırığı ve tozudur.

Numune hamuru içeriğinde yaklaşık % 5 civarında karbonatlaşmış kireç topağı parçacıkları ile tek tük siyah cüruf parçacıkları bulunduğu tespit edilmiştir.

Agrega boyutu tuf tozu agregalarda 0,5 mm elek altı, kireçtaşı agregalarda 2 mm elek altı, tuğla kırığı agregalarda 3 mm elek altıdır. Numunenin ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı yaklaşık 1:3 civarındadır.

KESİT İNCELEMESİ SONUÇLARI		Numune No		22	
İçerik		Bağlayıcı Alan =>		30-35	
Oran (%)	Malzeme	Kayaç Parçası Türü/Türleri		Mineral Türü/Türleri	
Nadiren	Siyah cüruf parçası	Volkanik		Kuvars	
2-3	Mineraller			Mika	
5	Kireç topağı				
Kalanı	Tuğla parçası	Kum Agregası Formu: -		NOT: -	

ASİT KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI					NUMUNE 22
<125 µ		125-500 µ arası		>500 µ	
Oran (%)	Malzeme	Oran (%)	Kayaç Parçası Türü/Türleri	Oran (%)	Mineral Türü/Türleri
Nadiren	Siyah cüruf tozu	<1	Siyah cüruf parçası	2-3	Mineraller
Kalanı	Mineraller, tuğla tozu ve kil boyutlu malzeme	1-2	Beyaz renkli dağılmamış kütleler	15-20	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler
		2-3	Mineraller	Kalanı	Tuğla parçası
		Kalanı	Tuğla tozu içeren pembe renkli dağılmamış kütleler ve tuğla parçası	Agrega Boyutu	3 mm

MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ					NUMUNE 22
STEREO MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			POLARİZAN MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ		

Şekil 4.52. Numune 22 kesit incelemesi, asit kaybı sonuçları ve mikroskop görüntüleri

4.7. Mekanik Analizler

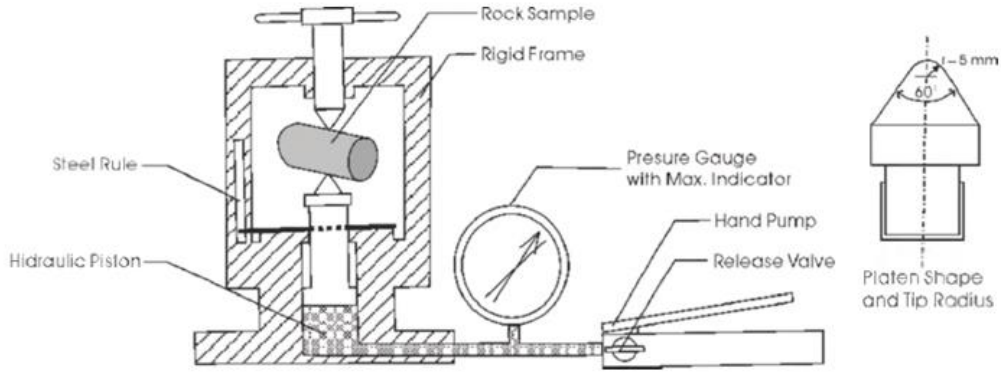
Takkeli dağ Gevale Kalesinden alınan numunelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için basınç dayanım deneyi ve donma çözünme deneyi yapılmıştır. Basınç deneyinde alınan numunelerin biçimsiz olması nedeni ile nokta yük deneyi seçilmiştir.

4.7.1. Nokta Yük Deneyi

Alınan harç numuneleri amorf biçime sahip olduğu için numunelerin basınç dayanımının ölçümünde nokta yük deneyi kullanılmıştır. Nokta yük deneyinde alınan harç numunesi iki adet konik uç arasına yerleştirilip, uygulanan yük alt kısımdaki konik uç kaldırılarak basınç uygular. Üst kısımda bulunan konik uç çerçeveye sabitlenmiştir. Bu iki uç düzensiz biçimli numunelerin yerleştirilmesi için elverişli olacak şekilde tasarlanmıştır. Deneyde konik uçların arasında olan mesafe ve uygulanan yük belirlenir (KUDEB, 2009-2011).

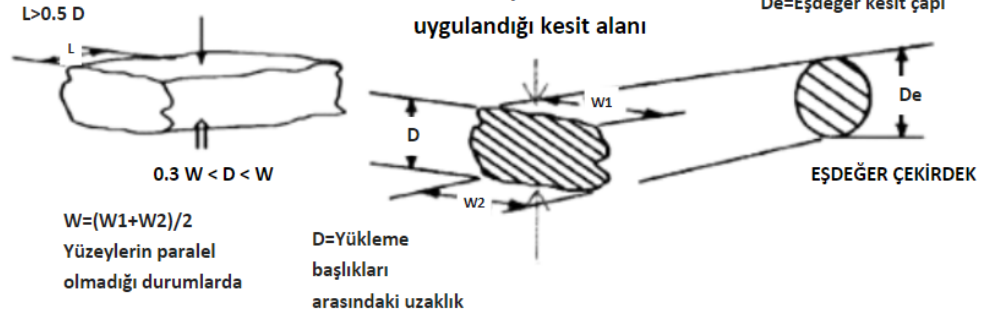
Nokta yük deneyinde kullanılan yükleme aleti; yükleme pompası, yük göstergesi, gövde ve konik başlıklardan oluşmaktadır. Deney üç farklı numune tipinde yapılmaktadır. Çapsal deney (karot eksenine dik yük uygulanır), aksel deney (karot eksenine paralel yük uygulanır) ve düzensiz örneklerle deney. Numunelerin düzensiz şekillerde olması nedeniyle düzensiz şekillerde deney yöntemi kullanılmıştır. Düzensiz örneklerle deneyde $50 \text{ mm} \pm 35 \text{ mm}$ boyutundaki numuneler kullanılmalıdır. Numunelerin kalınlığının genişliğe oranı 0,3 ile 1 arasında olması gerekmektedir. Numunenin yükleme noktasına olan mesafe ise en az numunenin kalınlığının yarısı kadar olmalıdır. Kalınlığı ve genişliği kompas ile ölçülen numune konik uçlar arasına yönde yerleştirilir ve yükleme başlatılır. Numunenin yenildiği yük kaydedilir. Sonuçlar hesaplanırken alınmış numunelerin amorf biçimde olmasından dolayı düzeltme faktörü kullanılır (Broch ve Franklin, 1972; Bieniawski, 1975; Ulusay ve ark., 2005; ASTM, 2008; Hatheway, 2009; TS ve 699, 2009; KUDEB, 2009-2011; Tuncel ve ark., 2016).

Alınan numunelere 10 ile 60 saniye süre içinde göçme olacak biçimde artan yük uygulanmıştır ve göçmenin gerçekleştiği andaki yük kaydedilmiştir. Numunelerin basınç dayanımlarının hesaplamasında şekilde bulunan formüller kullanılmıştır.



Şekil. 4.53. Nokya yük deneyi görseli (Sarıalioğlu, 2021).

L= Noktasal yükün uygulandığı
nokta ile en yakın serbest
yüzey arasındaki uzaklık



Şekil. 4.54. Nokta yük deneyi verilerinin çizimleri (ASTM, 2008; Pekmezci, 2012)

Hesaplamalar:

$$\text{➤ } I_s = P / D_e^2$$

I_s = Düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi (MPa)

P = Kırılma anındaki yük (N)

D_e = Eşdeğer kesit çapı (düzensiz şekillerde mm² olarak alınır).

$$\text{➤ } D_e^2 = 4A / \pi$$

$$\text{➤ } A = W \cdot D$$

A = Yükleme başlıkları arasında kalan düzlemin kesit alanı

W = Örneğin genişliği

A = Örneğin yüksekliği

$$\text{➤ } UCS = I_s \cdot K$$

UCS = Uniaksiyal basınç dayanımı

K = Düzeltme Faktörü

Şekil 4.55. Nokta yük deneyi sonrası uniaksiyal basınç hesaplama formülleri ve aşamaları (ASTM, 2008; Pekmezci, 2012; Uğur, 2019).

Harç malzemelerin kayaç malzemelere kıyasla basınca dayanımları düşüktür. Bu nedenle harç malzemeler için kullanılan düzeltme faktörleri farklı olmalıdır. Çalışmada düzeltme faktörü olarak

$$D=20 \Rightarrow K=11.4$$

$$D=30 \Rightarrow K=12.2$$

$$D=40 \Rightarrow K=13.4 \text{ olarak alınmıştır (Tuncel ve diğ., 2016).}$$

Mevcutta bulunan K değerleri doğrultusunda bir eğim hazırlanıp, hazırlanan eğri oluşturulmuştur. Oluşturulan eğri referans alındığında

$$D=10 \Rightarrow K=11.0$$

$$D=50 \Rightarrow K=15.0 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Bulunan K değerleri ile birlikte numunelerin tek eksenli basınç dayanımları ve uniaksiyal basınçları hesaplanmıştır ve şekilde bulunan tabloda belirtilmiştir(Şekil 4.56.)

Yapılan deney ve hesaplamalar sonucu en yüksek uniaksiyal basınç dayanımı olan 11.21 Mpa ile numune 12 iken, en düşük uniaksiyal basınç dayanımına 1.18 Mpa ile numune 16 sahiptir. Yapılan deney ve hesaplamalar ile en yüksek tek eksenli basınç dayanımı 1.02 Mpa ile numune 12, en düşük tek eksenli basınç dayanımına 0.10 ile numune 16 sahiptir.

Numune No	D (mm)	W ₁ (mm)	W ₂ (mm)	W _{ort} (mm)	A (mm ²) (D x W _{ort})	P (N)	De ² (4A/π)	Is (Mpa) (P / De ²)	K (düzeltme faktörü)	UCS (Mpa) (Is x K)
1	11	61	43	52	572	700	729	0.96	11.00	10.57
2	12	59	40	49.5	594	450	757	0.59	11.00	6.54
3	26	73	107	90	2340	1200	2981	0.40	11.40	4.59
4	31	84	68	76	2356	1200	3001	0.40	12.20	4.88
5	16	72	55	63.5	1016	600	1294	0.46	11.00	5.10
6	18	79	78	78.5	1413	1100	1800	0.61	11.40	6.97
7	23	73	46	59.5	1369	1250	1743	0.72	11.40	8.17
8	53	63	45	54	2862	1150	3646	0.32	15.00	4.73
9	18	168	82	125	2250	900	2866	0.31	11.40	3.58
10	38	78	71	74.5	2831	2000	3606	0.55	13.40	7.43
11	14	76	43	59.5	833	900	1061	0.85	11.00	9.33
12	11	87	46	66.5	732	950	932	1.02	11.00	11.21
13	10	96	56	76	760	650	968	0.67	11.00	7.39
14	16	45	45	45	720	300	917	0.33	11.00	3.60
15	23	73	40	56.5	1300	900	1655	0.54	11.40	6.20
16	21	82	62	72	1512	200	1926	0.10	11.40	1.18
17	18	36	22	29	522	200	665	0.30	11.40	3.43
18	26	66	61	63.5	1651	1300	2103	0.62	11.40	7.05
19	47	83	51	67	3149	800	4011	0.20	15.00	2.99
20	43	58	52	55	2365	900	3013	0.30	13.40	4.00
21	31	90	81	85.5	2651	1600	3376	0.47	12.20	5.78
22	23	79	76	77.5	1783	1700	2271	0.75	11.40	8.53

Şekil 4.56. Takkeli dağ gevale kalesi sarnıç harç numunelerinin basınca dayanımları

4.7.2. Donma Çözünme Deneyi

Donma çözünme deneyinin seçilme sebebi ise Konya kentinde sıcaklık farklarının görülmesidir. Alınan numuneler sarnıç yapılarından alındığı için yapılan kazılar öncesinde sarnıçlardaki harçlar Konya kentinin çevresel koşullarından etkilenmemiştir. Fakat kazı çalışmaları ile açılan sarnıçlardaki harçlar günümüzde Konya'nın çevre koşullarına maruz kalmaktadır. Bu nedenle önerilecek onarım harçlarının sıcaklık farkına dayanımı için referans olması açısından mevcut harçlara donma çözünme deneyi yapılmıştır.

KONYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1929 - 2023)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0,2	1,5	5,5	11,1	15,9	20,1	23,5	23,4	18,8	12,9	6,5	1,8	11,7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4,6	7,0	11,7	17,5	22,4	26,6	30,2	30,2	26,0	20,1	13,1	6,7	18,0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-4,2	-3,3	-0,2	4,3	8,6	12,7	15,9	15,7	11,1	6,0	0,9	-2,3	5,4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,3	4,6	5,9	7,2	9,0	10,7	11,8	11,4	9,7	7,3	5,3	3,2	7,4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9,91	8,34	8,97	8,96	10,40	6,88	2,18	1,47	3,15	6,06	6,59	10,07	83,0
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	38,1	28,8	29,7	31,8	43,4	26,2	7,6	6,3	13,4	29,6	32,2	42,6	329,7
Ölçüm Periyodu (1929 - 2023)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	19,3	23,8	28,9	30,9	34,4	36,7	40,6	40,9	38,8	32,3	25,4	21,8	40,9
En Düşük Sıcaklık (°C)	-28,2	-26,5	-16,4	-8,6	-1,2	1,8	6,0	5,3	-3,0	-8,4	-20,0	-26,0	-28,2

Şekil 4.57. Konya kentinin yıl içerisindeki sıcaklık değerlerinin aylara göre değişim tablosu (Meteoroloji sitesi)

Belirli iklime sahip bölgelerde yıl içerisinde yapı malzemeleri donma ve çözülme olayına birden fazla maruz kalırlar. Bu bölgelere iç Anadolu bölgesini örnek gösterebiliriz. İç Anadolu bölgesinde yıl içerisinde 20-25 kere donma ve çözülme olayı gerçekleşmektedir. Bu olay harç malzemenin hem fiziksel hem de mekanik özelliklerinde büyük farklılıklara sebep olabilir. Özellikle gözeneklilik oranı yüksek olan harç malzemedde, malzemenin içerisine giren su donduğunda hacimce büyür. Harç malzemenin içerisinde oluşan bu hacimce büyüme durumu harç malzemenin çeperlerine baskı yaparak malzemenin dayanımını etkiler. Bu nedenle harç malzeme fiziksel değişime çok hızlı uğrar. Bu değişim, laboratuvarı F-T (Freeze-Thaw) Döngüsü denilen Donma-Çözülme döngüleriyle belirlenebilir. Konya Takkeli Dağ konumu itibari ile rakım olarak yüksekte bulunmaktadır ve Konya karasal iklime sahiptir. Takkeli Dağ Gevale Kalesinin sarnıç yapılarından alınan numuneler kazı çalışması sonrası açıldığı içi hem donma çözünme olayı ile karşılaşacaktır hem de düzenli su ile temas halinde olacaktır.

Gevale kalesindeki sarnıçların kazı sonrası olması gereken ideal sürecinde yapılan donma çözünme deneyi önem arz etmektedir.

Donma Çözünme Deneyi Yapılış Aşamaları

Donma çözünme deneyinde TS 699 ve TS EN 12371'ye göre bir malzemenin donma ardından mukavemetini tespit etmek için yapılan Donma-Çözünme Döngüsü deneyi, şu adımları içerir.

- İlk olarak harç numunelerinin kütlesi ölçülür.
- Harç numuneleri bir kabın içerisine yerleştirilerek üzerini 3 cm geçecek seviyede su ile doldurulur.
- Hazırlanan harç malzemeleri numuneleri BİNDER marka cihazda 20 °C'de 12 saat bekletilerek suya doymun hale getirilir.
- Suya doymun haldeki numuneler ardından -20 °C'de 12 saat bekletilir.
- Bu döngü 9 kere tekrar eder (EN ve 12372, 2000; TS ve 699, 2009).



Şekil 4.58. Donma çözünme deneyi öncesi harç numunelerinin görselleri

Yapılan donma çözünme deneyine hiçbir harç numunesi dayanamamıştır. Kireç harcı olduğu bilinen harç numunelerinin sıcaklık farklarına su içerisinde dayanımının olmaması restorasyon sürecinde sarnıç yapılarının özgün işlevinin korunup korunmayacağını belirlemelidir.



Şekil. 4.59. Donma çözünme deneyi sonrası harç malzemenin durumunun görseli

4.8. Deneylerin Değerlendirilmesi

Takkeli Dağ Gevale Kalesinin sarnıçlarından alınan numunelerin içerikleri yapılan deney ve analizler ile belirlenmiştir. Analiz ve deneyler sonrası numunelerin içeriği aşağıda açıklanmıştır.

Numune 1'in içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 4 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır. 7 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunmaktadır.

Numune 2'in içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 2 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır. 9 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunmaktadır.

Numune 3'ün içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 2 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır. 9 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunmaktadır.

Numune 4'ün içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 9 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 3 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır.

Numune 5'in içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 8 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 4 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır.

Numune 6'nın içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 4 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır. 7 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunmaktadır.

Numune 7'nin içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 4 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır. 7 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunmaktadır.

Numune 8'in içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 9 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 3 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır.

Numune 9'un içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 3 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır. 8 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunmaktadır.

Numune 10'un içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 6 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 6 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır.

Numune 11'in içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 9 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 3 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır.

Numune No	Bağlayıcı (Kireç) (birim)	Tuf tozu / Puzolan (birim)	Kireçtaşı kırığı / tozu (birim)	Tuğla kırığı / tozu (birim)
Numune 1	4	1	4	7
Numune 2	4	1	2	9
Numune 3	4	1	2	9
Numune 4	4	9	3	0
Numune 5	4	8	4	0
Numune 6	4	1	4	7
Numune 7	4	1	4	7
Numune 8	4	9	3	0
Numune 9	4	1	3	8
Numune 10	4	6	6	0
Numune 11	4	9	3	0
Numune 12	4	1	6	5
Numune 13	4	1	5	6
Numune 14	4	9	3	0
Numune 15	4	1	8	0
Numune 16	4	1	8	0
Numune 17	4	3	7	0
Numune 18	4	1	4	7
Numune 19	4	9	3	0
Numune 20	4	9	3	0
Numune 21	4	1	5	6
Numune 22	4	1	4	7

Şekil 4.60. Harç numunelerinin malzeme içeriklerinin oranının tablosu

Numune 12'nin içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 6 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır. 5 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunmaktadır.

Numune 13'ün içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 5 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır. 6 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunmaktadır.

Numune 14'ün içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 9 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 3 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır.

Numune 15'in içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 8 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır.

Numune 16'nın içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 8 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır.

Numune 17'nin içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 3 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 7 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır.

Numune 18'in içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 4 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır. 7 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunmaktadır.

Numune 19'un içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 9 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 3 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır.

Numune 20'nin içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 9 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 3 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır.

Numune 21'in içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 5 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır. 6 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunmaktadır.

Numune 22'nin içeriğinde 4 birim söndürülmüş kaymak kireç bağlacıyı olarak bulunmaktadır. 1 birim tuf tozu ve tuf kırığı bulunmaktadır. 5 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunmaktadır. 7 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunmaktadır.

5. ONARIM HARCİ HAZIRLANMASI

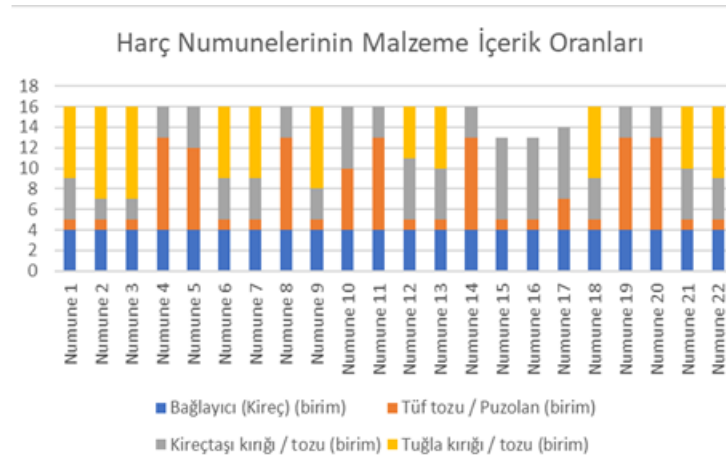
Çalışmanın bu bölümünde onarım harcının hazırlanması sürecinde malzemelerin seçilmesi, malzeme miktarları, onarım harçlarına yapılan deneyler anlatılmıştır.

5.1. Onarım harcı hazırlanması

Çalışmada Takkeli Dağ Gevale Kalesinde bulunan sarnıçlardan alınan harç ve sıva örneklerine fiziksel, kimyasal, petrografik, mekanik, ileri analizler ve tuz testleri yapılmıştır.

Yapılan analizler ve deneyler sonucunda sarnıçlara ait özgün harç ve sıva numunelerinin karakterizasyonu yapılmıştır. Yapılan karakterizasyon çalışması doğrultusunda onarım harcı önerisinde bulunabilmek için harç ve sıva numuneleri içerik olarak karşılaştırmalı bir şekilde değerlendirilmiştir. Değerlendirme neticesinde, harç ve sıva numuneleri gruplar altında toplanmıştır. Bu bilgilere göre numuneler üretimlerinde kullanılan bağlayıcı malzeme cinsi açısından tek grup oluşturmaktadır. Alınan, deney ve analizleri yapılan bütün numunelerin bağlayıcısı kireçtir. Takkeli Dağ Gevale kalesinin sarnıçlarından alınan numunelerin söndürülmüş kaymak kireç bağlayıcı kullanılarak üretildiği tespit edilmiştir.

Numunelerin içeriğinde %5 ila %25 aralığında; 0,5 ila 1 mm elek altı tuf tozu agrega kullanıldığı tespit edilmiştir. Numunelerde kullanılan tuf tozu, puzolan işlevi görmekte olup harçlara su iticilik özelliği kazandırmıştır. Bağlayıcı olarak aynı bağlayıcı maddeye sahip olan harç ve sıva numuneleri agrega cinsi, boyutu, miktarı ile içeriklerindeki katkı maddelerinin cins ve miktarları ve numunelerin işlevleri dikkate alındığında, üç farklı gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar aşağıda belirtilmiştir.



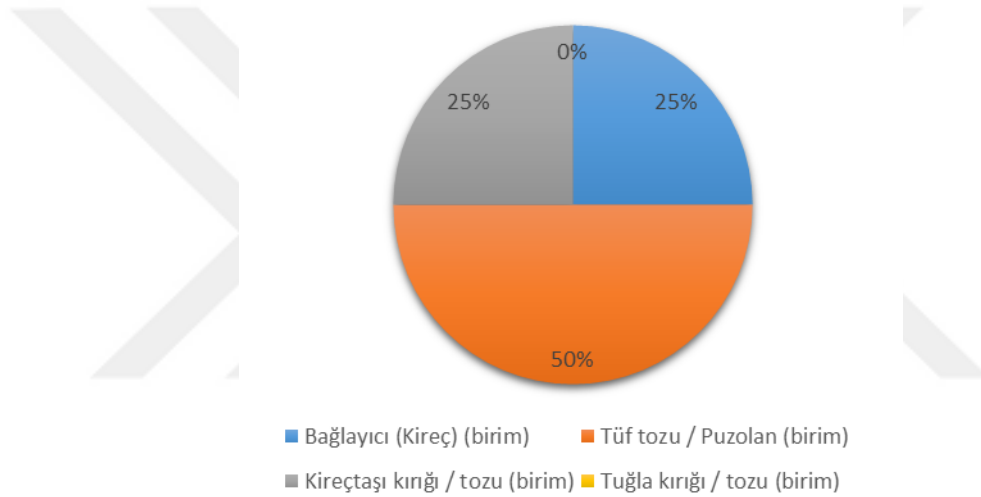
Şekil 5.1. Harç numunelerinin malzeme içeriklerinin grafiği

Birinci Grup:

Birinci grubu oluşturan, 4, 5, 8, 10, 11, 14, 17, 19 ve 20 numaralı numunelerin içeriğinde tuf kırığı ve tuf tozu agrega çoğunluktadır ve harcın karakterini belirleyici düzeyde bir orana sahiptir. Birinci grupta yer alan numunelerin tamamı beyaz ile gri arasında bir renge sahip olup, numunelerin tamamının duvar çekirdek dokusunu oluşturan, duvar örgü harcı işlevli oldukları görülmektedir.

Birinci grupta bulunan harçlardaki malzeme oranlarının ortalamasını incelediğimizde ise 4 birim söndürülmemiş kaymak kireç, 8 birim tuf kırığı ya da tuf tozu, 4 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunduğunu söyleyebiliriz (Şekil 5.2.)

1. Grup Ortalama Malzeme Oranları



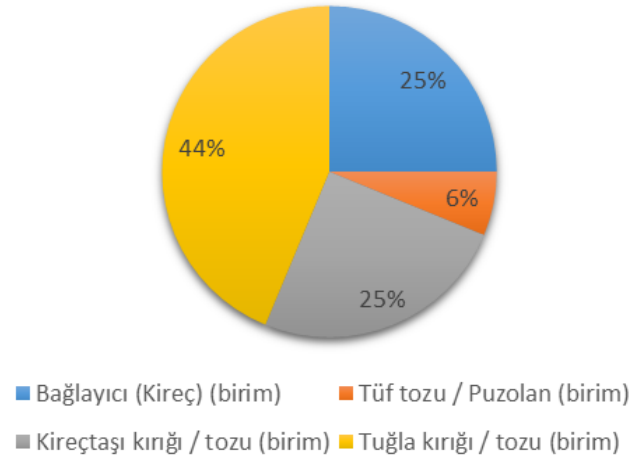
Şekil 5.2. Birinci grupta bulunan harç numunelerinin içeriğinde bulunan malzemelerin oranlarının ortalaması

İkinci Grup:

İkinci grubu oluşturan, 1, 2, 3, 6, 7, 9, 12, 13, 18, 21 ve 22 numaralı numunelerin içeriğinde tuğla kırığı ve tuğla tozu agrega çoğunluktadır ve harcın karakterini belirleyici düzeyde bir orana sahiptir. İkinci grupta yer alan numunelerin tamamı pembe ile kahverengi arasında bir renge sahip olup, sıva veya derz harcı işlevlidir.

İkinci grupta bulunan harçlardaki malzeme oranlarının ortalamasını incelediğimizde ise 4 birim söndürülmemiş kaymak kireç, 1 birim tuf kırığı ya da tuf tozu, 4 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu, 7 birim tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunduğunu söyleyebiliriz (Şekil 5.3.).

2 grup ortalama malzeme oranları

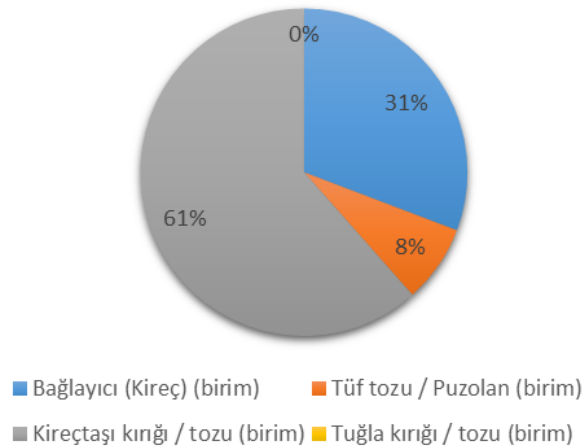


Şekil 5.3. İkinci grupta bulunan harç numunelerinin içeriğinde bulunan malzemelerin oranlarının ortalaması

Üçüncü Grup:

Üçüncü grubu oluşturan, 15 ve 16 numaralı numunelerin, yapısal içerik olarak ikinci grup karakterine yakın olmalarına karşın farklılıklar da görülmektedir. İşlevleri itibariyle sıva veya derz görevi gördükleri anlaşılmaktadır. 15 ve 16 numaralı numuneler, ikinci gruptan farklı olarak, işlevlerinden de bekleneceği üzere, daha fazla bağlayıcı oranına (%45-%50 aralığında) sahiptir. Bu numuneler, agregat içeriklerinde de farklılıklar göstermesinden kaynaklı olarak ayrı bir grup olarak değerlendirilmiştir. Numunelerdeki agreganın %5-%10 aralığındaki bölümü kum, tüf kırığı ve tüf tozu karışımı olup kalanı kireçtaşı kırığı ve tozudur.

3. Grup Ortalama Malzeme Oranları

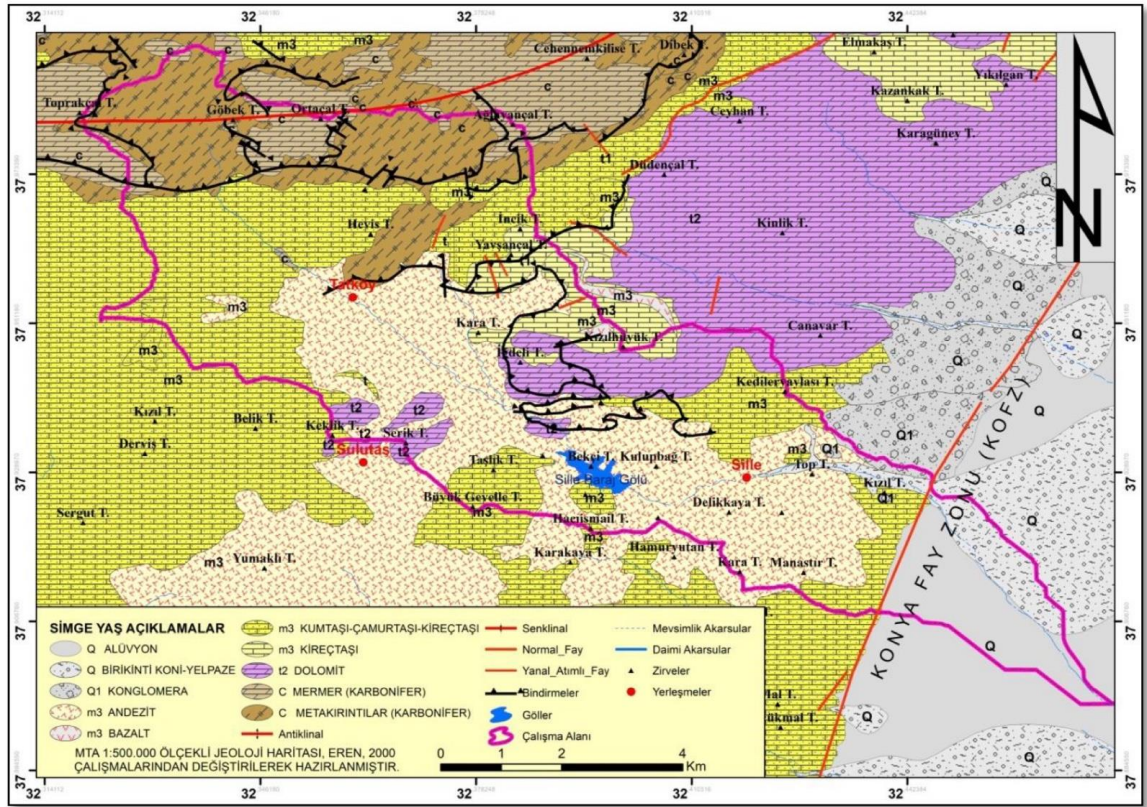


Şekil 5.4. Üçüncü grupta bulunan harç numunelerinin içeriğinde bulunan malzemelerin oranlarının ortalaması

Üçüncü grupta bulunan harçlardaki malzeme oranlarının ortalamasını incelediğimizde ise 4 birim söndürülmemiş kaymak kireç, 1 birim tuf kırığı ya da tuf tozu, 8 birim kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu bulunduğunu söyleyebiliriz (Şekil 5.4.).

Restorasyon ve onarım çalışmalarında kullanılacak harç ve sıvalar yapıların özgün malzemeleri ile çalışabilmelidir. Bu nedenle restorasyonu yapılacak yapılarda harç ve sıva önerisinde mevcut harç ve sıvaların verileri bizlere yol göstermektedir.

Alınan, deney ve analizleri yapılan harç numunelerinin petrografik yorumlarında kuvars, mika ve plajiyoklas bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle bu minerallerin olduğu kayalar araştırılmıştır. Kayaların araştırılmasının yanı sıra Takkeli Dağ Gevale kalesinden erişimi kolay olan kayalar da araştırılmıştır.



Şekil 5.5. Silke Çayı havzasının jeoloji haritası (Ege ve Avsever, 2022)

Konya kentinin kuzey batı bölgesinde yer alan Silke'de yüksek bölgelerde andezit ve dasit bulunmaktadır (Özdemir, 1984; Koçu, 1997). Büyükgevelle ve Küçükgevelle andezit ve dasit bulunan bu bölgelerden bazılarıdır (Özdemir, 1984; Koçu, 1997). Andezit ve dasitler sert olup, koyu renkli minerallerden biyotit içerirken

açık renkli plajiyoklas, kuvars içerir (Özdemir, 1984). Andezit ve dasit gibi kayaçların arasında volkanik tüflerin bulunduğu görülmektedir. Çok büyük ihtimalle Büyükgevelle ve Küçükgevelle’de volkan bacaları olup püskürmelerin son aşamasında oluşmuşlardır (Özdemir, 1984; Koçu, 1997). Bu nedenle harçlarda kullanılan volkanik tüflerin Takkeli Dağ Gevale Kalesinin de bulunduğu Büyükgevelle civarından elde edildiği düşünülmektedir.

Harçlarda kullanılan kireç malzemesinin ise yine erişimi kolay ve ekonomik olması sebebi ile Takkeli Dağ Gevale kalesi civarından elde edildiği düşünülmektedir. Kullanılan kireç malzemenin Büyükgevelle’nin kuzey-kuzeydoğusunda bulunan Kızıllıhüyük’ten elde edildiği düşünülmektedir (Şekil 5.5.). Sille formasyonu litolojileri incelendiğinde genelde kırmızı, kahve ve yer yer gri, bej renkli konglomera, kumtaşı, kireçtaşı görülmektedir (Eren, 1996; Gençoğlu Korkmaz, 2015; Ege ve Avsever, 2022). Harçlarda agrega olarak Şekil 5.5.’de gösterilen Büyükgevelle bölgesini de kapsayan kumtaşı, çamur taşı, kireçtaşı bölgesinden alınan malzemelerin kullanıldığı düşünülmektedir.

Yapılan araştırmalardan sonra hangi malzemenin nereden elde edileceği belirlenmiştir. Deney ve analizler sonucu tespit edilen volkanik tüf, kireçtaşı ve kirecin çalışma alanının yakınlarından elde edilmesi tercih edilmiştir.

Deney ve analizlerden elde ettiğimiz veriler doğrultusunda 3 gruba ayırdığımız harç ve sıva numunelerine onarım harcı önerilerinde mevcut harçlardan yola çıkılmıştır.



Şekil 5.6. Onarım harcı hazırlanırken kullanılan malzemeler

Birinci grup onarım harcı önerisi içeriği

- 16 ölçek söndürülmüş kaymak kireç bağlayıcı olarak kullanılmıştır.
- 16 ölçek su kullanılmıştır.

- 8 ölçek 4 mm tuf kırığı ya da tuf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.
- 6 ölçek 2 mm tuf kırığı ya da tuf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.
- 6 ölçek 1 mm tuf kırığı ya da tuf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.
- 4 ölçek 500 μ tuf kırığı ya da tuf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.
- 4 ölçek 250 μ tuf kırığı ya da tuf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.
- 4 ölçek 125 μ tuf kırığı ya da tuf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.
- 8 ölçek 500 μ kireçtaşı kırığı agrega olarak kullanılmıştır.
- 4 ölçek 250 μ kireçtaşı kırığı agrega olarak kullanılmıştır.
- 4 ölçek 125 μ kireçtaşı kırığı agrega olarak kullanılmıştır.

GRUP 1 İÇİN HAZIRLANAN ONARIM HARCİ			
Bağlayıcı İçerik ve Oran		Oran	İçerik
Bağlayıcı - Su Oranı		1 : 1	Söndürülmüş Kaymak Kireç - Su
Bağlayıcı - Agrega Oranı		1 : 1	Söndürülmüş Kaymak Kireç - Kireçtaşı kırığı
Bağlayıcı-Puzolan Oranı		1 : 2	Söndürülmüş Kaymak Kireç - Kızıl Tüf
AGREGA BOYUT, ORAN VE MALZEMELERİ			
Agrega Boyutu	Agrega Bütünü İçerisindeki Oranı (%)	Malzeme Oranları	Malzeme Türü
4 mm. agrega	%10	1	Kırmızı Tüf
2 mm. agrega	%7,5	1	Kırmızı Tüf
1 mm. agrega	%7,5	1	Kırmızı Tüf
500 µ agrega	%15	1 : 2	Kırmızı Tüf + Kireçtaşı Kırığı
250 µ agrega	%10	1 : 1	Kırmızı Tüf + Kireçtaşı Kırığı
125 µ agrega	%10	1 : 1	Kırmızı Tüf + Kireçtaşı Kırığı

Şekil 5.7. Grup 1 için hazırlanan onarım harcı içeriği oranları

İkinci grup onarım harcı önerisi içeriği

- 16 ölçek söndürülmüş kaymak kireç bağlayıcı olarak kullanılmıştır.
- 16 ölçek su kullanılmıştır.
- 4 ölçek 2 mm kireçtaşı kırığı agrega olarak kullanılmıştır.
- 4 ölçek 1 mm kireçtaşı kırığı agrega olarak kullanılmıştır.
- 4 ölçek 500 μ kireçtaşı kırığı agrega olarak kullanılmıştır.
- 4 ölçek 250 μ kireçtaşı kırığı agrega olarak kullanılmıştır.
- 2 ölçek 500 μ tuf kırığı ya da tuf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.
- 2 ölçek 250 μ tuf kırığı ya da tuf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.
- 8 ölçek 4 mm tuğla kırığı agrega olarak kullanılmıştır.

- 8 ölçek 2 mm tuğla kırığı agrega olarak kullanılmıştır.
- 4 ölçek 1 mm tuğla kırığı ya da tuğla tozu agrega olarak kullanılmıştır.
- 4 ölçek 500 μ tuğla kırığı ya da tuğla tozu agrega olarak kullanılmıştır.
- 4 ölçek 250 μ tuğla kırığı ya da tuğla tozu agrega olarak kullanılmıştır.

GRUP 2 İÇİN HAZIRLANAN ONARIM HARCİ			
Bağlayıcı İçerik ve Oran		Oran	İçerik
Bağlayıcı - Su Oranı		1 : 1	Söndürülmüş Kaymak Kireç - Su
Bağlayıcı - Agrega Oranı		1 : 1	Söndürülmüş Kaymak Kireç - Kireçtaşı kırığı
Bağlayıcı - Agrega Oranı		1 : 1,75	Söndürülmüş Kaymak Kireç - Tuğla kırığı
Bağlayıcı-Puzolan Oranı		1 : 0,25	Söndürülmüş Kaymak Kireç - Kızıl Tüf
AGREGA BOYUT, ORAN VE MALZEMELERİ			
Agrega Boyutu	Agrega Bütünü İçerisindeki Oranı (%)	Malzeme Oranları	Malzeme Türü
4 mm. agrega	%10	1	Tuğla Kırığı
2 mm. agrega	%15	2 : 1	Tuğla Kırığı + Kireçtaşı Kırığı
1 mm. agrega	%10	1 :1	Tuğla Kırığı + Kireçtaşı Kırığı
500 µ agrega	%12,5	1 : 1 : 0,5	Tuğla Kırığı + Kireçtaşı Kırığı + Kırmızı Tüf
250 µ agrega	%12,5	1 : 1 : 0,5	Tuğla Kırığı + Kireçtaşı Kırığı + Kırmızı Tüf

Şekil 5.8. Grup 2 için hazırlanan onarım harcı içeriği oranları

Üçüncü grup onarım harcı önerisi içeriği

- 16 ölçek söndürülmüş kaymak kireç bağlayıcı olarak kullanılmıştır.
- 12 ölçek su kullanılmıştır.
- 8 ölçek 1 mm kireçtaşı kırığı agrega olarak kullanılmıştır.
- 8 ölçek 500 μ kireçtaşı kırığı agrega olarak kullanılmıştır.
- 8 ölçek 250 μ kireçtaşı kırığı agrega olarak kullanılmıştır.
- 8 ölçek 125 μ kireçtaşı kırığı agrega olarak kullanılmıştır.
- 1 ölçek 1 mm tüf kırığı ya da tüf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.
- 1 ölçek 500 μ tüf kırığı ya da tüf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.
- 1 ölçek 250 μ tüf kırığı ya da tüf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.
- 1 ölçek 125 μ tüf kırığı ya da tüf tozu puzolan olarak kullanılmıştır.

GRUP 3 İÇİN HAZIRLANAN ONARIM HARCİ			
Bağlayıcı İçerik ve Oran		Oran	İçerik
Bağlayıcı - Su Oranı		1 : 0,75	Söndürülmüş Kaymak Kireç - Su
Bağlayıcı - Agregası Oranı		1 : 2	Söndürülmüş Kaymak Kireç - Kireçtaşı kırığı
Bağlayıcı-Puzolan Oranı		1 : 0,25	Söndürülmüş Kaymak Kireç - Kızıl Tüf
AGREGA BOYUT, ORAN VE MALZEMELERİ			
Agrega Boyutu	Agrega Bütünü İçerisindeki Oranı (%)	Malzeme Oranları	Malzeme Türü
1 mm. agregası	%7,82	1 : 0,125	Kireçtaşı Kırığı + Kırmızı Tüf
500 µ agregası	%7,82	1 : 0,125	Kireçtaşı Kırığı + Kırmızı Tüf
250 µ agregası	%7,82	1 : 0,125	Kireçtaşı Kırığı + Kırmızı Tüf
125 µ agregası	%7,82	1 : 0,125	Kireçtaşı Kırığı + Kırmızı Tüf

Şekil 5.9. Grup 3 için hazırlanan onarım harcı içeriği oranları

Onarım harçları hazırlanırken elde edilen hammaddelerin nasıl karıştırılacağı araştırılmıştır. Karıştırma süreci araştırmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Harçlarda kullanılan söndürülmüş kaymak kireç kullanılırken fazla kalın kullanılmamasına dikkat edilmiştir. Söndürülmüş kaymak kirecin fazla kalın bir tabaka halinde olması durumunda bünyesine yeteri kadar karbondioksit nüfuz etmeyeceği için sertleşmeyeceğini Nazım Koçu aktarmaktadır (Koçu, 1997). Koçu aynı zamanda söndürülmüş kaymak kireç ile hazırlanan malzemelerin yüzeylerinin pürüzlü olması gerektiğini, bu pürüzlülük sayesinde havanın daha rahat malzemeye temas edeceğini de aktarmıştır (Koçu, 1997). Söndürülmüş kaymak kireç 1 yıl boyunca suda bekletilmiştir. Onarım harçlarının hazırlanma koşulları ile ilgili bilgileri Hale Kozlu doktora tezinde aktarmıştır ve bu verilere uyulmuştur. Laboratuvar ortamında hazırlanan onarım harç numunelerinde kullanılacak agregalar (kireçtaşı, tüfler, tuğla parçaları) değirmende öğütülerek eleklerden geçirilmiştir. Ardından agregalar 55 °C 'de etüvde kurutulduktan sonra harca eklenmiştir. Hazırlanan karışımlar yağlı kalıplara dökülmüştür (Kozlu, 2010). Kullanılan kalıplardan biri 80 mm çapındadır diğeri ise 50mm x 50 mm ölçülerindedir. Harçlar yaklaşık 30 mm – 40 mm aralığında dökülmüştür. Onarım harçlarında bu yüksekliğin tercih edilmesinin sebebi harcın gerçekte uygulama kalınlığına yakın olmasının istenmesidir. Onarım harçları kalıplara döküldükten sonra katılaşp kalıptan çıkarılınca 1 hafta boyunca her gün sprey ile sulanmıştır. Hazırlandıktan sonra 3 ay bekletilen harçlara fiziksel deneyler yapılmıştır.



Şekil 5.10. Hazırlanan onarım harçları

5.2. Onarım Harçlarına Yapılan Deney ve Analizler

Takkeli Dağ Gevale Kalesi sarnıçları için hazırlanan onarım harçları, hazırlandıktan sonra 90 gün bekletilip fiziksel ve mekanik analizler yapılmıştır.

Kütlece ve Hacimce Su Emme Oranı

Hazırlanan onarım harcı numuneleri öncelikle temizlenmiştir. Temizlenen numuneler deney öncesi 60°C'de 48 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan, numuneler, desikatörde soğutulduktan sonra tartılarak WS ilk (WSilk) değeri ölçülmüştür. Ölçüm sonrası kuru numuneler, numunelerin üzerini 4 cm geçecek kadar su dolu bir kaba yerleştirilmiştir. 48 saat boyunca suyun içinde bekletilen numuneler sudan çıkarılıp nemi alınarak suya doymuş ağırlığı (WSd) ölçülmüştür. Suyu doymuş ağırlık ölçümünden hemen sonra numunelerin su içerisindeki ağırlığı (WSi) ölçülmüştür.

Sk= Ağırlıkça Su Emme Yüzdesi

WSilk= İlk ağırlık

WSd= Suyu Doymuş Ağırlık

Sk= ((WSd-WSilk)/WSilk)x100

ONARIM HARCİ ÖNERİLERİ			
Grup No	Wsilk	WSd	Sk
Grup 1	140.19	168.9	20.48
Grup 2	160.33	191.3	19.32
Grup 3	181.81	206.85	13.77

Şekil 5.11. Hazırlanan onarım harçlarının ağırlıkça (kütlece) su emme oranları

Görselde tablonun üzerinde belirtilen formüller yardımıyla numunelerin kütlece su emme oranları Şekil 5.11. 'de verilmiştir.

Kütlece su emme oranlarını incelediğimizde Grup 1 için hazırlanan onarım harcının kütlece su emme oranı 20.48, Grup 2 için hazırlanan onarım harcının 19.32, Grup 3 için hazırlanan onarım harcının 13.77'dir (Şekil 5.11.).

KÜTLECE SU EMME ORANI			
Numune No	Wsilk	WSd	Sk
4	123.08	142.08	15.44
5	34.37	41.17	19.78
8	116.96	144.62	23.65
10	252.16	284.45	12.81
11	46.25	56.51	22.18
14	87.5	108.74	24.27
17	10.39	13.53	30.22
19	107.74	128.5	19.27
20	71.58	80.67	12.70
Grup 1 ort.			20.04

Şekil 5.12. Grup 1 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların ortalama kütlece su emme oranları

Grup 1'i oluşturan harç numunelerinin kütlece su emme oranlarının ortalaması 20.04 değerindedir (Şekil 5.12.). Grup 1 için hazırlanan onarım harcının kütlece su emme oranı ise 20.48 çıkmıştır (Şekil 5.11.).

KÜTLECE SU EMME ORANI			
Numune No	Wsilk	WSd	Sk
1	33.45	39.15	17.04
2	31.12	36.84	18.38
3	160.99	197.23	22.51
6	59.45	75.5	27.00
7	64.71	75.01	15.92
9	251.13	295.95	17.85
12	44.4	52.57	18.40
13	26.85	34.86	29.83
18	74.46	91.73	23.19
21	227.82	281.35	23.50
22	185.92	226.55	21.85
Grup 2 ort.			21.41

Şekil 5.13. Grup 2 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların ortalama kütlece su emme oranları

Grup 2'yi oluşturan harç numunelerinin kütlece su emme oranlarının ortalaması 21.41 değerindedir (Şekil 5.13.). Grup 2 için hazırlanan onarım harcının kütlece su emme oranı ise 19.32 çıkmıştır (Şekil 5.11.).

KÜTLECE SU EMME ORANI			
Numune No	W _{silk}	W _{Sd}	Sk
15	62.73	71.97	14.73
16	54.08	60.79	12.41
Grup 3 ort.			13.57

Şekil 5.14. Grup 3 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların ortalama kütlece su emme oranları

Grup 3'ü oluşturan harç numunelerinin kütlece su emme oranlarının ortalaması 13.57 değerindedir (Şekil 5.14.). Grup 3 için hazırlanan onarım harcının kütlece su emme oranı ise 13.77 çıkmıştır (Şekil 5.11.).

Hacimce Su Emme Oranı

Görselde tablonun üzerinde belirtilen formüller yardımıyla numunelerin hacimce su emme oranları Şekil 5.15. 'de verilmiştir.

Sh= Hacimce su emme yüzdesi

Sh= Sk x Δ

ONARIM HARCİ ÖNERİLERİ			
Grup No	Sk	Δ=Görünür Yoğunluk	Sh
Grup 1	20.48	1.51	30.92
Grup 2	19.32	1.51	29.17
Grup 3	13.77	1.79	24.65

Şekil 5.15. Hazırlanan onarım harçlarının hacimce su emme oranları

Hacimce su emme oranlarını incelediğimizde Grup 1 için hazırlanan onarım harcının hacimce su emme oranı 30.92, Grup 2 için hazırlanan onarım harcının 29.17, Grup 3 için hazırlanan onarım harcının 24.65'tir (Şekil 5.15.).

HACİMCE SU EMME ORANI			
Numune No	Sk	Δ =Görünür Yoğunluk	Sh
4	15.44	1.69	26.11
5	19.78	1.59	31.53
8	23.65	1.51	35.69
10	12.81	1.70	21.73
11	22.18	1.52	33.71
14	24.27	1.44	35.06
17	30.22	1.28	38.77
19	19.27	1.54	29.70
20	12.70	1.67	21.15
Grup 1 ort.			30.38

Şekil 5.16. Grup 1 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların ortalama hacimce su emme oranları

Grup 1'i oluşturan harç numunelerinin hacimce su emme oranlarının ortalaması 30.38 değerindedir (Şekil 5.16.). Grup 1 için hazırlanan onarım harcının hacimce su emme oranı ise 30.92 çıkmıştır (Şekil 5.15.).

HACİMCE SU EMME ORANI			
Numune No	Sk	Δ =Görünür Yoğunluk	Sh
1	17.04	1.66	28.32
2	18.38	1.69	30.99
3	22.51	1.49	33.47
6	27.00	1.43	38.65
7	15.92	1.67	26.51
9	17.85	1.64	29.22
12	18.40	1.68	30.96
13	29.83	1.36	40.47
18	23.19	1.53	35.44
21	23.50	1.51	35.58
22	21.85	1.56	34.06
Grup 2 ort.			33.06

Şekil 5.17. Grup 2 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların ortalama hacimce su emme oranları

Grup 2'yi oluşturan harç numunelerinin hacimce su emme oranlarının ortalaması 33.06 değerindedir (Şekil 5.17.). Grup 2 için hazırlanan onarım harcının hacimce su emme oranı ise 29.17 çıkmıştır (Şekil 5.15.).

HACİMCE SU EMME ORANI			
Numune No	Sk	Δ =Görünür Yoğunluk	Sh
15	14.73	1.76	25.92
16	12.41	1.72	21.35
Grup 3 ort.			23.64

Şekil 5.18. Grup 3 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların ortalama hacimce su emme oranları

Grup 3'ü oluşturan harç numunelerinin hacimce su emme oranlarının ortalaması 23.64 değerindedir (Şekil 5.18.). Grup 3 için hazırlanan onarım harcının hacimce su emme oranı ise 24.65 çıkmıştır (Şekil 5.15.).

Görünür Yoğunluk (birim hacim kütlesi)

Hazırlanan onarım harcı numuneleri etüv fırınında sabit bir kütleye gelene kadar kurutulmuştur. Ardından ölçümler yapılarak Gk (değişmez kütleye kadar kurutulmuş örneğin kütlesi) değeri bulunmuştur. Ardından su emme deneyinden elde edilen WSd (suya doymuş ağırlık), WSi (su içerisindeki ağırlık) değerleri kullanılarak görünür yoğunluk değerleri hesaplanmıştır (Şekil 5.19.) Görünür yoğunluk hesaplamasında kullanılan formül ise görselde bulunan tablonun üzerinde belirtilmiştir (Şekil 5.19.)

Δ =Görünür Yoğunluk
Wsi=Su içindeki Ağırlık
Gk=Değişmez kütleye kadar kurutulmuş örneğin kütlesi
 $\Delta=Gk/(WSd-Wsi)$

ONARIM HARCİ ÖNERİLERİ				
Grup No	Gk	WSd	Wsi	Δ =Görünür Yoğunluk
Grup 1	140.19	168.9	76.26	1.51
Grup 2	160.33	191.3	85.31	1.51
Grup 3	181.81	206.85	105.56	1.79

Şekil 5.19. Hazırlanan onarım harçlarının görünür yoğunlukları

Birim hacim kütlesini (Görünür yoğunluk) incelediğimizde Grup 1 için hazırlanan onarım birim hacim kütlesi 1.51, Grup 2 için hazırlanan onarım harcının 1.51, Grup 3 için hazırlanan onarım harcının 1.79'dur (Şekil 5.19.).

GÖRÜNÜR YOĞUNLUK				
Numune No	Gk	Wsd	Wsi	Δ =Görünür Yoğunluk
4	123.08	142.08	69.32	1.69
5	34.37	41.17	19.6	1.59
8	116.96	144.62	67.11	1.51
10	252.16	284.45	135.88	1.70
11	46.25	56.51	26.07	1.52
14	87.5	108.74	48.15	1.44
17	10.39	13.53	5.43	1.28
19	107.74	128.5	58.61	1.54
20	71.58	80.67	37.7	1.67
Grup 1 ort.				1.55

Şekil 5.20. Grup 1 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların ortalama görünür yoğunluk değerleri

Grup 1'i oluşturan harç numunelerinin görünür yoğunluk ortalaması 1.55 değerindedir (Şekil 5.20.). Grup 1 için hazırlanan onarım harcının görünür yoğunluk değeri ise 1.51 çıkmıştır (Şekil 5.19.).

GÖRÜNÜR YOĞUNLUK				
Numune No	Gk	Wsd	Wsi	Δ =Görünür Yoğunluk
1	33.45	39.15	19.02	1.66
2	31.12	36.84	18.38	1.69
3	160.99	197.23	88.95	1.49
6	59.45	75.5	33.97	1.43
7	64.71	75.01	36.15	1.67
9	251.13	295.95	142.57	1.64
12	44.4	52.57	26.18	1.68
13	26.85	34.86	15.07	1.36
18	74.46	91.73	43	1.53
21	227.82	281.35	130.91	1.51
22	185.92	226.55	107.27	1.56
Grup 2 ort.				1.56

Şekil 5.21. Grup 2 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların ortalama görünür yoğunluk değerleri

Grup 2'yi oluşturan harç numunelerinin görünür yoğunluk ortalaması 1.56 değerindedir (Şekil 5.21.). Grup 2 için hazırlanan onarım harcının görünür yoğunluk değeri ise 1.51 çıkmıştır (Şekil 5.19.).

GÖRÜNÜR YOĞUNLUK				
Numune No	Gk	Wsd	Wsi	Δ =Görünür Yoğunluk
15	62.73	71.97	36.34	1.76
16	54.08	60.79	29.32	1.72
Grup 3 ort.				1.74

Şekil 5.22. Grup 3 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların ortalama görünür yoğunluk değerleri

Grup 3'ü oluşturan harç numunelerinin görünür yoğunluk ortalaması 1.74 değerindedir (Şekil 5.22.). Grup 3 için hazırlanan onarım harcının görünür yoğunluk değeri ise 1.79 çıkmıştır (Şekil 5.19.).

Nokta Yük Deneyi

Kalınlığı ve genişliği kumpas ile ölçülen numune konik uçlar arasına yerleştirilir ve yükleme başlatılır. Numunenin yenildiği yük kaydedilmiştir. Sonuçlar hesaplanırken alınmış numunelerin amorf biçimde olmasından dolayı düzeltme faktörü kullanılmıştır (Broch ve Franklin, 1972; Bieniawski, 1975; Ulusay ve ark., 2005; ASTM, 2008; Hatheway, 2009; TS ve 699, 2009; KUDEB, 2009-2011; Tuncel ve ark., 2016).

Hazırlanan onarım harcı numunelerine 10 ile 60 saniye süre içinde göçme olacak biçimde artan yük uygulanmıştır ve göçmenin gerçekleştiği andaki yük kaydedilmiştir. Onarım harcı numunelerinin basınç dayanımlarının hesaplamasında şekilde bulunan formüller kullanılmıştır.

Onarım Harç No	D (mm)	W ₁ (mm)	W ₂ (mm)	W _{ort} (mm)	A (mm ²) (D x W _{ort})	P (N)	De ² (4A/π)	Is (Mpa) (P / De ²)	K (düzeltme faktörü)	UCS (Mpa) (Is x K)
G1	35	80	80	80	2800	1100	3567	0.31	13.40	4.13
G2	35	80	80	80	2800	1350	3567	0.38	13.40	5.07
G3	35	80	80	80	2800	950	3567	0.27	13.40	3.57

Şekil 5.23. Hazırlanan onarım harçlarının nokta yük deney sonuçları

Nokta yük deneyi sonuçlarını incelediğimizde Grup 1 için hazırlanan onarım harcının uniaksiyal basınç dayanımı 4.13 mpa, Grup 2 için hazırlanan onarım harcının 5.07 mpa, Grup 3 için hazırlanan onarım harcının 3.57 mpa'dır (Şekil 5.23.).

Düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi (Is) incelediğimizde Grup 1 için hazırlanan onarım harcının düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi 0.31 mpa, Grup 2 için

hazırlanan onarım harcının 0.38 mpa, Grup 3 için hazırlanan onarım harcının 0.27 mpa'dır (Şekil 5.23.).

GRUP 1 NOKTA YÜK DENEYİ										
Numune No	D (mm)	W ₁ (mm)	W ₂ (mm)	W _{ort} (mm)	A (mm ²) (D x W _{ort})	P (N)	De ² (4A/π)	Is (Mpa) (P / De ²)	K (düzeltme faktörü)	UCS (Mpa) (Is x K)
4	31	84	68	76	2356	1200	3001	0.40	12.20	4.88
5	16	72	55	63.5	1016	600	1294	0.46	11.00	5.10
8	53	63	45	54	2862	1150	3646	0.32	15.00	4.73
10	38	78	71	74.5	2831	2000	3606	0.55	13.40	7.43
11	14	76	43	59.5	833	900	1061	0.85	11.00	9.33
14	16	45	45	45	720	300	917	0.33	11.00	3.60
17	18	36	22	29	522	200	665	0.30	11.40	3.43
19	47	83	51	67	3149	800	4011	0.20	15.00	2.99
20	43	58	52	55	2365	900	3013	0.30	13.40	4.00
Grup 1 ort. Değerler								0.41		5.05

Şekil 5.24. Grup 1 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların nokta yük deneyinden elde edilen değerlerin ortalamaları

Grup 1'i oluşturan harç numunelerinin nokta yük deneyi sonuçlarını incelediğimizde ortalama Is (düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi) değerinin ortalaması 0.41 değerindedir (Şekil 5.24.).

Grup 1'i oluşturan harç numunelerinin nokta yük deneyi sonuçlarını incelediğimizde ortalama UCS (uniaksiyal basınç dayanımı) değerinin ortalaması 5.05 değerindedir (Şekil 5.24.).

GRUP 2 NOKTA YÜK DENEYİ										
Numune No	D (mm)	W ₁ (mm)	W ₂ (mm)	W _{ort} (mm)	A (mm ²) (D x W _{ort})	P (N)	De ² (4A/π)	Is (Mpa) (P / De ²)	K (düzeltme faktörü)	UCS (Mpa) (Is x K)
1	11	61	43	52	572	700	729	0.96	11.00	10.57
2	12	59	40	49.5	594	450	757	0.59	11.00	6.54
3	26	73	107	90	2340	1200	2981	0.40	11.40	4.59
6	18	79	78	78.5	1413	1100	1800	0.61	11.40	6.97
7	23	73	46	59.5	1369	1250	1743	0.72	11.40	8.17
9	18	168	82	125	2250	900	2866	0.31	11.40	3.58
12	11	87	46	66.5	732	950	932	1.02	11.00	11.21
13	10	96	56	76	760	650	968	0.67	11.00	7.39
18	26	66	61	63.5	1651	1300	2103	0.62	11.40	7.05
21	31	90	81	85.5	2651	1600	3376	0.47	12.20	5.78
22	23	79	76	77.5	1783	1700	2271	0.75	11.40	8.53
Grup 2 ort. Değerler								0.65		7.31

Şekil 5.25. Grup 2 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların nokta yük deneyinden elde edilen değerlerin ortalamaları

Grup 2'yi oluşturan harç numunelerinin nokta yük deneyi sonuçlarını incelediğimizde ortalama I_s (düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi) değerinin ortalaması 0.65 değerindedir (Şekil 5.25.).

Grup 2'yi oluşturan harç numunelerinin nokta yük deneyi sonuçlarını incelediğimizde ortalama UCS (uniaksial basınç dayanımı) değerinin ortalaması 7.31 değerindedir (Şekil 5.25.).

GRUP 3 NOKTA YÜK DENEYİ										
Numune No	D (mm)	W ₁ (mm)	W ₂ (mm)	W _{ort} (mm)	A (mm ²) (D x W _{ort})	P (N)	De ² (4A/π)	I _s (Mpa) (P / De ²)	K (düzeltme faktörü)	UCS (Mpa) (I _s x K)
15	23	73	40	56.5	1300	900	1655	0.54	11.40	6.20
16	21	82	62	72	1512	200	1926	0.10	11.40	1.18
Grup 3 ort. Değerler								0.32		3.69

Şekil 5.26. Grup 3 içinde bulunan Takkeli Dağ Gevale Kalesine ait harçların nokta yük deneyinden elde edilen değerlerin ortalamaları

Grup 3'ü oluşturan harç numunelerinin nokta yük deneyi sonuçlarını incelediğimizde ortalama I_s (düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi) değerinin ortalaması 0.32 değerindedir (Şekil 5.26.).

Grup 3'ü oluşturan harç numunelerinin nokta yük deneyi sonuçlarını incelediğimizde ortalama UCS (uniaksial basınç dayanımı) değerinin ortalaması 3.69 değerindedir (Şekil 5.26.).

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Restorasyon ve koruma çalışmalarında tarihi yapıya mümkün olduğunca az müdahale etmek büyük önem taşımaktadır. Tarihi yapının özgün değerinin korunabilmesi için yapı elemanları, strüktür sistemi, malzemesi, süslemesi, iyice anlaşılmalı ve bozulma gözlemlenen yerlere uygulamalar yapılmalıdır. Uygulama yapılacak bölgelerin belirlenmesi için yapının malzemesinin özgün özelliklerinin anlaşılması gerekmektedir. Tarihi yapının malzemesinin özellikleri deneyler ve analizler ile titizlikle belirlenmelidir. Tarihi yapıya yapılacak herhangi bir müdahalede kullanılacak yeni bir malzemede yapının ve malzemesinin özgün hallerine uygun olması gerekmektedir. Bu nedenle tarihi yapıda kullanılması için seçilen malzemelerin özelliklerinin deneyler ve analizlerle tespit edilmesi büyük önem taşır.

Tarihi yapılarda harç ve sıva malzemeler kâgir yapı malzemelerini bağlayan ve yapının beden duvarlarında dış katman oluşturan malzemeler olduğu için koruma sürecinde çok önemli görülmektedir. Harç ve sıva malzeme, tarihi yapıların günümüze gelmesinde strüktür açısından da çok önemlidir. Bu nedenle restorasyon, koruma ve onarım faaliyetlerinde harç ve sıva malzemeler ile ilgili yapılacak uygulamalarda çok dikkat edilmesi gerekmektedir.

Takkeli Dağ Gevale Kalesi Konya’da önemli bir yere sahiptir. Selçuklu, Osmanlı dönemlerinde aktif olarak kullanıldığı birçok kaynakta bizlere aktarılmaktadır. Takkeli Dağ Gevale Kalesi’nde birçok sarnıç bulunmaktadır ve günümüzde bu sarnıçlara restorasyon çalışması yapılmamıştır. Bu çalışmada bahsi geçen sarnıçlarda kullanılacak olan onarım harcı için çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda ilk olarak harçlarla ilgili bilgi edinildikten sonra alandan harç ve sıva numuneleri prosedürlere uygun bir şekilde alınmıştır. Alınan harç ve sıva numunelerin belirlenen deney ve analizlerle karakterizasyonu yapılmıştır. Yapılan karakterizasyon çalışması neticesinde alınan numuneler 3 gruba ayrılmıştır. Her bir grup için onarım harcı önerisinde bulunulmuştur. Onarım harcı önerisinde bulunulurken mevcut harçların özelliklerine dikkat edilmiştir. Hazırlanan onarım harçlarına bazı deneyler yapılmıştır ve yapılan deneylerin sonuçları ile grupların sonuçları kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamalar sonucu elde edilen sonuçlar şu şekildedir.

KÜTLECE SU EMME ORANI		
GRUP NO	Grupta Bulunan Özgün Harçlara Ait Değerlerin Ortalaması	Önerilen Onarım Harcına Ait Değer
Grup 1	% 20.04	% 20.48
Grup 2	% 21.41	% 19.32
Grup 3	% 13.57	% 13.77

Şekil 6.1. Hazırlanan onarım harçlarının kütlece su emme değerleri ile oluşturulan gruptaki harçların kütlece su emme oranlarının ortalama değerleri

İçerisinde 4,5,8,10,11,14,17,19,20 numaralı numuneler bulunan Grup 1'deki harçların ortalama kütlece su emme oranı % 20.04 değerindedir. Grup 1 için hazırlanan, içeriğinde 4 ölçek söndürülmüş kaymak kireç, 4 ölçek 0,5 mm elek altı kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu, 8 ölçek 4 mm elek altı tuf kırığı ya da tuf tozu bulunan onarım harcının kütlece su emme oranı ise %20.48 değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden hazırlanan onarım harcının kütlece su emme oranının Grup 1 için uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.1.).

İçerisinde 1,2,3,6,7,9,12,13,18,21,22 numaralı numuneler bulunan Grup 2'deki harçların ortalama kütlece su emme oranı % 21.41 değerindedir. Grup 2 için hazırlanan, içeriğinde 4 ölçek söndürülmüş kaymak kireç, 4 ölçek 2 mm elek altı kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu, 1 ölçek 0,5 mm elek altı tuf kırığı ya da tuf tozu, 7 ölçek 4 mm elek altı tuğla kırığı ya da tuğla tozu bulunan onarım harcının kütlece su emme oranı ise %19.32 değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden hazırlanan onarım harcının kütlece su emme oranının Grup 2 için uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.1.).

İçerisinde 15,16 numaralı numuneler bulunan Grup 3'teki harçların ortalama kütlece su emme oranı % 13.57 değerindedir. Grup 3 için hazırlanan, içeriğinde 4 ölçek söndürülmüş kaymak kireç, 8 ölçek 1 mm elek altı kireçtaşı kırığı ya da kireçtaşı tozu, 1 ölçek 1 mm elek altı tuf kırığı ya da tuf tozu bulunan onarım harcının kütlece su emme oranı ise %13.77 değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden hazırlanan onarım harcının kütlece su emme oranının Grup 3 için uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.1.).

HACİMCE SU EMME ORANI		
GRUP NO	Grupta Bulunan Özgün Harçlara Ait Değerlerin Ortalaması	Önerilen Onarım Harcına Ait Değer
Grup 1	% 30.38	% 30.92
Grup 2	% 33.06	% 29.17
Grup 3	% 23.64	% 24.65

Şekil 6.2. Hazırlanan onarım harçlarının hacimce su emme değerleri ile oluşturulan gruptaki harçların hacimce su emme oranlarının ortalama değerleri

Grup 1'deki harçların ortalama hacimce su emme oranı % 30.38 değerindedir. Grup 1 için hazırlanan onarım harcının hacimce su emme oranı %30.92 değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden hazırlanan onarım harcının hacimce su emme oranının Grup 1 için uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.2.).

Grup 2'deki harçların ortalama hacimce su emme oranı % 33.06 değerindedir. Grup 2 için hazırlanan onarım harcının hacimce su emme oranı %29.17 değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden hazırlanan onarım harcının hacimce su emme oranının Grup 2 için biraz düşük olduğu ancak ciddi bir fark olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 6.2.).

Grup 3'teki harçların ortalama hacimce su emme oranı % 23.64 değerindedir. Grup 3 için hazırlanan onarım harcının hacimce su emme oranı %24.65 değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden hazırlanan onarım harcının hacimce su emme oranının Grup 3 için uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.2.).

GÖRÜNÜR YOĞUNLUK (BİRİM HACİM KÜTLESİ)		
GRUP NO	Grupta Bulunan Özgün Harçlara Ait Değerlerin Ortalaması	Önerilen Onarım Harcına Ait Değer
Grup 1	1.55	1.51
Grup 2	1.56	1.51
Grup 3	1.74	1.79

Şekil 6.3. Hazırlanan onarım harçlarının görünür yoğunluk değerleri ile oluşturulan gruptaki harçların görünür yoğunluk ortalama değerleri

Grup 1'deki harçların görünür yoğunluklarının ortalaması 1,55 değerindedir. Grup 1 için hazırlanan onarım harcının görünür yoğunluğu 1,51 değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden hazırlanan onarım harcının görünür yoğunluğunun Grup 1 için uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.3.).

Grup 2'deki harçların görünür yoğunluklarının ortalaması 1,56 değerindedir. Grup 2 için hazırlanan onarım harcının görünür yoğunluğu 1,51 değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden hazırlanan onarım harcının görünür yoğunluğunun Grup 2 için uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.3.).

Grup 3'teki harçların görünür yoğunluklarının ortalaması 1,74 değerindedir. Grup 3 için hazırlanan onarım harcının görünür yoğunluğu 1,79 değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden hazırlanan onarım harcının görünür yoğunluğunun Grup 3 için uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.3.).

NOKTA YÜK DENEYİ		
IS - düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi (Mpa)		
GRUP NO	Grupta Bulunan Özgün Harçlara Ait Değerlerin Ortalaması	Önerilen Onarım Harcına Ait Değer
Grup 1	0.41 mpa	0.31 mpa
Grup 2	0.65 mpa	0.38 mpa
Grup 3	0.32 mpa	0.27 mpa

Şekil 6.4. Hazırlanan onarım harçlarının IS (düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi) değerleri ile oluşturulan gruptaki harçların IS (düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi) ortalama değerleri

Grup 1'deki harçların ortalama Is (düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi) değeri 0.41 mpa değerindedir. Grup 1 için hazırlanan onarım harcının Is değeri 0.31 mpa değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden Grup 1 için hazırlanan onarım harcının nokta yük deneyi sonrası ölçülen Is (düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi) değerinin Grup 1 için uygun olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 6.4.).

Grup 2'deki harçların ortalama Is değeri 0.65 mpa değerindedir. Grup 2 için hazırlanan onarım harcının Is değeri 0.38 mpa değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden Grup 2 için hazırlanan onarım harcının nokta yük deneyi sonrası ölçülen Is (düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi) değerinin Grup 2 için uygun olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 6.4.).

Grup 3'teki harçların ortalama Is değeri 0.32 mpa değerindedir. Grup 3 için hazırlanan onarım harcının Is değeri 0.27 mpa değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden Grup 3 için hazırlanan onarım harcının nokta yük deneyi sonrası ölçülen Is (düzeltilmemiş nokta yükleme indeksi) değerinin Grup 3 için uygun olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 6.4.).

NOKTA YÜK DENEYİ UCS - uniaksiyal basınç dayanımı (Mpa)		
GRUP NO	Grupta Bulunan Özgün Harçlara Ait Değerlerin Ortalaması	Önerilen Onarım Harcına Ait Değer
Grup 1	5.05 mpa	4.13 mpa
Grup 2	7.31 mpa	5.07 mpa
Grup 3	3.69 mpa	3.57 mpa

Şekil 6.5. Hazırlanan onarım harçlarının UCS (uniaksiyal basınç dayanımı indeksi) değerleri ile oluşturulan gruplardaki harçların UCS (uniaksiyal basınç dayanımı indeksi) ortalama değerleri

Grup 1'deki harçların ortalama UCS (uniaksiyal basınç dayanımı) değeri 5,05 mpa değerindedir. Grup 1 için hazırlanan onarım harcının UCS değeri 4,13 mpa değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden Grup 1 için hazırlanan onarım harcının nokta yük deneyi sonrası ölçülen dayanımının Grup 1 için uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.5.).

Grup 2'deki harçların ortalama UCS değeri 7,31 mpa değerindedir. Grup 1 için hazırlanan onarım harcının UCS değeri 5,07 mpa değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden Grup 2 için hazırlanan onarım harcının nokta yük deneyi sonrası ölçülen dayanımının Grup 2 için uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.5.).

Grup 3'teki harçların ortalama UCS değeri 3,69 mpa değerindedir. Grup 3 için hazırlanan onarım harcının UCS değeri 3,57 mpa değerindedir. Bu sonuçlar üzerinden Grup 3 için hazırlanan onarım harcının nokta yük deneyi sonrası ölçülen dayanımı Grup 3 için uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.5.).

Yapılan çalışmalar, deneyler ve analizler neticesinde, hazırlanan onarım harçlarının Takkeli Dağ Gevale Kalesi sarnıçları için kullanımının uygun olduğu sonucuna ön deneyler ile varılmıştır.

6.2 Öneriler

Tarihi yapılara önerilen malzemelerde yapının bulunduğu çevre koşulları da büyük önem taşımaktadır. Önerilen onarım harçlarının Takkeli Dağ Gevale Kalesi çevre koşullarına dayanımının ölçümü yapılmalıdır. Çevre koşullarına dayanımının ölçümü için, önerilen onarım harçları tarihi yapının bulunduğu yerde bekletilip, kontrol grubu olarak ise laboratuvarında bir grup oluşturulmalıdır. Bu yöntemle önerilen onarım harcının eskime ve bozulma durumuna ilişkin detaylı bilgiler edinilebilir. Aynı zamanda

önerilen onarım harcının tarihi yapının özgün kâgir yapı malzemeleri ile uyumluluğu araştırılmalıdır. Çalışmada çevre koşulları dikkate alınmamıştır.

Onarım harcı üretilme aşamasında harcın bekletilme süreci önem taşımaktadır. Onarım harcı önerilerinde harç malzemeler 3. ayda, 6. ayda, 12. ayda ve 18. ayda deney ve analizlere tabi tutulmalıdır. Çünkü harç malzeme zaman içerisinde mukavemet kazanan bir malzemedir.

Harçlar ile ilgili yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların büyük bir çoğunluğu seçilen bölgelerden alınmış harç ve sıva numunelerinin deneyler ve analizler sonucu karakterizasyonunun yapıldığı çalışmalardır. Karakterizasyon çalışmalarının yanında onarım harcı önerilerinde bulunan çalışmalar da mevcuttur. Harçlar ve sıvalar ile ilgili standartların belirlenmesi için bu çalışmalar kapsamlı hale getirilebilir çünkü harçlar ve sıvalar ne kayalar kadar dayanımı yüksek malzemelerdir, ne de agregalar sınıfına girmektedir. Bu nedenle çeşitli harç ve sıva karışımlarının hangi deneylere tabi tutulacağı, hangi standartlarla analizlerinin yapılacağı harç çeşitlerine göre net bir şekilde belirlenmelidir. Örneğin bağlayıcı olarak kireç malzemenin kullanıldığı harç ile bağlayıcı olarak çimentonun kullanıldığı harç aynı standartlarda deneylere tabi tutulmamalıdır.

Güncel araştırmalarda çokça çalışılan kompozit harçlarla ilgili çalışmalar geliştirilmeye devam edilmelidir. Günümüzün en büyük problemi olan çevre sorunlarına çözüm getirebilecek, atıkların da kullanıldığı kompozit harç önerilerinde bulunulabilir.

Tarihi yapılara önerilen onarım harçlarının, tarihi yapıda bulunan diğer malzemeler (taş, tuğla, kerpiç vb.) ile birlikte nasıl çalıştığını hem uygulamalar ile hem de HBIM programları ile kontrol eden çalışmalar yapılabilir.

Tarihi yapıların bizler için taşıdığı önem nedeniyle yapılarda kullanılan malzemeler ile ilgili çalışmalara ağırlık verilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbs, A. F., 1985, The use of the point load index in weak carbonate rocks, ASTM International 883, p.
- Acun, S. ve Gürdal, E., 2003, Yenilenebilir bir malzeme: kerpiç ve alçılı kerpiç, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 427 (5), 71-77.
- Adriano, P., Silva, A. S., Veiga, R., Mirão, J. ve Candeias, A. J. M. c., 2009, Microscopic characterisation of old mortars from the Santa Maria Church in Évora, 60 (7), 610-620.
- Akman, M., 1990, Yapı Malzemeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, II, Baskı.
- Akman, M. S., Guner, A. ve Aksoy, H., 1986, II. Uluslararası Turk-Islam Bilim Ve Teknoloji Tarihi Kongresi, *II. International Congress on the History of Turkish and Islamic Science and Technology: 28 April-2 May 1986: proceedings*, 101.
- Akman, M. S., 2003a, YAPI MALZEMELERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ, 30-36.
- Akman, M. S., 2003b, Yapı malzemelerinin tarihsel gelişimi.
- AKYOL, A. A., KADIOĞLU, Y. K. ve HOUREH, N. D. J. S. v. T. D., 2022, Afyon Ulu Cami Arkeometrik Analizleri, (29), 37-65.
- Allen, G., Allen, J., Elton, N., Farey, N., Holmes, S., Livesey, P. ve Radonjic, M., 2003, Hydraulic Lime Mortar for Stone, *Brick and Block Masonry, Donhead, Dorset*.
- Altun, F., Tanyeli, G., Kozlu, H. ve Düğenci, O. J. T. A. P. R., 107M538, Ankara, 2009, Kayseri’de Roma ve Bizans Dönemi tarihi yapılarında kullanılan harç ve sıvaların özellikleri.
- Artel, T. ve Dibağ, G., 1969, Yapı malzemesi, Osman Yalçın, p.
- Ashall, G., Butlin, R., Teutonico, J. ve Martin, W., 2018, Development of lime mortar formulations for use in historic buildings, In: *Durability of Building Materials & Components 7 vol. 1*, Eds: Routledge, p. 352-360.
- Ashurst, J. ve Architects, E., 1983, Mortars, plasters and renders in conservation, p.
- Ashurst, J. ve Ashurst, N., 1988, Mortars, Plasters and Renders, Practical building conservation: English Heritage technical handbook, (No Title).

- ASTM, D.-. 2008, 5731; Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications, *American Society for Testing and Materials: West Conshohocken, PA, USA*.
- Ateken, Z. J., 1998, Konya'daki Selçuklu yapılarının Osmanlı devrinde bakımı ve kullanılması: Konya er'iyye sicil kayıtlarına göre.
- Avdan, H., Alı Taşının Minerolojisi, Alı eşitleri, Fazların Oluşumu ve Analizi, *II. Ulusal Alı Kongresi, Bildiri Kitabı, Alı Üreticileri Derneğı, İstanbul*, 02-03.
- Aydın, M., Tanrıkulu, H. ve Tetiker, S., 2019, ŞANLIURFA-HACI YADİĞAR CAMİİ RESTORASYON AMAÇLI YAPI MALZEMELERİNİN ARKEOMETRİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ, *TÜBA-AR Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi* (24), 237-247.
- Aysal, N., Öngen, S., Doksanaltı, E. M., Şahin, O., ağıran, E., Şahin, D., Eruş, M., Baykır, M. ve Kocaişık, F. J. R. v. K. . D., 2016, Knidos Antik Kentinde Kullanılan Yapıtaşları, Harç ve Sıvaların Minerolojisi, Petrografisi ve Yer Seçiminde Rol Oynayan Jeolojik Faktörler, (19), 46-62.
- Baglioni, P., Dei, L., Piqué, F., Sarti, G. ve Ferroni, E., 1997, New autogenous lime-based grouts used in the conservation of lime-based wall paintings, *Studies in Conservation*, 42 (1), 43-54.
- Bahar, H., 1994, TAKKELİ DAĞ (KEVELE KALESİ) VE KONYA TARİHİ BAKIMINDAN ÖNEMİ, *Selçuk Üniversitesi Konya*, 313-333.
- Bakolas, A., Biscontin, G., Moropoulou, A. ve Zendri, E., 1998, Characterization of structural byzantine mortars by thermogravimetric analysis, *Thermochimica Acta*, 321 (1-2), 151-160.
- Baradan, B., 2000, Yapı malzemesi II, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, p.
- Barker, W. B., 1853, Lares and penates: or, Cilicia and its governors, ed. by WF Ainsworth, Ingram, Cooke, p.
- Baronio, G. ve Binda, L., 1997, Study of the pozzolanicity of some bricks and clays, *Construction and Building Materials*, 11 (1), 41-46.
- Baştak, N. F., 1936, "Konya", *Konya Halkevi Dergisi*, 2-5.
- Baturayoğlu Yney, N., 2008, 19. Yüzyıl Sonu ve 20. Yüzyıl Başı Yapı Cephelerinde Kullanılan Yapay Taşların Mimarlık ve Koruma Bilimi Açısından Değerlendirilmesi, unpublished Ph. D, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Temmuz*.

- Bekleyen, A. ve Dalkılıç, N., 2018, Önsöz, In: Tarihi Çevrede Yapılaşma Deneyimleri, Eds: Dalkılıç, A. B.-N., *İstanbul: Birsan Yayın*, p. 79-113.
- Bieniawski, Z., 1975, The point-load test in geotechnical practice, *Engineering geology*, 9 (1), 1-11.
- Binda, L., Papayianni, I., Toumbakari, E. ve Van Hees, R., 2005, 2.4 Mechanical tests on mortars and assemblages, March, p.
- Bonen, D., Tasdemir, M. A. ve Sarkar, S., 1994, The evolution of cementitious materials through history, *MRS Online Proceedings Library (OPL)*, 370, 159.
- Borelli, E., 1999, Conservation of architectural heritage, historic structures and materials, *ARC laboratory handbook, Salts*, ICCROM, Rome, 3.
- Borges, C., Silva, A. S., Veiga, R. J. C. ve Materials, B., 2014, Durability of ancient lime mortars in humid environment, 66, 606-620.
- Boynton, R. S. J., 1966, Chemistry and technology of lime and limestone.
- Böke, H., Akkurt, S. ve İpekoğlu, B., 2004, Tarihi yapılarda kullanılan Horasan harcı ve sıvalarının özellikleri, *Yapı Dergisi*, 269 (4), 90-95.
- Broch, E. ve Franklin, J., 1972, The point-load strength test, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 669-676.
- Budak, M., 2005, Characterization of selected beylikler period mortars and processing of new intervention mortars for restoration purposes, Izmir Institute of Technology (Turkey), p.
- Caneva, G., Nugari, M. P. ve Salvadori, O., 1991, Biology in the Conservation of Works of Art, *(No Title)*.
- Casadio, F., Chiari, G. ve Simon, S., 2005, Evaluation of binder/aggregate ratios in archaeological lime mortars with carbonate aggregate: a comparative assessment of chemical, mechanical and microscopic approaches, *Archaeometry*, 47 (4), 671-689.
- Charola, A. E. ve Henriques, F. M., 2000, Hydraulicity in lime mortars revisited, *Historic mortars: characteristics and tests: proceedings of a RILEM international workshop, Paisley*, 95-104.
- Charter, I., 1994, the Nara Conference on Authenticity in Relation to the World Heritage Convention.
- Charter, V., 1964, International charter for the conservation and restoration of monuments and sites, *Venice, Italy*.

- Chever, L., Pavía, S. ve Howard, R., 2010, Physical properties of magnesian lime mortars, *Materials and Structures*, 43, 283-296.
- Collepari, M., 1990, Degradation and restoration of masonry walls of historical buildings, *Materials and Structures*, 23, 81-102.
- Cookckson, B. C., 2010, Living in Mud, *İstanbul*, Ege Yayınları, p.
- Cowper, A. D., 2000, Lime and lime mortars, Routledge, p. 3.
- Crhova, M., Kuckova, S., Hynek, R. ve Kodicek, M., 2010, Proteomic identification of milk proteins in historical mortars, *Proceedings pro078: 2nd Conference on Historic Mortars-HMC*, 91-97.
- Cultrone, G., Sebastián, E. ve Huertas, M. O., 2005, Forced and natural carbonation of lime-based mortars with and without additives: Mineralogical and textural changes, *Cement and Concrete Research*, 35 (12), 2278-2289.
- Dabanlı, Ö., Ersen A. , 2013, Bir 19.YY Anadolu Kilisesinin Malzeme Karakterizasyonu ve Konservasyon Önerileri: Niğde Ermeni (II.) Kilisesi. 4. Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu. İstanbul, Türkiye. 4.: 1-10.
- Dabanlı, Ö., İş M., Özbaş, F., 2017, Molla Gürani Camii'nde Kullanılan Yapı Malzemelerinin Karakterizasyonu, Sorunlar ve Koruma Önerileri, *Vakıf Restorasyon Yıllığı*, 15.Sayı, 32-49.
- Dassler, L., 1990, Nineteenth-century New York State earthen homes: an investigation of their material composition, *6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture: Adobe 90 preprints: Las Cruces, New Mexico, USA, October 14-19, 1990*, 430-437.
- Davey, N., 1961a, A history of building materials, (*No Title*), 120.
- Davey, N., 1961b, A history of building materials, (*No Title*), 112.
- Davidovits, F., 1993, Les Mortiers de pouzzolanes artificielles chez Vitruve, évolution et historique architecturale, *These de DEA Paris, Université Paris X-Nanterre*.
- Degryse, P., Elsen, J. ve Waelkens, M., 2002, Study of ancient mortars from Sagalassos (Turkey) in view of their conservation, *Cement and Concrete Research*, 32 (9), 1457-1463.
- Dimes, F. G. ve Ashurst, J., 2007, Conservation of building and decorative stone, Routledge, p.

- Dirican, T. ve Akyol, A. A., 2019, Anadolu’da Kerpiç Duvar Yapımı Yöntemlerine Ait Bir Derleme Çalışması, *Sanat ve Tasarım Dergisi* (23), 117-126.
- Eckel, E. C., 1905, Cements, Limes, and Plasters: Their Materials, Manufacture, and Properties, J. Wiley & Sons, p.
- Edwards, R. W., 1987, The Fortifications of Armenian Cilicia, Dumbarton Oaks Research Library and Coll., p.
- Ege, İ. ve Avsever, D., 2022, SİLLE ÇAYI HAVZASI’NIN (KONYA) MORFOMETRİK ÖZELLİKLERİNİN CBS İLE BELİRLENMESİ.
- Ekşi Akbulut, D., 2006, Tarihi yapıların onarımında kullanılacak harçların seçimine yönelik bir öneri, *Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi*.
- Elsen, J., Degryse, P. ve Waelkens, M., 2002, Study of ancient mortars from Sagalassos (Turkey) in view of their conservation, *Cement and Concrete Research*, 32 (9), 1457-1463.
- Elsen, J., 2006, Microscopy of historic mortars—a review, *Cement and Concrete Research*, 36 (8), 1416-1424.
- Elsen, J., Van Balen, K. ve Mertens, G., 2012, Hydraulicity in historic lime mortars: a review, *Historic mortars: characterisation, assessment and repair*, 125-139.
- EN, T. ve 12372, 2000, Doğal taş deney metotları-tek eksenli basınç dayanımı tayini, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*.
- Erder, C., 2020, Tarihi Çevre Algısı, *İstanbul*, YEM Yayın, p.
- Eren, Y. J. T., 1996, Sille-Tatköy (Bozdağlar masifi-Konya) kuzeyinde Alpin öncesi bindirmeler, 163-169.
- Eric, M., 1980, Kerpic eski eserlerin onarimi ve korunmasinda bir arastirma, *Third international symposium on mudbrick (adobe) preservation. Ankara, 29 september-4 october 1980*, 79-86.
- Eriç, M., 2002, Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, 2, Baskı, *İstanbul*.
- Ermiş, G., 2019, Gevale Kalesi kazılarında bulunan İslami dönem sikkeleri, *Necmettin Erbakan University (Turkey)*.
- Ersen, A. ve Güleç, A., 2009a, Basit ve ileri analiz yöntemleri ile tarihi harçların analizi, *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi* (3), 65-73.

- Ersen, A. ve Güleç, A. J. R. v. K. Ç. D., 2009b, Basit ve ileri analiz yöntemleri ile tarihi harçların analizi, (3), 65-73.
- Esen, S. Y., Tunç, N., Telatar, S., Tavukçuoğlu, A., Saltık, E. C. ve Demirci, Ş., 2004, MANİSA ÇUKUR HAMAM'IN ONARIMINA YÖNELİK MALZEME ÇALIŞMALARI.
- Feilden, B., 1982, Conservation of historic buildings, Routledge p.
- Franzini, M., Leoni, L., Lezzerini, M., Sartori, F. J. M. ve Petrology, 1999, On the binder of some ancient mortars, 67 (1-2), 59.
- Garrood, W., 2008, The Byzantine conquest of Cilicia and the Hamdanids of Aleppo, 959-965, *Anatolian studies*, 58, 127-140.
- Gençoğlu Korkmaz, G., 2015, Yükselen (Konya) bölgesi volkanik kayaçlarının petrografisi, jeokimyası ve petrolojisi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Gibbons, P., 1999. Pozzolans for Lime Mortars. Erişim Adresi.
- Groot, C., Bartos, P. J. ve Hughes, J. J., 2000, Historic mortars: characteristics and tests- Concluding summary and state of the art, *Proc. Of Int. RILEM workshop on Historic mortars: Characteristics and tests*, 443-455.
- Groot, C., Ashall, G. J., Hughes, J. J. ve Bartos, P. J., 2007, Characterisation of old mortars with respect to their repair: A state of the art, *RILEM REPORT*, 28, 1.
- Gulec, A. ve Ersen, A., 1998, Characterization of ancient mortars: Evaluation of simple and sophisticated methods, *Journal of Architectural Conservation*, 4 (1), 56-67.
- Güleç, A., 1992, Bazı tarihi anıt harç ve sıvalarının incelenmesi.
- Güleç, A., Acun, S. ve Ersen, A., 2005, A Characterization method for the fifth-century traditional mortars in the Land Walls of Constantinople, *Yedikule*, 50 (4), 295-306.
- Güleç, A., 2016, Divriği Ulu Camii ve Darüşşifası Yapı Malzemelerinin Analizi ve Koruma-
- Onarım Önerileri. 8.Kagir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri. İstanbul.: 134-160.
- Gülmez, S., 2005, Antik yapılarda kullanılan inşaat malzemeleri ve bu malzemelerin özelliklerinin mineralojik, petrografik, kimyasal, fiziksel, mekanik ve tahribatsız deney yöntemleri kullanılarak saptanması, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi*.

- Güney, B. A., 2012, Development of pozzolanic lime mortars for the repair of historic masonry.
- Gürdal, E., 1976, Kuzey ve Orta Anadolu alçıları üzerine bir araştırma, *İTÜ*.
- Hatheway, A. W., 2009, The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring; 1974–2006, Association of Environmental & Engineering Geologists.
- Holmes, S. ve Wingate, M. J. A. p. i., 1997, Building with lime.
- Honeyborne, D. B., 2007, Weathering and decay of masonry, In: Conservation of building and decorative stone, Eds: Routledge, p. 153-178.
- Houben, H. ve Guillaud, H., 1994, Earth construction: a comprehensive guide, (No Title).
- Hughes, D., Swann, S. ve Gardner, A., 2007, Roman cement: Part one: Its origins and properties, *Journal of Architectural Conservation*, 13 (1), 21-36.
- Hughes, J. ve Callebaut, K., 2002, In-situ visual analysis and practical sampling of historic mortars, *Materials and Structures*, 35, 70-75.
- Hughes, J. J. ve Callebaut, K., 2000, Practical sampling of historic mortars, *Rilem International Workshop, 'Historic Mortars: Characteristics and tests'*, PJM Bartos, CJWP Groot and JJ Hughes (eds.), RILEM proceedings PRO, 17-26.
- ICOMOS, 1993, Earthen Architecture: The conservation of brick and earth structures. A handbook, ICOMOS International Committee on Earthen Architecture, p.
- Ingham, J., 2009a, Forensic engineering of fire-damaged structures, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering*, 12-17.
- Ingham, J. P., 2009b, Diagnosing defects in lime-based construction materials, *Journal of Architectural Conservation*, 15 (3), 59-80.
- Institutions, B. S., 2000, Code of practice for cleaning and surface repair of buildings. Part 1. Cleaning of natural stones, brick, terracotta and concrete. British Standards BS 8221-1: 2000, *British Standard Institutions, London, United Kingdom*.
- Izaguirre, A., Lanas, J. ve Alvarez, J. I., 2010, Ageing of lime mortars with admixtures: Durability and strength assessment, *Cement and Concrete Research*, 40 (7), 1081-1095.

- Jedrzejewska, H. I. C. f. t. S. o. t. P. ve Property, t. R. o. C., 1982, Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings, International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration ..., p.
- Jokilehto, J., 1999, A history of architectural conservation, Routledge, p.
- Karakaya, M. Ç., 2006, Kil minerallerinin özellikleri ve tanımlama yöntemleri, ODTÜ, p.
- Koçu, N., 1997, Konya çevresindeki volkanik tüflerin yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi ve özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma.
- Koçu, N. ve Korkmaz, S. Z., 2004, KERPIÇ MALZEME İLE ÜRETİLEN YAPILARDA DEPREM ETKİLERİNİN TESPİTİ.
- Konyalı, İ. H. J., 1964, Abideleri ve kitabeleri ile Konya tarihi, 164.
- Kozlu, H. H., 2010, Kayseri yöresindeki tarihi harçların karakterizasyonu ve onarım harçlarının özellikleri.
- Krumnacher, P. J., 2001, Lime and cement technology: transition from traditional to standardized treatment methods, *Virginia Tech*.
- KUDEB, 2009-2011, Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarları, *İSTANBUL*, Şan Matbaası p.
- Kuleli, A. E., 2005, Efes Yamaçevler 2de, 1, 2 ve 4 nolu evler örneğinde Roma dönemi harçları araştırması.
- Kulunyar, A., 1990, İznikteki Bizans dönemi yapılarında tarihlendirme sorunları ve malzeme-teknik, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Lagrou, D., Dreesen, R. ve Broothaers, L., 2004, Comparative quantitative petrographical analysis of Cenozoic aquifer sands in Flanders (N Belgium): overall trends and quality assessment, *Materials Characterization*, 53 (2-4), 317-326.
- Lawrence, R. M. H., 2006, A study of carbonation in non-hydraulic lime mortars.
- Lea, F. M., 1940, Investigations on Pozzolanas, HM Stationery Office, p.
- Leslie, A. B. ve Gibbons, P., 2000, Mortar analysis and repair specification in the conservation of Scottish historic buildings, *Proceedings of the International RILEM-workshop "Historic mortars: characteristics and tests"*, Paisley, 273-280.

- Livingston, R., 1993, Materials analysis of the masonry of the Hagia Sophia Basilica, Istanbul, *WIT Transactions on The Built Environment*, 4.
- Lynch, G., 1998, Lime mortars for brickwork: traditional practice and modern misconceptions—Part One, *Journal of Architectural Conservation*, 4 (1), 7-20.
- Maguregui, M., Sarmiento, A., Martínez-Arkarazo, I., Angulo, M., Castro, K., Arana, G., Etxebarria, N. ve Madariaga, J., 2008, Analytical diagnosis methodology to evaluate nitrate impact on historical building materials, *Analytical and bioanalytical chemistry*, 391, 1361-1370.
- Malayoğlu, U. ve Akar, A., 1995, Killerin sınıflandırmasında ve kullanım alanlarının saptanmasında aranan kriterlerin irdelenmesi, *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 2, 125-133.
- Malinowski, R., 1979, Concretes and mortars in ancient aque-ducts, *Concrete International*, 1 (1), 66-76.
- Maravelaki-Kalaitzaki, P., Bakolas, A., Moropoulou, A. J. C. ve Research, C., 2003, Physico-chemical study of Cretan ancient mortars, 33 (5), 651-661.
- Massaza, F., 1989, Puzolanlar, Puzolanlı Çimentolar ve Kullanım Alanları, *Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara*, 154-160.
- Maurenbrecher, A., 1998, Water-shedding details improve masonry performance, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, p.
- Mavi, Ö., 2000, Kireç harç ve sıvaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Mellart, J., 2003, Çatalhöyük-Anadolu'da Bir Neolitik Kent, *İstanbul, Yapı Kredi Yayınları*, p.
- Memiş, E., 2016, Boyabat Kaya Camii Restorasyon Projesi, *Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Merçil, E. J., 1991, Müslüman-Türk devletleri tarihi.
- Mertens, G. ve Elsen, J., 2006, Use of computer assisted image analysis for the determination of the grain-size distribution of sands used in mortars, *Cement and Concrete Research*, 36 (8), 1453-1459.
- Michel, D., 1982, L'analyse des mortiers et enduits des peintures murales et des bâtiments anciens, *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings. Symposium, Rome, 3-6 Nov. 1981. Mortiers, ciments et coulis utilisés dans la conservation des batiments historiques. Symposium, rome 3-6 nov. 1981*, 281-295.

- Middendorf, B. ve Knöfel, D., 1998, Water-resistant gypsum-lime mortars for the restoration of historic brick buildings, In: Conservation of historic brick structures: case studies and reports of research, Eds, p. 311-324.
- Middendorf, B., Hughes, J., Callebaut, K., Baronio, G. ve Papayanni, I., 2004, 2.2 Mineralogical characterisation of historic mortars, *Report 28: Characterisation of Old Mortars with Respect to their Repair-State-of-the-Art Report of RILEM Technical Committee 167-COM*, 28, 23-38.
- Middendorf, B., Hughes, J. J., Callebaut, K., Baronio, G. ve Papayianni, I., 2005a, Investigative methods for the characterisation of historic mortars—part 1: mineralogical characterisation, *Materials and Structures*, 38, 761-769.
- Middendorf, B., Hughes, J. J., Callebaut, K., Baronio, G. ve Papayianni, I., 2005b, Investigative methods for the characterisation of historic mortars—part 2: chemical characterisation, *Materials and Structures*, 38, 771-780.
- Moropoulou, A., Tsiourva, T., Bisbikou, K., Biscontin, G., Bakolas, A. ve Zendri, E., 1996, Hot lime technology imparting high strength to historic mortars, *Construction and Building Materials*, 10 (2), 151-159.
- Moropoulou, A., Bakolas, A. ve Bisbikou, K., 2000, Investigation of the technology of historic mortars, *Journal of Cultural Heritage*, 1 (1), 45-58.
- Moropoulou, A., Bakolas, A. ve Anagnostopoulou, S., 2004, Composite materials in ancient structures, *Cement and concrete composites*, 27 (2), 295-300.
- Nandadeva, B., 1990, Traditions and techniques of earthen architecture of Sri Lanka, 105-111.
- Naumann, R., 1955, Eski Anadolu Mimarlığı,(Çev. B. Madra), *Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara*.
- Nava, S., Becherini, F., Bernardi, A., Bonazza, A., Chiari, M., García-Orellana, I., Lucarelli, F., Ludwig, N., Migliori, A. ve Sabbioni, C., 2010, An integrated approach to assess air pollution threats to cultural heritage in a semi-confined environment: The case study of Michelozzo's Courtyard in Florence (Italy), *Science of the total environment*, 408 (6), 1403-1413.
- Neville, A. M., 1975, Properties of concrete, Longman London, p.
- Önder, M., 1971, Mevlâna Şehri Konya, *Ankara*, p. 84-85.
- Önder, M., 1999, Gez dünyayı gör Konya'yı, TC Konya Büyükşehir Belediyesi, p.
- Özdemir, A., 1984, Silile-Meram (Konya) Sahası jeoloji ve zemin incelemesi, Yüksek Mühendislik Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 155.

- Özdeniz, H. H., 2019, Gevale kalesi kazılarında bulunan Ortaçağ seramikleri, *Necmettin Erbakan University (Turkey)*.
- Özgünler, S. A., Ersen, A. ve Güleç, A., 2010, Yedikule kara surları'nda kullanılan erken bizans dönemi harçlarının karakterizasyonu üzerine bir araştırma, *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi* (5), 31-39.
- Özönder, H., 1998, Sille (Tarih-Kültür- Sanat), *Konya*, p. 347.
- Pekmezci, I. P., 2012, Çukurova Bölgesindeki (Kilikya) Bazı Tarihi Yapılarda Kullanılan Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçları İçin Öneriler, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Pekmezci, I. P., 2014, Kireç Esaslı M alzemelerde Görülen Bozulma Sebepleri ve Onarım
- Yöntemleri. Kârgir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri. İstanbul-Türkiye, Seminer Özet Kitapçığı: 126-144.
- Perander, T., 1982, Mortar study in Finland: maintenance of historic buildings, In: Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings/Mortiers, ciments et coulis utilisés dans la conservation des bâtiments historiques, Eds, p. 141-145.
- Piana, M. ve Armani, E., 1981, A research programme on the plaster of historical buildings in Venice, *Historic buildings. Symposium, rome, 3-6 nov. 1981. Mortiers, ciments et coulis utilisés dans la conservation des batiments historiques. Symposium, Rome 3-6 Nov. 1981*, 385-400.
- Polat-Pekmezci, I. ve Ersen, A., 2010, Characterization of Roman mortars and plasters in Tarsus (Cilicia-Turkey), *2nd Conference on Historic Mortars-HMC 2010 and RILEM TC 203-RHM final workshop*, 317-324.
- Pusat, S. E., 2002, Tarihi yapıların onarımında kullanılacak harç üretimi, *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- RILEM TC 167-COM, 2001, Characterization of old mortars with respect to their repair, *Materials and Structure RILEM TC 167-COM, 2001. Characterization of old mortars with respect to their repair, Materials and Structure, 34, 387-388. (34), 387-388*.
- RILEM, T. R. J. M. S. M. C., 1980, Comission-25-PEM, Recommended Tests to Measure the Deterioration of Stone and to Assess the Effectiveness of Treatment Methods, *13 (73), 173-253*.

- Rossi-Doria, P. R., 1990, Report on the RILEM Workshop ‘Ancient Mortars and Mortars for Restoration’ Ravello, 9–11 November 1988, *Materials and Structures*, 23, 235-238.
- Roy, R., 1953, The application of phase equilibrium data to certain aspects of clay mineralogy, *Clays and Clay Minerals*, 2, 124-140.
- Sarıalioğlu, A., 2021, Orta Karadeniz bölgesi sahil illerinde restorasyon aşamasındaki bazı tarihi yapı harçlarından genel harç önerileri geliştirilmesi.
- Sarıköse, B., 2008, OSMANLI DÖNEMİNDE SİLLE, Doktora tezi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya.
- Sayın, B. J. D. Ü. M. F. M. D., 2016, Tarihi yığma yapıların malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve uygulama önerileri, 7 (3), 387-398.
- Sazcı, H., 2001, Seramikte kullanılan killerin tanımı, *Industrial Raw Materials Symposium, İzmir*, 28-42.
- Sevin, V., 1991, Yeni Assur sanatı: Mimarlık, Türk Tarih Kurumu Basımevi, p.
- Sickels, L.-B., 1981, Organics vs. synthetics: their use as additives in mortars, *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings. Symposium, Rome, 3-6 Nov. 1981. Mortiers, ciments et coulis utilisés dans la conservation des batiments historiques. Symposium, Rome 3-6 Nov. 1981*, 25-52.
- SOLAK, A. ve ÇÜÇEN, A. J. Y. A. D., 2023, Tarihi Yapılarda Kullanılan Harç ve Sıvaların Karakteristik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, *Yalvaç Akademi Dergisi*, 8 (1), 105-116.
- Solak, A. M. A. E. Ü. F. B. E. D., 2023, Tarihi Büyük Hamam (Milas-Muğla) Yapısında Kullanılan Duvar ve Sıva Harçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi, 14 (2), 208-215.
- Sumanov, L., 1990, Traditional sun-baked (adobe) brick structures in Macedonia, Yugoslavia, *6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture: Adobe 90 preprints: Las Cruces, New Mexico, USA, October 14-19, 1990*, 131-136.
- Swallow, P. ve Carrington, D., 1995, Limes and lime mortars—part one, *Journal of Architectural Conservation*, 1 (3), 7-25.
- Taşkın, C., 1984, Türkiye çimento hammadde kaynakları.
- Teutonico, J. M., 1988, A laboratory manual for architectural conservators, ICCROM Rome, p.

- Torraca, G., 1981, Porous building materials: Materials science for architectural conservation.
- Torraca, G., 1982, Porous building materials: Materials science for architectural conservation.
- TS ve 699, 2009, DOĞAL YAPI TAŞLARI -İNCELEME VE LABORATUVARDENEY YÖNTEMLERİ.
- TS EN ve 13279-1, 2007, Yapı ve sıva alçıları-1: Tarihler ve gerekler.
- TS EN ve 1936, 2010, Gerçek, Görünür Yoğunluk Toplam Ve Açık Gözeneklilik.
- TS EN ve 12407, 2019, Doğal Taşlar - Deney Yöntemleri - Petrografik İnceleme.
- Tuncel, E., Pekmezci, I. ve Pekmezci, B., 2016, Utilization of partially destructive test methods on mechanical properties of historical lime mortars, In: Structural Analysis of Historical Constructions: Anamnesis, Diagnosis, Therapy, Controls, Eds: CRC Press, p. 1415-1418.
- Tuncoku, S. S., 2001, Characterization of masonry mortars used in some Anatolian Seljuk Monuments in Konya, Beyşehir and Akşehir.
- Turan, O. J., 1968, Selçuklular zamanında Türkiye: siyâsi tarih, Alp Arslan'dan Osman Gazi'ye (1071-1318).
- Uğur, T., 2013, Perge Antik Kenti Mozaik Harçlarının Analizi. 5.Kagir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri. İstanbul-Türkiye: 85-102.
- Uğur, T. ve Güleç, A., 2014, Harç, sıva ve diğer kompozit malzemelerde kullanılan bağlayıcılar ve özellikleri, *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi* (17), 77-91.
- Uğur, T., 2019, İstanbul'daki bazı erken dönem Bizans yapılarına ait harçların karakterizasyonu ve onarım harcı önerileri.
- Uğurlu, E. ve Böke, H. J. U. Y. M. K. v. S., İTÜ, İstanbul, Osmanlı dönemi hamam yapılarında kullanılan horasan sıvalarının özellikleri, 3, 585-596.
- Uluengin, F., Uluengin, B. ve Uluengin, M. B., 2001, Osmanlı anıt mimarisinde klasik yapı detayları, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, p.
- Ulukaya, S., 2016, Tarihi kireç harcı özelliklerine uygun yeni malzemelerin üretimi ve sayısal analiz için malzeme parametrelerinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi*, İstanbul.

- Ulusay, R. ve Hudson, J., 1974, Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials, *The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring*, 2006, 51-60.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C. ve Binal, A., 2005, Kaya mekaniği: laboratuvar deneyleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, p.
- URL1, 2024, (<https://www.feblab.com/deney-hizmetleri/135/agrega-deneyi/tane-yogunlugu-ve-su-emme-tayini/>),
- Uzunçarşılı, İ. H. J. A. T. T. K., 1972, Osmanlı Tarihi. c. 1. 3. bs.
- Velosa, A. L., Coroado, J. ve Rocha, F., 2006, Characterization of stone and mortar decay-Casa Major Pessoa, Aveiro, *HWC 2006) International Conference on Heritage, Weathering and Conservation, Madrid, Spain*.
- Vicat, L.-J., 2014, A practical and scientific treatise on calcareous mortars and cements, artificial and natural, Cambridge University Press, p.
- Viollet le Duc, E., 1843, Restorasyon Üzerine, *İstanbul*, Janus Kitabevi, p.
- Vitrivius, 1998, Mimarlık üzerine on kitap, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı, p.
- Warren, J., 1993, Earth conservation: the conservation of brick and earth structures. A handbook, Columbo: Sri Lanka National Committee of ICOMOS.
- Wells, J. C., 2004, History and Characterization of Mortars in Spanish New World Fortifications: A Case Study on El Castillo de San Cristobal, San Juan Puerto Rico, *University of Pennsylvania Philadelphia*.
- Wisser, S., Kraus, K. ve Knöfel, D., 1988, Composition and properties of historic lime mortars, *Vlth International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Torun, 12-14 September 1988. Proceedings*, 484-491.
- Wölfflin, H., 2019, Rönesans ve Barok, *İstanbul*, Janus Yayınları (Orjinal eserin yayın tarihi 1888), p.

EKLER**Nokta Yük Deneyi Görselleri**

Numune 1 ve Numune 2 nokta yük deney görselleri



Numune 3 nokta yük deney görselleri



Numune 4 ve Numune 5 nokta yük deney görselleri



Numune 6 ve Numune 7 nokta yük deney görselleri



Numune 8 ve Numune 9 nokta yük deney görselleri



Numune 10 nokta yük deney görselleri



Numune 11 ve Numune 12 nokta yük deney görselleri



Numune 13 ve Numune 14 nokta yük deney görselleri



Numune 15 nokta yük deney görselleri



Numune 16 ve Numune 17 nokta yük deney görselleri



Numune 18 ve Numune 19 nokta yük deney görselleri



Numune 20 ve Numune 21 nokta yük deney görselleri



Numune 21 ve Numune 22 nokta yük deney görselleri



Grup 1 için önerilen onarım harcının nokta yük deneyi ve deney sonrası kırılmış hali



Grup 2 için önerilen onarım harcının nokta yük deneyi ve deney sonrası kırılmış hali



Grup 3 için önerilen onarım harcının nokta yük deneyi ve deney sonrası kırılmış hali



Deneylerde kullanılan hassas terazi

Numunelerin ölçümlerinin yapıldığı kumpas



Onarım harcı için hazırlanan numuneler



Deneylerde kullanılan etüv fırını



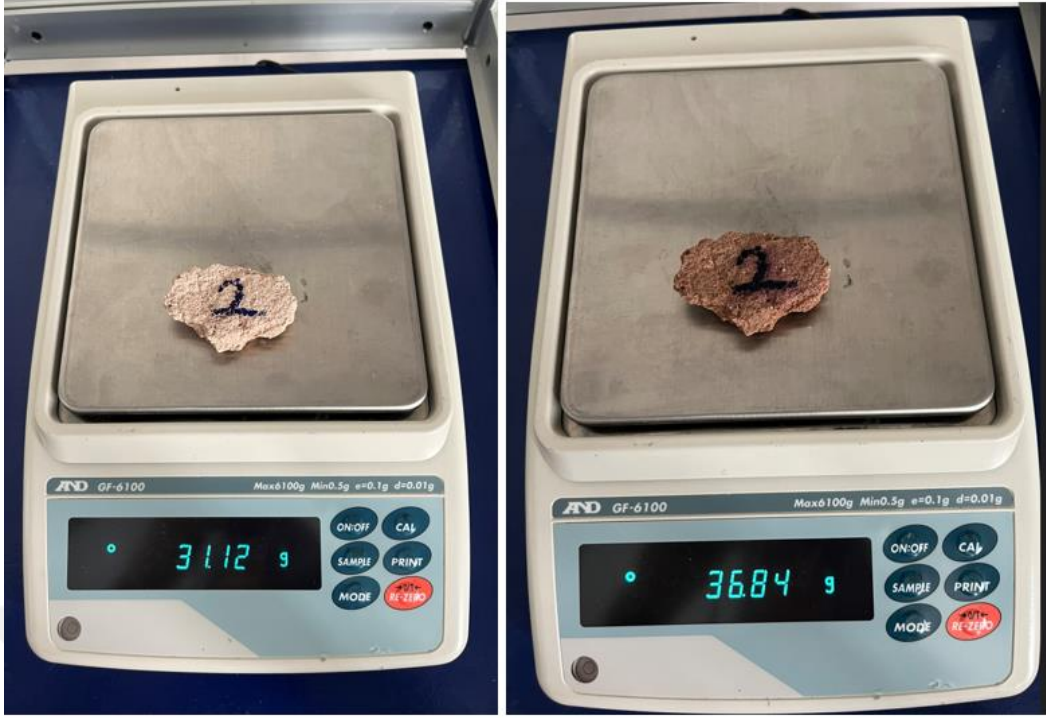
Deneylerde kullanılan elekler



Numunelerin su emme deneyinden görseller



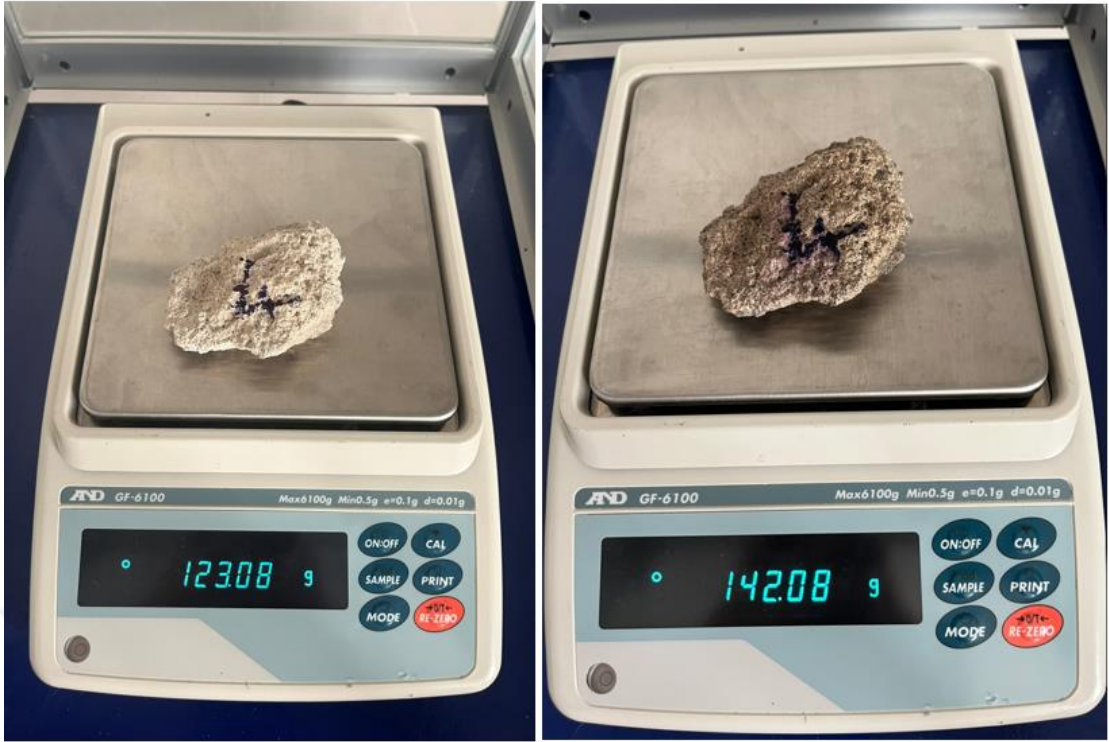
Numune 1 su emme deneyinden görseller



Numune 2 su emme deneyinden görseller



Numune 3 su emme deneyinden görseller



Numune 4 su emme deneyinden görseller



Numune 5 su emme deneyinden görseller



Numune 6 su emme deneyinden görseller



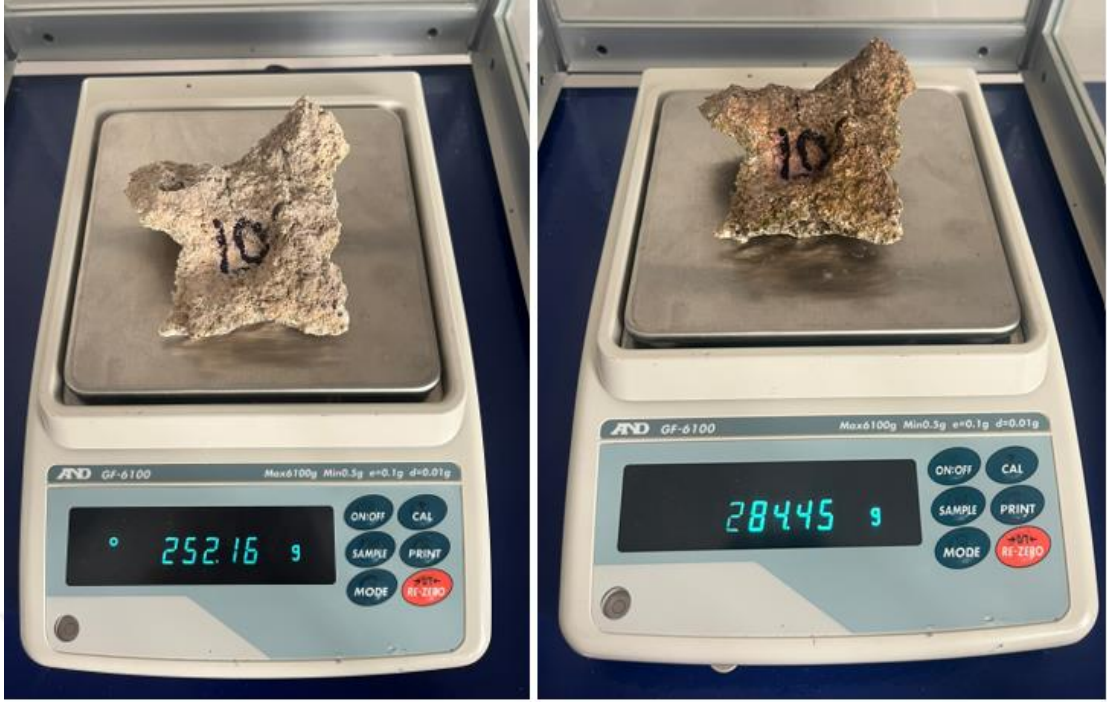
Numune 7 su emme deneyinden görseller



Numune 8 su emme deneyinden görseller



Numune 9 su emme deneyinden görseller



Numune 10 su emme deneyinden görseller



Numune 11 su emme deneyinden görseller



Numune 12 su emme deneyinden görseller



Numune 13 su emme deneyinden görseller



Numune 14 su emme deneyinden görseller



Numune 15 su emme deneyinden görseller



Numune 16 su emme deneyinden görseller



Numune 17 su emme deneyinden görseller



Numune 18 su emme deneyinden görseller



Numune 19 su emme deneyinden görseller



Numune 20 su emme deneyinden görseller



Numune 21 su emme deneyinden görseller



Numune 22 su emme deneyinden görseller



Onarım harçlarının su emme deneyinden görseller



Grup 1 için önerilen onarım harcının kuru ve suya doymuş kütleleri



Grup 2 için önerilen onarım harcının kuru ve suya doymuş kütleleri



Grup 3 için önerilen onarım harcının kuru ve suya doymuş kütleleri



T.C.
KONYA VALİLİĞİ
İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü
Müze Müdürlüğü



Sayı : E-34068228-155.03-1497898

29.06.2021

Konu : Bilimsel Müze Çalışması

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi: a)10/08/1984 tarih ve 18485 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Kültür ve Tabiat Varlıklarıyla İlgili Olarak Yapılacak Araştırma, Sondaj ve Kazılar Hakkında Yönetmelik.
b) 26/01/1984 tarih ve 18293 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Müzelerle Müzelere Bağlı Birimlerde ve Örenyerlerindeki Kültür Varlıklarının Film ve Fotoğraflarının Çekilmesi Mulaj ve Kopyalarının Çıkarılması Hakkında Yönetmelik.
c) Bakanlığımız Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nün 27/03/2001 tarih ve 2487 sayılı yazısı.
d) Bakanlığımız, Döner Sermaye İşletmesi Merkez Müdürlüğü'nün 20/04/2009 tarih ve B.16.1.DÖS.0.05.00.00 / 75250 sayılı yazısı.
e) Bakanlığımız Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nün 06/05/2010 tarih ve 95218sayılı yazısı eki Bakanlık Makamının 06/05/2010 tarih ve 95217 sayılı onayı.

15.02.2021 tarihli dilekçeniz.

Müdürlüğümüz Başkanlığında 2021 yılında kazı çalışmalarına devam edilen Gevale Kalesinde bulunan "Onarım Harç örnekleri" konusu ile ilgili olarak,

- Çalışmanın İlgi (a), (b), (c), (d), ve (e)' de kayıtlı yazı, genelge ve yönetmelikler kapsamında gerçekleştirilmesi,
- Çalışmanın başlayacağı tarihin Müze Müdürlüğüne **15 gün önceden bildirilmesi ve randevu** alınarak yapılması,
- Çalışılacak eserlerin kazı malzemesi olması durumunda kazı başkanından yazılı izin alınması ve Müzeye ibraz edilmesi,
- Müze Müdürlüğü'nün belirleyeceği şartlara uyulması ve gerekli güvenlik önlemlerine riayet edilmesi,
- Müze Müdürlüğünce uygun görülen eserler üzerinde çalışılması ve teşhir düzeninin bozulmaması,

Koşullarıyla ...**2021**.. yılında araştırma yapılması ve fotoğraf çekilmesi Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: DA11B4BC-EDBB-4FD0-A3C6-6D237648AA93

Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/>

Sahib-i Ata Mah. Sahib-i Ata Cad. No:95 Meram / KONYA

Tel: 0332 351 89 58 - 353 23 42 Fax: 353 23 43

E-Posta: konyamuzesi@kulttur.gov.tr

Bilgi için: Zafer İNCE

İşçi



Çalışmanın tamamlanmasının ardından hazırlanacak araştırma metni, çizim, fotoğraf vb. belgeyi içeren, mümkünse CD ortamına aktarılmış çalışma raporu ile ileride yayımlanması halinde kitap ve ayrıbasımların Müze Müdürlüğüne gönderilmesi gerekmektedir.

Söz konusu çalışmanın tamamlanamaması ve ...**2022**... yılında da araştırmaya devam edilmesinin istenmesi halinde, öngörülen çalışma tarihinden **3 ay önce olmak üzere, 31 Aralık 2021** tarihine kadar araştırmacının mensubu bulunduğu bilimsel kurum ve kuruluş vasıtasıyla talepte bulunması hususunda bilgi ve gereğini rica ederim.

Ömer Faruk TÜRKAN
Müze Müdürü

Dağıtım:

Gereği:

Sayın Hatice Sevdâ TATIR
KONYA

Bilgi:

KONYA VALİLİĞİNE
(İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü)

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: DA11B4BC-EDBB-4FD0-A3C6-6D237648AA93

Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/>

Sahib-i Ata Mah. Sahib-i Ata Cad. No:95 Meram / KONYA

Tel: 0332 351 89 58 - 353 23 42 Fax: 353 23 43

E-Posta: konyamuzesi@kulttur.gov.tr

Bilgi için: Zafer İNCE
İşçi



Sille Çayı havzasının jeoloji haritası (Ege ve Avsever, 2022)

