



**BOĞSAK ADASI (SİLİFKE, MERSİN) GEÇ ANTİK DÖNEM  
YERLEŞİMİ YAPI MALZEMELERİNİN KORUNMASINA YÖNELİK  
ARKEOMETRİK ÇALIŞMALAR**

**Murat EROĞLU**

**DANIŞMAN Doç. Dr. Ali Akın AKYOL**

**DOKTORA TEZİ**

**KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2018**

Murat EROĞLU tarafından hazırlanan "Boğsak Adası (Silifke, Mersin) Geç Antik Dönem Yerleşimi Yapı Malzemelerinin Korunmasına Yönelik Arkeometrik Çalışmalar" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Kültür Varlıklarını Koruma Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Ali Akın AKYOL  
Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım, Gazi Üniversitesi  
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

**Başkan :** Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU  
Jeoloji Mühendisliği, Ankara Üniversitesi  
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

**Üye :** Prof. Dr. Bekir ESKİCİ  
Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım, Gazi Üniversitesi  
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

**Üye :** Prof. Dr. Y. Selçuk ŞENER  
Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım, Gazi Üniversitesi  
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

**Üye :** Doç. Dr. Günder VARİNLİOĞLU  
Sanat Tarihi, Mimar Sinan Üniversitesi  
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 21 / 06 / 2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dökümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Murat EROĞLU

21.06.2018

BOĞSAK ADASI (SİLİFKE, MERSİN) GEÇ ANTİK DÖNEM YERLEŞİMİ  
YAPI MALZEMELERİNİN KORUNMASINA YÖNELİK  
ARKEOMETRİK ÇALIŞMALAR  
(Doktora Tezi)

Murat EROĞLU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ  
Haziran 2018

ÖZET

Bu çalışmada, Boğsak Adası (Silifke, Mersin) Geç Antik Dönem yerleşimi yapı malzemelerinin korunmasına yönelik özelliklerinin arkeometrik yöntemlerle tespiti amaçlanmıştır. İncelenen yapı malzemeler taş, toprak, kaynak suyu, tuğla/kiremit, harç, sıva ve metal örnekleridir. Örneklenen yapı malzemeleri ve hammadde örneklerinin fiziksel, kimyasal ve petrografik özellikleri ve bozulmaları arkeometrik analizlerle belirlenmiştir. Temel fiziksel testlerden birim hacim ağırlığı, gözeneklilik, su emme kapasitesi ve kayaç sertliği, kimyasal test ve analizlerden iletkenlik analizi/suda çözünen tuz testleri, asidik agrega/bağlayıcı analizi, granülometrik elek analizi-agregada tane boyutu dağılımı, gravimetrik analiz/kızdırma kaybı analizi, X-Işını Floresans analizi (PED-XRF ve noktasal Mikro-XRF), indüktif eşleşmiş plazma analizi (ICP), Konfokal Raman Mikroskopi analizi ve petrografik ince kesit optik mikroskop analizi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında, Geç Antik Dönem yerleşimine sahip olan Boğsak Adası yapılarına ait malzemeler ve bozulmaları yerinde fotoğraflanarak belgelenmiş, laboratuvar ortamında da analizler için kodlanmıştır. Tuğla ve kiremit örneklerin hamur renkleri kromametrik analiz ile CIE L\*a\*b\* renk sistemi ile belgelenmiştir. Fiziksel özellikleri ile düşük dayanım verileri sunan yapısal taş ve tuğla/kiremitlerde çeşitli türde bozulmalar belirlenmiştir. Harçlara oranla sıvalar daha yüksek hidrolik özellik taşımaktadır. Boğsak Adası'nın jeolojik formasyonu kireçtaşı olmasına rağmen farklı kayaç kökenlerine adreslenebilecek yapı malzemeleri adadan ve yakın çevre formasyonlarından temin edilmiş olmalıdır. Adada kil yatakları da bulunmamaktadır.

Bilim Kodu : 41305

Anahtar Kelimeler :Boğsak Adası, tarihi yapı malzemeleri, arkeometri, konservasyon, XRF

Sayfa Adedi : 234

Danışman : Doç. Dr. Ali Akın AKYOL

ARCHEOMETRIC STUDIES REGARDING THE CONSERVATION OF THE  
CONSTRUCTION MATERIALS FROM THE LATE ANTIQUITY SETTLEMENT  
OF BOĞSAK ISLAND (SİLİFKE, MERSİN)

(Ph.D. Thesis)

Murat EROĞLU

GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF FINE ARTS

June 2018

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the characteristics of the construction materials in Boğsak Island (Silifke, Mersin) Late Antique settlement for conservation purposes with the use of archeometric methods. The analyzed constructional materials were stone, soil, spring water, brick/tile, mortar, plaster and metal samples. The physical, chemical and petrographical features of the sample construction and raw material samples were specified through archeometric analyses. Of the basic physical tests; unit volume weight, porosity, water absorption capacity and hardness, of the chemical tests and analyses; conductivity analysis/water soluble salt tests, acidic aggregate/binder analysis, granulometric analysis-the particle size distribution in aggregate, gravimetric analysis/loss on ignition analysis, X-Ray Fluorescence Analysis (PED-XRF and point Micro-XRF), inductively coupled plasma analysis (ICP), Confocal Raman Microscopy analysis and petrographical thin section optical microscope analysis were applied. Within the scope of the study, the materials belonging to Boğsak Island buildings, which are part of Late Antique Period settlement, and their deterioration were photographed and documented on site and coded for the analyses in the laboratory. The body colours of brick and tile samples were documented via the chromametric analysis and with the CEI L\*a\*b\* color system. Various deteriorations were identified in the constructional stones and bricks/tiles, which provide low durability data due to their physical characteristics. Plasters bear higher hydraulic quality in comparison with mortars. Although the geological formation of the Island is limestone, construction materials which can be attributed to different rock origins must be obtained from the Island and nearby formations. Also, there are not any clay deposits on the Island.

Science Code : 41305

Key Words :Boğsak Island, historical construction materials, archaeometry, conservation, XRF

Number of Pages : 234

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Ali Akın AKYOL

## TEŞEKKÜR

Öncelikle, doktora çalışmamda yapı malzemelerinin arkeometrik analizleri ve restorasyonu konularında yol gösteren, öneri ve fikirleriyle çalışmanın her aşamasını titizlikle yönlendiren, bilgi birikiminden her zaman yararlandığım kıymetli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Ali Akın AKYOL'a minnetle teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasının konusunu oluşturan Boğsak Adası yapı malzemelerinin örneklenmesinde yol gösteren, arkeolojik yorumlarını paylaştan Boğsak Adası Yüzeysel Araştırması (BOGA) sorumlusu Doç. Dr. Günder VARİNLİOĞLU'na ve proje ekibi üyeleri Mine ESMER ve Yasemin AYDOĞDU'ya teşekkür ederim.

Çalışmaya koruma önerileriyle yön veren değerli jüri üyelerimden hocalarım Prof. Dr. Bekir Eskici ile Prof. Dr. Y. Selçuk Şener'e, jeolojik değerlendirmelerini benimle paylaştan sevgili hocam Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU'na, Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)'nde gerçekleşen analizlerde yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Dr. Kıymet DENİZ'e, petrografik ince kesit örneklerinin hazırlayan teknisyen Şevket ÖZDİLEK'e destekleri için müteşekkirim.

Ayrıca Gazi Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü Tarihi Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı (MAKLAB) proje asistanı değerli arkadaşım Gülşen ALBUZ GEREN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Manevi destekleri ile her zaman yanımda olan değerli eşim Meltem TURAN EROĞLU'na, oğlum Çınar Ege'ye, babama ve anneme teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vi
RESİMLERİN LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. BOĞSAK ADASI, ARKEOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE JEOLJİSİ .....	13
2.1. Boğsak Adası Tarihi ve Yapılaşma .....	13
2.2. Bölgenin Jeolojisi .....	24
3. BOĞSAK ADASI YERLEŞİMİ YAPI MALZEMELERİ VE ANALİZLERE YÖNELİK TAKİP EDİLEN METODLAR .....	33
3.1. Boğsak Adası Yerleşimi Yapı Malzemeleri Örnekleme ve Belgeleme Çalışmaları.....	33
3.1.1. Örnekleme.....	33
3.1.2. Belgeleme çalışmaları .....	34
3.2. Arkeometrik Analizler.....	36
3.2.1. Temel fiziksel testler .....	36
3.2.2. Kimyasal analizler.....	39
3.2.3. Petrografik İnce Kesit Optik Mikroskop Analizi .....	48
4. BOĞSAK ADASI YERLEŞİMİ YAPI MALZEMELERİNDE ARKEOMETRİK ÇALIŞMALAR VE BULGULAR.....	51
4.1. Taş/Kayaçlar.....	51



4.2. Toprak/Killer .....	55
4.3. Kaynak Suları .....	57
4.4. Tuğla/Kiremitler .....	58
4.5. Harçlar .....	65
4.6. Sıvalar .....	70
4.7. Metaller .....	74
5. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRMELER .....	75
5.1. Yapı Malzemelerinde Arkeometrik Değerlendirmeler.....	75
5.2. Yapı Malzemelerinin Korunmasına Yönelik Değerlendirmeler .....	115
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	141
KAYNAKLAR .....	147
EKLER.....	155
EK-1. Resimler.....	156
EK-2. Çizelgeler.....	191
EK-3. Şekiller.....	229
ÖZGEÇMİŞ .....	234

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 3.1. Örnek grupları, ana örnek sayısı ve kodlamalar .....	35
Çizelge 3.2. Mohs sertlik cetveli.....	38
Çizelge 3.3. Harç örneklerde Cementation Index değerleri.....	45
Çizelge 4.1. Boğsak Adası taş/kayaç örneklerinin petrografik özellikleri.....	54
Çizelge 4.2. Boğsak Adası çevresi Göksu Nehri yatağından toprak örneklerinin petrografik özellikleri .....	57
Çizelge 4.3. Kaynak suyu örneklerinin kimyasal bileşimi (ICP).....	58
Çizelge 4.4. Boğsak Adası tuğla /kiremit örneklerinin renk ölçüm değerleri.....	59
Çizelge 4.5. Boğsak Adası tuğla /kiremit örneklerinin su emme kapasiteleri ve gözeneklilik verileri .....	61
Çizelge 4.6. Boğsak Adası tuğla/kiremit örneklerinin petrografik özellikleri.....	64
Çizelge 4.7. Boğsak Adası harç örneklerinin petrografik özellikleri.....	68
Çizelge 4.8. Sıva örneklerde agrega/bağlayıcı .....	71
Çizelge 4.9. Boğsak Adası Sıva örneklerinin petrografik özellikleri.....	73
Çizelge 4.10. Boğsak Adası metal örneklerinde mikro-XRF değerleri .....	74
Çizelge 5.1. Harç içerisindeki agregaların ve yapılarda kullanılan taşların kayaç türleri ve muhtemel kaynak formasyonlar .....	77

## RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 2.1.	Boğsak Adası ve çevresi antik yerleşmeler .....	13
Resim 2.2.	Boğsak Adası ve konumu .....	14
Resim 2.3.	Boğsak Adası konumu (detay).....	15
Resim 2.4.	Boğsak Adası hava fotoğrafı (güneyden bakış).....	15
Resim 2.5.	Boğsak Adası hava fotoğrafı (güneyden bakış detay) .....	16
Resim 2.6.	Boğsak Adası yapı grupları.....	17
Resim 2.7.	Boğsak Adası konut tipleri .....	18
Resim 2.8.	Kilise V, Kilise I (güneyde ayaktaki yapı), sarnıç ve yapıları çevreleyen duvara (temenos ?) kuzey yönünden bakış.....	19
Resim 2.9.	Kilise V .....	19
Resim 2.10.	Resim Kilise V'in içerisinden tonoz ve nişlerden görünüş.....	20
Resim 2.11.	Kilise I'in giriş kapısı içeriden görünüş.....	20
Resim 2.12.	Kilise III (solda) ve Kilise IV 'ün apsisinden .....	20
Resim 2.13.	Kilise I'in güneyindeki sarnıç.....	21
Resim 2.14.	Tuğla duvar örgülü sarnıç .....	21
Resim 2.15.	Sarnıç yapısı (ST024) v ST010 nolu konutun iç görünüşü ve mimari çizimi.....	22
Resim 2.16.	ST001 nolu konuta ait kemer görünüşü ve çizimi .....	22
Resim 2.17.	Boğsak Adası mezar yapısı.....	23
Resim 2.18.	Boğsak Adası kuzeybatı sahil tarafı sur duvarı .....	23
Resim 2.19.	Resim Boğsak Adası'nın güney ucundaki sur duvarı.....	23
Resim 2.20.	Mersin İli Jeoloji Haritası .....	25
Resim 2.21.	Türkiye ve çevresinde Ofiyolit bölgeleri .....	26
Resim 2.22.	Akdeniz Bölgesi Ofiyolitlerinin dağılımı .....	26
Resim 2.23.	Bölgede jeolojik oluşumlar .....	26

Resim 2.24. Mersin Ofiyolit kesiti.....	27
Resim 2.25. Boğsak Adası ve çevresi jeolojisi .....	32
Resim 2.26. Boğsak Adası'nın çevresi jeolojik formasyonlar, nehirler ve antik yerleşmeler.....	32
Resim 5.1. Yapı duvarlarının oturduğu doğal kayalık alanda/temelde aşınma, kayıp, yarıklar .....	131
Resim 5.2. Örgüde birim malzeme kayıpları .....	132
Resim 5.3. Derz açılmaları.....	133
Resim 5.4. Derz boşalmaları .....	134
Resim 5.5. Malzeme ufalanma, yarık ve çatlak .....	135
Resim 5.6. Yüzeysel birikim.....	137
Resim 5.7. Özgün yapıya risk oluşturan sorunlar .....	138
Resim 5.8. Yapım tekniklerinden çizgili derz.....	139
Resim 5.9. ST010 duvara sıkıştırılmış tuğla/kiremit parçaları .....	139

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 2.1. Boğsak Adası konut tipleri .....	18
Şekil 3.1. Bir cisme gelen X ışınının malzeme ile etkileşim şeması.....	44
Şekil 4.1. Boğsak Adası yerleşimi yapıları kireçtaşı ve mermer örneklerinin PED-XRF analizi verileri üzerinden ana element içeriklerine göre gruplandırılması (Triangle Plotting).....	53
Şekil 4.2. Boğsak Adası yerleşimi yapıları toprak örneklerinin PED-XRF analizi verileri üzerinden ana element içeriklerine göre gruplandırılması (Triangle Plotting).....	56
Şekil 4.3. Boğsak Adası yerleşimi yapıları tuğla/kiremit örneklerinin PED-XRF analizi verileri üzerinden ana element içeriklerine göre gruplandırılması (Triangle Plotting).....	62
Şekil 4.4. Boğsak Adası yerleşimi yapıları harç örneklerinin PED-XRF analizi verileri üzerinden ana element içeriklerine göre gruplandırılması (Triangle Plotting) .....	67
Şekil 4.5. Boğsak Adası yerleşimi yapılar sıva örneklerinin PED-XRF analizi verileri üzerinden ana element içeriklerine göre gruplandırılması (Triangle Plotting) .....	72

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler, kısaltmalar ve açıklamaları aşağıda sunulmuştur.

### **Simgeler**

<b>cm</b>	centimetre
<b>m<sup>2</sup></b>	metrekare
<b>µm</b>	mikrometre
<b>mm</b>	milimetre
<b>ppm</b>	milyonda bir parça
<b>°C</b>	santigrat derece

### **Kısaltmalar**

<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials
<b>CI</b>	Cementation Index
<b>HCl</b>	Hidroklorik Asit
<b>ICP</b>	İndüktif eşleşmiş plazma analizi
<b>M.Ö.</b>	Milattan Önce
<b>M.S.</b>	Milattan Sonra
<b>PED-XRF</b>	Polarized Energy Dispersive- X-Işını Floresans
<b>RILEM</b>	International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures
<b>SEM-EDX</b>	Tarama Elektron Mikroskopisi ve X-ışını analizörü
<b>vb.</b>	ve benzeri
<b>vd.</b>	ve diğerleri

## 1. GİRİŞ

Boğsak Adası Türkiye'nin güneyinde, Akdeniz Bölgesi'nde, Mersin İli, Silifke ilçesinin 21 km ve Taşucu'nun 8 km güneybatısında yer alan Boğsak Koyu'nun güney girişinin 300 metre açığında yer almaktadır.

Boğsak Adası ve çevresi antik dönemde Kilikya Bölgesi içerisindeydi. Kilikya bölgesi topografi olarak dağlık ve ovalık bir yapıya sahiptir. Antik dönem yazarlarından Herodotus ve Coğrafyacı Strabon, bölgenin batı yani dağlık kesimini Kilikia Tracheia (Κιλίκια Τραχεία) ya da latince Cilicia Aspera olarak Dağlık Kilikya, doğuda ki ovalık kesime ise Kilikia Pedias (Κιλίκια Πεδία) ya da latince Cilicia Compestris adıyla Ovalık Kilikya olarak tarif etmişlerdir. Dağlık Kilikya bugünkü Alanya'dan başlayıp Soli'ye kadar uzanmaktaydı. Ovalık Kilikya ise Soli'den İskenderun'a kadar olan alanı kapsamaktaydı (Kurt, 2011, s. 431).

Yapı, karada veya suda, bayındırlık veya iskân gereğiyle kurulan köprü, yol, tünel, baraj, bina gibi tesisler ile bunların yeraltı ve yerüstü inşaatı olarak isimlendirilmektedir. Yapılar kullanılan malzemelere ya da yapım yöntemleri türüne göre betonarme, yığma, kâgir, ahşap, kerpiç yapı diye adlandırılmaktadır. Yapıyı oluşturan duvar, kapı, pencere, çatı, temeller yapı bileşenleridir. Yapı malzemesi yapı bileşenlerinin yapılmasında kullanılan işlenmemiş doğal (kum, çakıl, tomruk vb.) veya bir yapı elemanı niteliği kazanamayacak kadar az işlenmiş (kereste, çimento, kireç, vb.) maddelerdir. Mimarlık tarihi gerçekte üç ana gereç olan taş, kil, ahşap ile bu üç ana gerecin yanı sıra bazı madenler (demir, kurşun, tunç) ve cam, çimento, kireç gibi bağlayıcı gereçlerin kullanılmasındaki yüzyıllar boyu süren ilerlemenin tarihidir (Hasol, 2014, s. 498).

Tarihi yapılarda gerçekleştirilecek müdahalelerde özgün yapı malzemelerinin yerlerinde korunmaları esas olmalıdır. Yeni malzeme uygulamasının zorunlu olduğu durumlarda ise, özgün yapı malzemesine fiziksel, kimyasal, mekanik ve estetik olarak uyumlu malzemeler seçilmelidir. Yeni malzemelerin bu niteliklere uygun olarak seçilebilmeleri için öncelikle özgün yapı malzemelerinin özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir (Oğuz, 2013, s.2).

Bu çalışmada Boğsak Adası (Silifke, Mersin) geç antik dönem yerleşimi yapı malzemelerinin korunmasına yönelik arkeometrik çalışmalar konu alınmıştır. Bu çalışmanın amacı; Boğsak Adası yerleşimine ait tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemelerinin tespiti ve tespit edilen bu malzemenin incelenerek karakteristik özelliklerinin arkeometrik yöntemlerle belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda Boğsak Adası yapı malzemeleri;

- Arkeometrik yönden ilk defa çalışılmıştır.
- Disiplinler arası bir çalışma benimsenmiştir. Arkeoloji, arkeometri ve jeoloji bilimlerinin yöntemlerini içeren ortak bir çalışma yürütülmüştür.
- İlk defa bir ada yerleşimi yapısal malzemeleri üzerinden arkeometrik yönden bu kapsamda ele alınmıştır.
- Malzemeler çok çeşitli arkeometrik yöntemlerle tanımlanmıştır.
- Malzemeler olası hammadde kaynakları ile ilişkilendirilmiştir,
- Yapı malzemeleri konservasyon açısından (bozulmaları yönünden) da ele alınmıştır.

Adada yapı malzemeleri (taş, tuğla, harç, sıva vb.) mevcut tez çalışmasından önce sadece gözleme dayalı arkeolojik yöntemlerle ele alınmışken tez çalışması kapsamında arkeometrik analizlerle elde edilen veriler üzerinden değerlendirilmiştir. Boğsak Adası'nın bulunduğu Kilikya Bölgesi'ndeki arkeolojik yerleşmelerde yapı malzemeleri ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmalarda, en genel anlamda yerleşmelerin tamamını kapsayan yapısal malzeme örneklemelerinin yapıl(a)madığı görülmektedir. Sadece belli yapılarla sınırlı kalan örnekleme ve analizlerin yapıldığı gözlenmektedir. Ayrıca bazı çalışmalarda incelenecek yapıdan alınan örnek sayısı da azdır. Bu da, o yapıya ait malzemelerle ilgili yeterli veri sağlayamamaktadır. Konu ile ilgili çalışmalardan, Işıl Polat Pekmezci'nin (2012) "Çukurova Bölgesi'ndeki (Kilikya) Bazı Tarihi Yapılarda Kullanılan Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçları İçin Öneriler" adlı doktora tezinde Roma Dönemi'nden yakın tarihe kadar tarihlenen yapılarda çalışmıştır. Bu çalışmada 16 ayrı yapıda yapılan örnekleme bir yapıdan 10, bir yapıdan 8 örnekleme yapılırken



bazı yapılarda sadece 1-2 örnekleme ile toplam 48 örnek (ortalama 3 örnek) üzerinde çalışılmıştır.

Şu ana kadar yapılmış benzer çalışmalarda yapıları oluşturan bütün malzemeler değil sadece birkaç tanesi seçilerek çalışılmaktadır. Şule Demirkıran (2010) “Kilikya Bölgesi’nden Seçilmiş Antik Mermer Eserlerin Kökeninin Saptanması” isimli yüksek lisans tez çalışmasında Kilikya Bölgesi’nde bulunmuş mermer eserlerde kullanılan mermerlerin kökenleri araştırılmıştır.

Çalışmanın katkıda bulunduğu bir başka konu da yapı malzemelerinin kaynaklarının araştırılmasıdır. Şu ana kadar çalışılan alanın çevresindeki yerleşmelerde yapı malzemelerinin kaynakları hakkında bölgesel arkeometrik analizler yapılmamıştır.

Boğsak Adası'na ait yapı malzemeleri daha önce arkeometrik yöntemlerle incelenmemiştir. Ayrıca diğer çalışmalarda yerleşmenin tamamını kapsayan çalışmalar sınırlı iken bu çalışmada, yerleşmenin bütününde malzeme dokusu ortaya çıkarılmış, bu eksikliğin giderilmesine katkı sağlanmıştır.

Mevcut tez çalışmasında Boğsak Adası'ndaki yerleşmenin yapılarının inşasında kullanılan malzemenin arkeometrik yöntemlerle fiziksel, kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, adanın ulaşılabilen ve mimari özel yapılarından 3'ü ana kayadan olmak üzere 36 tane taş, 2 taş tessera, 5 toprak, 2 kaynak suyu, 24 tuğla ve kiremit, 83 harç, 30 sıva, 3 metal olmak üzere 6 farklı yapı malzemesi halinde toplam 185 örnek alınmıştır. Böylece, ada yerleşiminin tümünde genel bir veri grubu oluşturulmuştur.

Bu çalışmanın arkeolojik ve arkeometrik açıdan bir başka önemi de malzeme-yapı işlevi ilişkisine ışık tutmasıdır. İşlevi bilinen (kilise, sarnıç, konut vb.) yapılardan örnekler alınarak farklı işlevi olan bu yapılarda kullanılan malzemeler birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Buna ek olarak yapıların strüktürel açıdan farklı özellikler gösteren bölümlerinde (temel, duvar, tonoz, niş gibi) farklı ya da tüm yapının tek tip malzeme ile mi inşa edildiği incelenmiştir.

Boğsak Adası yerleşimi yapı malzemelerinde arkeometrik analizler ile elde edilen veriler üzerine yapılan bu çalışmada, ada yerleşmesi yapı malzemeleri açısından

incelenmiş, adada bulunan ve bulunmayan hammadde kaynaklarının tespiti yapılmıştır. Adada olmayan malzemenin dışarıdan getirilme zorunluğundan bu tür malzemelerin kaynaklarının tespitine yönelik değerlendirmeler özgün bir yaklaşım sunması açısından önemlidir. İleride gerçekleştirilecek korumaya yönelik çalışmalarda özgün malzeme ile uyumlu onarım malzemesinin kullanımının gerekliliğinden dolayı olası hammadde kaynaklarının belirlenmesi oldukça büyük önem arz etmektedir.

Yapılan diğer araştırmalarda genellikle yapı malzemelerinin karakterizasyonu üzerinde durulurken kaynak suları konusu işlenmemiştir. Bu çalışma kapsamında kaynak suyu konusu da ele alınmıştır.

*Sınırlılıklar;* çalışılan bölgede gerçekleştirilen Yüzey Araştırması (BOGA) kapsamında Boğsak Adası dışında, Dana Adası ve Köşrelilik Adası gibi irili ufaklı adalar da araştırılmaktadır. Ayrıca bu adalarla bağlantılı ana karada bulunan bazı antik yerleşmeler de çalışılmaktadır. Ana proje kapsamındaki adalar içerisinde en kapsamlı çalışma Boğsak Adası'nda yapıldığı için tez çalışması olarak burası seçilmiş ve tez konusu Boğsak Adası ile sınırlandırılmıştır.

Bölgede Akdeniz iklimi hakim olduğundan ve bu iklimin bitki örtüsü maki olması nedeniyle adada yoğun bir şekilde maki/çalı ve buna ilaveten diğer bazı ağaç türleri de görülmektedir. Adada çalışmalar yapılırken önce bu çalı ve ağaçlar kısmen temizlenmektedir. Bu sebepten dolayı örnekleme çalışmasını bahsedilen ağaç ve çalılar etkilemektedir. Adayı kaplayan yoğun bitki örtüsü ve yapıların çoğunluğunun yıkılmış olmasından dolayı bazı yapıların içerisine girilememiş, bazı duvarlara ulaşamamış ve bu bağlamda örneklemede bulunulamamıştır.

Adanın batısında doğuya göre daha az örnekleme yapılmıştır. Bunun iki nedeni vardır. Bu alanda çok daha az sayıda yapı bulunmaktadır ve bu alan yoğun bitki örtüsü altındadır.

Çalışmayı sınırlayan bir başka faktör de ulaşım"dır. Adaya gitmek için düzenli bir deniz ulaşımı bulunmamaktadır. Özel olarak kiralanmış tekne ile belli saatler arasında ve uygun hava koşullarına bağlı olarak çalışma imkanı bulunmaktadır.

Arkeometrik analizlerde kullanılan yöntemlerden bazıları tahribatlı analizlerdir. Bu tür analizlerde, örnek parçaları üzerinde gerçekleşen analizlerden sonra özelliğini kaybetmektedir ve bu yüzden de başka deneylerde kullanılamamaktadır. Aynı örneğe farklı deneyler uygulanması için örnek boyutunun mümkün olabildiğince fazla olması gerekmektedir. Ayrıca analizlerden doğru sonuçlar alabilmek için standart deneylere uygun örnek boyutları (silindirik veya 5 ve 10 cm<sup>3</sup> örnekler) gerekmektedir. Ancak tarihi yapılarda örnek alınırken bu yapıların mümkün olduğunca az zarar görmesi için örnek boyutları minimumda tutulmaktadır. Bazen bu örnek boyutu kibrit kutusu boyutunu geçmemektedir. Nitekim, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nün yüzey araştırmaları ile ilgili yönetmelikleri örneklerin alınmasına sınır getirebilmektedir (Kültür ve Tabiat Varlıklarıyla İlgili Yapılacak Yüzey Araştırması, Sondaj ve Kazı Çalışmalarının Yürütülmesi Hakkında Yönerge, Bakanlık Makamının 17/02/2016 tarih ve 94949537-10.04-32178 sayılı Onayı ile yürürlüğe girmiştir).

Boğsak Adası'nda yürütülen çalışma yüzey araştırması olup kazı çalışması niteliği taşımamaktadır. Bu nedenle, özellikle Kiliseler dışındaki yapıların tarihleri bilinmemektedir. Yüzey seramiği, sikkeler, mimari plastik, epigrafi, duvar örgüsü ve mimari özelliklere dayanarak yerleşim, M.S. 4. yüzyılın sonuyla M.S. 9. yüzyıl arasına tarihlendirilmektedir. Yapıların (konut dokusu) dönemleri kesin olarak bilinmediği için yapı malzemelerine göre yapılacak dönem önerileri eksik kalmaktadır. Bu da çalışmada yapıların dönemi ile malzemelerin özelliklerini arasında kurulacak ilişkilendirme çalışmasını sınırlandırmaktadır.

Arkeometrik analizler için belli bir bütçe gerekmektedir. Bu durum da, analiz yapılan örneklerin sayısını etkilemektedir. Örneklemin çeşitliliği uygulanacak analiz türünü de etkilemektedir. Buna göre örnek sayısı ve çeşitliliği arttıkça araştırma bütçe de artmakta, çalışılacak örnek sayısını kısıtlamaktadır.

Ülkemizde arkeometrik analiz yapan laboratuvarlar oldukça az sayıdadır. Arkeometrik veri birikimi bu laboratuvarların tarihi malzemeleri değerlendirme gücünü artırmaktadır. Benzer analizleri gerçekleştirebilen farklı kurumların analiz verileri ve değerlendirmeleri bu konuda uzman, uluslararası standartları uygulayan ve data bankaları olan laboratuvarların verileri ile çelişebilmekte ya da değerlendirilememektedir. Çalışma kapsamındaki analizlerde Gazi Üniversitesi

(Tarihi Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı MAKLAB) ve Ankara Üniversitesi (Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi YEBİM) laboratuvarlarından analiz desteği alınmıştır.

Çalışmada izlenen yöntem, alan ve laboratuvar ortamlarında olmak üzere iki aşamayı kapsamaktadır. Alan çalışması kapsamında, Boğsak Adası yerleşimine ait tarihi yapılarda kullanılan taş, toprak, tuğla/kiremit, harç, sıva ve maden gibi yapı malzemelerinden örnekler alınmıştır. Ayrıca adanın kuzeyinden, ana karadaki iki kaynaktan da kaynak suyu alınmıştır. Örnekler genel olarak, yapının değişik dönemleri hakkında bilgi verecek olan noktalarından, aynı yerin farklı seviyelerinden, iç ve dış bölgelerden, tonoz, taban, duvar (taş-taş arası, tuğla-tuğla arası, taş-tuğla arası ) gibi özel bölgelerden alınmıştır.

Örnekler fotoğrafları ve planları üzerinde örnek alınan noktalar işaretlenmiş, planları olmayan yapılardan alınan örneklerin konumları GPS ile belirlenerek işaretlenmiştir. Örnekler alanda ve sonrasında makro ve mikro ölçekte fotoğraflanmıştır. Belgeleme çalışmalarına yönelik olarak tuğla ve kiremit örneklerin hamur rengi; portatif renk ölçer (ColorQA Pro System III programı içeren) kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra laboratuvar ortamında bu tarihi yapılardan alınan yapı malzemeleri (taş, toprak, kaynak suyu, harç, sıva, tuğla, kiremit, metal) çeşitli analizler için alt gruplar halinde her analiz için uygun şekilde açıkta veya etüvde kurutulmuş, toz haline getirilmiş, pellet ya da ince kesitleri hazırlanmıştır.

Çalışma kapsamında uygulanan analizler fiziksel, kimyasal ve petrografik olarak üç grupta toplanmıştır. Fiziksel analizler (birim hacim kütle, su emme, gözeneklilik ve sertlik), kimyasal analizler iletkenlik analizleri (suda çözünen tuz testleri), asidik agrega/bağlayıcı analizi, granülometrik elek analizi (agregada tane boyutu dağılımı), gravimetrik analiz (kızdırma analizi), X-Işını Floresans (PED-XRF ve noktasal Mikro-XRF) analizi, indüktif eşleşmiş plazma analizi (ICP), Konfokal Raman Spektroskopisi analizi ile petrografik ince kesit optik mikroskop analizleridir.

Taş/kayaç, taş tessera, tuğla ve kiremit örneklerde temel fiziksel testlerden birim hacim ağırlığı, gözeneklilik, su emme ve sertlik testleri (taşlarda); kimyasal analizlerden; iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri), X-Işını Floresan Analizi (PED-XRF), petrografik ince kesit optik mikroskop analizleri uygulanmıştır. Kaynak

suyu ve toprak örneklerinde kimyasal analizlerden; iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri), X-Işını Floresan Analizi (PED-XRF) (topraklarda) ve indüktif eşleşmiş plazma analizi (ICP) (kaynak sularında), harç ve sıva örneklerinde kimyasal analizlerden iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri), asidik agrega/bağlayıcı analizi, granülometrik elek analizi, gravimetrik analiz, X-Işını Floresan Analizi (PED-XRF), petrografik ince kesit optik mikroskop analizi ve Konfokal Raman Spektroskopi analizi (hararlarda), metal örneklerde ise kimyasal analizlerden X-Işını Floresan analizi (Noktasal Mikro-XRF) uygulanmıştır.

Mevcut tez kapsamında disiplinler arası bir çalışma yürütülmüş arkeoloji, tarih, arkeometri, jeoloji, koruma ve onarım bilim alanlarının farklı yaklaşımlarından yararlanılmıştır. Bu disiplinler arası çalışmalar ve yaklaşımlar ile ilgili yararlanılan kaynaklardan Artiulli (2010, s. 3) “Scientific Methods and Cultural Heritage: An Introduction to the Application of Materials Science to Archaeometry and Conservation Science” adlı kitabında arkeometri ve konservasyon bilimlerinde malzeme biliminin kullanımına yönelik yaklaşımlar ve analizler hakkında bilgi vermektedir. Burada konservasyon çalışmalarında konservatörün analizler hakkında bilgiye de sahip olması gerektiğini vurgulamaktadır. Konservasyon bilimi ve arkeometri bilimi kültür varlıkları ile ilgilendiği için kültür ile ilgili arkeolog, konservatör, müzeci, sanat tarihçisi ile disiplinler arası çalışmalarda ortak çalışılması zorunluluğunu belirtmektedir.

Artiulli (2010, s. 6) kültür varlıkları ile ilgili çalışmalarda kullanılan analitik metotları ele aldığı bu çalışmasında kültür varlığının arkeometrik yöntemlerle analizinin ve yorumlanmasının iki ana bilim dalına destek verdiğini belirtmektedir. Bu bilim dalları arkeoloji ve konservasyondur. Arkeolojik olarak tarihi bir eserin yorumlanması ile kullanılan malzemenin ne olduğu, nasıl ve ne zaman üretildiği, kullanım alanları gibi bilgiler elde etmek mümkündür. Arkeometrik analizler, eserin konservasyonu için yapılacak yorumlamada eserin durumu hakkında tanı, özgünlük durumu ve koruma kararı hakkında bize bilgi verdiğini vurgulamaktadır.

Doménech-Carbó, Doménech-Carbó ve Costa (2009), ortak çalışmalarında, restorasyon, konservasyon ve arkeometrik araştırmalarda yapılacak analizlerde

uygulanacak elektrokimyasal yöntemler ve bu yöntemlerin özelliklerini anlatmaktadır. Analizler ile malzemenin tanımlanması, korunma durumunun tespiti ve konservasyon uygulamalarına yönelik karar verme aşamasında yardımcı olacağını vurgulamışlardır (s. 16).

Şener (2011) mozaiklerin korunması ile ilgili çalışmasında tarihi eserlerin korunması ile ilgili çalışmalarda temel yaklaşımlar hakkında bilgi vermiş ve tarihi eserlerin korunmasında izlenilmesi gereken temel yaklaşımları şu dört ana başlıkta toplamıştır: 1) “Koruma” yaklaşımı, 2) “Bütüncül koruma” yaklaşımı, 3) “Deneyim ve doğru karar”ın aranması, 4) “Tek müdahale” yaklaşımı. Bütüncül yaklaşımda eserin karakteristik özelliklerinin, sorunların tam algılanması, iyi etüt edilmesi, araştırılması, gerektiğinde yardımcı olabilecek diğer (arkeometrist, fizikçi, kimyager, biyolog, jeolog, mimar, mühendis vb. gibi) disiplinlerle ilişki içinde çalışılması gerektiğini, sadece görünen değil görünmeyenlerin de tam bir tespitin yapılmasının zorunluluğunu belirtmiştir. Burada koruma çalışmalarında tek bir defa müdahale edilebileceği, bu yüzden doğru kararın verilmesi gerektiği ve doğru tanının konulabilmesi için ilk önce yapılacak çalışmanın ölçümler, yerinde gözlemler ve laboratuvar analizlerinin olması gerektiği vurgulanmıştır. Arkeometrik analizler belgeleme, mevcut durumun tespiti, karar, projelendirme, planlama ve en son uygulamaya giden süreçte ilk basamak olarak görülmektedir (Şener, 2011, s. 876).

Şener’in bu çalışmasında malzemenin tanımlanması için yapılacak incelemeyi yerinde gözlemsel, aletli ölçümler ve laboratuvar çalışmaları olarak sınıflamaktadır. Arazide yapılan aletli ölçümler daha çok metrik ölçümler olup en, boy, kalınlık gibi ölçümlerdir. Arkeometri biliminin gelişimi ile birlikte laboratuvar çalışmaları da artmıştır. Buna göre bu konudaki ilgili kaynakları da yerinde gözlemsel, aletli ölçümler ve laboratuvar çalışmalarını içeren kaynaklar olarak sınıflamak mümkündür.

Gözleme dayalı çalışmalardan Roma dönemi yapıları üzerine Adams’ın (1999) “Roman Building” adlı çalışması, yapı malzemelerinin tarihsel temelleri konusunu aydınlatan başlıca kaynaklardandır. Ousterhout (1996) “Master Builders of

Byzantium” adlı araştırması tezin konusu yapıların ait olduğu Bizans dönemi tuğla üretim teknikleri, fırınlar ve üretim yerleri hakkında bilgi edinmemizi sağlamıştır.

Analize yönelik Yegan Kahya’ya ait (1992) “İstanbul Bizans Mimarisinde Kullanılan Tuğlanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri” başlıklı doktora tezi, hem malzeme özelliklerinin incelendiği ana kaynaklardan birihem de Bizans Dönemi tuğlalarının fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yapılan ilk çalışmalardandır.

Özkaya’nın (2005) “Properties of Roman Bricks and Mortars Used In Serapis Temple in Bergama” adlı çalışması da tarihi yapı malzemelerinin özelliklerini içermektedir. Dinçer’in (2012) “Technological Properties and Conservation Problems of Some Medieval Bricks and Tiles” çalışması, tuğlalarda arkeometrik analizler ve konservasyon sorunlarını içeren kaynaklardandır. Farklı dönemlere ait tuğla örneklerindeki analiz sonuçları Bizans dönemi tuğla örneklerinin karşılaştırılması konusunda alana katkıda bulunmuştur.

Oğuz (2013) “Myra ve Limanı Andriake’de Kullanılan Özgün Malzeme Özelliklerinin Araştırılması Bilgisi” isimli çalışmasında Antalya’nın Demre ilçesinde yer alan Myra ve limanı Andriake’de Roma, Bizans, Selçuklu Dönemi’nde inşa edilmiş sekiz yapıda kullanılan taş, tuğla ve harç gibi yapı malzemeleri, deneysel olarak incelenmiş ve böylece karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Bu analiz sonuçları özellikle Bizans dönemine ait yapılardan alınan örnekler ile Boğsak Adası yapı malzemelerinin analiz sonuçları birlikte değerlendirilmiştir.

Gravimetrik analiz ısıtma işlemleriyle ilgili bir analizdir. Diğer bir ısıtma analiz olan TG/DTA analizi ile harç ve sıvalardaki bağlayıcı/agrega oranları ve kireçlerin hidrolizlik değerleri hakkında bilgiler edinilmektedir. Bu yöntemler ile hem agrega/bağlayıcı oranları hakkında bilgi edinirken hem de harç ve sıvaların hidrolizlik değerlerine ulaşılmaktadır. Yine aynı konuda bu tez çalışmasına destek olan kaynak eserlerden biri de Ellis’indir (1999). Tarihi harçların analiz metotları üzerine yaptığı araştırmasında kimyasal ve petrografik analizlerin yanı sıra termal bir analiz yöntemi olan DTA yönteminin de tarihi harç çalışmalarında kullanılmasının gerekliliğini vurgulamıştır.

Alvarez vd. (2000), İspanya'daki Pamplona katedraline ait harç örneklerinde termal, mineralojik ve kimyasal analizler yapmışlardır. Harçların bağlayıcı ve agrega özelliklerini belirleyerek, TG/DTA analizlerinin tarihi yapıların harç analizlerine yönelik çalışmalardaki önemini vurgulamışlar, belirli sıcaklık aralıklarındaki kütle kayıplarını dikkate alarak harçların hidroliklik özelliklerini tespit etmişlerdir.

Bruno vd. (2004), İtalya'nın Bari kentindeki bir tarihi yapıdan aldıkları harç örneklerinin kimyasal, fiziksel ve mineralojik özelliklerini belirlemişlerdir. XRD, TG/DTA analiz tekniklerini kullanarak harç örneklerinin bağlayıcı ve agrega özelliklerini tespit edilmiştir.

Rizzo vd. (2008), Sicilya'da Roma dönemine ait su ile ilgili yapılarda çalışmışlardır. Çalışmalarında su kanalı ve sarnıç gibi tarihi yapılardan alınan örneklerin bağlayıcı, agrega içeriklerini hakkında veriler elde etmişlerdir. Aynı zamanda termik yöntemlerle harçların hidrolik durumlarını tespit etmişlerdir.

Rodos Adası'nda yapılan çalışma, bir ada çalışması olarak benzer bir çalışmadır. Bu çalışma Rodos Adası'nda da yapı malzemelerinin sınırlı olması nedeniyle bir kısmının ada dışından sağlanmış olmasını belirtmiş olması açısından önemlidir (Moropoulou, Bakolas, ve Bisbikou, 2000, s. 46). Bu çalışmada, farklı metotlar kullanılmış olup, bunlardan biri de kalsinasyon çalışmasıdır ve harçlar buna göre sınıflandırılmıştır. Kalsinasyon sonunda su kaybı ve karbondioksit kaybının oranlamasına göre hidrolik ve non-hidrolik harçlar tespit edilebilmektedir. Yapı malzemelerinin sınırlı olması üzerinde durulması rağmen olası hammadde kaynakları hakkında analiz ve değerlendirmelerde bulunulmamıştır (Moropoulou, Bakolas, ve Bisbikou, 2000, s. 51).

Moropoulou vd. (2005), gravimetrik analizler sonucunda elde ettiği verilere göre harçlarda hidroliklik sınıflaması yapmıştır. Gravimetrik analiz sonunda yapılan bu sınıflama, XRF analizi yapılamayan çalışmalarda harçları hidroliklik durumuna göre sınıflandırılmasına yardımcı olmaktadır. XRF ve gravimetrik analizler farklı yöntemleri içeren çalışmalar oldukları için hidroliklik sınıflamalarını kendi içerisinde değerlendirmek gerekmektedir.



Elsen vd. (2004), Belçika'daki Tournai katedralinden aldıkları harç örneklerini çalışmışlardır. Bu çalışma ile harçların kimyasal ve mineralojik analizlerini yapmışlardır. Döneme ait harç örneklerinde kullanılan özgün malzemeler ve kaynakları hakkında bilgi sahibi olmaya çalışmışlardır. Harçların karakterizasyonunda, kimyasal ve mineralojik çalışmaların öncesinde petrografik analizin yapılmasının önemini vurgulamışlardır. Petrografik harç analizleri hem malzemenin tanımlanmasına yardımcı olmakta, hem de elde edilen sonuçlar ile yapılacak diğer analizlerin planlanmasına katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmada da ilk önce ince kesiti hazırlanabilen (taş, tuğla, kiremit, harç ve sıva) örneklerde petrografik optikmikroskop analizi gerçekleştirilmiş ve buradan elde edilen veriler üzerinden diğer analizler (XRF ve Raman analizleri gibi) planlanmıştır.

Torraca'nın (1982) "Porous Building Materials" ve (2009) "Lectures on Materials Science for Architectural Conservation" adlı eserleri yapı malzemelerinin özellikleri, bozulmaları ve koruma yöntemleri, bu çalışmada da Boğsak Adası yapı malzemelerinin özelliklerinin ve bozulmaların değerlendirilmesinde en önemli yardımcı kaynak olmuştur.

Kendi dönemlerindeki yapı ve yapım teknikleri hakkında tez çalışmaları kapsamında bilgi edinilen başlıca antik kaynaklar; Cato (M.Ö. 234-149), Vitruvius (M.Ö. 27-M.S. 14), Pliny the Younger (M.S. 62-113), Palladius (M.S. 4. yüzyıl) ve Theodosius (M.S. 438), tarafından yazılan eserlerdir (Adams, 1999; Henry ve Stewart, 2011; s. 5). Bu eserler o dönemi anlatan birincil kaynaklardır.

Roma dönemi yapı malzemeleri hakkındaki bilgiyi, dönemin mimarı Vitruvius'tan öğrenmek mümkündür. Vitruvius, "Mimarlık Üzerine On Kitap" adlı eserinde yapı malzemeleri hakkında detaylı bilgiler vermektedir (Vitruvius, 1993).

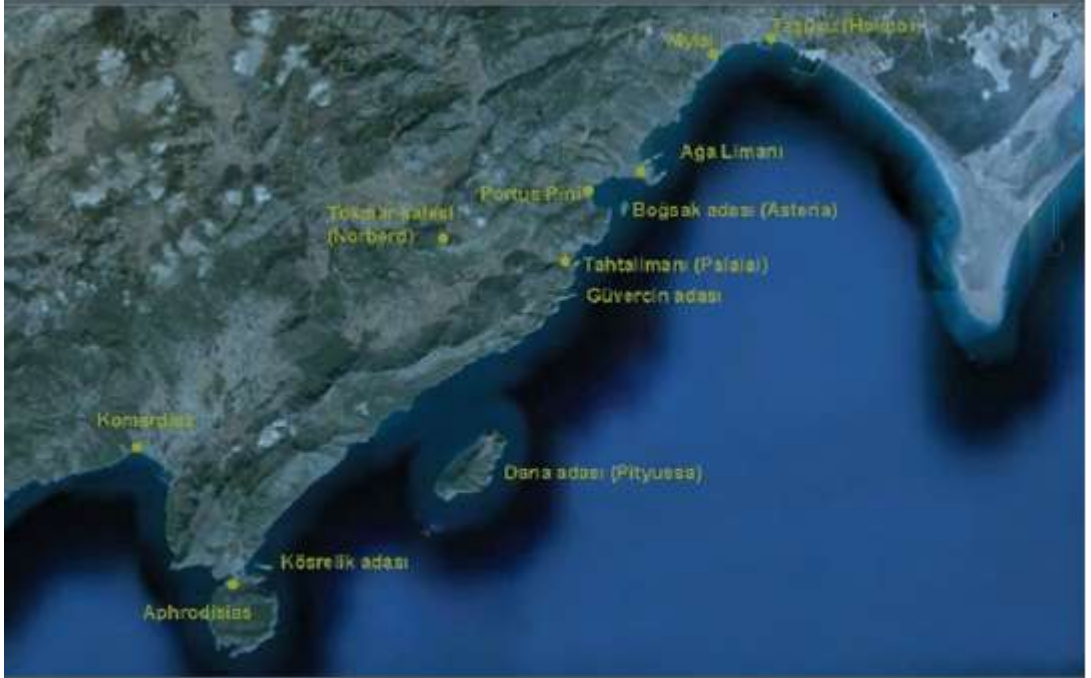
Malzemeler üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik testler üzerine Ceylanoğlu'nun (1996) "Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri", Özüdoğru'nun (1988) "Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniği" ve Ulusay ve Gökçeoğlu'nun (2011) "Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri" adlı çalışmaları, söz konusu testlerin kapsamlı anlatılmasından dolayı referans kaynakları olma özelliği taşımaktadırlar. Mekanik testleri de içeren bu kitaplar, tezde uygulanan fiziksel testlerin yapılmasında ve değerlendirilmesinde (testlerin standartları hakkında) ana kaynak olmuştur.

Bu tez çalışmasında, Y. Selçuk Şener'in (2013) "Arkeolojik Alanda Yapı Malzemelerinin Korunması: Temel Yaklaşımlar, Yöntem ve Uygulama Biçimleri" adlı çalışması ile Bekir Eskici, Ali Akın Akyol ve Yusuf Kağan Kadioğlu'nun 2008'deki ortak çalışmaları olan "Hasankeyf Zeynel Bey Türbesi Malzeme Analizleri ve Koruma Sorunları" isimli eserler, özellikle malzeme sorunlarının tespiti ve bu sorunların giderilmesi konusunda, başvuru ana kaynaklardan ikisini oluşturmaktadır. Adadaki yapılarda görülen bozulmalar üzerine yapılan sınıflamalarda bu kaynaklar referans olarak alınmıştır. Ayrıca taşlarda görülen bozulmalar üzerine ICOMOS yayınlarından "Illustrated Glossary on Stone Deterioration" adlı kaynaktan da yararlanılmıştır (Cartwright ve Vergès-Belmin, 2008).

## 2. BOĞSAK ADASI, ARKEOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE JEOLJİSİ

### 2.1. Boğsak Adası Tarihi ve Yapılaşma

Boğsak Adası, antik dönemde Dağlık Kilikya olarak adlandırılan bölgede bulunmaktadır. Adadan Silifke Müzesi'ne taşınmış M.S. 5-6. yüzyıllara tarihlenen bir yazıtta, ada yerleşiminin adı Asteria olarak geçmektedir. Asteria'nın bir kente yaraşır yapılarla donatıldığını söyleyen bu yazıtta dayanarak bu yerleşimin kent olmaya özenen, ancak bu statüyü edinmemiş bir köy olduğu düşünülebilir (Varinlioğlu, 2011, s. 172). Son zamanlarda yapılan seramik araştırmalarında; adadaki yerleşim M.S. 4. yüzyılın sonuyla M.S. 9. yüzyıllar arasına tarihlenmektedir (Varinlioğlu ve Esmer, 2017, s. 261). Adanın Geç Antik dönem sonrasına ait liman kayıtları (portulanları) ve deniz haritalarında (14-16. yüzyıllar) Boğsak koyu Portus Pini adıyla anılmakta, ancak adanın terkedilmiş olduğu ve konaklamaya elverişli olmadığı belirtilmektedir (Varinlioğlu, 2011, s. 172) (Resim 2.1).



**Resim 2.1.** Boğsak Adası ve çevresi antik yerleşmeler (Varinlioğlu, 2011, s. 172)

Calycadnus (Göksu) deltasının güneybatısında yer alan kıyı ve ada yerleşimleri, Geç Antik Dönemde Isauria Eyaleti'nin başkenti Seleucia ad Calycadnum'u (Silifke) ve

kırsalını Akdeniz ticaret ve ulaşım yollarına bağlamaktadır. Bölgenin yerleşim tarihinin araştırılmasına yönelik olarak, Mersin İli, Silifke İlçesi'ne bağlı Boğsak Köyü (Resim 2.2) ve Adası'nda Doç. Dr. Günder Varinlioğlu başkanlığında arkeolojik yüzey araştırması 2010 yılında başlatılmıştır (Varinlioğlu, 2011, s. 153).

En yakın kara parçasından 300 m açıktta yer alan Boğsak Adası (Resim 2.3) bu bölgenin en az bilinen ve en iyi korunmuş yerleşimlerinin başında gelmektedir. Ada alanı yaklaşık 7 hektar olup, kuzey-güney yönünde yaklaşık 500 m, doğu-batı yönünde 250 m uzunluğa sahip tarıma elverişsiz küçük bir kayalıktır.



**Resim 2.2.** Boğsak Adası ve konumu

Ada 50 m kadar topografik yüksekliğe sahip olup, güney ve güneydoğu tarafı dik kuzey ve kuzeybatı tarafı daha az eğimli olup tekneler ile adaya ulaşım bu yönlerden sağlanmaktadır (Resim 2.4 ve 2.5). Boğsak Adası YüzeY Araştırması'nda (BOGA), adanın yerleşim dokusu, mimarisi, kalıntıların işlevleri, adanın ekonomik, sosyal ve dinsel yapısı, kara yerleşimleriyle onların deniz yolları ve ticaretiyle olan ilişkileri ve kapsamlı bir belgeleme çalışması sürdürölmektedir. Yerleşim, ada yüzeyinin tümüne yayılmıştır. Yapılaşmanın en yoğun göröldüğü bölge kuzeydoğu yamacı teraslarıdır (Varinlioğlu, 2011, s. 154).



**Resim 2.3.** Boğsak Adası konumu (detay)



**Resim 2.4.** Boğsak Adası hava fotoğrafı (güneyden bakış)

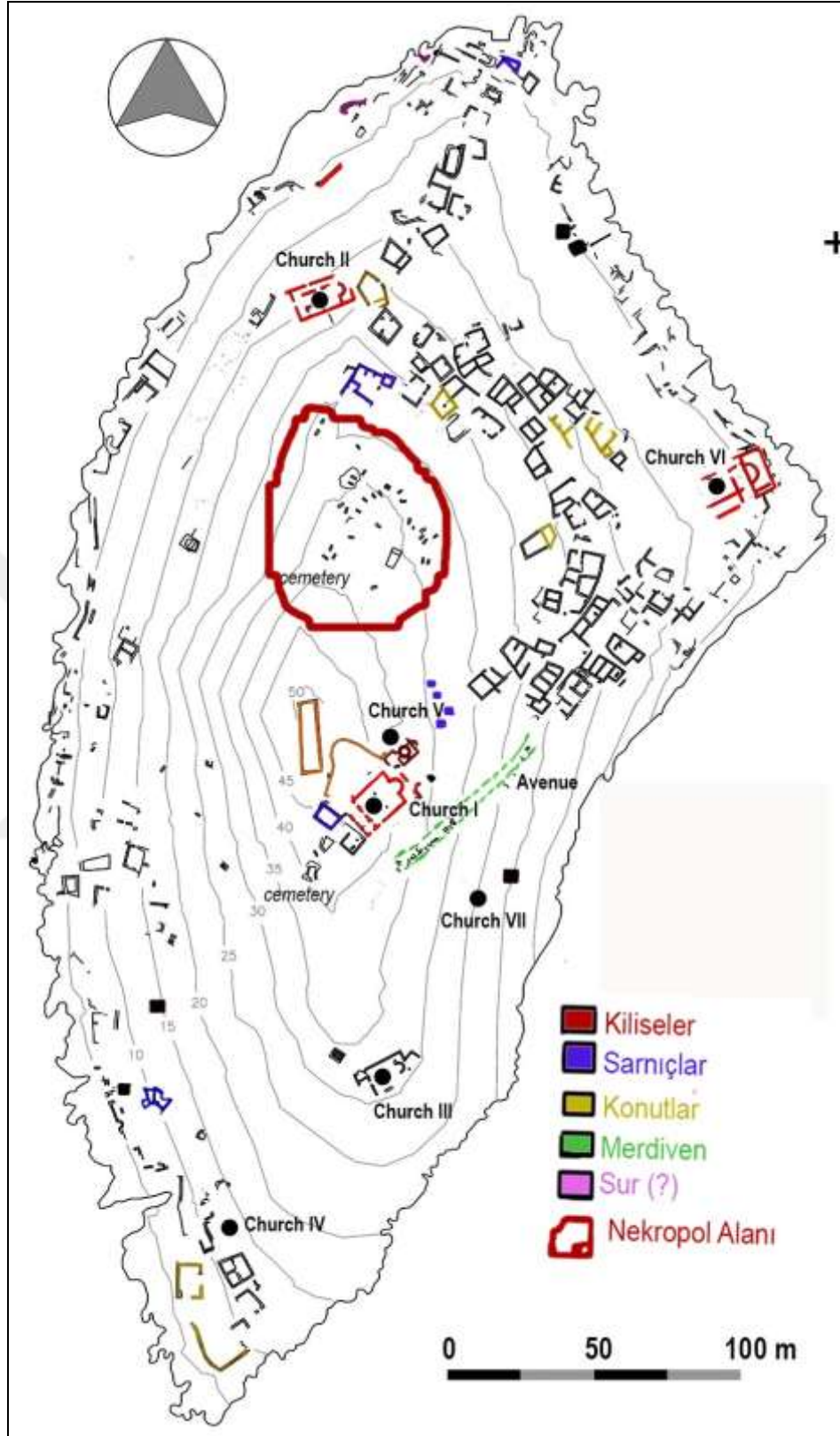


**Resim 2.5.** Boğsak Adası hava fotoğrafı (güneyden bakış detay)

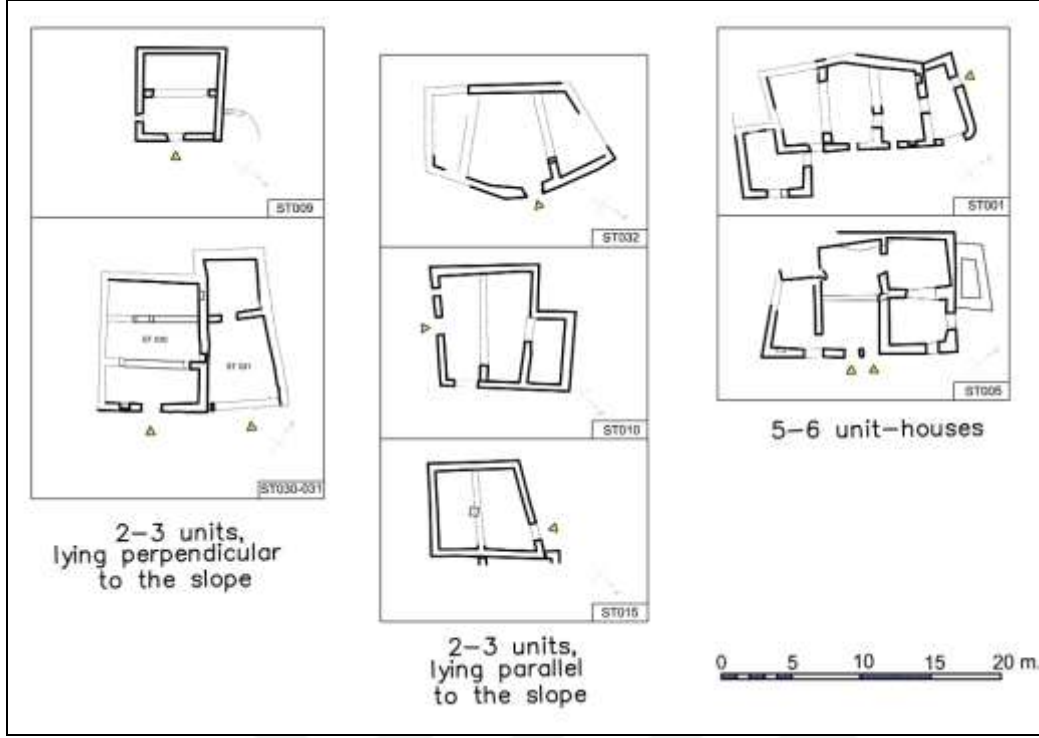
Adada yapılan yüzey araştırması ve mimarisini tespiti yönelik belgeleme çalışmalarında yapıların tipolojik özelliklerine işlevlerine göre bir sınıflama yapmak mümkündür. Buna göre yapılar kiliseler, martyrion yapısı, sarnıçlar, konutlar ve merdivenlerdir. Ayrıca tam olarak işlevi bilinmeyen muhtemelen adayı çevreleyen sur yapısına ait olabilecek duvarlar ile bağımsız duvarlar tespit edilmiştir. Adanın zirvesinden kıyıya doğru uzanan kuzey-kuzeydoğu, batı ve güney yamaçlarının üst kesimlerinde geniş bir nekropol alanı vardır (Şekil 2.1) (Varinlioğlu, 2011, s. 155).

Boğsak Adası yerleşiminde iki katlı, kırma çatılı, çoğunlukla dikdörtgen, nadiren de kemerli pencereleri bulunan kimi bağımsız, kimi de birbirine bitişik yapılar adalılarının evleri olmalıdır. Adadaki bodrum katlarında dikdörtgen planlı, tonozla örtülü geniş sarnıçlar bulunmaktadır. Duvar örgüsü harçla bağlanmış küçük kaba dikdörtgen taşlardan oluşmaktadır. Az sayıda yapıda duvar örgüsünün içinde çatı kiremitlerinin kullanıldığı görülmektedir (Varinlioğlu, 2011, s. 156).

Konut olduğu belirlenen yapılar kendi içerisinde oda sayıları ve odaların birbirlerine göre konumlarına göre sınıflandırılmıştır. Yapılarda farklı sayıda odalar görülürken bir kısmında yapılara ait sarnıçlar ya yapının alt katında ya da yapıya bitişik yapılmıştır (Resim 2.6) (Varinlioğlu and Esmer, 2017, s. 261).



Resim 2.6. Boğsak Adası yapı grupları



Şekil 2.1. Boğsak Adası konut tipleri (Varinlioğlu and Esmer, 2017, s. 261).

Yerleşim ada yüzeyinin tümüne yayılmıştır. Yapılaşmanın en yoğun görüldüğü bölge kuzeydoğu yamacı teraslarıdır. Bu yapılaşma ait 56 ayrı yapıdan örnekleme yapılmıştır. Bu yapılar kiliseler 6 adet, sarnıçlar 15 adet, konut olduğu düşünülen yapılar 12 adet, 3 adet sur olduğu düşünülen duvardan ve mezara ait bir duvar (Resim 2.7-2.19) ve işlevi bilinmeyen 8 yapı duvarlarındandır (Ek 1 Resim A ).

Adada 7 kilise belirlenmiş bunlardan 6'sından örnekleme yapılmıştır. Kilise I, Kilise II, Kilise V ve Kilise VI yapılarının etrafında daha az moloz dolgu ve çalılık olmasından dolayı yapılara kolaylıkla ulaşılmış ve daha fazla örneklemede bulunulmuştur. Kilise III ve Kilise IV yapılarının etrafı hem yoğun halde çalılıkla kaplı olduğu, hem de yapıların iç mekanları moloz yığınları bulunduğu için bu yapıların bütün bölümlerine ulaşılamamıştır. Gözlemsel inceleme sonunda duvar örgülerinde kullanılan taşlar diğer yapıların duvar taşları ile benzeştiği için bu iki kilisede sadece harç örnekleme yapılmıştır.

Boğsak Adası'ndaki yapılardan en fazla Kilise V yapısının duvarları ayakta kalabilmiş, kubbesinin de çok az kısmı korunabilmiştir. En fazla korunan yapı olduğu için içerisindeki tonoz veya niş gibi farklı bölümleri de görmek mümkündür.



Kiliseler içinde Kilise I yapısı da Kilise V kadar olmasa da kısmen korunabilmiş kilise yapılarındandır (Resim 2.7).



**Resim 2.7.** Kilise V, Kilise I (güneyde ayaktaki yapı), sarnıç ve yapıları çevreleyen duvara (temenos ?) kuzey yönünden bakış



**Resim 2.8.** Kilise V



**Resim 2.9.** Resim Kilise V'in içerisinden tonoz ve nişlerden gornş



**Resim 2.10.** Kilise I'in giriş kapısı içeriden gornş



**Resim 2.11.** Kilise III (solda) ve Kilise IV 'n apsisinden



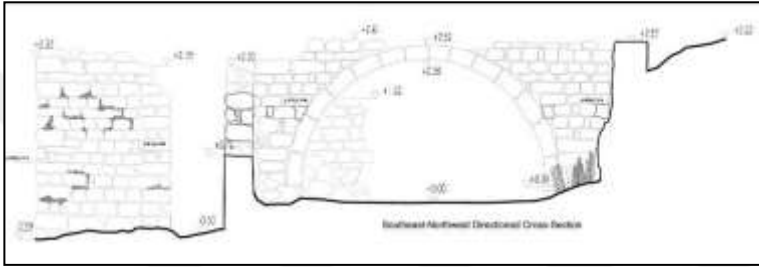
**Resim 2.12.** Kilise I'ın güneyindeki sarnıç



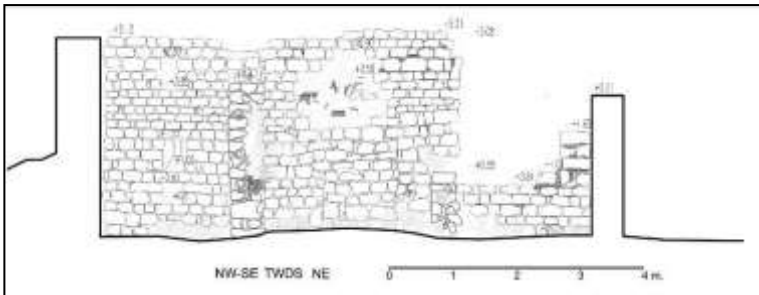
**Resim 2.13.** Tuğla duvar örgülü sarnıç



**Resim 2.14.** Sarnıç yapısı (ST024)



**Resim 2.15.** Sarniç yapısı (ST024) v ST010 nolu konutun iç görünüşü ve mimari çizimi



**Resim 2.16.** ST001 nolu konuta ait kemer görünüşü ve çizimi



**Resim 2.17.** Boğsak Adası mezar yapısı



**Resim 2.18.** Boğsak Adası kuzeybatı sahil tarafı sur duvarı (?)



**Resim 2.19.** Resim Boğsak Adası'nın güney ucundaki sur duvarı (?)

## 2.2. Bölgenin Jeolojisi

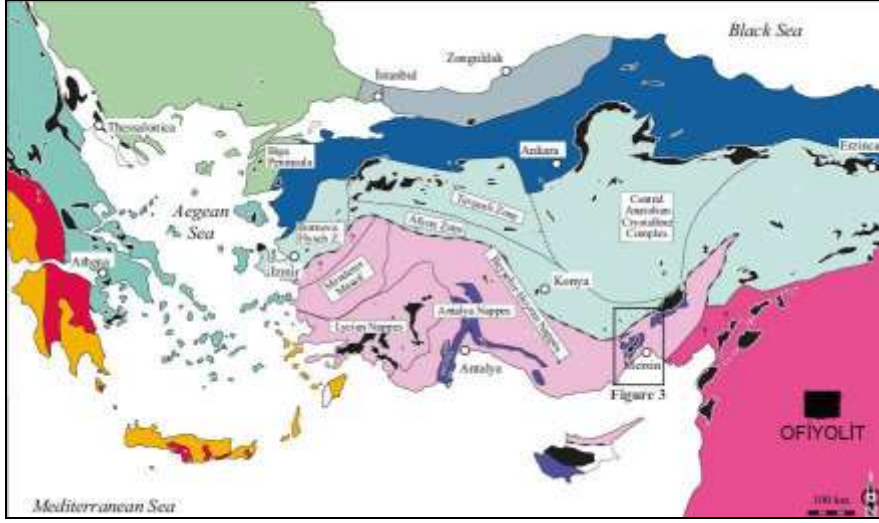
Yapı malzemelerinin özelliklerini belirlemek ve restorasyon çalışmalarında özgün ya da özgüne en yakın malzeme kullanılması gerekliliğinden bölgenin jeolojik oluşumlarının tespitinin yapılması oldukça önemlidir. Bununla beraber yapılarda kullanılan harç ve sıvaların içeriğindeki agregalar ile tuğla ve kiremitlerin yapımında hammadde olarak kullanılan kil ve kirecin kökenlerini anlamak için de bölgenin jeolojisinin bilinmesi gerekmektedir. Aynı zamanda tali yapı malzemesi olarak demir ve kurşun (kenetlerde) ve kaynak sularının (harç ve sıvaların hazırlanmasında) yakın bölgelerdeki olası kaynakların yerleri de jeolojik veriler dikkate alınarak araştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Mersin ili, Silifke ilçesi Boğsak Köyü'ndeki Boğsak Adası üzerindeki tarihi yapılarda malzeme analizleri üzerine yapılan arkeometrik çalışmalarda öncelikle Boğsak Adası ve çevresinin jeolojisi incelenmiştir.

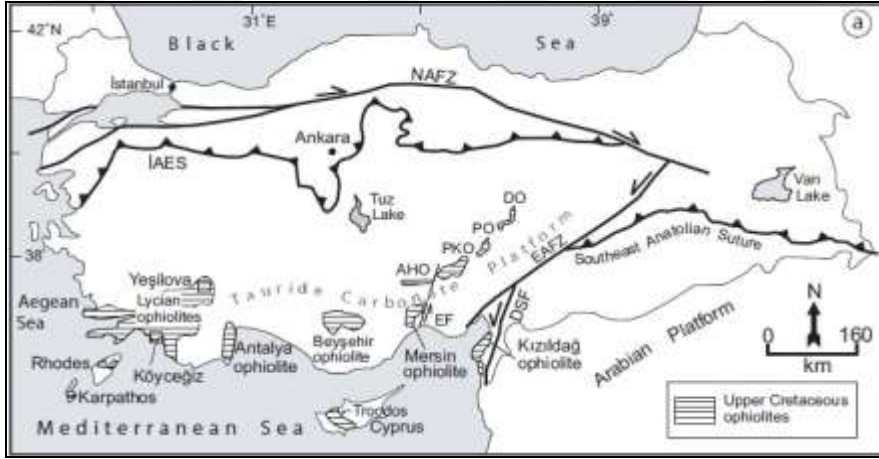
Akdeniz Bölgesi genel jeolojisine göre Orta Toroslar'da kaya türü ve yapısal özellikler açısından birbirinden farklı havzaları yansıtan, birbirleri ile tektonik ilişkili Paleozoyik yaşlı iki birlik ve bunları açısız uyumsuzlukla üzerleyen Mesozoyik yaşlı karbonat istifi ile tanımlanmaktadır. Bu birliklerden güneyde yer alanı "Geyikdağı tektonik birliği", kuzeydeki ise "Aladağ tektonik birliği" dir. Bunları üzerleyen karbonat istifi ise "Mesozoyik çökelleri" olarak isimlendirilmektedir. Bu istiflerde Tersiyer yaşlı çökeller tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir (Koç, 2005, s. 1).

Akdeniz Bölgesinde görülen iki birlikten Boğsak Adası'nın içerisinde bulunduğu Geyikdağı tektonik birliği Prekambriyen-Geç Permiyen zaman aralığında çökelmiş 11 formasyon ayrılmıştır. Bunlar tabandan itibaren; Sipahili (Prekambriyen), Hüdai (Alt Kambriyen), Çaltepe (Alt-Orta Kambriyen), Eğripınar (Alt Silüriyen), Hırmanlı (Alt Silüriyen), Karayar (Üst Silüriyen-Alt Devoniyen), Sığırcık (Alt Devoniyen), Büyükeceli (Orta Devoniyen), Akdere (Üst Devoniyen), Korucuk (Alt Karbonifer) ve Kırtıldağı (Üst Permiyen) formasyonlarıdır. İkinci birlik olan Aladağ tektonik birliğinde ise; Orta Devoniyen-Erken Triyas zaman aralığında çökelen 4 formasyon ayırt edilmiştir. Bu birimler yaşlıdan gence doğru; Gölboğazı (Orta-Üst Devoniyen), Dikenlidere (Karbonifer), Dumlugöze (Permiyen) ve Mediova (Alt Triyas)

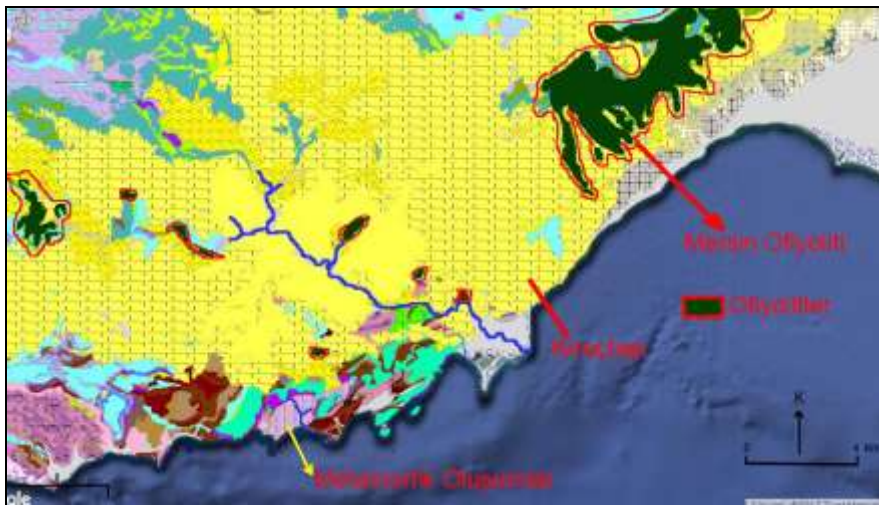




**Resim 2.21.** Türkiye ve çevresinde Ofiyolit bölgeleri (Moix, vd, 2011)



**Resim 2.22.** Akdeniz Bölgesi Ofiyolitlerinin dağılımı (Çelik, 2008, s. 685)

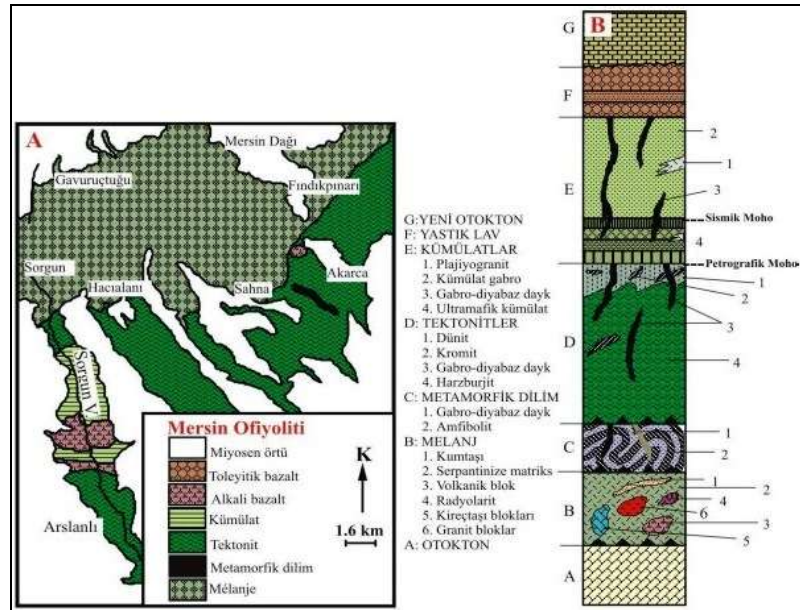


**Resim 2.23.** Bölgede jeolojik oluşumlar (URL:<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>)



Akdeniz bölgesinde farklı isimlendirilen ofiyolitler bulunmaktadır. Bunlar Mersin Ofiyoliti, batıda Beyşehir Ofiyoliti ve Antalya Ofiyolitleridir (Resim 2.22). Adanın özellikle taş örnekleri, tuğlanın hammaddesi kil ile harç, sıva agregalarını oluşturan jeolojik oluşumlar çevre formasyonlar ile ilişkilendirmemize yardımcı olmaktadır. Bölgede yapılan jeolojik araştırmaların incelenmesi sonucunda ipucu oluşturacak farklı oluşumlar bulunmaktadır. Buna göre bölgede yaygın taş grubu kireçtaşlarıdır ve kireçtaşları da oluşum ortamlarına göre de farklı isimler almaktadır. Bunun yanı sıra kireçtaşlarından farklı olarak bölgede diğer bir oluşum olan Ofiyolitik karışım tez çalışmaları için önemli bir referans kaynağıdır. Bu farklı iki oluşum dışında bölgede az da olsa mağmatik kayaların varlığı kaynak belirlemede yol göstermektedir (Resim 2.23).

Bölgede jeolojik oluşumlar genel olarak incelendiğinde farklı oluşumlar görülmektedir. Bu oluşumlar yaşlıdan gence doğru stratigrafik olarak ve genel özellikleriyle EK-2 Çizelge B1’de verilmiştir. Mersin’de bulunan ve Mersin Ofiyoliti olarak isimlendirilen kompozit yapı üstten alta doğru kireçtaşları, yastık lavları, gabro-diyabaz dayları, harzburjit ile melanj olarak isimlendirilen karışımdan oluşmaktadır. Bu melanj ise serpantin, volkanik bloklar, radyolaritler, kireçtaşı (pelajik) ve granit bloklardan oluşmaktadır (Resim 2.24).



**Resim 2.24.** Mersin Ofiyolit kesiti (T.C. Mersin Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü 2011 Yılı Mersin İl Çevre Durum Raporu, s. 25)

Ofiyolitler bölgede Değirmenderesi köyünde, Ağılı dere vadisinde, Bükdeğirmeni köyünün Şeyhler mahallesinde ve Gülnar'ın yaklaşık 15 km güneydoğusunda Yukarıkavakoluğu köyü daha doğuda Gökbelen köyünde yüzeylemektedir (Uğuz 1989, s. 111).

Blumenthall (1944) ve Uğuz (1989, s. 8-10), Geyik Dağı'ndan Göksu Vadisi'ne kadar olan alanda, Yularlı yaylada fillit, serpantinit fosilli kireçtaşlarına değinmiştir. Mersin-Mut Göksu kara içlerine doğru yerleşmiş ofiyolitler için “radyolaritli zone” olarak isimlendirmektedir.

Akdeniz Bölgesi'nin ana formasyonu kireçtaşıdır ve kireçtaşları oluşum ortamlarına göre isimlendirilmektedir. Sedimanter kayaçların oluşum ortamlarından denizel ortamlar neritik (200 m kadar derinlik), batiyal (200-2000 m derinlik), abisal (2000 m'den 10000 m'ye kadar derin çukurları) ortam olarak 3 gruba ayrılmaktadır. Bu ortamlarda oluşan kayaçlar da farklıdır. Neritik ortamda oluşan kireçtaşları neritik kireçtaşları olarak isimlendirilirken, abisal ortamda sedimanları pelajik oluşumlar diye adlandırılmaktadır. Bu ortamda (4000-8000 m) silis bünyeli radiolaria iskeletlerinden oluşan silisli radiolarialı çamur kayaçları oluşmakta, okyanusal kabukta bulunmaktadır (Üşenmez, 1985, s. 59).

Uğuz (1989, s. 21) bölge ile ilgili çalışmalarında Karaman Ermenek arasındaki alanda ve Göksu Irmağı'nın güneyinde kalan alanda içinde yeşil tüfitlerin yer aldığı ve devamında pelajik kireç taşları ile devam eden bir oluşum bulunduğunu tespit etmiştir. Kimyasal incelemeler sonrasında bu volkanizmanın kalkalen olarak belirlenmiş ve bu yeşil tüfitlerin denizel ortamda çökeldiği ve bölgenin paleocoğrafyasal olarak ada yayı çevresinde, ada yayı arkası veya ada yayı arası tipinde olan havza olabileceği fikri ortaya atılmıştır. Silifke'nin 7 km kuzeyinde Göksu Vadisi içinde Çevlilkaya köyünden adını alan Çevlilkaya formasyonunda pelajik kireçtaşları yer almaktadır (Uğuz, 1989, s. 86).

Bölgede gölsel oluşumlar da bulunmaktadır. Uğuz' a göre Derinçay formasyonunda gölsel kireçtaşı görülmektedir. Derinçay formasyonu Mut ilçesi Derinçay köyü, Göksu Vadisi Kargıcak-Ekşiler arasında kalan bölümde ve Göksu Vadisi dışında Silifke-Gülnar karayolu Yarıktaşın batısı ile Kavakoluğu Köyü'nün kuzeyinde

yüzeylemektedir (Uğuz, 1989, s. 113). Adada yapılan gözlemsel inceleme yapılarında pembemsi renkte kireçtaşları görülmektedir ve bu kireçtaşları adada ana kaya olarak görülmemiştir. Buna göre bu taş adaya dışarıdan getirilmiş olmalıdır. Muhtemel kaynak için çevre formasyonlar araştırılmıştır.

Kaptan'a (1975) göre Ağıldere formasyonu Yarıktaş üyesi içerisinde pembe renkli pizolitli kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Kireçtaşlarının pembe rengini demiroksit içeren Girvanella fosilinden almaktadır. Taşucu formasyonu olarak isimlendirilen ve Taşucunda, Burunucu Köyü, Zeynepini yöresinde görülmekte olan bu formasyonda pembe renkli kireçtaşları tespit edilmiştir (Kaptan, 1975, s. 34-39). Ayrıca tarafından Şıhlar kireçtaşları olarak isimlendirilen ve Şıhlar Deresi'nin kuzeyindeki birim içerisinde açık pembe renkli kireçtaşları belirlenmiştir. Bu birim içinde fosil topluluğu olarak *radiolaria* saptanmıştır (Kaptan, 1975, s. 51). Pembe renkli kireçtaşları Ovacık ve Kırtıldağı formasyonlarında görülmektedir (Uğuz, 1989).

Mağmatik kayalarla ilgili formasyonlar hakkında Uğuz (1989) bilgi vermektedir. Orta Torasların güneyinde, Silifke Gülnar ilçeleri ile Ovacık bucağı arasında kalan alanda yürüttüğü çalışmada bölge kayalarını Genç örtü çökelleri, Otokton ve Alloktion kaya birimleri olarak tespit etmiştir. Otokton kaya birimleri, çökel istifli oluştururken bu çökel içerisinde izole diyabaz daykları gelişmiş ve dağ oluşumuyla ilgili bölgesel metamorfizma etkileri de görmek mümkündür. Alloktion kaya birimleri çökeller ve Ofiyolit Karışık'tan oluşmaktadır. Alloktion kaya birimleri Otokton kaya birimleri üzerinde sürüklenmiş ve bu sürüklenmeye de Dedeler Napı denilmiştir. Aşağı Göksü Vadisi'nde genç örtü çökelleri ile Alloktion kaya birimlerinin aşınmaları sonucu bölgenin Otokton kaya birimlerini açığa çıkaran bir tektonik pencere oluşmuştur (Uğuz, 1989, s. 1) (EK 2 Çizelge B1).

Uğuz (1989, s. 13) çalışmalarında; doğuda Kayabaşı, batı ve güneyde Kurbağa Dağı arasındaki Miyosen tabanında, Post Kratese yaşlı magmatik intrüzyona bağlı, utrabazik kayalara değinmektedir.

Ayrıca Aydıncık'ın 10 km kuzeydoğusunda Mutçukuru formasyonu içerisinde Katırcılı köyünde volkanik tüfler tespit edilmiş ve yapılan analizler sonunda Andezit, Traki-Andezit tüflerden olduğu belirtilmiştir (Uğuz, 1989, s. 90). Diğer bir mağmatik

oluşum olan tüfler, Huğlu volkanizmasıyla bağlı olarak Ermenek yakınlarında Oyuklu Dağ'da görülmektedir (Moix vd. 2011, s. 81).

Ofiyolit oluşumları ile de ilişkili diyabazlar Çanaktepe kireçtaşı üyesi ve Bilalli kireçtaşı üyelerinde görülmektedir. Ayrıca bu iki üye pelajik kireçtaşı içermektedir. Bilalli kireçtaşı üyesi diyabaz daykları ile kesilmektedir. Ayrıca Güneyde Gilindere (Kelenderis) doğusunda Ulakini çevresinde ve özellikle Sancak Burnu'nun denize bakan dik yarında görülen diyabaz daykları Bilalli kireçtaşı diyabazı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Bilalli kireçtaşı üyesi içerisinde çok düşük bir metamorfizma etkisi görülmekte ve bu etki Gedikdağı ve Hisardağı'nda güneyde görülen metamorfizmadan daha düşüktür (Uğuz, 1989, s. 55). Hisardağı'nın güneyinden alınan örnek de pelajik kireçtaşı belirlenmiştir (Uğuz, 1989, s. 60).

Hırmanlı köyünde Karayar formasyonu çökellerinde yersel (kontakt metamorfizma) metamorfizmaya sebep olan diyabaz sokulumundan örnek alınmış ve kayacın yoğun kloroitleşmiş diyabaz olduğu anlaşılmıştır (Uğuz, 1989, s. 69). Aydıncık'ın doğusunda Çadırıyeri sırtında Bilalli kireçtaşı üyesi içinde gözlenen diyabaz daykı yüzeylenmesinden alınan örnek petrografik inceleme sonunda metabazit olduğu anlaşılmış ve örnek olası yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramıştır (Uğuz, 1989, s. 69). Bölgenin jeolojik oluşumu hakkında bilgi verilirken bu oluşumların içerisindeki madenler ile yapı malzemesi kaynakları hakkında verilere ulaşılmıştır. Buna göre İçel-Silifke Pelitpınarı köyünde demir oluşumu tespit edilmiştir (Uğuz, 1989, s. 17). Bölgenin maden yatakları ile ilgili yapılan araştırmalarda, Kaptan'a (1975, s. 151) göre Silifke Gülnar karayolu üzerinde Karakütük mevkiinde daha önce işletilmiş demir maden yatakları bulunmaktadır. Silifkenin batısında Aydıncık bucağının yakında Harnupluyurt dolayında demir cevherleşmesi görülmüştür (Uğuz, 1989, s. 27).

Büyükeceli-Aydıncık arasındaki sahil bandında ise İnfra-Kambriyen yaşlı düşük dereceli metamorfik kayalar yer almaktadır (Koç, 2003). Bu kayalar kalkışit-şist-mermer litolojisindedir (T.C. Mersin Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2011, s. 24). Kaptan'a (1975, s. 151) göre Miyosen yaşlı tabakalı kalker yapı taşı olarak kullanılmakta, bunlar düzgün olarak elde edilebildiklerinden inşaat işlerinde

kolaylıkla kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra Göksu Irmağı'nın taşıyarak mendereslerinin kenarlarında biriktirdiği kumlar büyük depolar oluşturmaktadır ve yapı işlerinde kullanılmaktadır.

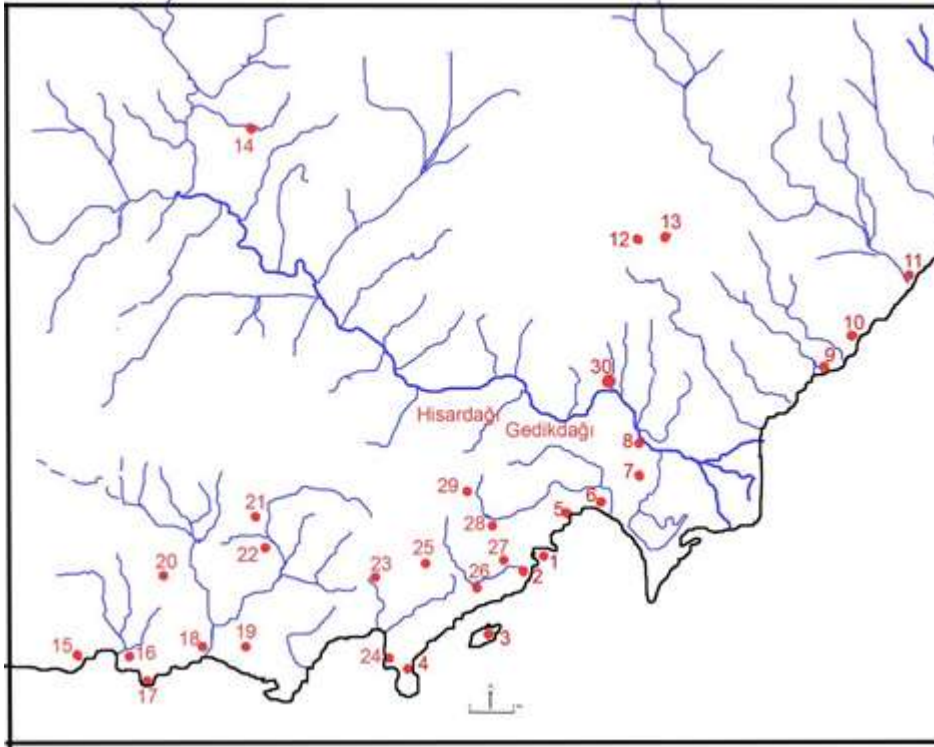
Kargıcak-Ovacık bölgesinde Şişecam'a hammadde sağlayan Kuvarsitik kumtaşı ocağında bulunmaktadır. Cam ve cam ürünleri dünyada ve ülkemizde oldukça önemli bir yer tutmakta ve önemi her geçen gün daha da artmaktadır (Kılıç, 2011). Adanın batısında ana kayada dolomitik kireç taşlarına rastlanmış adada ve kuzeyinde dolomitik kireçtaşı görülmemektedir (Öztaş, 1989, s. 31) (Resim 2. 25). Bölgenin iklim koşulları ve alüvyon birikintileri de araştırılmıştır.

Tuğla üretiminde kil yatakları önemli kaynaklardır. İklim koşulları bölgenin akarsu ve dere yataklarını etkilemektedir. Taşucu ve Silifke İstasyonları'nda 1969-1986 yıllarında yapılan ölçümlere göre bölgesel yağış ortalaması 600 mm/yıl tespit edilmiştir. Buna göre en fazla yağış düşen aylar Aralık-Ocak, en düşük hatta bazen hiç yağış olmayan aylar Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül'dür. Genel olarak Ekim ayında başlayan yağışlı dönem Mart ayında da devam etmekte ve Nisan'dan itibaren azalmakta Eylül ayı sonuna kadar devam eden kurak dönem oluşturmaktadır. Buna göre yağışların %90'nı yağışlı dönem (Ekim-Mart); %10'u kurak dönemde (Nisan-Eylül) tespit edilmiştir (Öztaş, 1989, s. 6).

Bölgede büyük nehir ve dereler yokken mevsimlik dereler ile bunların yataklarında birikmiş kil havzaları bulunmaktadır. Çevrede bulunan en önemli birikinti yelpazesi Eğribük Deresi'nin yatağını oluşturan alüvyon yaklaşık 400 m genişlikte ve 12 m kalınlığa sahiptir (Öztaş, 1989, s. 31). Diğer birikinti yelpazeleri Boğsak Deresi, Kızılarkapısı, Kuyacak, Zeytinli ve Çatırık Derelerinin mansap taraflarındadır. Ortalama kalınlıkları 10 m'dir. Derelerin yağışlı mevsimlerde getirdiği çevre kayaçların değişik boyutlarda malzemelerden oluşmaktadır (Öztaş, 1989, s. 31), (Resim 2.25 ve 2.26). Kil yataklarını ve agrega kaynaklarını oluşturması açısından bölgedeki akarsular ve dereler araştırılmıştır. Buna göre doğuda Silifke Nehri ile batıda Gülnar ilçesi sınırlarından doğup Sipahili Bölgesi'nde Akdeniz'e dökülen akarsular büyük akarsulardır. Bu iki akarsu bölgedeki magmatik oluşum olan ofiyolitik formasyon bölgesinden geçmesi açısından önemlidir (Resim 2.25-2.26).



Resim 2.25. Boğsak Adası ve çevresi jeolojisi (Öztaş,1989)



Resim 2.26. Boğsak Adası'nın çevresi jeolojik formasyonlar, nehirler ve antik yerleşmeler: 1. Boğsak Adası (Asteria), 2. Tahtalimanı, 3. Dana Adası, 4. Aphrodasias, 5. Mylai, 6. Holmoi, 7. S. Thekla, 8. Seleucia Ad Calyadnum (Silifke), 9. Corycus, 10. Elaioussa Sebeste, 11. Lamos, 12. Diocaesarea, 13. Olba, 14. Mut (Claudiopolis), 15. Celenderis (Aydıncık), 16. Hüdai, 17. Sancak Burnu, 18. Sipahili, 19. Yanışlı, 20. Mutçukuru, 21. Gülnar, 22. Yaylakavakoluğu, 23. Hırmanlı, 24. Ovacık, 25. Eğripınar, 26. Akdere, 27. Tokmar, 28. İmamuşağı, 29. Kırtul, 30. Bükdeğirmeni

### **3. BOĞSAK ADASI YERLEŞİMİ YAPI MALZEMELERİ VE ANALİZLERE YÖNELİK TAKİP EDİLEN METODLAR**

Boğsak Adası yapı malzemelerinde arkeometrik analizler üzerine olan bu çalışmada; taş (taş opus sectile ve tessera), toprak, kaynak suyu, tuğla/kiremit, harç, sıva ve maden örnekler incelenmiştir.

#### **3.1. Boğsak Adası Yerleşimi Yapı Malzemeleri Örnekleme ve Belgeleme Çalışmaları**

Boğsak Adasında bulunan yapıları oluşturan yapı malzemeleri ilgili çalışmada önce örnekleme ve belgeleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

##### **3.1.1. Örnekleme**

Mevcut çalışmaya ait örnekleme 2013-2017 yılları arasında üç aşamada yapılmıştır. İlk olarak ada yerleşiminin genel malzeme dokusunu belirlemek için adanın tamamında yaygın biçimde örnekleme yapılmıştır. Bu örneklemede mimari çizimi bulunan yapılardan alınan örnekler söz konusu mimari çizimlere işlenmiştir. Yerleşim planında bulunmayan yapılardan alınan örneklerin ise el GPS'i ile konumları belirlenmiş, düşük doğrulukla planlara işlenmiştir (EK-1. Resim A2).

İkinci aşamada, ilk örneklemeden elde edilen verilere göre örnekleme zenginleştirilerek yapı malzemeleri ile ilgili daha detaylı bilgilere ulaşılmaya çalışılmıştır. Buna göre bu aşamada yapıdaki görsel, yapısal, mekansal olarak farklılık gösteren alanlarda kullanılan malzeme açısından da farklılıkların bulunup bulunmadığı araştırılmıştır. Üçüncü aşamada Boğsak Arkeolojik Yüzey Araştırması (BOGA) dahilinde yürütülen Yapı Envanteri çalışması kapsamında proje ekibi tarafından dönemsel olarak farklılaşan yapılardan örnekleme yapılmıştır. Özellikle mimari yapı teknikleri farklı döneme ait olduğu düşünülen duvarlardan örnekler alınmıştır.

Ada dışında yakın çevreden karadan toprak ile kaynak suyu örnekleri de alınmıştır. Günümüzde adada doğal su kaynağı bulunmamaktadır. Bununla beraber Boğsak Köyü'nde iki doğal su kaynağı bulunmaktadır. Kaynak suyu örneklemeindeki amaç, örneklerin kimyasal içeriğini belirleyerek içilebilir olup olmadığının

anlaşılması ve yanında da adaya ait yapılarda, uygulama yapılırken karışım suyu olarak kullanılabilirliğinin tespitidir.

İncelenen yapıları kendi içerisinde kiliseler, sarnıçlar, konutlar, sur(?), merdivenli yol ve nekropol alanı olarak tanımlamak mümkündür (Şekil 2.1). Bu yapılardan alınan harç örnekleri uygulama/işlevlerine göre moloz dolgu, mozaik harcı, taban döşeme harcı, derz harcı ve kabarık derz harcı; sıva örnekleri üst/alt kat, niş ve tonoz sıvası olarak sınıflandırılmıştır.

Tuğla/kiremitler hem duvar örgüde, hem de moloz dolgularda duvarların derz dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır. Yapı duvarlarının yanı sıra mezar duvarlarında da tuğla kullanımı tespit edilmiştir.

Taş örnekler ise duvar örgülerde, moloz dolgular, opus sectile uygulamaları ve tessera malzemesi olarak kullanılmıştır. Bir kısmı da moloz döküntüden alınmış yapısal işlevi bilinmeyen örneklerdir.

### **3.1.2. Belgeleme çalışmaları**

Adanın farklı yerlerinden ve yapılarından toplanan yapısal ve çevresel malzemelerin yerinde ve laboratuvar ortamında belgelenmeleri yapılmıştır (EK-2 Çizelge B2-B12). Örnek alınan yapılar mimari numara kodu verilmiş ve bu kodlara göre mimari çizim planlarına işlenmiştir (EK-1 Resim A3-A8).

Belgelenmeler, arazi ve laboratuvar çalışmaları olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazide örnek alınan noktalara ait yapıların detaylı fotoğraflamaları yapılarak örneklerin fotoğraf katalogları hazırlanmıştır (EK-1 Resim A3-A8). İlgili yapıların çizimlerine örneklemeler işlenmiştir. Daha sonra laboratuvar ortamında örnekler gruplandırılarak, yeniden daha detaylı olarak fotoğraflanarak belgelenmiş, gruplandırılarak kodlanmıştır.

Kodlama, örneklerin alındığı yere ve malzeme türüne göre yapılmıştır. Mersin ilinde bulunan Boğsak Adası örnekleri önce çalışılan ili belirtmek için Mersin İl'inin baş harfi M, bulunduğu köy Boğsak'ın B'si ve Ada'nın A'sına göre kodlanmış daha sonrada örnek türlerine göre harfler verilmiştir (Çizelge 3.1). Malzeme türlerine göre



taş (T), tessera (Ts), tuğla/kiremit (B), harç (H), sıva (S), toprak (D) ve metal (M) örnekler ilişkili harflerle kodlanmıştır. Bazı yapılarda yapım evreleri veya katmanlar tespit edilmiş ise bu örnekler de a,b,c gibi küçük harflerle üstten aşağıya doğru ilerleyen sıralamayla belirtilmiştir. Kodlamadaki ön ek MBA (= Mersin, Taşucu Boğsak Adası) bölgeyi, MBA-T1 kodu da Ada yapılarında örnek grubu içinde 1 No'lu taş/kayaç örneğini ifade etmektedir.

**Çizelge 3.1.** Örnek grupları, ana örnek sayısı ve kodlamalar

Grup Kodu	Malzeme Grubu Açıklamalar	Ana Örnek Sayısı
<b>MBA-T</b>	Kayaç/Taş Örnekler	36
<b>MBA-Ts</b>	Taş Tessera Örnek	2
<b>MBA-D</b>	Toprak Örnekler	5
<b>MBA-W</b>	Kaynak Suyu Örnekler	2
<b>MBA-B</b>	Tuğla/Kiremit Örnekler	24
<b>MBA-H</b>	Harç Örnekler	83
<b>MBA-S</b>	Sıva Örnekler	30
<b>MBA-M</b>	Metal Örnekler	3

Ada malzemesi ile ilişkilerini tespit etmek için ada dışından da örnekler alınmıştır. Göksu Vadisi'nin Değirmendere mevki'inden getirilen toprak örnekleri Mersin Boğsak Göksu Deresini simgeleyen **MBG** kodu ile verilmiştir. MBG-D1 kodlu toprağının içerisindeki iri çakıllar da örneklem için seçilmiş ve bu toprağa ait çakıllar MBG-D1a ve MBG-D1b olarak ayrıştırılıp ayrıca incelenmiştir. (EK-1 Resim A3-A8).

Tuğla/kiremit örneklerin renk değerleri uluslararası standartlara uygun olarak belgelenmiştir. Tespit edilen tuğla/kiremit örneklerinin rengi; portatif renk ölçer (ColorQA Pro System III programı içeren) kullanılarak belirlenmiştir. Renk belirlemelerinde, görünen renklerin sadece ana/ara renkler ya da açık/koyu gibi renk tanımlamaları ile ifadesi renklerin tam olarak tespit edilememektedir. Bu sorunla ilgili olarak birçok alan için çeşitli renk sistemleri oluşturulmuştur. CEI L\*a\*b\* (Commission Internationale de L'Eclairage) renk sistemi, belgeleme amacıyla en çok kullanılan, en detaylı standart renk sistemidir. 0 ile 100 değerleri arasında değişen (L) değeri rengin açıklık/koyuluk değerini (beyaz: 0 ve siyah: 100), 0 ile (+60)

arasında değişen (+a) değeri renkteki kırmızı yoğunluğunu, 0 ile (-60) arasında değişen (-a) değeri rengin yeşil yoğunluğunu, 0 ile (+60) arasında değişen (+b) değeri rengin sarı yoğunluğunu ve 0 ile (-60) arasında değişen (-b) değeri de rengin mavi yoğunluğunu göstermektedir (Ohno, 2007).

### **3.2. Arkeometrik Analizler**

Arkeometrik analizler temel fiziksel testler, kimyasal ve petrografik analizler olarak üç grupta incelenmiştir. Temel fiziksel analizler (birim hacim ağırlığı, su emme, gözeneklilik, sertlik), kimyasal analizler iletkenlik analizleri (suda çözünen tuz testleri), asidik agrega/bağlayıcı analizi, granüloметрик elek analizi (agregada tane boyutu dağılımı), gravimetrik analiz (kızdırma analizi), X-Işını Floresans analizi (PED-XRF ve Noktasal Mikro-XRF), indüktif eşleşmiş plazma analizi (ICP), Konfokal Raman Spektroskopisi analizi ve petrografik ince kesit optik mikroskop analizi uygulanmıştır.

#### **3.2.1. Temel fiziksel testler**

Yapı malzemelerinin dayanımı, fiziksel özelliklerinin belirlenmiş standart sınırlar içinde dayanımlı/dayanımsız oldukları ile açıklanabilir. Görsel olarak oldukça sağlam (dayanıklı) olarak algılanabilecek malzemeler (özellikle taş, metal, ahşap vb.) iklimsel (mevsimsel döngüde sıcaklık ve nem değişimi, donma çözülme süreci gibi), çevresel (sanayi bölgelerine, atık alanlara yakınlık, eksoz gazları salınımı, vb.) ve insani (tahripkar/vandalist veya turistik etkilerle) etkilerle olumsuz yönde yüklenmekte ani veya orta/uzun dönemli tuzlanma, çatlama, kopma, yapraklaşma, siyah tabakalanma, likenleşme gibi bozulmalara uğrayabilmektedirler. Uygulanan fiziksel testler ile (birim hacim ağırlığı ve gözeneklilik gibi) yapı malzemelerinin (özellikle taş/kayaç) özgün niteliklerini korudukları veya ne derece uzaklaştıklarını tespit etmek mümkün olabilmektedir.

#### **Birim hacim ağırlığı**

Temel fiziksel özelliklerden birim hacim ağırlık, gözeneklilik ve su emme kapasiteleri testleri RİLEM standartlarına göre yapılmıştır (RİLEM, 1980).

Buna analize göre etüvde örnekler 35°C de sabit tartıma getirilip dışardan aldığı nemden arındırıp tartılmıştır ( $m_{kuru}$ ). Daha sonra normal oda sıcaklığında 24 saat saf suda bekletilen örnekler yarım saat vakumda tutularak, suya doymuş ağırlıkları belirlenmiştir ( $m_{suda}$ ). Suyu doymuş örnekler su içinde tartılarak Arşimed ağırlıkları tespit edilmiştir ( $m_{arş}$ ). Bulunan değerler aşağıdaki eşitliklerde yerlerine konularak birim hacim ağırlığı, gözeneklilik ve su emme kapasitesi değerleri hesaplanmıştır.

Birim hacim ağırlık, kütle hacme oranı olup aşağıdaki formülle ifade edilmektedir (RILEM, 1980).

$$d = (m_{kuru}) / (m_{suda} - m_{arş})$$

Burada,

$d$  = birim hacim ağırlık ( $g/cm^3$ )

$m_{kuru}$  = kuru ağırlık (g)

$m_{suda}$  = suya doymuş ağırlık

$m_{arş}$  = su içindeki ağırlık (g)'dir.

### Gözeneklilik

Gözeneklilik (P) ise, kütle içinde bulunan boşlukları belirlemeye yarar ve hacimce yüzde olarak gösterilmektedir.

$$P (\% \text{ hacim}) = ((m_{suda} - m_{kuru}) / (m_{suda} - m_{arş})) \times 100$$

### Su emme kapasitesi

Atmosferik şartlar altında, açık gözenekleri aracılığıyla kılcal (kapiler) etkiden dolayı taş, harç, sıva, tuğla/kiremit gibi malzemelerde su emme katsayısının tayininin yapıldığı bir yöntemdir. Su etkisiyle kayacın donma/çözülme etkisi gibi tahribatlar malzemenin mukavemetini etkiler. Bundan dolayı kayacın su emme kapasitesi ve bünyesine giren suyun miktarı önemlidir (Alkan vd., 2011, s. 85).

Su emme oranı/kapasitesi (SEK), hacimce su emme oranı numunenin bünyesine absorbe edebildiği su hacminin numunenin boşlukları dahil tüm hacmine oranı olarak tanımlanır ve boşlukların alabileceği maksimum su miktarının tespiti için yapılmaktadır (TS 8615; Ulusay vd., 2011, s. 31).

$$SEK (\%) = ((m_{suda} - m_{kuru}) / m_{kuru} \times 100)$$

### Kayaç sertliği

Sertlik, mineralleri oluşturan elementlerin iç atomik dizilişleri ile ilgili fiziksel bir özelliktir. Kayaçlar için Mohs tarafından hazırlanan ve kayaçları referans alan sertlik cetveli aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3.2.** Mohs sertlik cetveli (Küçükkaya, 2004, s. 134)

1	Talk	Tırnak ile çizilir
2	Jips	
3	Kalsit	Cam ve çakı ile çizilir
4	Florit	
5	Apatit	
6	Ortoklaz	Camı çizer, çakı ile çizilir
7	Kuvars	Cam ve çeliği çizer
8	Topaz	
9	Korendon	
10	Elmas	Her şeyi çizer

Bir diğer sertlik ölçümü de Schmidt çekici ile yapılmaktadır. Bu test tek eksenli basma dayanımı değerlerinin tahmini için yaygın olarak kullanılmaktadır. Taşınabilir aletler kullanım kolaylığı ve standart kuralların uygulanması açısından bu alanda oldukça elverişli veriler sunmaktadırlar. Schmidt darbe çekici betonun tek eksenli basınç dayanımı ve kayaların sertliklerinin yaklaşık olarak belirlendiği tahribatsız bir deney metodudur. Schmidt çekici, kayaçların sertlik değerini belirlemek için kullanılmaktadır. Belirlenen sertlik değeri UCS tahmininde ve kayaçların sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Ancak bu yöntem çok yumuşak ve çok sert kayaçlarda uygulanamamaktadır. Tek eksenli basma dayanımı deneyinin uygulanmasındaki standart prosedür Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu (ASTM 1984) ve Uluslararası Kaya Mekaniği Topluluğu (ISRM 1981) tarafından belirtilmiştir.

Test sırasında çekicinin kaya üzerine daima dik pozisyonda olmasına dikkat edilmiştir. Testte, kayaç yüzeyinde 5 noktada vuruş yapılmış ortalama sertlik değerlerine ulaşılmıştır. Ölçümde dijital Proseq marka Schmidt Çekici kullanılmıştır (Ulusay vd., 2011, s. 41). Çekicinin ucu, deney yüzeyine düşey ve yatay düzlemde mutlaka dik konumda olacak şekilde yavaşça bastırılır ve çekicinin içindeki yaydan geri tepme sesi geldiği anda, çekicinin gövdesi üzerindeki göstergesabitlenme tuşuna basılarak geri sıçrama değeri çekicinin gövdesindeki göstergeden okunur. Taşlar için Schmidt sertlik değerleri; 0-10: Yumuşak, 10-20: Az Yumuşak, 21-40: Az Sert, 41-50: Sert, 51-60: Oldukça Sert, >60: Çok Sert kategoride sınıflandırılmaktadır.

Boğsak Adası'nın farklı bölgelerindeki mekanlara ait taş ve tuğla/kiremit örnekler üzerinde malzemelerin fiziksel durumları belirlemeye yönelik sertlik testi uygulanmıştır (Ulusay vd., 2011; ASTM, 1984). Standart fiziksel testleri yapabilmek için gereken örnek miktarı (5-10 cm<sup>3</sup>'lük standart örnekler; RILEM, 1980) standart uygulamalar açısından mümkün olmadığı için test uygulamaları, uygun olan taş ve tuğla/kiremit parçaları üzerinde gerçekleştirilmiştir.

### **3.2.2. Kimyasal analizler**

Yapı malzemelerinin kimyasal özelliklerini belirlemeye yönelik iletkenlik analizleri, agrega/bağlayıcı kompozisyonunu belirlemek için asidik analiz ve granülometrik elek analizleri uygulanmıştır. X-Işını Floresans analizi (PED-XRF) ve noktasal mikro XRF, İndüktif eşleşmiş plazma analizi (ICP), Konfokal Raman Spektroskopisi analizi, Petrografik ince kesit optik mikroskop analizleri kullanılarak malzemelerin özelliklerini belirlenmiştir.

#### İletkenlik analizi (Suda çözünen tuz testleri)

Yapıları oluşturan malzemelerin üzerinde yapılacak tuz testleri, yapıların fiziksel durumları hakkında bilgiler vermektedir. Çeşitli yapı malzemelerinin bünyesinde doğal olarak bulunan ya da suda çözünerek sonradan malzemelerin yüzeyine veya gözeneklerine kapiler etki sonucu su ile taşınan tuzlar, malzemenin hem kendi bünyesinde, hem de ilişkide buldukları diğer malzemelerin yapılarında

gerçekleşebilecek kimyasal değişimler hakkında bilgi sunmaktadır (Koralay, Duman, Kadioğlu ve Akyol, 2016, s. 8).

Örneklerin tuz içerikleri toplam tuz ölçümü tayini için; 25 ml su içerisine alınan 5 gram örnek, 1 saat santrifüjlenip süzildükten sonra üzerine standart sodyum hekzametafosfat eklenmiştir. Hazırlanan örneklerin toplam tuz içerikleri iletkenlik ölçer ile (Neukum Serie 3001 marka iletkenlik/pH/sıcaklık ölçer ile) kondaktometrik olarak kaydedilmiştir.

Boğsak Adası'na ait taş, tuğla/kiremit, toprak, harç ve su örneklerin bünyesinde (yüzeyinde veya gözeneklerinde) bulunan suda çözünen toplam tuz miktarı ortam pH değerleri nicel olarak belirlenmiş (Koralay vd., 2016, s. 8), (Black vd., 1965; Feigl, 1966, s. 58-104).

#### Agrega / Bağlayıcı kompozisyonu

Harç ve sıvaların içerisinde bulunan agrega ve bağlayıcıları belirlemek için asidik analizler uygulanırken tespit edilen agregaların boyutlarını belirlemek için de granülometrik elek analizi kullanılmaktadır.

#### *Asidik agrega/bağlayıcı analizi*

Kurutulmuş beherin 0,01 gram hassasiyetle darası alınır ve bu değer kaydedilir ( $W_0$ ). Daha sonra behere yaklaşık 20-25 gram örnek konarak tartım değeri alınır ( $W_1$ ) ve örnek 105°C'lik etüvde kurutulur. Kurutulmuş örnek desikatörde soğutulduktan sonra tekrar tartılarak ağırlığı ( $W_2$ ) kaydedilir.

Tartımlar bittikten sonra örneğin üzerine yaklaşık 25 ml %10'luk hidroklorik asit (HCl) konularak çeker ocak içinde bekletilmeye başlanır. Belirli zaman aralıklarıyla bagetle karıştırılıp üzerine HCl eklenmesine devam edilir ve bu işleme örnek asitle reaksiyon vermeyene kadar devam edilir. Deney sonunda üstteki çözelti saf su ile örnek nötralize edilmeye başlanır. Nötralizasyonun sonrasında beherde kalan örnek 105°C'de 4 saat kurutulur. Desikatörde soğutulan kuru örnek tartılarak  $W_3$  değeri belirlenir; % nem ve % asit kaybı hesaplanır. (Alkan vd., 2011, s. 57).

$$\% \text{ Kalan} = (W_3 - W_0 / W_1 - W_0) \times 100$$

$$\% \text{ Kayıp} = 100 - \% \text{ Kalan}$$

W<sub>0</sub>: Kuru beher ağırlığı

W<sub>1</sub>: W<sub>0</sub>+ Örnek

W<sub>3</sub>: W<sub>0</sub>+ Asit sonrası kalan kuru örnek

*Granülometrik elek analizi (Agregada tane boyutu dağılımı)*

Asit kaybı sonrası kalan örnek önce 105°C'de sabit tartıma kadar kurutulduktan sonra desikatörde soğutulur. Elek analizi, 1000 µm, 500 µm, 250 µm, 125 µm, 63 µm boyutlu elekler kullanılarak eleme yapılmaktadır (Alkan vd., 2011, s. 58).

Gravimetrik analiz (Kızdırma analizi)

Toz haline getirilmiş harç ve sıva örnekleri üzerinde artan sıcaklıklardaki ağırlık değişiminden yararlanarak yapılan kızdırma kaybı (kalsinasyon) analizi ile malzemedeki nem, molekül suyu, organik madde ve kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>) gibi maddelerin yüzde olarak miktarları belirlenmektedir (Alkan vd., 2011, s. 62).

Kurutulmuş porselen krozelerin darası (W<sub>d</sub>) alınarak içinde yaklaşık 1 gram toz koyulduktan sonra örnek tartılır ve tartım değeri (W<sub>0</sub>) kaydedilir.

Örnekler 105°C'deki etüvde dört saat bekletilir. Etüvden çıkarılarak desikatörde soğutulan krozeler tartılarak ağırlıkları (W<sub>1</sub>) tespit edilir, ölçülen ağırlık kaybı örneğin içerdiği nemden ileri gelmektedir.

Yüzde nemin hesaplanması

$$\% \text{ Nem} = (W_0 - W_1 / W_1 - W_d) \times 100$$

W<sub>d</sub>: Kuru krozenin ağırlığı

W<sub>0</sub>: W<sub>d</sub> + Örnek

W<sub>1</sub>: 105°C kurutulmuş örneğin ağırlığı

Bu işlemin ardından; örnekler 450°C'deki kül fırınında 3 saat tutulur. Desikatöre alınan örnekler soğuduktan sonra tartılır ve tartım sonuçları (W<sub>2</sub>) kaydedilir.

Örneğin içerdiği Molekül Suyu ve Organik Madde miktarının hesaplanması,

$$\% = (W_1 - W_2 / W_1 - W_d) \times 100$$

W<sub>d</sub>: Kuru krozenin ağırlığı

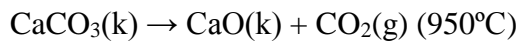
W<sub>1</sub>: 105°C kurutulmuş örneğin ağırlığı

W<sub>2</sub>: 450°C kurutulmuş örneğin ağırlığı

Örnekler; 950°C'deki kül fırınında 3 bekletilir. Soğuduktan sonra tartılarak (W<sub>3</sub>) sonuçlar kaydedilir.

Kızdırma kaybı analizi ile örnekteki nem; molekül suyu ve organik maddelerin miktarı, ayrıca örnekten ayrılan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) miktarı ve buna bağlı olarak kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>) miktarı belirlenir (Alkan vd., 2011, s. 62.).

Örneğin içerdiği CaCO<sub>3</sub> miktarının hesaplanması



950°C'de örneğin içerdiği kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>) ayrışarak yapısından gaz halinde karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ayrılır. Örneğin ağırlığındaki farktan yararlanarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>) miktarı belirlenir ve bu sonuçlardan ve reaksiyondaki bileşiklerin mol ağırlıklarından yararlanarak örnekteki (CaCO<sub>3</sub>) miktarı hesaplanabilir.

Örnekteki CaCO<sub>3</sub> miktarı yukarıdaki reaksiyona göre; mol ağırlıkları ve tartım değerleri kullanılarak aşağıdaki orantıyla hesaplanabilir:

$$\% \text{CaCO}_3 = ((W_0 - W_3) \times 100) / 44 / (W_0 - W_d) \times 100$$

CaCO<sub>3</sub> mol ağırlığı: 100 g.mol<sup>-1</sup>



CO<sub>2</sub> mol ağırlığı: 44 g. mol<sup>-1</sup>

Wd: Kuru krozenin ağırlığı, g

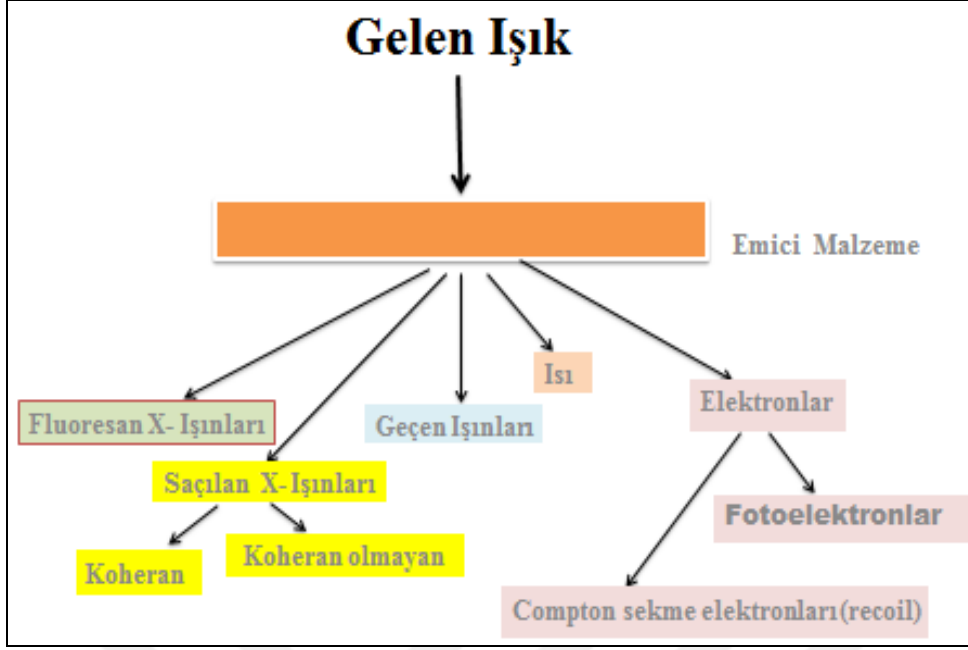
W<sub>0</sub>: Wd + Kuru örnek ağırlığı, g

W<sub>3</sub>: 950°C kurutulmuş örneğin ağırlığı

Bu analiz yöntemi ile örneğin içerdiği nemi miktarı 105°C sıcaklıkta, organik madde ile molekül suyun miktarı 450°C sıcaklıkta ve karbondioksit kaybindan yararlanılarak hesaplanan kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>) miktarı da 950°C sıcaklıkta tespit edilmektedir (Alkan ve diğ., 2011, s. 63).

#### X-Işını Floresans analizi (PED-XRF)

X-ray Floresans (XRF)'in, yani X-ray veya gamma ışınlarıyla bombardıman edilerek uyarılmış bir maddeden, karakteristik ikincil (floresans) X ışınlarının emisyon tekniğinin bir çeşididir. Bir spektroskopi çeşidi olarak bir örneğin araştırılması, bir maddenin yüklü parçacıklarla vurulması sonucunda yaydığı X ışınlarının analizine, kısacası, elektromanyetik radyasyon ve maddenin etkileşimlerine dayanır. Karakterizasyon kapasitesi, büyük çoğunlukla, her bileşenin kendine has bir atomik yapısı olduğu ve bu atomik yapılara özgü X ışınlarının birbirlerinden ayırt edilebildiği prensibiyle çalışılmaktadır (Alkan vd., 2011, s 77; Küçükaya, s. 141). Bir cisme gelen elektromanyetik dalga veya hareketli bir parçacık titreşimli dalgasal hareketle ilerlediğinden belli fiziksel koşullar yerine geldiğinde malzemenin bünyesine nüfus ederek farklı fiziksel olaylara (saçılma, ısı, elektron ve flüoresans X- Işınları ) neden olmaktadır ve bu olay aşağıdaki gibi özetlenebilir (Şekil. 3.1) (Erkmen, 2012, s. 63).



Şekil 3.1. Bir cisme gelen X ışınının malzeme ile etkileşim şeması (Erkmen, 2012, s. 63)

Yapılan bu çalışmada SPECTRO X-Lab 2000 marka spektrometre Polarize Energy Dispersive X-Işını (PEDX) sisteminde çalışmaktadır. Spektrometre kütüphanesine kayıtlı toplam 92 tür standartlar arasında jeoloji, maden, malzeme bilgisi ve yağ çözeltilerine ait özel standartlar da bulunmaktadır. X-Lab 2000 PEDX spektrometresi atom numarası 11 olan sodyumdan (Na), 92 olan uranyuma (U) kadar erişebilen elementleri analiz edebilme özelliğine sahiptir. Cihazın hassasiyet limiti, ağır elementlerde 0,5 ppm ve hafif elementlerde ise 10 ppm'e kadar ölçüm yapabilecek seviyededir. Örnek alımı toz, toz pelet, cam pelet, kayaç parçası ve çözelti alabilecek özelliktedir (Inal vd., 2009, s. 46; Zhan, 2005, s. 207).

Taş/kayaç, toprak/killer, harç ve siva örnekleri element içeriklerinin belirlenmesi X-Işını Floresans yöntemi (Polarized Energy Dispersive-PED-XRF) ile yapılmıştır. İncelemelerde SPECTRO X-Lab PEDX 2000 model spektrometre kullanılmıştır (Pollard ve Heron, 1996). PED-XRF analizi ile incelenen harç ve siva örneklerin bileşim özellikleri çimentolaşma indeksi (CI: Cementation Index) verileri ile değerlendirilmiştir (Şekil 3.4), (Boynton, 1980).

**Çizelge 3.3.** Harç örneklerde Cementation Index değerleri

<b>Kireç Türü</b>	<b>Cementation Index (CI)</b>
Yağlı Kireç-YK (Fat Lime)	<0,30
Zayıf Hidrolik Kireç-ZHK (Weakly Hydraulic Lime)	0,30 - 0,50
Ortalama Hidrolik Kireç-OHK (Moderately Hydraulic Lime)	0,51 - 0,70
Hidrolik Kireç-HK (Eminently Hydraulic Lime)	0,71 - 1,10
Doğal Çimento-DÇ (Natural Cement)	1,11-1,70
Doğal Çimento/Çimento-DÇ/Ç (Natural Cement/Cement)	1,70<

### X-Işını Floresans analizi (Noktasal Mikro-XRF)

X-Işını Floresans analizinin prensipleri optik yayılım spektrografisi prensipleriyle ilişkilidir. Ancak X-ışınları floresans yönteminde atomun uyarılması (yüksek ısı yerine) X-ışınları yoluyla olmaktadır. Elementlerde atom numaraları arttıkça sahip oldukları elektron miktarları dolayısıyla elektronların üzerinde hareket ettikleri yörünge sayıları da artar. Eğer herhangi bir atom, X-Işınları gibi yüksek enerjili bir radyasyonla uyarılırsa bu yüksek enerji girişi, yakın yörüngelerdeki elektronları daha yüksek enerji düzeyine çıkarır, uyarılan elektronlar ilk enerji düzeyine geri döndüklerinde kazanmış oldukları fazla enerjiyi X-Işınları şeklinde geri verirler. Bu ikincil X-ışınları yayılımına “floresans ışımaya” adı verilir. Bir elementin verdiği bu ışımaların dalga boyu o element için ayırt edicidir. Diğer bir deyişle bu ışımalar ilgili elementlerin parmak izi gibidir. Işımanın dalga boyunun saptanmasıyla elementin cinsi, saptanan bu ışının yoğunluğunun ölçülmesiyle elementin o madde içerisindeki derişimi belirlenebilmektedir (Inal vd., 2009, s. 46; Zhan, 2005, s. 207).

Analizlerde SPECTRO XLAB 2000 Model Mikro-XRF cihazı kullanılmıştır. Cihaz; mineral, kayaç veya herhangi bir katı, sıvı, toz, film numunelerde kimyasal analizlerin yapılmasında kullanılmaktadır. Mikroprosesör kontrollü olup, aynı anda çoklu element analizini birbiri ardına bir program süresince yapabilmektedir. Boğsak Adası’ndan örneklenen metal örneklerin (kenet, mih ve curuf) kimyasal bileşimine noktasal Mikro-XRF analizi ile ulaşılarak belgelenmiştir.

## İndüktif eşleşmiş plazma analizi (ICP)

Analizi yapılacak olan örnek öncelikle toz haline getirilir ve uygun çözücülerde çözülür. Çözünmüş numune, plazma adı verilen elektronların ve iyonların dengede bulunduğu gaz içerisinde buharlaştırılır. Plazma, içerisinde iyonların ve elektronların dengede bulunduğu ve elektriksel olarak iletken özelliğe sahip gaz karışımıdır. Plazma bir manyetik alanda etkileşir ve bu ICP lambasının esasını oluşturur. Kuvars tüpün içindeki argon gazı akımı, lambanın üst kısmındaki indüksiyon sargısının içinden geçer. Bu indüksiyon sargısına bir üreteçten 27 MHz'lik akım uygulanır. Bu yüksek frekanstaki akım sargıda bir manyetik akım oluşturur. Elde edilen indüksiyon akımlı argon gazı iyonize edilerek 10000 Kelvin dereceli plazma alevi oluşturur. Bu yüksek sıcaklıktaki plazma küreselliği bozularak dik eksenli uzamış ve üst kısmı konikleşmiş şekildedir. Bu şeklin eksen kısmına püskürtülen örnek şiddetle atomize olur ve atomları en etkin emisyonu verir. Hazırlanmış numune çözeltisi emici bir boru ile plazma alevinin merkezine atomize edilir. Çözelti içerisindeki element atomlarının dış yörünge elektronları plazma ısısının etkisiyle buldukları enerji düzeylerinden daha yukarı enerji düzeylerine çıkarlar. Elektronlar kendileri için kararsız olan bu enerji düzeylerinde fazla kalamazlar. Yaklaşık 10-15 saniye içerisinde tekrar temel enerji düzeylerine dönerler. ICP tekniğinin esası, uyarılmış olan bu atomların tekrar kendi enerji düzeylerine dönerken yaydıkları (emisyon) ışının analiz edilmesine dayanır. Her element için karakteristik dalga boyundaki bu ışınlar toplayıcı bir mercekten vakumlu spektrometre ünitesine girerler. Spektrometreye giren ışınlar elementleri karakterize eden dalga boylarına ayrılırlar. Kantitatif analizde temel prensip örneğin içerdiği element konsantrasyonları ile bu element atomları tarafından yayınlanan ışınların şiddetleri arasındaki bağlantıyı bilmektir. Bu bağlantı ICP'de fototüpünde oluşan sinyallerden gidilerek kurulur. Bu sinyaller bilgisayar ile sayısal bir değere dönüştürülür (Thomas, 2013, s. 1-7).

ICP kimyasal analizlerde oldukça hassas ve başarılı bir tekniktir. ICP kaynaklı spektrometreler su analizlerinden radyoaktif analizlere kadar çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Thomas, 2013, s. 1-7).

Elementlerin analizlerinde kullanılan ICP-OES cihazı (Spectro Genesis) kullanılmıştır. Spectro Genesis çözelti içerisinde bulunan elementlerin 175-777 nanometre spektrum aralığında bulunan bütün elementleri simultane olarak analiz edebilmektedir. Analiz edilen örnekler özel olarak oluşturulan metotlara göre kalibre edilmiş ve örnekler analiz edilmiştir.

### Konfokal Raman Spektroskopisi analizi

Raman Spektroskopisi elastikiyetsiz ışık saçılımı tekniğidir ve katıların, sıvıların ve gazların titreşimsel karakterlerini tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Sir Chandrasekhara Venkata Raman 1928 yılında güneş ışığını kaynak, teleskobu toplayıcı ve gözlerini de kaydedici olarak kullanarak Raman saçılımını keşfetmiştir Raman'ın bu buluşu sonrasında kendisine 1930 yılında Nobel Fizik Ödülü verilmiştir (Deniz, 2010, s. 61).

Raman spektroskopisi bir numunenin görünür bölge veya yakın-IR monokromatik ışıktan oluşan güçlü bir lazer kaynağıyla ışınlanmasıyla saçılan ışığın belirli bir açıdan ölçümüne dayanır. Raman deneylerinde monokromatik ışık huzmesi örneğin içine gönderilir. Moleküllerin şiddetli bir monokromatik ışın demeti ile etkileşmesi sırasında ışığın birçoğu molekülün içerisinden geçerken bir kısmı da saçılır. Işık saçılması sırasında saçılan ışığın büyük bir kısmının enerjisi madde ile etkileşen ışığın enerjisine eşit olur ve bu tür elastik saçılma olayına Rayleigh saçılması denir (Deniz, 2010, s. 63).

Konfokal Raman Spektroskopisi konfokal mikroskop ve hassas Raman spektrometresinin kombine edilmesiyle oluşan bir sistemdir. Bu sistemle yalnızca Raman spektrumları değil aynı zamanda çok hızlı bir şekilde Raman görüntüleri elde edilebilmektedir (Deniz, 2010, s. 66).

Konfokal Raman Spektrometresi ile nokta analizi, çizgi boyu analizi, haritalama ve şiddet analizi yapılabilmektedir. Nokta analizinde örneğin tek bir noktasının Raman spektrumu elde edilmekte olup ölçüm örneğin çok küçük bir kısmından ve oldukça kısa bir süre içerisinde (birkaç dakikada) yapılabilmektedir. Genellikle mineralojik tayinlerde nokta analizi uygulanmaktadır (Deniz, 2010, s. 67).

### 3.2.3. Petrografik İnce Kesit Optik Mikroskop Analizi

Petrografik analizler ile harç ve sıvaların bağlayıcı-agrega oranları, içerdikleri agregaların türleri ve özellikleri belirlenir, muhtemel kaynak alanları üzerine öneriler yapılabilir. Kayaçlarda ise mineral içeriği, dokusu varsa ayrışma, bozunma gibi durumları tespit edilir ve kayacın türü saptanır. Yapıda kullanılacak taş için önerilerde bulunulur (Alkan vd., 2011, s. 68).

Mikroskobik tanımlamada doku, bileşenler, mineraller ve tanecikler, matriks (hamur) hakkında tanımlamalar yapılmaktadır (Alkan vd., 2011, s. 70; Kerr 1977; Rapp, 2002).

Taş/kayaç, toprak/kiremit, harç ve sıva örneklerinin ince kesitleri hazırlanarak optik mikroskopta incelenmiştir (EK-1 Resim A9-A12). İnce kesitler; örneklerde dıştan içe doğru tüm tabakaları gösterecek şekilde doğrudan hazırlanmıştır. İncelemelerde LEICA Research Polarizan DMLP Model alt ve üstten aydınlatmalı optik mikroskop kullanılmıştır. Fotoğraflamalar mikroskoba bağlı *Leica DFC280* dijital kamerayla, değerlendirmeler de *Leica Qwin Digital Imaging Programı* kullanılarak yapılmıştır. Boğsak Adası yapılarına ait örneklerin petrografik incelemeleri için dıştan içe doğru tüm tabakaları gösterecek şekilde ince kesitleri; taş/kayaç, tuğla/kiremit, harç ve sıva örnekleri için hazırlanmıştır.

Analizler hakkında bilgi verildikten sonra analizlerin güvenilirlikleri hakkında bilgi verilmektedir. Buna göre harçlar heterojen karışımlardır. Ana ögeleri bağlayıcı, agrega ve sudur. Bağlayıcılar da kireç, alçı ve puzolanlardır. Yapılan petrografik analizler de göstermiştir ki harç ve sıvaların içerisinde çok farklı kayaçlar ve minerallerin yanı sıra tuğla kırığı, volkanik oluşumlar bulunmaktadır.

Harç ve sıvalar da içerisindeki bağlayıcı oranını belirlemeye yarayan asit analizinin dezavantajları vardır. Bu yöntem ile harç ve sıvı örneklerde HCl asit uygulanarak örnek içerisindeki kireçten arındırılır. Kalan örnek de agrega olarak kabul edilmektedir. Burada harç içerisindeki kireçtaşı, mermer gibi kalsit içeren agrega da asit ile kaybolmakta ve bu değer de bağlayıcı olarak kaydedilmektedir.

Asit testinde yaklaşık 15 gram örnek alınmaktadır. Gravimetrik analiz ise yaklaşık 1 gram örnek ile gerçekleştirilmektedir. PED-XRF analizi de toz haline getirilen 4 gram örnek üzerinden gerçekleştirilmektedir. Analiz için alınan parçanın tüm örneği yansıtması gerekmektedir. Burada alınan örnek parçası durumuna göre sonuçlar da değişecektir. Sonuçları değerlendirirken analizlerin eksik yönleri de göz ardı edilmemelidir.

Petrografik analizler incekesit üzerinden yapılmaktadır. İncekesit 2,75 x 7,5 cm boyutlarında lam üzerine yapılmaktadır. Burada da örnek hazırlanırken seçilen parçanın, örneğin bütünü yansıtmasına dikkat edilmelidir. Tarihi yapılardan örnekleme yapılırken analiz standartlarına göre numune almak sıkıntı iken örnek hazırlamada alınan parçanın da bütünü yansıtmasına önem verilmelidir.





## 4. BOĞSAK ADASI YERLEŞİMİ YAPI MALZEMELERİNDE ARKEOMETRİK ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

Çalışma kapsamında Boğsak Adası'nda gerçekleştirilen, arkeometrik analizler sonucu elde edilen bulgular aşağıda belirtilmektedir.

### 4.1. Taş/Kayaçlar

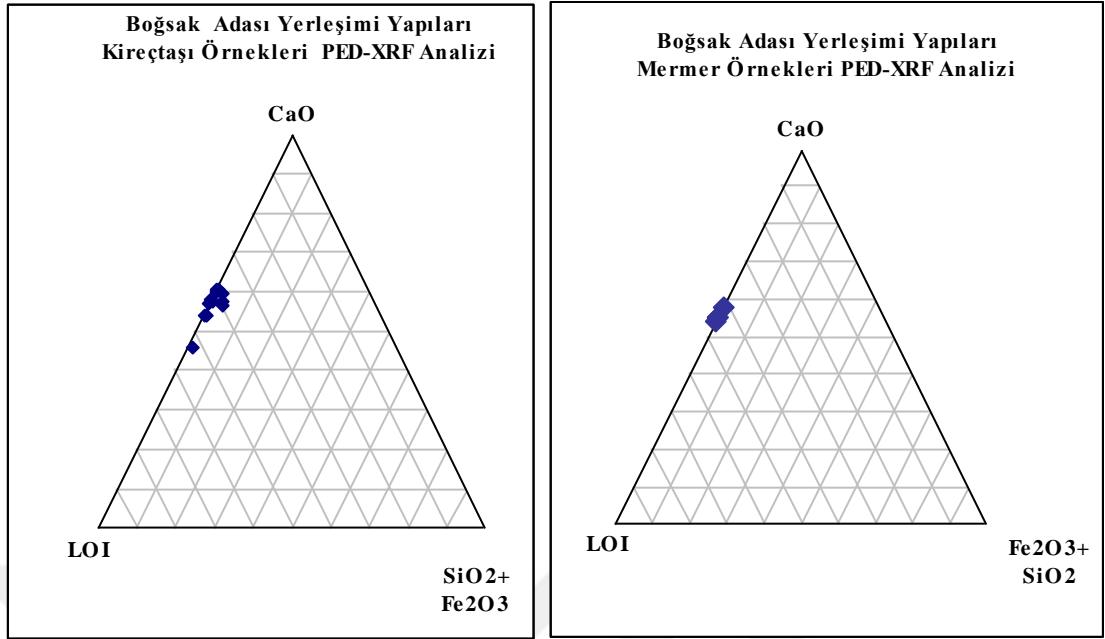
Yapı malzemesi olarak kullanılan taşlar ve taban döşeme olarak yapılan mozaiklerde kullanılan taş tesseralar incelenmiştir. Bu örneklerde arkeometrik analizler içerisinden temel fiziksel testlerden birim hacim ağırlık, gözeneklilik, su emme ve sertlik testleri; kimyasal analizlerden de iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri), X-Işını Floresans Analizi (PED-XRF) petrografik ince kesit optik mikroskop analizi uygulanmıştır.

Taş örnekler; doğal kayaç yapılarına ve ortam özelliklerine göre değişen fiziksel özelliklere sahiptirler. Boğsak Adası yerleşimi yapılarına ait taş örneklerin fiziksel özelliklerinden doymun/kuru birim hacim ağırlıkları tespit edilmiştir. Yapısal özellikleri ile düşük yoğunluklu ve yüksek gözenekli örnekler daha dayanımsız durumda olan örneklerdir. Buna göre taşların doymun birim hacim ağırlıkları (kayaç türünden bağımsız olarak) 2,26-2,97 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,64 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları ise 1,69-2,88 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,51 g/cm<sup>3</sup>) değişim göstermektedir (EK-2. Çizelge B14). Örnek seti içinde yerel formasyonu yansıtan ve en yoğun grubu oluşturan kireçtaşlarının doymun birim hacim ağırlıkları 2,26-2,76 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,63 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları ise 1,69-2,74 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,49 g/cm<sup>3</sup>) değişmektedir. Mermerlerde doymun birim hacim ağırlıkları 2,72-2,77 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,73 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları 2,66-2,71 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,69 g/cm<sup>3</sup>) değişmektedir. Diğer taş grupları içerisinde birim hacim ağırlıkları artan şekilde kumtaşı, sedimanter kuvarsit, bazalt ve diabaz olarak sıralanmaktadır (EK-2. Çizelge B14). Taşlar içerisinde en düşük birim hacim ağırlığına sahip örnekler MBA-T4 (kireçtaşı, duvar) ve MBA-T9 (kireçtaşı, merdivenli yol), en yüksek örnek de MBA-T12 (diabaz, Kilise VI) örneğidir. Boğsak Adası yerleşimi yapılarına ait 36 taş örneğin fiziksel özelliklerinden su emme kapasiteleri ve gözeneklilik verilerine de ulaşılmıştır. Buna

göre genel olarak taşların su emme kapasiteleri %0,01-16,95 değerleri arasında (ort. 2,46 g/cm<sup>3</sup>) değişmektedir (EK 2. Çizelge B14). Kireçtaşlarının su emme kapasiteleri %0,13-16,95 arasında (ort. %2,72), mermerlerde de %0,01-0,85 arasında (ort. %0,50) değişim göstermektedir (EK 2. Çizelge B14). Taşların toplam gözeneklilikleri %0,02-29,62 değerleri arasında (ort. 5,06 g/cm<sup>3</sup>) değişmektedir. Kireçtaşlarının toplam gözeneklilikleri %0,37-29,62 arasında (ort. %5,42), mermerlerde de %0,21-2,25 arasında (ort. %1,35) değişmektedir. Örnekler içinde MBA-T5 ve MBA-T9 kireçtaşı örnekleri ile MBA-T14 kumtaşı örneği, oldukça yüksek gözeneklilik verileri ile oldukça düşük dayanıma sahip örnekleri temsil etmektedirler.

Boğsak Adası yerleşimi yapılarından örneklenen ve analize uygunluk gösteren 13 taş örneğe Schmidt çekici taş sertliği testi uygulanmıştır. Bu örnekler 10 kireçtaşı, 2 mermer ve 1 kuvarsit kayaç türünde taşlardır. Arkeolojik eserlerde örnek alımının sınırlı olmasından dolayı standartın altında büyüklüğe sahip diğer örneklerde bu test uygulanamamıştır. Kayaç kökeni farklı taş örneklerin sertlikleri 21,2-30,8 arasında (ort. 25,3) değişim vermektedir. Kireçtaşlarının sertlikleri 21,2-29,6 arasında (ort. 24,44) değişmektedir. Mermerlerin sertlikleri 29,6-30,8 arasında (ort. 30,20) değişmektedir. Sertlik ölçümü sonuçları temel fiziksel testleri destekler niteliktedir. Test edilen örnekler içinde taş sertliği düşük örnekler kireçtaşları, en yüksek örnek de mermerdir (MBA-T6, Kilise V) (EK 2. Çizelge B14). Yapısal taş örneklerin düşük taş sertliğine sahip oluşu dayanım özelliklerinin de düşük olması anlamına gelmektedir.

Kimyasal analizlerden de X-Işını Floresans Analizi (PED-XRF) taş/kayaç ve taş tessera örneklerinin kimyasal içeriği uygulanan PED-XRF analizi ile belirlenerek benzer ya da farklı kimyasal içerikte oluşlarına göre köken benzerlikleri veya farklılıkları anlaşılmaya çalışılmıştır. Örneklerin PED-XRF analizi sonuçları, ince kesit optik mikroskop destekler niteliktedir. Taş/kayaç ve taş tessera örnekler ana element içerikleri (>%1) açısından ve (CaO – LOI – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+SiO<sub>2</sub>) değerlendirilmiştir (Şekil 4.1).



**Şekil 4.1.** Boğsak Adası yerleşimi yapıları kireçtaşı ve mermer örneklerinin PED-XRF analizi verileri üzerinden ana element içeriklerine göre gruplandırılması (Triangle Plotting)

Örnek seti içinde en yoğun grubu oluşturan kireçtaşlarının CaO içeriği %45,40-60,32 aralığında (ort. %56,65) değişmektedir. Diğer bir örnek grubunu oluşturan mermerlerin CaO içeriği %54,01-57,60 aralığında (ort. %55,37) veri sunmaktadır.

Boğsak Adası yerleşimi yapıları kireçtaşı ve mermer örneklerinin PED-XRF analizi verileri üzerinden ana element içeriklerine göre gruplandırılmıştır (Triangle Plotting) (Şekil 4.1).

Yapılan gruplamalar ile kireçtaşı (MBA-T30 dışında) ve mermer örneklerin ana element içeriklerinin benzerliği, örneklerin kayaç kaynaklarının da aynı olduğuna işaret eder niteliktedir. Kireçtaşı ana kaya örnekleri içinde MBA-T30 anakaya örneği diğer örneklerden daha yüksek SiO<sub>2</sub> içeriği ile farklılaşan kimyasal içeriğe sahiptir. Kireçtaşları içerisinde MBA-T13 (Kilise VI) ve mermerlerden MBA-T8 (Kilise V) örnekleri daha yüksek SiO<sub>2</sub> içermektedir. MBA-T13 (Kilise VI) örneği pembemsi renkli kireçtaşı örneğidir ve diğer kireçtaşlarından farklıdır (EK 2. Çizelge B15).

Petrografik ince kesit optik mikroskop analizlerine göre Boğsak Adası yerleşimi yapılarına ait 36 taş örnekleri örnek sedimanter (kireçtaşı ve kumtaşları), mağmatik (diabaz, bazalt, ojit andezit, serpantinleşmiş hajburzit ve granodiyorit) ve metomorfik

(mermer ve kuvarsit) kayaçlar olarak 3 ana gruba ayrılırken 9 farklı taş türü belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Sedimenter kayaçlar içinde yerel formasyonu oluşturan kireçtaşları da farklı alt türler (mikritik, biyomikritik, biyosparitik, rekristalize ve gösel kireçtaşları) içermektedir (Çizelge 4.1). Metamorfik kayaçlar da kendi içinde iki gruba mermer ve kuvarsit olarak ayrılmaktadır. Mağmatik kayaçlar ise kendi içinde derinlik kayacı granodiyorit, volkanik kayaçlar da olivin bazalt, skoria bazalt, ojit andezit ve damar kayacı diyabaz olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4.1. Boğsak Adası taş/kayaç örneklerinin petrografik özellikleri

Taş Grupları	Kayaç Türü	Sertlik (Mohs)	Açıklamalar
Taş Gr1a	Mikritik Kireçtaşı	2,5 - 3	Başlıca kalsit ve az oranda aragonit ile dolomit içeren yapıda yer yer karşılaşmalar görülüyor.
Taş Gr1b	Mikritik Kireçtaşı	2,5 - 3	Başlıca kalsit ve az oranda aragonit içeren yapıdaki mikro kırık/çatlaklarda rekristalize aragonit birikimi görülüyor.
Taş Gr1c	Biyomikritik Kireçtaşı	2,5 - 3	Başlıca kalsit ve az oranda aragonit ile fosiller yer alıyor.
Taş Gr1d	Rekristalize Kireçtaşı	2,5 - 3	Başlıca kalsit ve az oranda aragonit içeren, karşılaşma gösteren yapıda yer yer demiroksitler görülüyor.
Taş Gr1e	Rekristalize Kireçtaşı	2,5 - 3	Başlıca kalsit ve az oranda aragonit ile limonit içeren yapıdaki mikro kırık/çatlaklarda rekristalize kalsit birikimi görülüyor.
Taş Gr1f	Biyosparitik Kireçtaşı	2,5 - 3	Başlıca kalsit içeren yapıda fosiller ile az oranda aragonit, kuvars, opak mineraller yer alıyor.
Taş Gr1g	Biyosparitik Kireçtaşı	2,5 - 3	Başlıca kalsit içeren boşluklu (%5) ve karşılaşma gösteren yapıda yer yer demiroksitler görülüyor.
Taş Gr1h	Biyosparitik Kireçtaşı	2,5 - 3	Başlıca kalsit içeren yapıda fosiller yer alıyor.
Taş Gr1i	Sparitik Kireçtaşı	2,5 - 3	Başlıca kalsit içeren
Taş Gr1j	Gösel Kireçtaşı	2,5 - 3	Başlıca kalsit içeren boşluklu (%7) yapıyı rekristalize kalsitler doldurmuştur.
Taş Gr1k	Dolomitik Kireçtaşı	2,5 - 3	Başlıca kalsit yapıda kısmen dolomitler de yer alıyor
Taş Gr2a	Kumtaşı	4,5 - 5	Karbonat matriksli iri taneli yapıda kuvars, kalsit, piroksen, epidot ve fosiller yer alıyor.
Taş Gr2b	Kumtaşı	4,5 - 5	Karbonat matriksli ince taneli yapıda kuvars, kalsit, çört ve plajiyoklas mineral/kayaç parçaları yer alıyor.
Taş Gr3	Mermer	~3	Granoblastik dokulu yapı >0,7 mm tane boyutlu basınç ikizli kalsitlerden oluşuyor.
Taş Gr4	Diabaz	4,5 - 5	Ofitik dokulu yapıda plajiyoklas, labrador, piroksen tremolit ve aktinolit mineral/kayaç parçaları yer alıyor.
Taş Gr5a	Skoria Bazalt	6 - 6,5	Oldukça boşluklu (%25) yapıda plajiyoklas ve volkan camı parçaları yer alıyor.
Taş Gr5b	Olivin Bazalt	6,5 - 7	İntersertal dokulu yapıyı labrador ve olivin mineralleri oluşturuyor.
Taş Gr6	Granodiyorit	6 - 6,5	Holokristalin taneli dokulu yapıda oligoklas andezin, kuvars, ortoklas, biyotit ve amfiboller yer alıyor.
Taş Gr7	Sedimenter Kuvarsit	4,5 - 5	Tane dokulu yapıda kuvars ve aragonitler yer alıyor.
Taş Gr8	Serpantinleşmiş Hajburzit	4 - 5	Elek dokulu yapıda serpantinleşmiş olivin, piroksen, klinopiroksen, kromit ve magnetitler yer alıyor.
Taş Gr9	Ojit Andezit	6 - 6,5	Hiyalopilitik porfirik dokulu yapıyı oligoklas, andezin, biyotit ve amfiboller oluşturuyor.

Taş Gr1a: MBA-T1, MBA-T2, MBA-T3, MBA-T10, MBA-T11, MBA-T19, MBA-T31

Taş Gr1b: MBA-T30, MBA-Ts1

Taş Gr1c: MBA-T5  
Taş Gr1d: MBA-T4, MBA-T7, MBA-T32, MBA-T33  
Taş Gr1e: MBA-T21, MBA-T27, MBA-T29  
Taş Gr1f: MBA-T9  
Taş Gr1g: MBA-T13  
Taş Gr1h: MBA-T28  
Taş Gr1i: **MBA-Ts2**  
Taş Gr1j: MBA-T17, MBA-T22  
Taş Gr1k: MBA-T37  
Taş Gr2a: MBA-T14  
Taş Gr2b: MBA-T24  
Taş Gr3: MBA-T6, MBA-T8, MBA-T15, MBA-T18, MBA-T34  
Taş Gr4: MBA-T12  
Taş Gr5a: MBA-T16  
Taş Gr5b: MBA-T20  
Taş Gr6: MBA-T23  
Taş Gr7: MBA-T25, MBA-T26  
Taş Gr8: MBA-T35  
Taş Gr9: MBA-T36

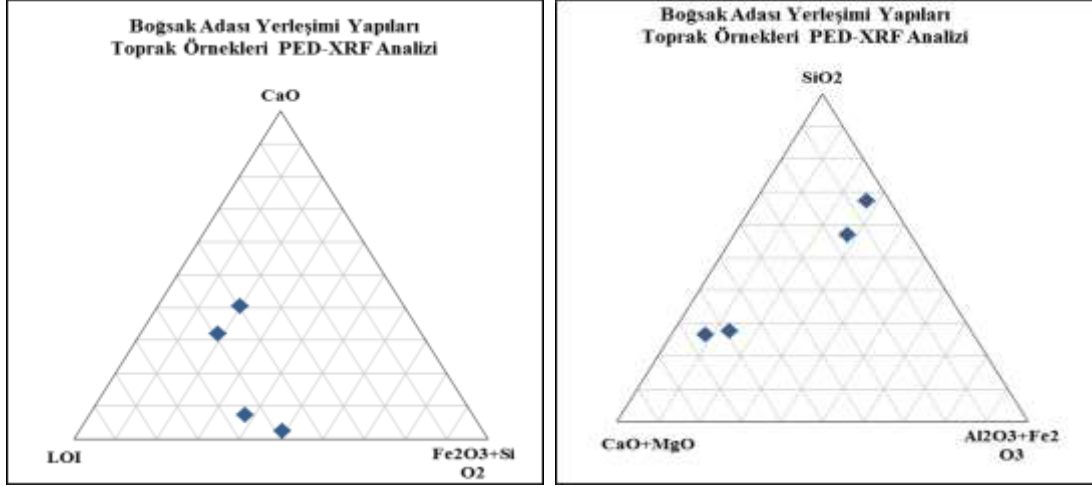
Boğsak Adası yerleşimi yapılarında taş örneklerde kimyasal analizlerden iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri) uygulanmış, sonuçlara ulaşılmıştır (EK-2. Çizelge B24-B25).

#### **4.2. Toprak/Killer**

Toprak/kil örneklerde kimyasal analizler iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri) ve X-Işını Floresans analizi (PED-XRF) analizleri uygulanmıştır.

X-Işını Floresans Analizi (PED-XRF) toprak/killer örneklerin kimyasal içeriği uygulanan PED-XRF analizi ile belirlenerek benzer ya da farklı kimyasal içerikte oluşlarına göre köken benzerlikleri veya farklılıkları anlaşılmaya çalışılmıştır. Örneklerin PED-XRF analizi sonuçları, ince kesit optik mikroskop destekler niteliktedir (EK-2. Çizelge B16). Toprak/kil örnekler ana element içerikleri (>%1) açısından (CaO – LOI – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+SiO<sub>2</sub>) değerlendirilmiştir (Şekil 4.2).

Toprak örneklerde ana elementlerden MgO değerleri %0,935-3,020 arasında (ortalama %1,54) değerlerinde ve MBA-D4 örneği %3,02 değeri ile ortalama üzerindedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerleri %2,92-9,49 arasında (ortalama %6,26) değerindedir. Buna göre MBA-D4 örneğini en düşük %2,92 değer iken MBA-D1 örneği en yüksek değere %9,49 sahiptir.



**Şekil 4.2.** Boğsak Adası yerleşimi yapıları toprak örneklerinin PED-XRF analizi verileri üzerinden ana element içeriklerine göre gruplandırılması (Triangle Plotting)

Toprak örneklerde SiO<sub>2</sub> değerleri %14,53-37,04 arasında (ort. % 23,65) değerlerindedir. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerleri %1,87-5,36 arasında (ort. % 3,82) değerlerine sahiptir. CaO değerleri ise %2,13-34,49 arasında (ort. % 18,17) değerlerine ulaşmıştır.

Toprak örneklerin Cl değerine bakıldığında %0,03-1,68 arasında (ortalama % 0,468) değere sahipken MBA-D4 örneği %1,68 değeri ile ortalamanın yaklaşık 4 katı üzerindedir. Diğer 3 örneğin ortalama değeri %0,065 ve MBA-D4 örneğinin değeri de bu üç örneğin ortalamasının yaklaşık 12 katı üzerinde değere sahiptir. SO<sub>3</sub> değerleri ise %0,358-4,61 arasında (ort. % 1,44) değere sahipken MBA-D4 örneğinin SO<sub>3</sub> değeri ortalamanın yaklaşık 4 katı fazlasıdır. Diğer üç örneğin ortalama değeri %0,37 ve MBA-D4 örneği bu üç örneğin ortalamasının yaklaşık 25 katına sahiptir ve MBA-D4 örneği hem Cl hem de SO<sub>3</sub> değerleri ile diğer üç toprak örneğinden farklıdır.

Günümüzde Silifke'de yapı malzemelerinden dere kumu Göksu Nehri'nin yatağından sağlanmaktadır. Bu yataktan alınmış kum analiz edilmiş ve petrografik olarak incelenmiştir. Bu nehir yatağından alınan toprak kum ve çakıl boyutunda olup çakıl boyutunda olan örnekler de ayrıca incelemiştir (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2.** Boğsak Adası çevresi Göksu Nehri yatağından toprak örneklerinin petrografik özellikleri

Örnekler	Kayaç Türü	Açıklamalar
MBG-D1	Serpantinit Tozu	%80 serpantinit tozu %20 kireçtaşı ve kumtaşı
MBG-D1a	Zeolitleşmiş Tüf	Hiyaloklastik dokulu, plajoklaz, kuvars ve zeolit
MBG-D1b	Olivin Gabro	Holokristalin tanesel dokulu, Olivin, bitovnit, piroksen, labrador mineralleri

### 4.3. Kaynak Suları

Kimyasal analizler iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri) indüktif eşleşmiş plazma analizi (ICP) analizleri yapılmıştır.

Boğsak Adası yerleşimi çevresindeki kaynak sularından alınan iki örnekte kimyasal analizlerden de iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri) uygulanmış ve sonuçlara ulaşılmıştır. Analiz sonunda MBA-W1 örneğinin pH'ı 8,00, MBA-W2'nin de 7,5 değerine sahiptir (EK-2. Çizelge B.24).

Su kaynağı örneklerinde yapılan indüktif eşleşmiş plazma analizi (ICP) ile aşağıda belirtilen kimyasal verilere ulaşılmıştır (Çizelge 4.3). MBA-W1 su örneği magnezyum (Mg) ve sodyumca (Na) daha yüksek değerlere sahiptir. Ayrıca bu örnek yüksek bor (B) içermektedir.

**Çizelge 4.3.** Kaynak suyu örneklerinin kimyasal bileşimi (ICP)

Element	MBA-W1	MBA-W2
<b>B</b>	1,59	0,059
<b>Be</b>	0,002	0,002
<b>Bi</b>	0,078	0,051
<b>Ca</b>	<b>159,66</b>	<b>136,20</b>
<b>Cu</b>	0,023	0,040
<b>Dy</b>	0,023	0,004
<b>Fe</b>	0,002	-
<b>Ga</b>	0,029	0,009
<b>Gd</b>	0,037	0,007
<b>K</b>	156,60	11,28
<b>Mg</b>	<b>2998,71</b>	25,571
<b>Na</b>	<b>96,77</b>	<b>56,38</b>
<b>Nd</b>	0,089	0,097
<b>Ni</b>	0,027	0,039
<b>Pb</b>	0,141	0,054
<b>Sc</b>	0,047	0,055
<b>Se</b>	0,112	0,101
<b>Sm</b>	0,397	0,445
<b>Sr</b>	<b>3,62</b>	0,019
<b>Tl</b>	0,053	0,008
<b>Y</b>	0,024	0,009

#### 4.4. Tuğla/Kiremitler

Tuğla/kiremit örneklerde arkeometrik analizlerden temel fiziksel testlerden hacim ağırlık, gözeneklilik, su emme ve sertlik testleri; kimyasal analizlerden de iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri), X-Işını Floresans Analizi (PED-XRF) petrografik ince kesit optik mikroskop ve renk analizi uygulanmıştır.

Belgeleme çalışmasında tuğla/kiremit örneklerinin renkleri de tespit edilmiştir. Tuğla/kiremit örneklerde renk çalışması yapılmış görsel tespit yapıldıktan sonra portatif renk ölçer (Color QA Pro System III programı içeren) kullanılarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4);



Çizelge 4.4. Boğsak Adası tuğla /kiremit örneklerinin renk ölçüm değerleri

Örnek Kodu	L	a	b
MBA-B1	25,28	9,22	22,34
MBA-B2	36,39	-2,95	21,94
MBA-B3	26,70	18,41	23,96
MBA-B4	29,48	-0,88	18,88
MBA-B5	26,20	11,07	19,92
MBA-B6	42,95	3,95	25,03
MBA-B7	24,00	14,24	23,38
MBA-B8	27,87	13,66	22,20
MBA-B9	31,40	11,90	26,61
MBA-B10	23,52	15,71	21,01
MBA-B11	25,54	10,74	13,22
MBA-B12	38,05	2,64	23,74
MBA-B13	41,69	-0,63	11,83
MBA-B14	25,19	21,75	24,65
MBA-B15	26,01	10,32	21,50
MBA-B16	39,95	-0,16	24,39
MBA-B17	21,61	14,08	19,74
MBA-B18	36,70	-1,43	21,82
MBA-B19	13,70	-0,85	7,91
MBA-B20	45,62	3,09	25,69
MBA-B21	36,75	9,49	23,43
MBA-B24	26,25	9,75	18,05
MBA-B25	39,73	14,76	17,41
MBA-B26	26,53	5,99	12,51

Tuğla/kiremit örnekleri, pişme sıcaklığı, içerisindeki kil çeşidi ve yapım teknikleri özelliklerine göre değişen fiziksel özelliklere sahiptirler. Boğsak Adası yerleşimi yapılara ait, fiziksel testlere imkân veren seçilmiş 24 tuğla/kiremit örneğinin doymun/kuru birim hacim ağırlıkları tespit edilmiştir. Yapısal özellikleri ile düşük yoğunluklu ve yüksek gözenekli örnekler daha dayanımsız durumda olan örneklerdir. Buna göre tuğla/kiremit doymun birim hacim ağırlıkları (tuğla/kiremit türünden bağımsız olarak) 2,25-2,75 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,46 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları ise 1,48-2,18 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 1,78 g/cm<sup>3</sup>), değişim göstermektedir (Çizelge 4.5). Örnek seti içinde en yoğun grubu oluşturan kiremitlerin doymun birim hacim ağırlıkları 2,35-2,75 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,48 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları ise 1,48-2,00 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 1,80 g/cm<sup>3</sup>) değişmektedir. Tuğlalarda doymun birim hacim ağırlıkları 2,25-2,48 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,39 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları 1,55-2,18 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 1,76 g/cm<sup>3</sup>) değişmektedir. Tuğla/kiremit örnekler içerisinde en düşük birim hacim ağırlığına sahip örnekler MBA-B6, en yüksek örnek de MBA-B19 örneğidir (Çizelge 4.5).

Boğsak Adası yapılara ait 24 tuğla/kiremit fiziksel özelliklerinden su emme kapasiteleri ve gözeneklilik verilerine de ulaşılmıştır. Buna göre genel olarak tuğla/kiremit su emme kapasiteleri (tuğla/kiremit türünden bağımsız olarak) %1,42-25,08 arasında (ort. %15,73) değişmektedir (Çizelge 4.5). Kiremitlerin su emme kapasiteleri %8,65-25,08 arasında (ort. %15,65), tuğlaların su emme kapasiteleri %14,85-23,22 arasındaki (ort. %15,62) değerlere sahiptirler. Kiremit örneklerde su emme kapasitesi en düşük olan örnek MBA-B11 iken en yüksek MBA-B6, tuğla örneklerde en yüksek su emme kapasitesine sahip örnek MBA-B8 iken, en yüksek su emme kapasitesi MBA-B26 örneğinde görülmektedir. Buna göre genel olarak tuğla/kiremit örneklerde gözeneklilik değerleri (tuğla/kiremit türünden bağımsız olarak) %3,10-37,10 arasında (ort. %27,37) değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.5). Kiremitlerin gözeneklilikleri %16,98-37,10 arasında (ort. %27,64), tuğlalar da %26,80-36-45 arasında (ort. %26,04) gözeneklilik değerlerine sahiptir. Kiremit örneklerde gözeneklilik en düşük olan örnek MBA-B11 iken en yüksek örnek MBA-B6, tuğla örneklerde en düşük gözenekliliğe sahip örnek MBA-B25 iken en yüksek gözeneklilik MBA-B26 örneğinde görülmektedir (Çizelge 4.5).

Boğsak Adası yerleşimi yapılardan örneklenen ve analize uygunluk gösteren tuğla/kiremit örneklere Schmidt çekici taş sertliği testi uygulanmıştır (Çizelge 4.5). Test edilen 6 örneğin 3'ü kiremit, diğer 3'ü de tuğladır. Tuğla/kiremit örneklerde Schmidt çekici taş sertliği (tuğla/kiremit türünden bağımsız olarak) 20,8-25,4 değerleri arasında (ort. 23,8) değişmektedir (Çizelge 4.5). Kiremit örneklerde sertlik değerleri 23,4-25,4 arasında (ort. 24,5), tuğla örneklerin sertlik değerleri de 20,8-24,8 arasında (ort. 23,1) tespit edilmiştir.

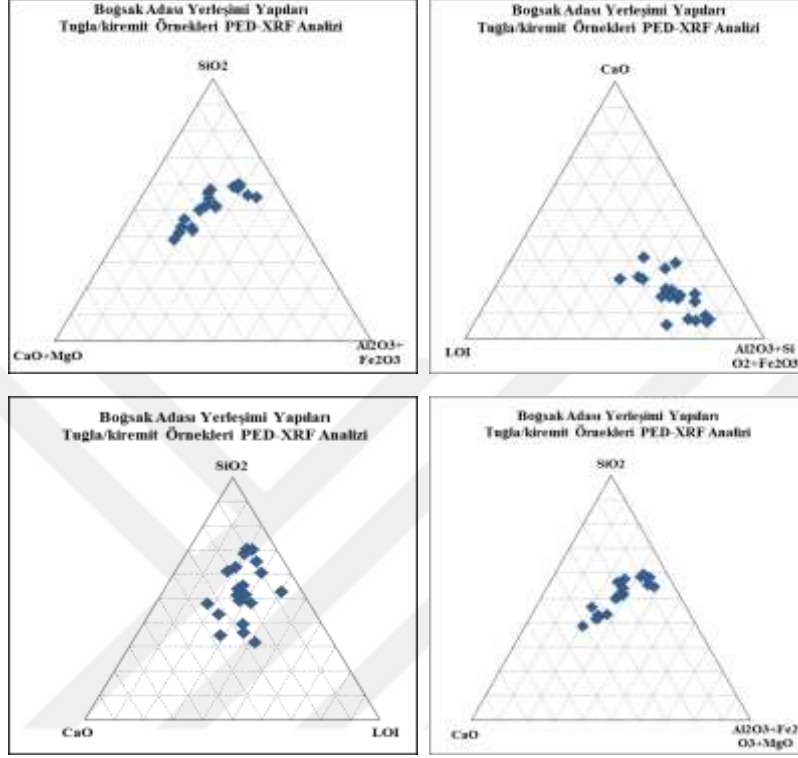
**Çizelge 4.5.** Boğsak Adası tuğla /kiremit örneklerinin su emme kapasiteleri ve gözeneklilik verileri

Örnekler	BHA-Doygun (g/cm <sup>3</sup> )	BHA-Kuru (g/cm <sup>3</sup> )	SEK (%)	P (%)	SH	Tür
MBA-B1	2,47	1,84	13,72	25,31		Kiremit
MBA-B2	2,51	1,78	16,51	29,34		
MBA-B3	2,75	1,92	15,84	30,37		
MBA-B4	2,46	1,69	18,52	31,32		
MBA-B5	2,47	1,75	16,73	29,21		
MBA-B6	2,35	1,48	25,08	37,10		
MBA-B7	2,44	1,74	16,52	28,69		
MBA-B8	2,47	1,81	14,85	26,86		
MBA-B9	2,41	1,55	23,10	35,77		
MBA-B10	2,45	1,81	14,36	26,01		Kiremit
MBA-B11	2,36	1,96	8,65	16,98		
MBA-B12	2,54	1,60	22,99	36,87	23,4	
MBA-B13	2,56	2,00	10,98	21,93	25,4	
MBA-B14	2,54	1,90	13,39	25,40		
MBA-B15	2,40	1,82	13,20	24,09	24,8	
MBA-B16	2,46	1,82	14,28	25,97		
MBA-B17	2,50	1,72	18,27	31,39		
MBA-B18	2,39	1,80	13,78	24,81		
MBA-B19	2,25	2,18	1,42	3,10		Tuğla
MBA-B20	2,48	1,81	15,10	27,27	23,8	Kiremit
MBA-B21	2,55	1,91	13,20	25,18		
MBA-B25	2,28	1,67	16,05	26,80	20,8	Tuğla
MBA-B26	2,47	1,57	23,22	36,45	24,8	
Genel Ort.	2,46	1,78	15,73	27,37	23,8	<b>Ortalama</b>
<b>Ort. Kiremit</b>	2,48	1,80	15,65	27,64	24,5	<b>Ort Kiremit</b>
<b>Ort. Tuğla</b>	2,39	1,76	15,62	26,04	23,1	<b>Ort Tuğla</b>

Boğsak Adası yerleşimi yapıları tuğla/kiremit örneklerinde kimyasal analizlerden iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri) uygulanmış ve sonuçlara ulaşılmıştır (EK-2. Çizelge B25).

X-Işını Floresans Analizi (PED-XRF) tuğla/kiremit örneklerin kimyasal içeriği uygulanan PED-XRF analizi ile belirlenerek benzer ya da farklı kimyasal içerikte oluşlarına göre köken benzerlikleri veya farklılıkları anlaşılmaya çalışılmıştır.

Örneklerin PED-XRF analizi sonuçları, ince kesit optik mikroskop destekler niteliktedir. Tuğla/kiremit örnekler ana element içerikleri (>%1) açısından (CaO – LOI – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+SiO<sub>2</sub>) değerlendirilmiştir (Şekil 4.3) (EK-2. Çizelge B17).



Şekil 4.3. Boğsak Adası yerleşimi yapıları tuğla/kiremit örneklerinin PED-XRF analizi verileri üzerinden ana element içeriklerine göre gruplandırılması (Triangle Plotting)

Tuğla/kiremit örneklerinde (tuğla/kiremit türünden bağımsız olarak) CaO içeriği %4,91-30,06 aralığında (ort. %15,59) değişmektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %6,39-21,26 aralığında (ort. %11,96), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %3,88-7,69 aralığında (ort. %6,33 ve SiO<sub>2</sub> %25,99-48,88 aralığında (ort. %39,75) değişmektedir.

Kiremitlerde CaO içeriği %4,91-30,06 aralığında (ort. %14,61) değişmektedir. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %3,88-7,56 aralığında (ort. %6,44) ve SiO<sub>2</sub> %25,99-48,88 aralığında (ort. %39,90) değişmektedir.

Tuğlalarda ise CaO içeriği %5,5-30,06 aralığında (ort. %18,34) değişmektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %9,88-15,58 aralığında (ort. %12,26), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %3,88-7,69 aralığında (ort. %6,62) ve SiO<sub>2</sub> %28,47-46,64 aralığında (ort. %39,35) değişmektedir (Şekil.4.3).

Tuğla/kiremit örneklerinde PED-XRF değerlerine göre elde edilen Triangle Plotting (Şekil.4.3) yöntemi ile yapılan sınıflamada Ca+Mg değerleri 0-10 aralığında olan örnekler 3 gruba ayrılmakta ve bu örneklerde içerisinde  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$  değerlerine göre farklılık göstermektedir. MBA-B3, MBA-B5, MBA-B9, MBA-B10, MBA-B11, MBA-B14 ve MBA-B17 bu gruba aittir. Bu örneklerden MBA-B5 silisçe zengin, MBA-B11 ve MBA-B17 örnekleri de aliminyum ve demirce zengin olup diğer örneklerden ayrılmaktadır.

Tuğla/kiremit örneklerinde PED-XRF değerlerine göre elde edilen Triangle Plotting yöntemi ile yapılan sınıflamada (Şekil. 4.3) ikinci grup Ca+Mg değerleri 15-25 aralığında olan örnekler olup bunlar  $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$  değerleri benzer silisçe zengin olan MBA-B18 örneğidir. Bu grup MBA-B1, MBA-B2, MBA-B8, MBA-B12, MBA-B15, MBA-B16, MBA-B18, MBA-B19 ve MBA-B20'dir.

Tuğla/kiremit örneklerinde PED-XRF değerlerine göre elde edilen Triangle Plotting yöntemi ile yapılan sınıflamada (Şekil 4.3) üçüncü grup Ca+Mg değerleri 30-40 aralığında olan örnekler olup bunlar kendi içerisinde silis değeri çok az fark içerenler vardır. Bu grup MBA-B6, MBA-B7, MBA-B13, MBA-B21 ve MBA-B25'dir. Dördüncü grup Ca+Mg 40-50 arasında olan örnekler de MBA-B26'dir (Şekil 4.3).

Tuğla/kiremit örneklerinde petrografik ince kesit optik mikroskop analizlerine göre 24 örnek 14 gruba ayrılmıştır (Çizelge 4.6 ). 24 örnekte, agregayı oluşturan kaya parçaları içerisinde tuğla kırıkları ve organik katkılar tespit edilmiştir. Buna göre agregayı oluşturan kaya parçaları magmatik kayalar (damar), metamorfik ve sedimanter (karbonat ve kırıntılı) kayaç parçaları olarak sınıflandırılmıştır. Damar diyabaz, sedimanter karbonat kireçtaşı ve kırıntılı çört, metamorfik kayaç parçası da kuvarsittir. Mineraller ise kuvars, plajoklaz, biyotit, piroksen, serpantin, klorit, kalsit ve opak mineraller olarak ayrılmaktadır (Çizelge 4.6).

Petrografik analizlerde hamur dokusuna göre yaklaşık pişme derecesi, hamurun kaynaşması ve gözenekliliği ile hamur içerisinde kil ve agrega oranları belirlemek mümkündür (Çizelge 4.6). Düşük sıcaklıkta (700-900°C'de) pişirime uğramış gözenekli (%4-15) yapıdaki tuğla/kiremit örnekler mineral ve kayaç türü yönünden zengin (matriksin %7-38'i oranında) içeriklidir. Ayrıca tuğla örneklerin bir kısmında

(Seramik Gr1, Gr4, Gr6, Gr7 ve Gr9) agrega yapısında toplam agreganın %1,5-2,5'i arasında değişen oranlarda tuğla kırığı parçaları da belirlenmiştir.

**Çizelge 4.6.** Boğsak Adası tuğla/kiremit örneklerinin petrografik özellikleri

Tuğla Grupları	T (°C)	P (%)	MTA (%)	Kayaç ve Mineraller*	Açıklamalar
Tuğla Gr1	800-850	10	38	Q,Pl,K,TK(%1,5)	-
Tuğla Gr2	800-850	15	15	Q,Pl,K,C,By	Boşluklarda karbonat birikimi bulunuyor.
Tuğla Gr3	900-950	4	7	Q,Pl,Ç,D,Op	Çarkta yapım nedeniyle agregalarda yönlendirme görülüyor.
Tuğla Gr4	750-800	12	22	Q,Pl,K,TK(%2,5)	-
Tuğla Gr5	800-850	5	12	Q,Pl,F	-
Tuğla Gr6	750-800	5	10	Q,Pl,K,Ç,Qs,TK(%1,5)	-
Tuğla Gr7	850-900	10	25	Q,Pl,Ç,TK(%2)	Yapıda heterojen pişirim görülüyor.
Tuğla Gr8	850-900	10	20	Q,Pl,By,Qs,Py,Op	-
Tuğla Gr9	800-850	7	12	Q,K,Ç,Qs,TK (%1,5)	-
Tuğla Gr10	800-850	10	8	Q,By,Ç	Çarkta yapım nedeniyle agregalarda yönlendirme görülüyor. Boşluklarda karbonat birikimi bulunuyor.
Tuğla Gr11	750-800	15	10	Q,Pl,Cl	-
Tuğla Gr12	850-900	10	25	Q,Pl,S,F	-
Tuğla Gr13	700-750	4	28	Q, Pl, Py,Ov,K,Kt, Op	-
Tuğla Gr14	750-800	5	35	Q, Pl, Ki,Kt,Sl, Ç, Op	-

(\*) By: Biyotit, C: Kalsit, Cl: Klorit, Ç: Çört, D: Diyabaz, F: Fosil, K: Kireçtaşı, Kilitaşı, Kt: Kumtaşı Op: Opak Mineraller, Ov: Olivin, Pl: Plajiyoklas, Py: Piroksen, Q: Kuvars, Qs: Kuvarsit, S: Serpantinit, Sl: Silttaşı, TK: Tuğla Kırığı Parçaları

Tuğla Gr1: MBA-B1, MBA-B7, MBA-B9, MBA-B13, MBA-B15

Tuğla Gr2: MBA-B2

Tuğla Gr3: MBA-B3, MBA-B10, MBA-B14

Tuğla Gr4: MBA-B4, MBA-B6, MBA-B20

Tuğla Gr5: MBA-B5

Tuğla Gr6: MBA-B8, MBA-B16

Tuğla Gr7: MBA-B11

Tuğla Gr8: MBA-B12

Tuğla Gr9: MBA-B17

Tuğla Gr10: MBA-B18

Tuğla Gr11: MBA-B19

Tuğla Gr12: MBA-B21

Tuğla Gr13: MBA-B24

Tuğla Gr14: MBA-B25, MBA-B26

Tuğla/kiremit örneklerinin hamurlarında kil ile birlikte kayaç parçalarının yanı sıra tuğla kırıkları da eklenmiştir. Tuğla kırığı; MBA-B1 (Sarnıç) MBA-B8 (Sarnıç), MBA-B16 (Duvar), MBA-B17 (Duvar, %1,5), MBA-B4 (Yapı), MBA-B6 (Kilise V), MBA-B20 (Sarnıç ST024, %2,5) ve MBA-B11 (%2) örneklerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Petrografik inceleme sonunda tuğla/kiremit örneklerinin (MBA-B2 ve MBA-B18'de) matriks boşluklarında daha sonradan oluşan ikincil (rekristalize) karbonat oluşumu görülmüştür. Ayrıca MBA-B3, MBA-B10, MBA-B14 ve MBA-B18 çarkta şekillendirilmeden kaynaklı agregalarda yönlendirme görülmektedir. MBA-B11'de heterojen pişirim fark edilmektedir. Ayrıca MBA-B5 ve MBA-B21'de fosil tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Tuğla/kiremit örneklerinin içerisindeki kaya parçaları ve minerallere göre değerlendirilecek olunursa, MBA-B3 (Sarnıç), MBA-B10 (Duvar) ve MBA-B14 (Konut ST002) örnekleri magmatik derinlik kayalarından diyabaz ve sedimanter kaya parçası çört içermektedir. MBA-B8, MBA-B12, MBA-B16 ve MBA-B17 metamorfik kayalardan kuvarsit, MBA-B3, MBA-B8, MBA-B10, MBA-B11, MBA-B14, MBA-B16, MBA-B17 ve MBA-B18 örneklerinde sedimanter kaya parçası çört parçaları belirlenmiştir. MBA-B21 örneğinde (Sur ?) ise serpantinitle görülmektedir (Çizelge 4.6).

#### **4.5. Harçlar**

Harç örneklerinde arkeometrik analizler kimyasal analizler, iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri), asidik agrega/bağlayıcı analizi granülo-metrik elek analizi (agregada tane boyutu dağılımı) gravimetrik analiz (kızdırma analizi) X-Işını Floresans analizi (PED-XRF) analizi, Konfokal Raman Spektroskopisi analizi ve petrografik ince kesit optik mikroskop analizleri uygulanmıştır. Analiz yapılan harç örnekleri mimari plan çizimlerine işlenmiştir (EK-1. Resim A4).

Boğsak Adası yerleşimi yapıları harç örneklerinde kimyasal analizlerden iletkenlik analizi (suda çözünen tuz testleri) uygulanmış ve sonuçlara ulaşılmıştır (EK-2. Çizelge B24).

Boğsak Adası'na ait yapılardan alınan harç örnekler asidik işleminden geçirilmiştir. Analiz sonrasında elde edilen agregalar değerlendirilerek örneklerin toplam agrega / toplam bağlayıcı (%TA / %TB) oranlarına ulaşılmıştır (EK-1. Resim A13) (EK-2. Çizelge B21).

Harç örneklerde asidik işlem sonunda elde edilen verilere göre toplam bağlayıcı oranı (%TB) %45,70- 88,92 arasında (ort. %75,56) tespit edilirken, toplam agrega oranı da (%TA) %11,08 54,30 arasında (ort. %24,44) olarak tespit edilmiştir (EK-2. Çizelge 21).

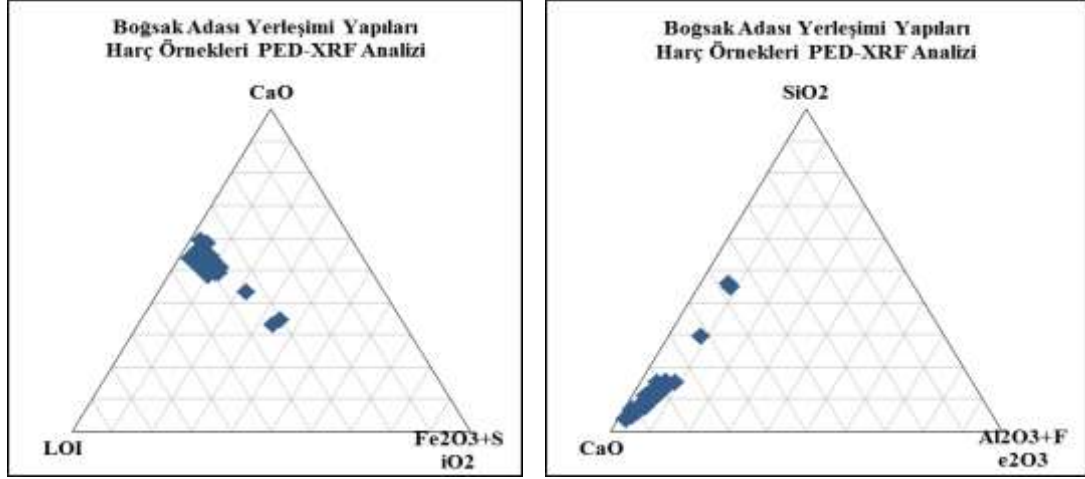
Harç örneklerin asidik agrega/bağlayıcı analizinden sonra elde edilen agregaları üzerinde yapılan sistematik elemeler sonucunda (63-1000 µm arasındaki elekler kullanılmıştır) agrega tanecik dağılımı oranlarına ulaşılmıştır (EK-2. Çizelge 21), (EK-3. Şekil C3).

Gravimetrik analiz (kızdırma analizi) ısıtma ile ağırlık kaybı analizi toplam organik karbon ve karbonat ile bağlı su miktarını vermiştir (EK 2. Çizelge B22). Bu durumu destekler nitelikte; harçlarda bağlı su oranı % 0,04-24,29 arasında (ort. %3,25), toplam organik karbon %1,34-9,8 arasında (ort. % 3,56), ve toplam karbonat içerikleri de % 41,74-73,64 arasında (ort. % 61,91) değişmektedir (EK-2. Çizelge 22).

Boğsak Adası yerleşimi yapılarından MBA-H73 örneğinde Konfokal Raman Mikroskopi analizi gerçekleştirilmiştir (EK-3. Şekil C1). Bu örneklerden MBA-H73, Kilise VI yapısının apsisinin kuzeybatısında yapının dışında taban harcından alınmıştır. Bu örnek görsel olarak koyu kahverengi renkte diğer örneklerden farklı görülmektedir. Örnek üzerinde yapılan analiz sonucunda içerisinde bitümen tespit edilmiştir.

X-Işını Floresans analizi (PED-XRF) analizi harç örneklerin kimyasal içeriği uygulanan PED-XRF analizi ile belirlenerek benzer ya da farklı kimyasal içerikte oluşlarına göre köken benzerlikleri veya farklılıkları anlaşılmaya çalışılmıştır. Örneklerin PED-XRF analizi sonuçları, ince kesit optik mikroskop destekler niteliktedir. Harç örnekler ana element içerikleri (>%1) açısından (CaO – LOI – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+SiO<sub>2</sub>) değerlendirilmiştir (Şekil 4.4) (EK-2. Çizelge B19).





**Şekil 4.4.** Boğsak Adası yerleşimi yapıları harç örneklerinin PED-XRF analizi verileri üzerinden ana element içeriklerine göre gruplandırılması (Triangle Plotting)

Harçlarda CaO içeriği %27,67-58,45 aralığında (ort. %49,29) değişmektedir.  $Al_2O_3$  içeriği %0,41-3,78 aralığında (ort. %1,81),  $Fe_2O_3$  içeriği %0,51-2,30 aralığında (ort. %1,28) ve  $SiO_2$  %2,11-31,07 aralığında (ort. %8,11) değişmektedir (EK-2. Çizelge B18).

Harç örneklerinde PED-XRF değerlerine göre elde edilen verilerin Triangle Plotting (Şekil. 4.4) yöntemi ile yapılan gruplamasında Ca+Mg ile  $SiO_2$  değerleri arasında değişim gösterirken  $Al_2O_3+Fe_2O_3$  değerleri birbirine yakın olup 0-10 değerleri arasındadır. Buna göre kendi içerisinde silisçe zengin Ca+Mg değerince fakir olan örnekler MBA-H18 ve MBA-H69 örnekleridir. Diğer bir grup Ca+Mg değeri 60'larda olup MBA-H61, MBA-H65, MBA-H67 ve MBA-H68 örnekleri bu gruba aittir.

Üçüncü grup Ca+Mg değeri 70'lerde olup MBA-H57, MBA-H63 ve MBA-H66 grubuna aittir. Dördüncü grup çoğunlukta olup Ca+Mg değeri 75-95 arasında olan örneklerdir (Şekil. 4.4).

Cementation Index (CI); asitte çözünen kısmın bazlarda çözünen kısma oranıdır. Kireç içerikli harçlar; agrega içeriği ve türüne bağlı olarak yağlı harç (YK) veya hidrolik harçlar olarak (ZHK, OHK ve HK) sınıflandırılmaktadır. (EK 2 Çizelge B26). Harç örneklerinin CI değerleri 0.13-2.72 arasında (ortalama 0,56) (OH) değişmektedir YK-DÇ/Ç kategorisinde ve oldukça zayıftan yükseğe mukavemet

gösteren harçlar bulunmaktadır. Yüksek dayanımda yüksek silisyum içerik rol oynamaktadır (EK-2. Çizelge B26).

Petrografik ince kesit optik mikroskop analizi sonunda mineral yapısı ve mikro yapısal özellikler petrografik olarak incekesit incelemeleri sonra ortaya çıkarılmaktadır. Harç örnekleri petrografik ince kesit optik mikroskop analizlerine göre 12 gruba ayrılmıştır (Çizelge 4.7).

**Çizelge 4.7.** Boğsak Adası harç örneklerinin petrografik özellikleri

Harç Örnek Grupları	MTB (%)	MTA (%)	Matriks Bağlayıcı İçeriği (%100)				Matris Agrega İçeriği (%100)			Açıklamalar
			Kireç	Kil	Çm	Alçı	Kayaç&Mineraller	TK	Org	
Harç Gr1	75	25	100	-	-	-	98,5 (Q,Kt,Ft,Sr, B,D,Pl,C,Py,Ov)	1,5	-	-
Harç Gr2	62	38	95	5	-	-	100 Q,Kt,Ç,Ft, Sr,St,M,Km)	-	-	Dere kumu
Harç Gr3	57	43	85	15	-	-	98,5 (Q,B,D,G,M,R, Kt,Kp,Ks,Py, Ov,Op)	1,5	-	Dere kumu
Harç Gr4	97	3	100	-	-	-	100 (Q,K,Pl)	-	-	-
Harç Gr5	80	20	90	10	-	-	98,5 (Q,Ks,ÇKt,Ft, St,Qs,Pl,C,Py)	1,5	-	-
Harç Gr6	72	28	100	-	-	-	90 (Q,Pl, Py,Ç,Op)	10	-	-
Harç Gr7	93	7	95	5	-	-	98 (Q,Pl,C,Ç)	0,5	1,5	Nem etkili rekristalize kalsitler
Harç Gr8	82	18	75	25	-	-	100 (Q,K,Kt,St, Ft,Ç,Pl,Op)	-	-	-
Harç Gr9	82	18	100				90 (Q,Pl, By, Py,Kt,Sl,Ma,Op)	10		
Harç Gr10	75	25	100				97 (Q,Pl,By,Ç)	2	1	
Harç Gr11	40	60	40	60			100 (Q,Pl,Ç, Kt,Sl,Qs, Op),	-		Oldukça iri kireçtaşı çakılları
Harç Gr12	80	20	10				99 (Q,Pl,Ç,Kt, Sl,Qs,M,Op)	1		

(\*) B: Bazalt, C: Kalsit, Ç: Çört, Çm: Çimento, D: Diyabaz, Ft: Fillit, G: Granit, K: Kireçtaşı, Km: Meta Kumtaşı, Kp: Pelajik Kireçtaşı, Ks: Sparitik Kireçtaşı, Kt: Kumtaşı, M: Mermer, Ma: Marn, Ov: Olivin, Op: Opak Mineraller, Pl: Plajiyoklas, Py: Piroksen, Q: Kuvars, Qs: Kuvarsit, R: Radyolarit, Sl: Silttaşı, Sr: Serizit, St: Sleyt, TK: Tuğla Kırığı Parçaları

Harç Gr1: MBA-H1

Harç Gr2: MBA-H2, MBA-H5b, MBA-H12, MBA-H24, MBA-H40, MBA-H42b, MBA-H45

Harç Gr3: MBA-H3, MBA-H4, MBA-H5a, MBA-H6, MBA-H7, MBA-H11, MBA-H13, MBA-H14, MBA-H15, MBA-H16, MBA-H17, MBA-H18, MBA-H19, MBA-H20a, MBA-H20c, MBA-H21, MBA-H22, MBA-H23, MBA-H25, MBA-H26, MBA-H27, MBA-H28, MBA-H29, MBA-H30, MBA-H31, MBA-H32, MBA-H33, MBA-H34, MBA-H35, MBA-H36, MBA-H37, MBA-H38, MBA-H39, MBA-H41, MBA-H44, MBA-H47, MBA-H48, MBA-H50, MBA-H51, MBA-H52, MBA-H53, MBA-H56, MBA-H57, MBA-H58, MBA-H59, MBA-H60, MBA-H62

Harç Gr4: MBA-H8

Harç Gr5: MBA-H9, MBA-H10, MBA-H20b, MBA-H46

Harç Gr6: MBA-H5a, MBA-H35, MBA-H49, MBA-H65, MBA-H72, MBA-H77, MBA-H78a, MBA-H78b, MBA-H79a, MBA-H79b

Harç Gr7: MBA-H42a

Harç Gr8: MBA-H43

Harç Gr9: MBA-H55, MBA-H62, MBA-H68, MBA-H69, MBA-H70, MBA-H74, MBA-H75, MBA-H76

Harç Gr10: MBA-H63, MBA-H64  
Harç Gr11: MBA-H66, MBA-H67  
Harç Gr12: MBA-H71, MBA-H73

Petrografik olarak bağlayıcı ve agrega oranları belirlenmiştir. Harçları oluşturan bağlayıcılar kireç ve kireç/kil karışımlıdır. Agrega içeriğini de, kayaç parçaları ve mineraller, tuğla kırıkları ve organik kalıntılı gruplar oluşturmaktadır (Çizelge 4.7).

Harç örneklerinden 83 örnekten 72'si tuğla kırığı içermekte, 11 örnek tuğla kırığı içermemektedir. Buna göre tuğla kırıksız olan örnekler MBA-H2, MBA-H5b, MBA-H8, MBA-H12, MBA-H24, MBA-H40, MBA-H42b, MBA-H43 ve MBA-H45'dir. Tuğla kırıklı örneklerden Harç Gr6 ve Harç Gr9 diğerlerine göre daha fazla oranda (>%10) tuğla kırığı içermektedir. Harç Gr6 örnekleri MBA-H5a, MBA-H35, MBA-H65, MBA-H72, MBA-H77, MBA-H78a, MBA-H78b, MBA-H79a ve MBA-H79b mozaik ve taban harçları iken MBA-H49 su ile ilgili künk çevresinden alınan örnektir. Harç Gr9'a ait örnekler MBA-H55, MBA-H62, MBA-H68, MBA-H69, MBA-H70, MBA-H74, MBA-H75 ve MBA-H76 harç örnekleridir.

83 harç örneğinde agregayı kaya parçaları ve tuğla kırıkları oluşturmaktadır. Buna göre agregayı oluşturan kaya parçaları magmatik kayaçlar (derinlik-yüzey-damar), metamorfik ve sedimanter (karbonat ve kırıntılı) kayaç parçaları olarak sınıflandırılmıştır.

Mağmatiklerde damar diyabaz, derinlik granit, yüzey kayası ise bazalt kaya parçalarıdır. Sedimanterlerde karbonat kayaçlardan kireçtaşları da üçe ayrılmaktadır (pelajik, sparatik ve mikritik). Kırıntılı sedimanter kayaçlar radyolarit, çört ve kumtaşlarıdır. Metomorfik kayaç parçaları; mermer, fillit, sleyt ve kuvarsittir. Mineraller ise kuvars, plajoklaz, olivin, piroksen, serizit, kalsit ve opak mineraller olarak ayrılmaktadır (Çizelge 4.7 ve 5.1).

Harç Gr3'de magmatik kayaçlarda bazalt, diyabaz sedimanter kayaçlardan pelajik kireçtaşı ve radyolarya bulunmaktadır. Bu kayaçlar ofiyolitik kayaçları oluşturan birimlerle ilişkilidir.

#### 4.6. Sıvalar

Arkeometrik analizler temel fiziksel testler kimyasal analizler agrega / bağlayıcı kompozisyonu asidik agrega/bağlayıcı analizi granülometrik elek analizi (agregada tane boyutu dağılımı) gravimetrik analiz (kızdırma analizi) X-Işını Floresans analizi (PED-XRF), petrografik ince kesit optik mikroskop analizi uygulanmıştır. Analiz uygulanan sıva örnekleri çizimlere işlenmiştir (EK-1. Resim A5).

Boğsak Adası'na ait yapılardan örneklenen sıva örnekler asidik işlemden geçirilmiştir. Analiz sonrasında elde edilen agregalar değerlendirilerek örneklerin toplam agrega / toplam bağlayıcı (%TA / %TB) oranlarına ulaşılmıştır (Çizelge 4.8), (EK-1. Resim A14).

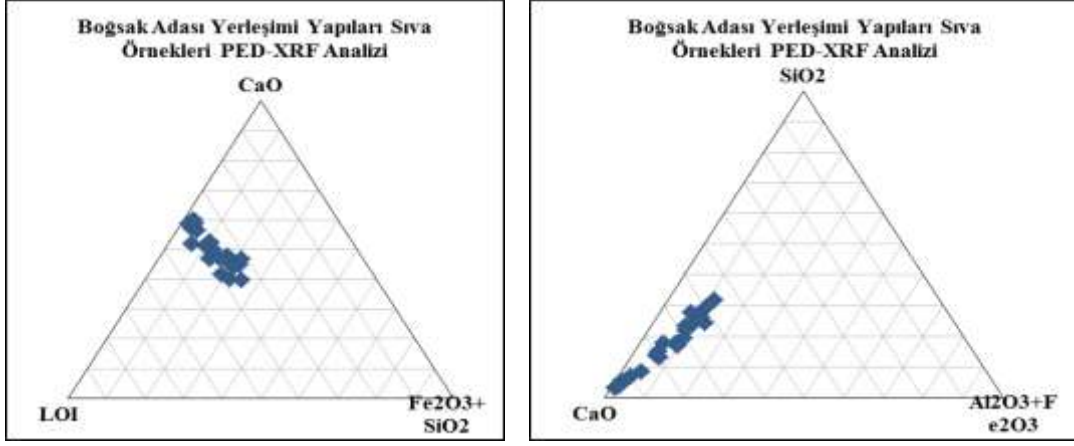
Sıva örneklerde asidik işlem sonunda elde edilen verilere göre bağlayıcı oranı (%TB) %56,38- 94,92 arasında (ort. % 72,88) tespit edilirken, agrega oranı da (%TA) %5,08- 43,62- arasında (ort. % 27,12) olarak tespit edilmiştir ( Çizelge 4.8). (EK-3. Şekil C4).

Çizelge 4.8. Sıva örneklerde agrega/bağlayıcı

Örnekler	Bağlayıcı (%)	Agrega (%)	<63 µm	63-125 µm	125-250 µm	250-500 µm	500-1000 µm	>1000 µm
MBA-S1a	65,53	34,47	3,69	3,11	7,00	13,54	22,01	50,65
MBA-S1b	62,22	37,78	3,43	5,02	10,99	16,18	18,92	45,46
MBA-S2	94,86	5,14	47,63	1,83	3,30	6,49	13,05	27,70
MBA-S3	85,19	14,81	6,63	3,43	18,75	25,50	17,21	28,47
MBA-S4	76,97	23,03	5,32	8,42	11,71	16,91	29,30	28,34
MBA-S5	70,80	29,20	3,38	2,43	10,53	17,84	35,17	30,64
MBA-S6	65,52	34,48	4,32	6,75	11,60	18,94	30,57	27,82
MBA-S7	59,19	40,81	2,31	3,76	12,00	17,38	28,38	36,16
MBA-S8	64,01	35,99	2,61	3,44	13,00	24,37	39,43	17,15
MBA-S9	87,67	12,33	6,37	6,22	11,29	22,46	28,19	25,47
MBA-S10	69,31	30,69	3,44	3,59	14,84	23,76	27,21	27,16
MBA-S11	68,48	31,52	2,57	2,71	4,90	7,66	12,17	70,00
MBA-S13	90,17	9,83	8,02	5,16	9,65	17,87	33,58	25,72
MBA-S14	76,95	23,05	4,06	7,09	13,95	21,39	32,71	20,81
MBA-S15	84,46	15,54	6,47	5,81	12,72	25,17	32,64	17,18
MBA-S16	56,38	43,62	2,89	3,58	7,03	13,59	22,88	50,04
MBA-S17	59,26	40,74	2,00	2,00	11,91	22,49	35,83	25,76
MBA-S18	74,97	25,03	5,56	6,02	12,34	17,24	22,17	36,67
MBA-S19	72,74	27,26	4,17	4,99	9,78	15,68	21,48	43,89
MBA-S20	75,47	24,53	7,48	7,30	13,59	17,46	22,50	31,67
MBA-S21	68,58	31,42	3,48	6,17	11,87	18,02	19,41	41,04
MBA-S22	59,89	40,11	3,51	6,10	11,17	15,75	15,33	48,14
MBA-S23a	86,84	13,16	13,66	10,51	18,53	22,12	18,23	16,95
MBA-S23b	75,64	24,36	6,45	8,16	14,29	22,89	32,67	15,54
MBA-S24	93,88	6,12	15,86	5,96	11,95	19,85	27,81	18,57
MBA-S25	96,35	3,65	69,88	1,76	3,36	5,02	8,41	11,57
MBA-S26	81,16	18,84	13,67	5,87	13,02	19,55	26,45	21,45
MBA-S27	77,75	22,25	6,46	6,15	12,30	19,59	23,65	31,85
MBA-S28	81,57	18,43	7,75	7,94	13,59	21,51	23,40	25,81
MBA-S29	94,92	5,08	37,15	5,94	8,81	16,52	23,87	7,71
<b>Sıva ort.</b>	<b>72,88</b>	<b>27,12</b>	<b>6,57</b>	<b>4,49</b>	<b>10,91</b>	<b>18,13</b>	<b>26,47</b>	<b>33,43</b>

Sıva örneklerin asidik agrega/bağlayıcı analizinden sonra elde edilen agregaları üzerinde yapılan sistematik elemeler sonucunda (63-1000 µm arasındaki elekler kullanılmıştır) agrega tanecik dağılımı oranlarına ulaşılmıştır (Çizelge 4.8) (EK-3. Şekil C5).

X-Işını Floresans Analizi (PED-XRF) sıva örneklerin kimyasal içeriği uygulanan PED-XRF analizi ile belirlenerek benzer ya da farklı kimyasal içerikte oluşlarına göre köken benzerlikleri veya farklılıkları anlaşılmaya çalışılmıştır. Örneklerin PED-XRF analizi sonuçları, ince kesit optik mikroskop destekler niteliktedir (EK-2. B20).



**Şekil 4.5.** Boğsak Adası yerleşimi yapılar sıva örneklerinin PED-XRF analizi verileri üzerinden ana element içeriklerine göre gruplandırılması (Triangle Plotting)

Sıva örnekler ana element içerikleri (>%1) açısından (CaO – LOI – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+SiO<sub>2</sub>) değerlendirilmiştir (Şekil 4.5). Sıva örneklerde CaO içeriği %35,59-59,02 aralığında (ort. %47,13) değişmektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %0,46-5,54 aralığında (ort. %3,05), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %0,26-2,56 aralığında (ort. %1,56) ve SiO<sub>2</sub> %1,78-19,20 aralığında (ort. %10,70) değişmektedir (EK-2. Çizelge B18).

Agrega ve dayanım özellikleri arasındaki ilişki harcın kimyasal bileşim özellikleri ile elde edilen Cementation Index verileri yardımı ile değerlendirilmiştir (Boynton, 1980). Cementation Index (CI) asitte çözünen kısmın, bazlarda çözünen kısma oranıdır. Kireç içerikli harçlar agregaya içeriği ve türüne bağlı olarak yağlı harç (YK) ve hidrolik harç olarak (ZHK, OHK ve HK) gruplandırılmıştır (EK-2. Çizelge B27).

Boğsak Adası yapılarına ait sıva örneklerinin CI değerleri 0,13-1,60 (Ort. 0,78) değerleri arasında değişim kaydederken, kireç türü olarak yağlı kireç ile doğal çimento /çimento katsayısında veriler (YK ve DÇ/Ç) sunmaktadır. Buradan hareketle incelenen örneklerin oldukça zayıftan yükseğe malzeme dayanıma sahip oldukları CI verileri ile belirlenmiştir (EK-2. Çizelge B27). Hidroliklik özelliği yüksek olan sıvaların bileşiminde silisyum (SiO<sub>2</sub>), alüminyum (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ve demir (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) oranı yüksektir.

Sıva örnekleri (31 örnek) petrografik ince kesit optik mikroskop analizlerine göre 8 gruba ayrılmıştır (Çizelge 4.9). Petrografik olarak bağlayıcı ve agregaya oranları belirlenmiştir. Sıvayı oluşturan bağlayıcılar kireç/kil karışımı ve kireç olarak ayrılmaktadır. Agregaya içeriğinde kayaç parçaları ve mineraller, tuğla kırıkları tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

Tuğla kırıklı örnekler MBA-S1a, MBA-S1b, MBA-S4, MBA-S5, MBA-S6, MBA-S7, MBA-S8, MBA-S9 MBA-S10, MBA-S11, MBA-S14, MBA-S16, MBA-S17, MBA-S18 ve MBA-S19 örnekleridir. MBA-S14 örneği mezar dışından diğer örnekler ise sarnıçlara aittir.

Tuğla kırığı içermeyen MBA-S2, MBA-S3, MBA-S12, MBA-S13 ve MBA-S15 sıva örnekleridir. Bu örnekler ile yapı arasındaki ilişkilere göre MBA-S2 ve MBA-S3 Martyrion yapısının niş içerisinden, MBA-S13 ve MBA-S15 örnekleri de mezarlardandır. Ayrıca MBA-S3 örneği Kilise V'in nişi içerisindedir ve sıva içerisinde mermer tozu tespit edilmiştir. Bazı örnekler içerisinde organik katkılar da görülmüştür. Bu örnekler MBA-S24 ve MBA-S29 örnekleridir.

**Çizelge 4.9.** Boğsak Adası Sıva örneklerinin petrografik özellikleri

Sıva Örnek Grupları	MTB (%)	MTA (%)	Matris Bağlayıcı İçeriği (% 100)				Matris Agrega İçeriği (% 100)		
			Kireç	Kil	Çm	Alçı	Kayaç&Mineraller*	TK	Org
Sıva Gr1	65	35	100	-	-	-	70 (Q,Py,Ç,Q,Pl,Op,K)	30	-
Sıva Gr2	97	3	100	-	-	-	100 (Q,Pl,Ç,K)	-	-
Sıva Gr3	75	25	80	20	-	-	100 (Q,Pl,Ç,M,Ks,Şk,Qs,Kt)	-	-
Sıva Gr4	85	15	100	-	-	-	90 (Q,Pl,Ç,Py,Op)	10	-
Sıva Gr5	68	32	85	15	-	-	75 (Q,Ks,Kk,Pl,Ç,Op)	25	-
Sıva Gr6	70	30	90	10	-	-	100 (Q,Pl,Ç,Op,K)	-	-
Sıva Gr7	85	15	80	20			99,5 (Q, Pl, Py, Ç, Ma. Kl, K, Op)	0,5	Var
Sıva Gr8	95	5	100				97(Q, Pl, Ç,K,Kt)	1	2

(\*) Ç: Çört, K: Kireçtaşı, Kiltası:Kl, Kk: Mikritik Kireçtaşı, Km: Meta Kumtaşı, Ks: Sparitik Kireçtaşı, Kt: Kumtaşı, M: Mermer, Ma:Marn, Op: Opak Mineraller, Pl: Plajiyoklas, Py: Piroksen, Q: Kuvars, Qs: Kuvarsit, TK: Tuğla Kırığı Parçaları

Sıva Gr1: MBA-S1a, MBA-S1b, MBA-S4, MBA-S5, MBA-S6, MBA-S10, MBA-S11, MBA-S17, MBA-S19, MBA-S20, MBA-S21, MBA-S22, MBA-S23a, MBA-S23b, MBA-S26, MBA-S28

Sıva Gr2: MBA-S2, MBA-S25

Sıva Gr3: MBA-S3, MBA-S15

Sıva Gr4: MBA-S7, MBA-S9

Sıva Gr5: MBA-S8, MBA-S14, MBA-S16, MBA-S18

Sıva Gr6: MBA-S12, MBA-S13

Sıva Gr7: MBA-S24

Sıva Gr8: MBA-S29

#### 4.7. Metaller

Boğsak Adası yapılarına ait 3 örnekte de X-Işını Floresans analizi (Noktasal Mikro-XRF) uygulanmıştır. Boğsak Adası yapılarına ait 3 metal örnek alınan yapılara göre çizimlere işlenmiştir (Ek-1. Resim A2).

Metaller üzerinde yapılan analiz sonucunda MBA-M1 ve MBA-M3 demir iken MBA-M2 örneği kurşun olarak belirlenmiştir ( Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Boğsak Adası metal örneklerinde mikro-XRF değerleri

Element	Dimension	MBA-M1	MBA-M2	MBA-M3
Ti		0,111	0,223	0,010
V		0,022	0,061	0,026
Cr		0,017	0,061	0,019
Mn		0,011	0,035	0,022
Fe		43,79	0,067	98,64
Co		0,022	0,017	0,100
Ni		0,015	0,009	0,030
Cu		0,010	0,114	0,013
Zn		0,010	0,007	0,001
Ga		0,010	0,020	0,001
Zr		0,050	0,030	0,050
Nb	%	0,020	0,011	0,020
Mo		0,050	2,88	0,050
Rh		0,002	0,002	0,002
Pd		0,003	0,042	0,019
Ag		0,004	0,023	0,027
Cd		0,050	0,075	0,026
In		0,005	0,036	0,035
Sn		0,006	0,080	0,009
Sb		0,009	0,062	0,013
W		0,025	0,025	0,006
Ir		0,001	0,001	0,001
Pb		0,020	96,55	0,020
Toplam		44,26	100,43	99,14



## 5. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRMELER

### 5.1. Yapı Malzemelerinde Arkeometrik Değerlendirmeler

Mersin ili, Silifke ilçesi Boğsak köyündeki Boğsak Adası üzerindeki tarihi yapılarda malzeme analizleri üzerine yapılan çalışmada Boğsak Adası ve çevresinin jeolojisi incelenmiştir. Harç örneklerin agregaları petrografik olarak incelendiğinde bir kısmının yuvarlak şekilli olmasından dolayı dere kumu olduğu anlaşılmıştır. Buna göre çalışılan bölge çevresindeki akarsu ve nehir kaynakları tespit edilmiştir. Bölgede görülen formasyonlar incelenmiş fakat yapılan çalışmalardan elde edilen veriler o formasyonların yüzeyleyen yerlerinden elde edilen veriler olduğu da unutulmamalıdır.

Bölgenin jeolojik yapısının tespiti ile magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaçların bölgedeki dağılımı belirlenmiş böylece taş, harç ve sıva agregası ile tuğla malzemelerin içerisinde bulunan kayaç türlerinin geldiği yerler hakkında tahmin yapmak mümkündür. Buna göre bölgede metamorfik kayaçların az bulunmakta ve metamorfik kayaçlardan fillit önemli bir iz kayaç olarak görülebilir.

Ayrıca okyanusal kabuk ile ilgili bir oluşum olan ofiyolit ve ofiyolit melanj yapısı önemli bir kaynak ile ilgili veri oluşturmaktadır. Türkiye’de ofiyolit yapısının görüldüğü yerler bilinmektedir. Bunun yanı sıra ofiyolit yapının kendine has pelajik kireçtaşı, radyolarya, diyabaz daykı ve gabro, serpantinit gibi özelliklere sahip olmasından bu oluşum da önemli bir veri kaynağıdır ve ileride yapılacak çalışmalar için veri tabanı oluşturmaktadır.

Yapılarda duvar örgüde, dolgu malzemesinde ve agrega içerisinde görülen kayaçlar bölge formasyonları ile ilişkilendirmek gerekirse fillit Sipahili formasyonunda, Geyik Dağı’ndan Göksu Vadisine kadar olan alanda, Yularlı yaylasında görülmektedir.

Kuarsit bölgede Hüdai, Hacıışaklı, Ovacık, Büyükeceli, Korucuk, İmamuşağı formasyonlarında görülmektedir ve önemli cam kaynağıdır.

Bilalli kireçtaşı üyesi diyabaz daykları ile kesilmektedir. Güneyde Gilindere (Kelenderis) doğusunda Ulakini çevresinde ve özellikle Sancak Burnu'nun denize bakan dik yarında görülen diyabaz daykları Billali Kireçtaşı diyabazı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Hırmanlı köyünde Karayar formasyonu çökellerinde yersel (kontak metamorfizma) metamorfizmaya sebep olan diyabaz sokulum bilinmektedir. Aydınçık doğusunda Çadıryeri sırtında Bilalli Kireçtaşı Üyesi içinde gözlenen diyabaz daykı yüzeylemektedir.

Silifke'nin kuzeybatısındaki Geyik Dağı'ndan almaktadır ve bu formasyon Çanaktepe kireçtaşı üyesi ve Bilalli Kireçtaşı Üyesinden oluşmaktadır ve bu iki üye pelajik kireçtaşı içermektedir. Silifke'nin 7km kuzeyinde Göksü vadisi içinde Çevlikkaya formasyonunda pelajik kireçtaşları yer almaktadır. Hisardağı'nın güneyinden alınan örnek de Pelajik kireçtaşı belirlenmiştir.

Radiolarya, Şıhlar deresi kuzeyindeki birim içerisinde fosil topluluğu olarak *Radiolaria* saptanmıştır, Mersin-Mut-Göksu kara içlerine doğru yerleşmiş ofiyolitler içinde radyolaritler tespit edilmiştir. .

Boğsak adası yapılarının bir kısmının duvarlarında pembe renkli kireçtaşı (MBA-T13) görülmektedir. Bölgede Çaltepe, Ovacıkışıklı, Ağıldere formasyonu Yarıktaş üyesi içerisinde kırmızı renkli pizolitli kireçtaşları ile temsil edilmektedir Şıhlar Kireçtaşı olarak isimlendirilen ve Şıhlar deresi kuzeyindeki birim içerisinde açık pembe renkli kireçtaşları belirlenmiştir. Pemrenkli kireçtaşları Ovacık formasyonunda ve Kırtıldağı formasyonlarında da görülmektedir

Taşucu formasyonu olarak isimlendirilen ve Taşucunda, Burunucu köyü, Zeynepini yöresinde görülmekte olan bu formasyonda pembe renkli kireçtaşları tespit edilmiştir. Ayrıca Kaptan (1975, s. 51) tarafından Şıhlar Kireçtaşı olarak isimlendirilen ve Şıhlar deresi kuzeyindeki birim içerisinde açık pembe renkli kireçtaşları belirlenmiştir. Bu birim içinde fosil topluluğu olarak *radiolaria* saptanmıştır. Kaptan (1975, s. 34-39) göre Ağıldere formasyonu Yarıktaş üyesi içerisinde kırmızı renkli pizolitli kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Kireçtaşlarının

kırmızı rengini demiroksit içeren Girvanella fosilinden almaktadır. Adadan alınan pembemsi kireçtaşı (MBA-T13) örneğinin demir oranı diğer kireçtaşı örneklerinden fazladır (Ek-3. Şekil C1).

Göksü deresinden alınan dere kumunda tüf tespit edilmiştir. Buna göre bölgede Huğlu volkanizmasıyla bağlı olarak Ermenek yakınlarında Oyuklu dağda ve Karaman Ermenek arasındaki alanda ve Göksu ırmağının güneyinde kalan alanda içinde yeşil tüfitlerin yer aldığı ve devamında pelajik kireç taşları ile devam eden bir oluşum olduğundan bahsedilmektedir. Kayabaşı, batı ve güneyde Kurbağa dağı magmatik intrüzyona bağlı utrabazik kayalara rastlanmıştır (Çizelge 5.1), (Ek-2 Çizelgeler B1).

Çizelge 5.1. Harç içerisindeki agregaların ve yapılarda kullanılan taşların kayaç türleri ve muhtemel kaynak formasyonlar

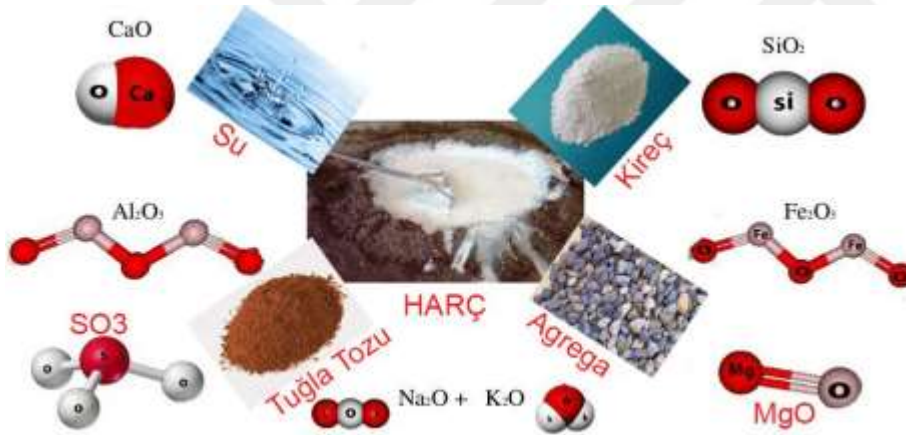
Kayaç Grubu	Kayaç Türü	Boğsak Çevresi Formasyonları
Mağmatik	Serpantinit	Mersin Ofiyoliti, Göksu Vadisi-Yularlı Yayla, Gülnar-Kavakoluğu
	Hajburzit	Mersin Ofiyoliti
	Gabro	Mersin Ofiyoliti
	Granodiyorit	?
	Bazalt	Mersin Ofiyoliti, Göksu Vadisi
	Andezit	Mutçukuru
Sedimanter	Diyabaz	Mersin Ofiyoliti, Çanaktepe, Bilalli, Aydıncık-Çadıryeri mevki, Sancak Burnu
	Pelajik Kireçtaşı	Mersin Ofiyoliti, Göksu Vadisi, Çevlkkaya, Çanaktepe
	Sparitik Kireçtaşı	Boğsak Adası
	Mikritik Kireçtaşı	Boğsak Adası
	Gölsel Kireçtaşı	Derinçay, Göksu Vadisi-Kargıcak-Ekşiler, Gülnar-Kavakoluğu
	Kireçtaşı (Pembemsi)	Taşucu, Ovacık, Kırtıldağı, Ağıldere
Metamorfik	Radyolarit	Mersin Ofiyoliti
	Mermer	Büyükeceli-Aydıncı
	Fillit	Göksu Vadisi -Yularlı yayla, Siphahili
	Kuarsit	Hüdai, Ovacık, Büyükeceli, Korucuk, İmamuşağı

Yapılarda kullanılan taş ile harç ve sıvaların içerisinde agregaların muhtemel kaynakları ile ilgili formasyonlar hakkında bilgi verildikten sonra diğer bir yapı malzemesi olan haçların özellikleri, üretim biçimleri gibi genel konularda bilgi verilmiştir.

Harçlar, yapı malzemeleri taş, tuğla kullanılırken bunları yapıştırmak için kullanılmaktadır. Buna göre kireç veya çimento gibi bağlayıcılar ile suyun karıştırılmasıyla plastik kıvama getirilen malzemeye harç denmektedir. Ayrıca kagir duvar ve tavanları sıvanmak için de harç oluşturulmaktadır. Kerpiç yapılarda toprak,

saman ve su karıştırılarak da yapılmaktadır Harçlarda genel olarak beklenen özellikler yeterli dayanıklılık, su ve rutubeti ve ısıyı geçirmemesi, boşluksuz olması, iyi yapışmasıdır. Harç yapılırken bağlayıcı malzemenin cinsi, bağlayıcı malzemenin miktarı, agrega cinsi ve kaynağı, yoğurma suyunun özelliği dikkat edilmesi gereken noktalar (Hasol, 2014, s. 200; Şimşek, 2003, s. 146).

Harç agrega, bağlayıcı, katkı maddeleri ve sudan oluşan kompozit yapıdır. Harcın öğelerini oluşturan bu maddeler hepsi miktarları değişmek koşulu ile ana oksitleri içermektedir. Harç bir karışım ve bu ana öğelerin içerdiği elementlerin bir kimyasal reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır. Bu reaksiyonların da gerçekleşmesi belli koşullar gerektiği için ısı, miktar, elementlerin oranlar önemlidir. Karışımda ana elementler  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Cl}$  olup kimyasal reaksiyon için önemlidir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Harç öğeleri ve katkı maddeleri ile ana elementler

Harcın ana öğeleri agrega, bağlayıcı ve sudan oluşmaktadır. Harcın ana öğelerinden agregalar, tane boyutlarına göre ince agrega (kum) ve iri agrega (çakıl) olarak isimlendirilmektedir. Buna göre ince agrega 4mm göz açıklıklı kare gözlü elekten geçen, bu eleğin üzerinde kalan agrega ise iri agrega olarak isimlendirilmektedir (Şimşek, 2003, s. 57).

Harcın ana öğelerinden bağlayıcılar kireç, alçı, çimento gibi su ile karıştırıldığında plastik hamur veren, bir süre sonra katılaşıp, daha sonra da sertleşen ve bu özelliklerinden dolayı taş, tuğla, kum bağlamakta kullanılan maddedir (Hasol, 2014,

s. 63). Bağlayıcılar ana bileşenleri kireç (CaO), Silis (SiO<sub>2</sub>), Alüminyum (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Demiroksit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), silikatlar ve alimünatlar, çimento, alçı ve puzolandır (Şimşek, 2003, s. 25). İki büyük bağlayıcı grubu vardır. Bunlar hidrolik bağlayıcılar ve hidrolik olmayan bağlayıcılar. Hidrolik bağlayıcılar hem havada hem de suda katılaşma yeteneği olan bağlayıcı maddelerdir. Suyu dayanıklı harç ve beton yapmakta kullanılan bağlayıcı maddelerdir. Hidrolik olmayan bağlayıcılar, yalnızca havada sertleşebilen bağlayıcı maddelerdir (Hasol, 2014, s. 63).

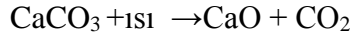
Bağlayıcı türlerinden kirecin kullanımının tarihine bakılacak olursa MÖ 7000-6000'lerde Anadolu, Suriye yerleşmeleri ve Jeriko'da kireç genelde zeminde ve duvarlarda sıva malzemesi olarak kullanılmaktadır (Hughes ve Valek, 2003, s. 3). Seramik üretiminde pişirme tekniklerindeki gelişmeye bağlı olarak kireç üretimi de gelişmiş olmalıdır. Kireç üretimi için 850-900 °C gerekirken alçı üretimi için 100-200 C<sup>0</sup> yeterlidir. Çayönü yerleşmesinde MÖ 6500 yılına ait 0,67 m<sup>3</sup> rekarbonat kireç ele geçmiştir. M.Ö. 10400'lerde yapı malzemesi değil ama ölü gömme geleneği olarak bazı kafatasları üzerinde kireç ve alçı tespit edilmiştir. MÖ 3500'lerde İran'da Anshan yerleşmesinde sıva kireçleri incelenmiş ve bazı seramik kaplar içinde yakılmış kireçler bulunmuştur ve bazı sıvalar renklidir ve pigment eklenmiştir. Buradaki kerpiç yapılarda yatak harcı olarak kireç kullanılmamıştır, çünkü kil-çamur ve saman katılarak yapılan kerpiçler birbirlerine bağlanmakta ayrıca bağlayıcı olarak kireç kullanılmamıştır. Kireç daha çok sıva, taban malzemesi ve dekoratif malzeme olarak kullanılmaktadır (Hughes ve Valek, 2003, s. 5).

Kireç, kalker taşının 5-10cm büyüklükte parçalar halinde ufalanarak 900-1000 C<sup>0</sup> sıcaklıkta uygun fırınlarda pişirilmesi yöntemi ile elde edilmektedir. Kireç çimento ve alçı gibi suya hassasiyet göstermez. Kalsiyum kökenli kayalardan elde edilen kireçler magnezyum kökenli kayalardan elde edilenlere göre daha beyazdır. Kireç elde edilen kalker kayasının pişirilmesi sırasında sıcaklığın fazla olması iyi olmadığı gibi düşük olması da iyi değildir (Şimşek, 2003, s. 44).

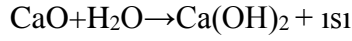
Kirecin üretiminde iki aşama vardır:

1. Kireç hammaddesi kayanın pişirilmesi

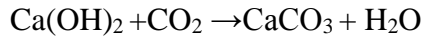
Kireç hammaddesi + Isı →Pişirilme



2. Kirecin Söndürülmesi:



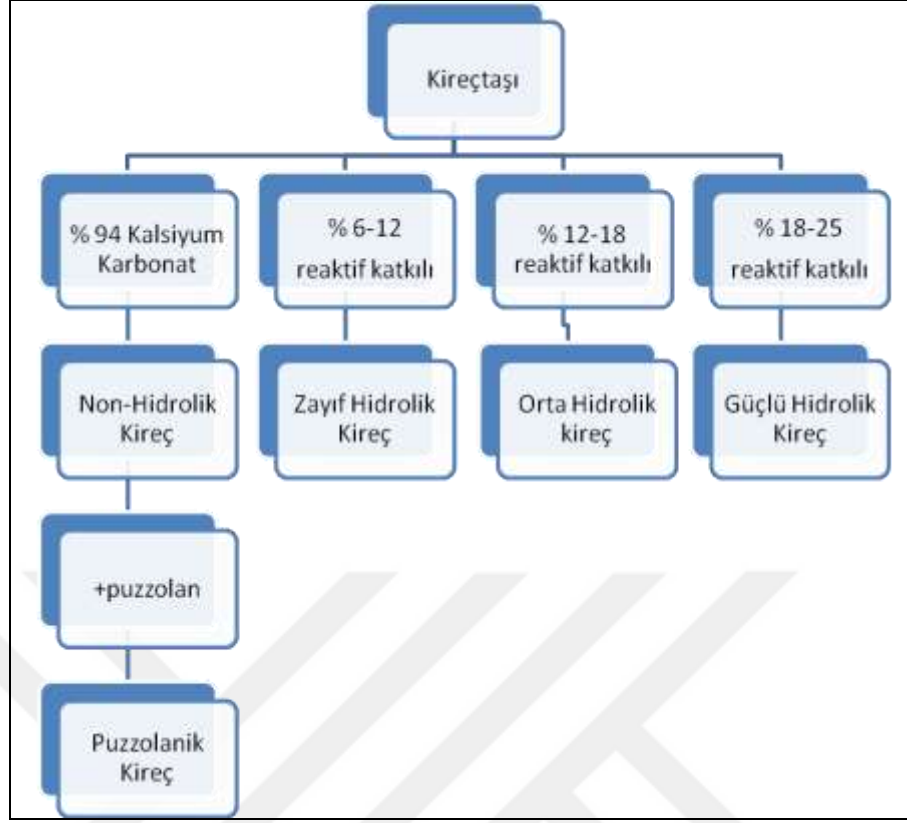
Sönmüş kireç havadan karbondioksit alarak sertleşir.



1 ton sönmemiş kireçten söndürme işlemi sonunda 1-1.5 m<sup>3</sup> sönmüş kireç elde edilmektedir (Şimşek, 2003, s. 45).

Kireç üretiminde kullanılan kireçtaşı her zaman çok saf olmamakta içerisinde magnezyum, silika ve genelde kil bulunmaktadır (Şekil 5.2). Üretilen kirecin kalitesi kireçtaşının içeriğinin yanı sıra kireçtaşının yakılması sırasındaki sıcaklık, yakma süresine ve su ile söndürme işlemi sırasında da su miktarına, karıştırma, suyun içeriği gibi etkenlere bağlıdır (Hughes ve Valek, 2003, s. 2).

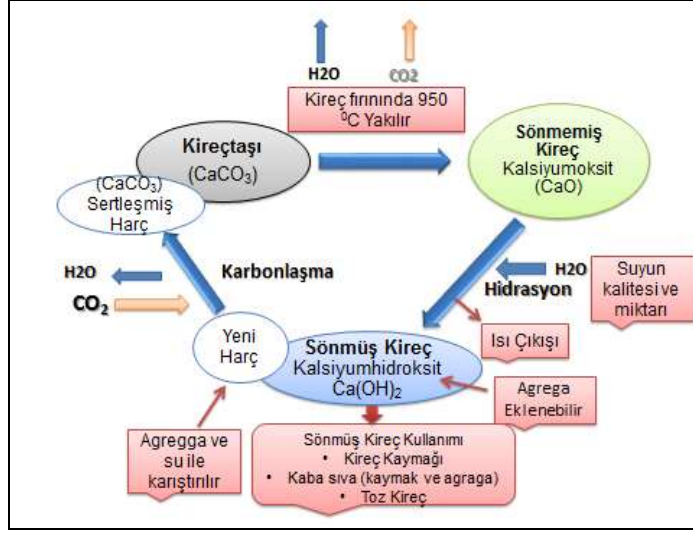
Kireçlerin sınıflandırılması 19. yüzyılda başlanmıştır. Fransız mühendis Vicat 19. yüzyılda hidrolik kireci incelemiş ve ilk defa sınıflandırılmış ve bu çalışması 1818 ve 1856 yıllarında yayınlanmıştır. Daha sonra 1927 de Cowper, Vicat'ın çalışmasından yola çıkarak kendi yeni bir sınıflama yapmıştır. Küçük farklılıklar olsa da benzerdir. Bu sınıflamaya göre zayıf hidrolik kireç 15-20 günde, orta hidrolik kireç 6-8 günde ve güçlü hidrolik kireç 2-4 gün içinde su içerisinde sertleşmektedir ( Henry, Stewart, 2011, s. 39). Günümüzde de bu sınıflandırma kullanılmaktadır. Yapılan bu sınıflandırmada kirecin hammaddesi olan kireçtaşının içeriğine göre yapılmaktadır (Şekil 5.2).



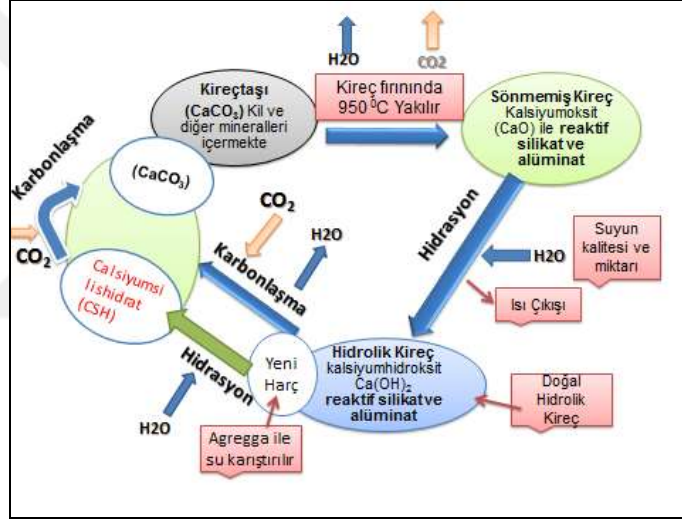
**Şekil 5.2.** Kireçtaşı içeriğine göre kireç türleri ( Henry, A., Stewart,J.,2011;s. ,28).

Buna göre kireç iki ana gruba ayrılmaktadır. Hidrolik olmayan (Non-Hidrolik) ve Hidrolik kireç olarak isimlendirilmektedir. Hidrolik olmayan kireçler çok saf kireçtaşlarından (en az %85 kalsiyum içeren) elde edilirken, hidrolik kireç önemli miktarda kil içermektedir ve bu kireç su ile tepkimeye girerek sertleşmektedir (Hughes ve Valek, 2003, s. 2), ( Şekil 5.2-5.3).

Hidrolik kireç ve doğal kireç, killi-kumlu kireç taşının yakılması söndürülüp öğütülmesiyle veya uygun malzemelerin kalsiyum hidroksitlerle karıştırılmasıyla üretilen ve esas olarak kalsiyum silikat, kalsiyum alüminat ve kalsiyum hidroksit içeren kireçlerdir. Su altında katılaşma ve sertleşme özelliklerini içeren ve atmosferdeki karbondioksit ile reaksiyona girerek sertleşme işlemine katkıda bulunmaktadır (Şimşek, 2003, s. 47).



Şekil 5.3. Kireç Döngüsü (Hidrolik olmayan kireç)



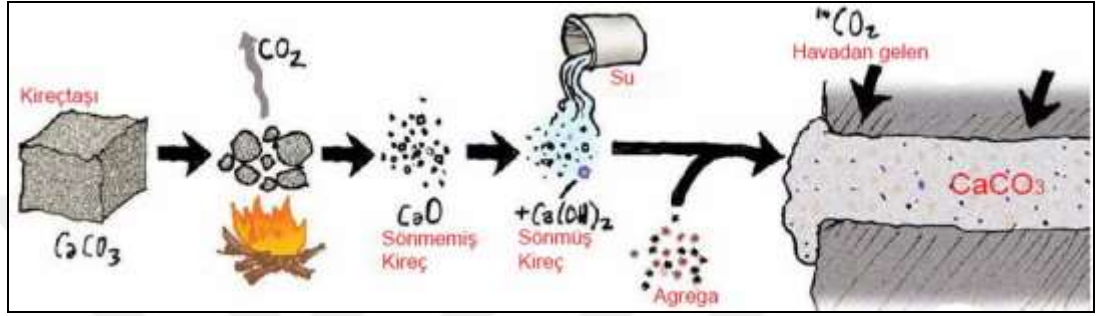
Şekil 5.4. Kireç Döngüsü (Hidrolik Kireç)

Kireçler farklı farklı sınıflandırılmaktadır. Kirecin sınıflandırılması içerisindeki maddelerin miktarı, kimyasına göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre hidrolik, hidrolik olmayan, dolomitik kireç gibi isimler almaktadır (Şekil 5.3-5.4).

Kireç döngüsünde (Şekil 5.3-5.5). görüldüğü gibi kireçtaşının türü, pişirme ısı ve süresi, söndürme sırasında kullanılan suyun içeriği, oranı, katma süresi, katılan agreganın cinsi, boyutu, oranı ve hazırlanan kireç hamurunun hava ile teması birbiri ile ilişkilidir. Bu döngü bir reaksiyon sürecidir ve reaksiyonu etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Kireç üretim aşamalarını, üretimi etkileyen faktörleri iyi bilmek restorasyon sırasında kullanılacak kirecin kalitesi açısından önemlidir. Aşamaları



olumlu veya olumsuz etkileyen faktörler ve bunların sonuçlarını bilmek tarihi harçları incelerken ipuçları oluşturmaktadır. Üretim hataları da bize tarihi harçların üretimi hakkında bilgi vermektedir. Üretim aşamaları bilmek ayrıca bizim uygulayacağımız analizler için yol göstermektedir. Günümüzde eski yöntemlerle kireç üretimi çok kullanılmamaktadır. Bu nedenle de restorasyon çalışmalarında kullanılacak modern kireçlerin de özelliklerini bilmek gerekmektedir.



Şekil 5.5. Kireç Döngüsü (Heinemeier vd., 2010, s. 172).

Diğer bir bağlayıcı türü olan çimento üretimi, 18-19. yüzyılda sanayi devrimi sonrası yeni buluşlar ve buhar gücü ile çalışan makinelerin üretimi ile ilişkilidir. Bu dönemde kömür, fuoil kullanımı fırınlarda da uygulanmış böylece yüksek ve aynı seviyede kalan fırınlarda çimento üretimi de gelişmiştir. Çimento ile birlikte çelik ve demir üretimi de artmıştır ve bu malzemeler yapı malzemeleri içerisine girmiştir (Moropoulou, Bakolas ve Aggelakopoulou, 2001, s. 633).

Günümüzde kullanılan çimentolar, kil ve kalkerlerin (kireçtaşı) belli oranda birbirleri ile karıştırılıp daha sonra bu karışımın 1300-1500 C<sup>0</sup> pişirilmesi sonunda ortaya çıkan madde kılınker olarak isimlendirilir. Buna göre çimento bir karışımdır. Daha sonra pişirilmiş bu karışım (kılınker) minör ilave bileşimler olarak isimlendirilen (alçı, (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) vb. ) katkı maddeleri ilave edilerek çimento değirmenlerinde öğütülmesi sonucunda elde edilen tozdur. Bu toz su ile sertleşen hidrolik bağlayıcı maddeler olup, su ile karıştırılıp hamur haline getirildikten sonra gerek havada gerekse suda yavaş sertleşerek suni taş haline dönüşürler (Şimşek, 2003, s. 25). Buradan da anlaşılacağı gibi çimento 19. Yüzyıldan itibaren kullanılan ve yeni bir üretim biçimine sahip bağlayıcı türüdür. İçerisine üretim sırasında katkı maddeler

konulmaktadır. Bu üretim biçimi çok erken dönemden beri kullanılan kireç bağlayıcılardan farklı olduğu için tarihi yapılarda kullanılması zararlıdır.

Normal çimentonun hammaddesi kil ve kalkerdir. Bu ana maddeler doğadan ayrı ayrı elde edildiği gibi bazen doğal killi kalker de kullanılmaktadır. Normal çimento dışında içerisine katılan alçı veya demiroksit ( $Fe_2O_3$ ) gibi benzer katkıların katılmasıyla farklı isimler almaktadır. Kullanılacak yere göre çimento içerisine katılan katkılar değişmektedir. Çimentonun en iyi şekilde elde edilmesi için belli standartlar bulunmaktadır. Buna göre kimyasal içeriği, üretim biçimleri önemlidir. Türkiye’de standartlarına uygun yapılan çimento çeşitleri ve genel çimento tipleri bu standartlarda verilmektedir. Buna göre içerisindeki katkılara göre Portland çimento (CEM I), Portland curuflu çimento (CEM II), Portland Silis Dumanlı Çimento(CEM II), Portland Puzolan çimentosu(CEM II), Yüksek fırın cüruflu çimento (CEM III), Puzolanik Çimento (CEM IV) gibi isimler almaktadır. Örneğin Portland çimento (CEM I), % 95-100 arasında klinker ve % 0-5 arasında minör ilave bileşimler (alçı, Demiroksit ( $Fe_2O_3$ )) ölçülerine sahiptir (Şimşek, 2003, s. 28).

Çimento hammaddeleri yüksek sıcaklıkta pişirilmektedir. Pişirilme sırasında kalkerin ayrışması ile kireç ( $CaO$ ), kilin ayrışması ile kil minerallerine bağlı olarak silis ( $SiO_2$ ), Alimin ( $Al_2O_3$ ) ve Demiroksit ( $Fe_2O_3$ ) oluşmaktadır. Ortaya çıkan bu ana unsurlar bazik ve asit durumlarına göre birbirleriyle birleşerek Portland çimentoların ana bileşenlerini meydana getirirler. Bu ana bileşenler de  $CaO.SiO_2$  (Kalsiyum silikat, CS),  $2CaO.SiO_2$  (Di Kalsiyum silikat,  $C_2S$  (Belit) ),  $3CaO.Al_2O_3$  (Trikalsiyum alüminat  $C_3A$  (Celit),  $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$  (Tetrakalsiyumalümino-ferrit  $C_3AF$  (Fellit)) gibi isimlendirilmektedir Bu ana silikatlar çimentonun özellikleri üzerinde etkilidir. Örneğin  $3CaO.Al_2O_3$  (Trikalsiyum alüminat  $C_3A$  (Celit), bileşeni sülfata karşı oldukça dayanıklı olup sülfat ile ilişkili yerlerde bu bileşim kullanılmakta çünkü sülfat tuzu çok hacime sahiptir ve bu yüzden betonu şişirir ve parçalanmasına neden olur (Şimşek, 2003, s. 28).

Çimento içerisindeki elementler belli oranda olmalıdır bazen çok olduğu gibi az olması da çimento açısından sıkıntı yaratmaktadır. Örneğin çimento içerisindeki

magnezyumoksit (MgO) oranı %5'den fazla olursa taze veya nemli betonlarda aşırı genleşmeye sebep olabilir (Şimşek, 2003, s. 28).

Çimento içerisinde bulunan bileşiklere Portland çimento klinkerinde CaO/ SiO<sub>2</sub> oranı 2 'ye eşit veya daha yüksek, MgO oranı da %5'den küçük olmalıdır. Agregada alkali reaksiyonu oluşturan maddeler, çimentodaki alkali oksit (Na<sub>2</sub>O+0,658 K<sub>2</sub>O) % 0,6'dan büyük ve agregadaki alkalilik reaktivisine duyarlı riolit, dasit, andezit ve fillat gibi mineraller bulunuyorsa alkali-agrega reaksiyonu oluşmaktadır. Alkali agregada reaksiyonu sıcaklığın +10-60 C<sup>0</sup> arasında bulunan koşullarda ve rutubetli ortamda meydana gelmektedir (Şimşek, 2003, s. 65).

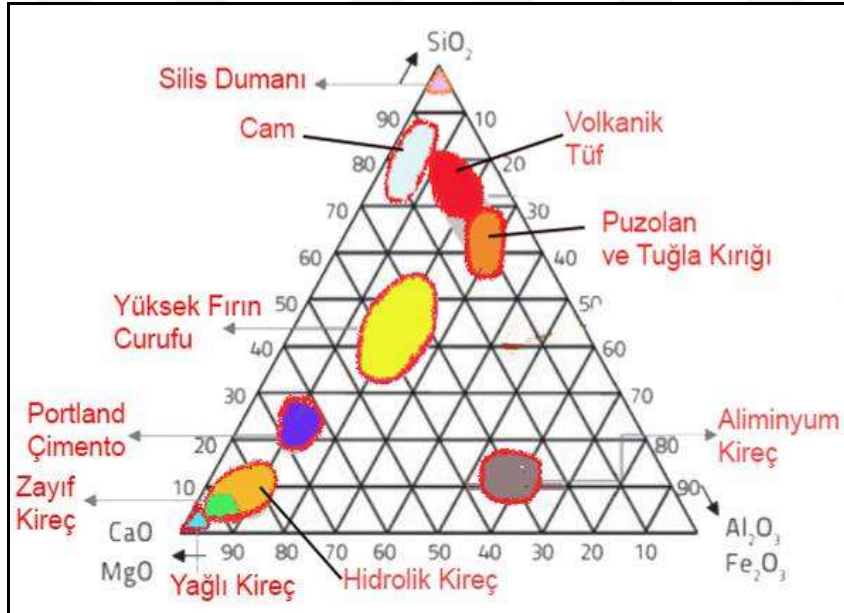
Diğer bir bağlayıcı olan alçının ham maddesi doğada alçı taşı ya da jips olarak bilinen kayadır. Kayaç kırıldıktan sonra küçük parçalara ufalanmakta ve 120-190 C<sup>0</sup> arasında bir sıcaklıkta kısmi dehidrasyona uğratılmasıyla elde edilmektedir. Yarı hidrate olmuş alçıya tekrar su katılırsa reaksiyon ters yönde işler ve eski haline dönüşmesi 10-15 dakika da gerçekleşir. Alçı ile işlem yapılacağı zaman kendi ağırlığının %25 kadar su katılması yeterlidir ve çok kısa zamanda sertleşir (Şimşek, 2003, s. 40).

Başka bir bağlayıcı türü olan puzolan kendisinin bağlayıcı özelliği çok az ya da hiç olmayan fakat ince olarak öğütülmüş halde nemli ortamlarda kalsiyum hidroksit reaksiyona girerek bağlayıcı özelliği kazanan silisli ve alüminli bir malzemelerdir. Bu puzolanlar tek başlarına kullanılmazlar ama bir bağlayıcı ile birlikte 90 gün sonra bağlayıcının gerçek dayanımından daha fazla dayanıma sahip olurlar (Şimşek, 2003, s. 35).

Puzolanları doğal ve yapay olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Doğal puzolanlar volkanik kökenli tortul kayalardan oluşan pyroklastik (volkan tüfleri, tras, killi maddeler ). Puzolanlar kimyasal olarak SiO<sub>2</sub> ve az miktarda olsa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 'den oluşan maddelerdir. Yapay puzolanlar genellikle uçucu kül, silis dumanı, tuğla-kiremit unu, yüksek fırın cürufu, metakaolinler ve pirinç kabuğu küdür. Kaynakları ne olursa olsun puzolanların ana ham maddesi silisten meydana gelmektedir. Puzolanik özelliklere sahip puzolanların silis içeriği % 40 ile %90 arasında değişmektedir (Şimşek, 2003, s. 50).

Puzolanlar, beton ve çimento üretiminde farklı oranlarda, farklı şekillerde kullanılmaktadır. Bu puzolanlar; tüf, uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu vb. maddelerdir. Puzolanlar, çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmakta ve çimentolar puzolanların ismiyle anılmaktadır. Bu çimento tipleri CEM II, CEM III ve CEM IV grupları içinde yer almaktadır (Şimşek, 2006).

Puzolanlar ince toz halinde oldukları için uygun sıcaklıkta nemli ve sulu ortamlarda harç içerisindeki serbest kireç ile reaksiyona girerek bağlayıcı özellik kazanan silisli ve alüminli malzemelerdir ve su tutucu özellikleri vardır. Puzolan standartlarına göre bir puzolanik bir madde  $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \geq 70$  değerlere sahip olmalıdır (Şimşek, 2003, s. 49, TS 25) (Şekil. 5.6).



Şekil 5.6. Keily Diagram CaO+MgO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sistemi (Ndiaye, Diop ve Ngom, 2003,s. 519).

Doğal puzolanlar için Aşıklı Höyük'te ele geçen taban sıva incelenmiş ve içerisinde volkanik malzeme belirlenmiştir. Bu malzeme de sıva içerisinde kullanılan en erken doğal pozzolan olarak kabul edilmektedir (Hauptmann ve Yalcin, 2000, s. 66).

Klasik Yunan döneminde MÖ 7. yüzyılda hidrolik kireç Olimpia'daki bir su kanalında kullanılmış Yunan ve Roma döneminde hidrolik harç yapımında volkanik kül, seramik ve tuğla kırıkları kullanılmıştır. Eski Yunan dönemi MÖ 5. yüzyıla tarihlenen sarnıç yapısında su yalıtımı için iki kat sıva kullanılmış ve bu sıvadan

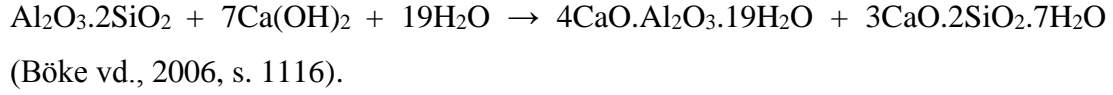
alınan örnekte yoğun çinko ve kurşun değerlerine ulaşılmıştır (Hughes ve Valek, 2003, s. 5).

MÖ. 3 yüzyıldan itibaren Roman mimari tekniklerde gelişme görülürken MÖ 1 yüzyıldan itibaren özellikle harçlarda volkanik malzeme kullanımı ayırt edici bir özellik idi. Roma kayıtlarından Romalıların nerden puzolan sağladıkları hakkında bilgi edinmek mümkündür. Bu kayıtlara göre imparatorluk döneminden önce Romalı yapı ustaları üç tip puzolan kullanmakta idiler. Bunlar Pozzolan Rossa (kırmızı), Pozzolan Nero (siyah) ve Pozzolanella (kahverengi) idi. Bu puzolanlar Alban tepeleri olarak isimlendirilen bölgeden gelmekte idiler. Bu tepe civarındaki Roma dönemi yapılarında kullanılan harçlarda bu üç tip puzolan tespit edilmiştir (Belfiore, Fichera, La Russa, Pezzino, Ruffolo, Galli ve Barca 2015, s. 269).

Tuğla kırıklı harç farklı bölgelerde farklı isimlerle adlandırılmaktadır. Pembemsi tuğla kırıklı kireç harcı *cocciopesto* olarak Güney Avrupa'da isimlendirilirken yüksek nem ile ilişkili Venedik'te Roma döneminden beri kullanılmakta ve *terrazetto* olarak adlandırılmaktadır. Türkiye'de Horasan, Arapça'da *Homra* ve Roma döneminde *Cocciopesto* olarak isimlendirilirken bunlar harç ve sıva yapımında kullanılmaktadır. Kiremit ve tuğla tozu kullanımı Hindistan'da *Surkhi* olarak bilinirken kilin kireç içerisine katılımı tam bilinmemekle birlikte Hindistan'da ortaçağda kullanılan ve ismi *alla porcallana* bu kaolin kili olmalı ve hidroliklik kazandırmış olmalıdır. Tuğla kırıklı harç ve sıvalar sulu ortamlarda donabildiği için su yapıları, köprüler, hamamlar bu harç ile yapılmaktaydı. Pişme esnasında sıcaklık 450-800 °C dereceye ulaştığında tuğlayı oluşturan kilin kristal yapısını bozmakta ve metakaolin gibi puzolonik amorf bir madde oluşturmaktadır. Eğer sıcaklık 800 °C üzerinde olursa kil içindeki mineraller mullit veya kristobalite dönüşmekte ve puzolan özelliğini yitirmektedir. Oluşan amorf madde genellikle alüminosilikat olup kireç ile reaksiyona girerek tuğla gözeneklerinde ve tuğla karışımı harç yüzeyinde kalsiyum silika hidrat veya kalsiyum alüminyum hidrat oluşturmaktadır (Elsen, 2006, s. 1417; Böke vd., 2006, s. 1115).

Kil çeşidi olan kaolin ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) ısıtılınca bünyesindeki suyu kaybederek metakaoline ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ) dönüşmektedir. Bu metakaolin kireç ve su ile

kariştırıldığında kalsiyum silika hidrat veya kalsiyum alüminyum hidrat oluşturmaktadır ve harç ve sıvaya hidrolik özellik kazandırmaktadır. Buna göre



Yapay puzolanlardan tuğla kırıklı harçların kullanımı ile ilgili olarak erken dönemlerden itibaren kullanılırken bölgeden bölgeye de farklılıklar gösterirken Roma döneminde kullanımı yaygınlaşmış ve daha sonra da devam etmiştir. Buna göre tuğla tozu kullanımı tarihine genel olarak bakılacak olursa kireçtaşının ısıtılması ile kireç üretimi Akeramik Neolitik’de kullanılmaya başlamıştır. Doğal puzolan ile hidrolik kireç üretimi Kıbrıs’da Geç Tunç Çağı’dan itibaren kullanılmıştır. Kıbrıs’da Erimi yerleşmesinde Orta Tunç Çağı’na tarihlenen B safhasında seramik kırıklı harç tespit edilmiştir. Bu harcın hidrolik değerleri düşük olsa da yapay puzolan kullanılarak üretilen harçlar için önemlidir (Turco, Davit, Chelazzi, Borghi, Bombardieri ve Operti, 2016, s. 295).

Girit’de Kommos’da MÖ. 17. yüzyıl yerleşmesinde tabanda ele geçen sıvada az hidrolik olarak sınıflandırılmıştır. Harç içerisinde seramik kırıkları tespit edilmiştir. Yunanistan da Miken yerleşmesinde ele geçen harç üzerinde yapılan analizler Tiryns yerleşmesinde seramik kırıklı harç su yalıtımı için kullanılmıştır. İsrail’de Tell es-Safi/Gath yerleşmesinde demir çağına ait tabakada ele geçen harç hidrolik harç olarak tespit edilmiştir (Regev, Zukerman, Hitchcock, Maeir, Weiner ve Boaretto, 2010, s. 3001).

Dura-Europos’da Hellenistik döneme ait agorada yerel jips taşından kesilerek örölmüş temel bulunmuştur. Bu taşlar harç ile tutturulmuştur. Bu harç ise özeldir. Bu harç ‘djuss’ olarak isimlendirilmek ve yerel kireçtaşı, kil ve seramik parçalarının kariştırılması ile üretilmiştir (Coqueugnot, 2011 s. 299). Bu örnek Hellenistik dönemde Mezopotamya tuğla kırıklı harç kullanımı için önemlidir.

Son iki yüzyıldır Portland çimento ortaya çıkana kadar bağlayıcı olarak kil, kireç ve alçı bağlayıcı olarak kullanılmaktadır Pozzolan olarak tuğla ve kiremit parçalarının kullanılması erken Hellenistik dönemden beri bilinmekte Roma döneminde Hadrian

Duvarında bölgede volkanik malzeme olmadığı için tuğla kırığı kullanılmış olmalıdır. Tuğla kırığının kullanıma Hellenistik dönemden erken Bizans dönemine kadar su ile ilişkili yapılarda su yalıtımı için hamam sarnıç, su kemeri vb. yapılarda kullanılmıştır (Elsen, 2006, s. 1417).

Baroni'ye göre hidrolik kireç olarak tuğla tozu kullanılarak yapılan harç ili ilgili ilk yazılı kaynakta Kral Süleyma'nın yapılmasını istediği sarnıç sıvasında tuğla tozu kullanılmaktadır ve normal kireç içerisine tuğla tozu katarak hidrolik özellik kazandırıldığını Fenikeliler bilmektedir (Baronio, Binda ve Lombardini, 1997, s. 34). Toz tuğla kırığı genelde sıvalarda ve yer döşemelerinde üst katmanlarda kullanılırken iri tuğla kırıklı harçlar sadece duvarlarda değil su ile kemer, köprü, hamam gibi yapılarda da önerilmektedir (Baronio, Binda ve Lombardini, 1997, s. 34). Roma İmparatorluğu'nun son dönemlerinde tuğla kırıklı harç kullanımı artmış bunun ile birlikte derz kalınlığı da dereceli olarak artmış ve 10-15mm'den 60-70mm'ye kadar çıkmıştır. Bu dönemde derz kalınlığı bazen tuğla kalınlığına eşit iken bazen derz kalınlığı tuğla kalınlığından daha fazla olmaktadır. Bu harç içinde kullanılan tuğla kırığı çakıl boyutundadır (Baronio, Binda ve Lombardini, 1997, s. 34).

Tuğla kırığının boyutu ile ilgili olarak başka bir veride Roma imparatorluğunun son zamanları ve Bizans döneminde iri tuğla kırıklı harçların kullanımı artmıştır. Dereceli olarak duvar derz kalınlığı ile birlikte tuğla kırıklı agreganın boyutu artmış ve bu karışım harçtan çok konglemera olarak isimlendirilmiştir. Toz tuğla kırığı kullanımı ile ortaya çıkan pembe harç yerini iri çakıl boyutunda tuğla kırıklı harca yerini bırakmıştır. Derz kalınlığı 4cm'den fazla olması olasına bağlı olarak (Aya Sofía'da 7cm bulmakta) agrega olarak tuğla kırığı boyutu da artmış ve 2,5 cm'ye kadar büyümektedir (Baronio, Binda ve Lombardini, 1997, s. 34).

Yapay puzolanlarla ilgili olarak günümüzde yapı malzemelerinin yeryüzündeki doğal hammadde kaynakları gün geçtikçe azalmakta veya ekonomik olmamaktadır. Bundan dolayı bazı sanayi atıklarının az da olsa yapı malzemesinde kullanılması söz konusudur. Genellikle sanayi atıklarından birçoğu alüminyum ve silisyum oksit mineralleri içermektedir. Bu alüminyum ve silisyum oksit mineralleri içeren atıklar puzolanik özellik göstermektedir. Atıkların kendilerine özgü karakteristikleri nedeni

ile kullanıldıkları yapı malzemelerinde, teknik açıdan iyileştirmelerle daha kaliteli ürünler elde edilmeye çalışılmıştır (Şimşek ve Çifti, 2006, s. 325).

Yapı malzemesi olarak kullanılan başka bir oluşum pomza kızgın haldeki mağmanın içerdiği gazların ani soğuma esnasında kütleden ayrılmasıyla oluşan çok gözenekli camsı yapıda volkanik kökenli bir madendir. Pomza yataklarının yer aldığı ülkelerin başında ABD, Türkiye ve İtalya gelmektedir. Türkiye'deki pomzanın, büyük çoğunluğunun (%90) inşaat sektöründe değerlendirilmektedir. Pomza, volkanlardan çıkan lavların oluşturdukları, değişik boyda, delikli, kabarcıklı, bazen özgül ağırlıkları sudan daha az olduğu için su içerisinde yüzebilen volkanik kayalardandır. İçerdiği gözenekler göz ile görülebilecek boyutlardan mikroskobik boyutlara kadar sayısız olup, her biri camsı bir zarla yalıtılmıştır. Bu yüzden hafif, suda uzun süre yüzebilen, izolasyonu yüksek bir kayadır. Pomza kimyasal olarak bünyesinde %75 civarında silis içermektedir (Elmastaş, 2012, s. 198).

Bu pomza tabakası, gıda maddelerinin nemden etkilenmesini engellemekte, ısıyı sabit tutarak izolasyon görevini görmektedir. Van Gölü Havzası'nda pomza taşının izolasyon maddesi olarak kullanımı günümüze kadar devam etmiştir (Elmastaş, 2012, s. 201).

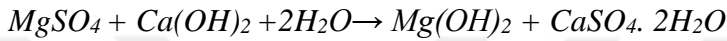
Pomza, hem Dünya'da hem de Türkiye'de büyük oranda inşaat sanayisinde kullanılmaktadır. Günümüzde Türkiye'de üretilen pomzanın %90'ı inşaat sektöründe kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe pomza, hafif yapı elemanı üretiminde değerlendirilmektedir. Hafif tuğlalar, bloklar, asmolonlar, paneller ve diğer kullanım şekilleri inşaatta kullanılan harç ve inşaat demirinden tasarruf sağladığı gibi inşaatlarda önemli oranda ısı ve ses izolasyonu da sağlamaktadır. Ayrıca yangına dayanıklılık açısından da normal betona kıyasla %20'ye varan oranda daha emniyetli olduğu kabul edilmektedir. Pomzalı betonun normal betona kıyasla önemli bir avantajı da deprem yüklerine karşı daha elastik davranış gösterebilmesidir. Ayrıca pomzalı beton ve yapı elemanları dondan da etkilenmemektedir (Elmastaş, 2012, s. 203).

Pomza içerdiği silis ve ısıyı ve nemi yalıtması açısından geçmişte yaygın olarak kullanılmıştır. Pomza magmatik oluşum olarak belli bölgelerde görülmekte bu



yüzden tarihi yapılarda kullanılan pomzanın kaynağı aranırken bu bölgeler göz ününe alınmalıdır (Elmastaş, 2012, s. 205).

Harç ana elemanlarından su beton karma suyu ve temas suyu olarak kullanılmaktadır. Beton özelliklerini olumsuz yönde etkileyecek maddeler içermeyen doğal kaynaklı sular beton üretiminde kullanılabilir. Beton suyunda en tehlikeli etken aşırı derede sülfat iyonları içermesidir. Suda fazla miktarda magnezyum sülfat ( $MgSO_4$ ) çimentonun serbest kireci ile reaksiyona girerek magnezyum hidroksit ve jips oluşturduğu için zararlıdır (Şimşek, 2003, s. 74).



%1'den fazla Sülfat içeren sular karma suyu olarak kullanılmaması gerekmektedir.%3'den fazla NaCl içeren sular beton için zararlıdır. Deniz suyu mecbur kalmadıkça kullanılmalıdır, çünkü deniz suyu ile oluşturulan beton nem ve su tutma ihtimali vardır. Yapı sürekli rütübetli olabilir ve çiçeklenmelerin görülmesi mümkündür (Şimşek, 2003, s. 74).

Betonda kullanılacak karışım suyu çimento ağırlığının %36-42'si kadar olmalı bu çimentonun hidrasyonu için yeterlidir. Harç hamurunun bağlayıcılığının niteliği büyük oranda harcın kalsiyum silikat bileşikleriyle su arasında kimyasal reaksiyonlardan kaynaklı kalsiyum silikat-hidrat (C-S-H) jellerinin oluşumuna dayanmaktadır (Şimşek, 2003, s. 81). Suyun içerisinde fazla miktarda bulanacak yabancı maddeler hidrasyon ürünlerinin oluşumunu olumlu ya da olumsuz etkilemektedir. Su harç hamurunun bağlayıcı özelliğini etkileyen en önemli etkenlerden biridir (Şimşek, 2003, s. 82).

Harç ve tuğla yapımı için su gerekliliğinden ada çevresinde su kaynakları üzerine araştırma yapılmıştır. Bölgede su sınırlı olduğu için başka araştırmacılar tarafından da araştırılmıştır. Adada günümüzde su bulunmamaktadır. Adada daha önceki çalışmalar ve yaptığımız gözlemlerde fay hatları ve fay aynaları bulunmaktadır. Fay hattı üzerinde 5-6m derinlikte çukur üzerine bazı duvarlarını ana kayadan yararlanarak yapı inşa edilmiştir. Bu yapının içerisinden alınan toprak (MBA-D4) diğer örneklerden farklı özelliklere sahiptir. Boğsak bölgesi karstik su kaynakları

üzerine çalışmada Boğsak Adası'nı da içeren yeraltı su akifer sistemi gösterilmiştir (Öztaş, 1989). Bu sistemde iki geçirimsiz tabaka arsından yeraltı suları ilerlemektedir ve Boğsak Ada'daki fay bu geçirimsiz tabakaları kesmektedir. Bu veriler ve elde ettiğimiz sonuçlar bu çukurda yağışın çok olduğu mevsimlerde su çıkışı olduğu fikrini aklımıza getirmektedir. Ayrıca bölgede denizaltı su kaynakları bilinmektedir.

Bölgede yapılan su ile ilgili araştırmalar Boğsak köyünün batısında Ovacık ovasında gerçekleştirilmiştir. Burada denizaltı su kaynakları tespit edilmiştir. Denizaltı kaynaklarının varlığı, Ovacık ovasındaki fay zonu ile ilgili olmamakla beraber Ada dağı karstik sisteminden beslenmektedir. Ovacık ovasında çalışma alanında, denizaltı kaynakları başka önemli sayılabilecek kaynaklar bulunmamaktadır. Ovacık kasabasının içme suyu bu küçük karstik kaynaklardan sağlanmaktadır. Ovacık kasabasının 200 m güneyinde ve sahile 2 m mesafeden başlayarak sıralanan 4-5 adet denizaltı kaynağı vardır. Sahile en yakın olan kaynağın derinliği 2.5-3 m 'dir (Karakılçık ve Ünlügenç 2002, s. 283).

Tatlı su ihtiyacını çoğalmasına paralel olarak deniz kıyılarına yakın bölgelerde tuzlu suyun, tatlı su akiferleri içine girmesi (intrüzyon) problemi de artmıştır. Tanım olarak çözünmüş katı madde miktarı 1000 mg/L (ppm)'den fazla olan sular "tuzlusu" olarak kabul edilir. Yeraltı suyunda bu miktarı aşan Na, K, Mg tuzlarının bulunması daima deniz suyu ile bir araya gelmesiyle açıklanamaz. Bugün denizlerden çok uzaklarda da tuzlu yer altı sularına rastlanmaktadır. Buralarda tuzluluğu doğuran diğer kaynaklardır. Deniz suyu girmesi, deniz suyu ile yeraltı suyu arasında bir bağlantının var olduğu yerde gelişir veya daha belirgin olurlar. Yer altı suyunun olması gerekenden daha büyük boyutlardaki çekimi deniz suyunun akifere doğru yürütmesine sebep olmakta ve su kalitesi düşmektedir. İnceleme alanında deniz suyunun yeraltı suyuna girişim olayı yoktur (Karakılçık ve Ünlügenç 2002, s. 288).

Su ile faylar arasında ilişki bulunmakta, sular fay kırıklarından yeryüzüne çıkmaktadır. Bu nedenle bölgede faylar araştırılmıştır. Faylar, Boğsak Karst kaynağı KB-GD doğrultulu ve KD'ya eğimli 3 fayın birlikte etkilediği yapısal bileşene bağlı olarak ortaya çıkmıştır (Öztaş, 1989, s. 37).

Boğsak Adası'nın batısında Ovacık mevkiinde denizaltı kaynaklardan yararlanılmakta üzere yapılan çalışmada bu bölgedeki su kaynaklarının ve 5 tane denizaltı su kaynağın da Ada dağı fayının uzantısı üzerinde olduğu görülmüştür (Öztaş, 1989, s. 12).

Bölgede akarsu ve dereler kil yatakları için de önemlidir. Bölgede sürekli akış gösteren akarsu yoktur. Bölgenin kuzeyindeki Çadırsuyu deresi ana drenaj sistemi ile güneydeki Eğribük deresi ana drenaj sistemlerinin incelenen alan içerisinde görülen kollarında mevsimlik akış görülür. Diğer tüm akarsu sistemleri kuru dereler halindedir sadece yağışlar sırasında akışa geçer (Öztaş, 198, s. 42).

Bölgede sürekli akış gösteren Boğsak Karst Kaynağı dışında tespit edilen 7 su kaynağı sadece ilkbahar ve kış akışı gösteren mevsimlik kaynaklar özelliği yansıtmaktadır. Bunlar arasında en önemlisi Eğribük deresinin sol yamacında yer alan bazen yaz aylarında bile akış gösteren Eğribük kaynağıdır ve diğer kaynakların bir kısmı fay zonundan çıkmaktadır (Öztaş, 1989, s. 49).

Boğsak Adası'nda görülen çukur obruk oluşumlarını ilgili olabilir. Obruklar kast alanlarındaki kuyu biçimli orta boyutlu kast yapılarını tanımlar. Genelde kırıklar ve faylar iyi gelişmiş çatlak sistemlerinin kesişme noktalarında yer almaktadır. Bölgedeki obruklar Boğsak deresinin drenaj alanında Silifke- Alanya yolunun batısında obruk tespit edilmiştir Boğsak deresi alt drenaj alanında bulunan 4 obruk tamamı da Boğsak vadisinin birikinti yelpazesi ile kayalık yamaçların dokanağındadır. Boğsak köyünü ikiye ayıran karayolunun batısındaki 3 obruk yerel faylar üzerinde, yolun doğusunda bulunan diğer obruk ise çatlaklar sisteminin kesişme noktasındadır. Bu tek obruk Boğsak Körfezinin 40 m uzaklıkta olmasına rağmen içilebilir su nitelikte su içermektedir (Öztaş, 1989, s. 72).

Boğsak köyü bölgesinin yeraltı suyu özellikleri, Boğsak karst kaynağının oluşması, su potansiyeli ve kaynak suyunun kullanabilme imkânlarının belirlemek için yapılan çalışmada suların kimyasal incelemesi yapılmış ve buna göre suların Ca, Cl, SO<sub>4</sub>, Mg, Na, K değerlerine bakılmış ve içilebilirlikleri tespit edilmiştir (Öztaş, 1989, s. 89).

Yapılan analizler sonunda bu bölgedeki sular 3 gruba ayrılmış buna göre 1. Grup en tuzlu suya sahip gruptur ve Obruk 1 ve Obruk 3 bu gruba aittir ve Cl değeri 1000 ppm değeri tespit edilmiştir. 2. Grup orta tuzlukta olanlardır ve Cl değeri 600 ppm olarak belirlenmiş, 3. Grup ise Cl değeri 200 ppm dolaylarındadır ve bunlar yörenin içme suyu karakterini en fazla taşıyanlardır. Yapılan analizlere göre tuzlu sularda  $Ca < Mg < Na + K$  sıralaması ve tatlı sularda  $Ca > Mg > Na + K$  sıralaması karakteristik olduğu belirlenmiştir (Öztaş, 1989, s. 89).

Yapılan çalışmada Boğsak köyü yeraltı sularının kullanılabilirliği içme suyu, sulama suyu ve beton ve metal üzerindeki aşındırıcı ve kabuklandırıcı etki araştırılmış ve bunun sonunda suyun aşındırıcı etkisi Ph ve  $SO_4$  aşındırıcı etkisi olmadığı, Cl aşındırıcı etkisi olduğu, kabuklandırıcı etki karbonat sertliğinin yüksekliği etkili olmaktadır. Boğsak köyü sularının kabuklandırıcı etkisi olduğu, aşındırıcı etkisini de Cl ve toplam çözülmüş madde miktarı etkili olmaktadır (Öztaş, 1989, s. 97). Genel olarak kaynak suyunun beton ve metal üzerinde aşındırıcı etki yapmadığı ama kabuklandırıcı etkisi olduğu ortaya çıkarılmıştır (Öztaş, 1989, s. 123).

Harç ana elemanları hakkında bilgi verdikten sonra harç hazırlanmasından sonra yapıda kullanılması ve sonrası süreçler hakkında bilgi verilecektir. Bu aşamaların bilinmesi kaliteli harç üretimi açısından önemli olduğu gibi sonra oluşacak bozulmalar için ipucu vermektedir.

Harç bileşenleri karıştırıldıktan birkaç saat sonra plastik özeliği kaybolmuş katı bir yapı oluştururlar. Buna neden olan ve agrega ve bağlayıcılar ile suyun tepkimesi sonucu oluşan kimyasal reksiyona hidratasyon denilmektedir. Bu reaksiyonun iyi anlaşılması harçların birçok özelliğinin daha iyi kavranmasına neden olacaktır (Kosmatha, Taylor ve Voigt, 2006, s. 69).

Hidratasyon süreci agrega, bağlayıcılar ve suyun bir araya gelmesiyle başlar. Harç malzemelerini içeren tanecikleri kısmi olarak su içerisinde çözünürler. Çözünen bileşenler değişik hızlarda ve oranlarda reaksiyona girer. Reaksiyonlar sırasında ısı açığa çıkar ve yeni ürünler meydana gelir. Oluşan yeni ürünler harç hamurunun sertleşmesine ve agregaların harç hamuru ile bağlanmasına neden olurlar (Şekil 5.7) (Kosmatha, Taylor ve Voigt, 2006, s. 69).

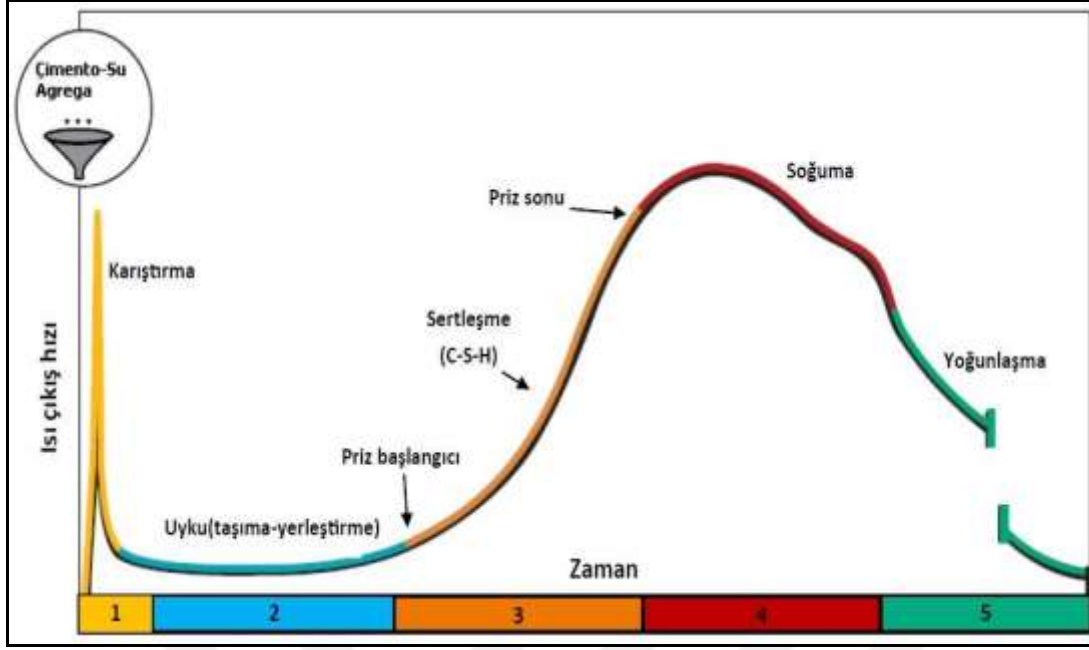
Hidrasyon sonunda ortaya çıkan hidrate olmuş ürünler Kalsiyum silikat hidrat (C-S-H), Kalsiyum hidroksit (CH), Etrenjit (C-A-S-H) (AFm), Monosülfat(C-A-S-H)'dir. Bu ürünler betonun dayanım ve dayanıklılık özelliklerini etkileyen ana unsurlardır (Kosmatha, Taylor ve Voigt, 2006, s. 69).

Harç yapımda ortaya çıkan hidratasyon reaksiyonunun süreçleri beş bölümden oluşmaktadır. 1. Karıştırma süreci, 2.Uyku süreci, 3. Sertleşme (priz) süreci, 4. Soğuma süreci, 5. Yoğunlaşma süreci'dir (Şekil.5.7).

Karıştırma sürecinde alüminatlar ve alçı suda çok hızlı çözünür ve birkaç dakika içinde tepkimeye girerler. Hızlı tepkime sonucu oluşan bileşikler yüksek ısı çıkışına neden olurlar. Bu durum kontrol edilemediği takdirde betonda yalancı veya ani priz meydana gelir. Bu da istenmeyen bir durumdur.

Klinkere eklenen alçının çok hızlı çözünmesi sonucu çözülmüş alüminatlar ve su ile tepkimeye girerek çimento taneciklerinin etrafında jelimsi bir tabaka oluşturur. Bu jelimsi tabaka alüminatların çok hızlı bir şekilde tepkimesini engeller ve sıcaklığı büyük ölçüde düşürür ve betonun ani priz yapması engellenir.

Silikatlar suda çok yavaş çözünür ve ani etkileri yoktur. Bu nedenle bu süreçte



1.Karıştırma	2.Uyku Süresi	3.Sertleşme	4.Soğuma	Yoğunlaşma
10-15 dakika içinde gerçekleşir.	2-4 saat içerisinde sona erer.	2-4 saat içerisinde sona erer.	-	Yıllarca devam eder.
Yüksek ısı çıkışı aniden gerçekleşir ve aniden düşüş gösterir.	Karışım plastik ve işlenebilirdir. Isı çıkışı çok düşük seviyededir.	Yüksek ısı çıkışı olur. Priz ve betonda sertleşme başlar. Beton dayanım kazanmaya başlar.	Büzülme ve sürtünme sonucu oluşan iç gerilme, dayanım kazanımını geçmemelidir. Bu çatlamalara neden olur.	Beton dayanım ve dayanıklılık kazanmaya devam eder.
Karışım tasarımı önemlidir.	Beton kolayca taşınabilir, yerleştirilebilir ve bitirme işlemi yapılabilir.	Çok geçmeden küre ve korumaya başlanmalıdır.	Gerilmeleri azaltmak için derz kesimine başlanır.	Erkan yaşta beton ani sıcaklık değişimlerinden üzerine yalıtkan örtüler serilerek korunmalıdır.

Şekil 5.7. Hidratasyon reaksiyonu süreçleri (Kosmatha, , Taylor, Voigt, 2006, s. 70)]

Uyku Süreci, Alüminatların tepkimesi bu periyotta 2-4 saat arasında kontrol edilebilir. Bunun nedeninin jelimsi tabaka olduğu bilinmektedir. Bu periyodun sağladığı en önemli fayda betonun plastik halde taşınması, yerleştirilmesi ve işlenmesidir. Bu süreçte harç işlenebilirliğini korumaktadır. Ek 3. Şekil 42’de görüldüğü gibi bu periyotta ısı çıkış hızı hemen hemen sabit kalmaktadır. Ancak, bu hiçbir tepkimenin olmadığı anlamına gelmez (Kosmatha, Taylor ve Voigt, 2006, s. 71).

Sertleşme sürecinde karışım suyu, çözünen kalsiyum iyonları ile aşırı doymuş hale ulaştığında, yeni hidratasyon ürünleri oluşmaya başlar ve bunun sonucunda ısı çıkışında yükselme meydana gelir. Bu duruma sertleşmenin (priz) başlangıcı denir. Prizin başlaması ile betonda yüzey bitirme işlemi gibi uygulamalar artık yapılamaz. Bu periyotta beton yüzeyinde sulama, kür katkısı uygulaması gibi kür (bakım) işlemleri yapılmaya başlanır (Kosmatha, Taylor ve Voigt, 2006, s. 71).

Soğuma Süreci harç hamuru bileşenler açısından doymuş hale gelmiştir. Harç taneciklerinin ( $C_3S$ ) yüzeyinde hidratasyon başlar ve yüzeyde hidratasyon ürünleri (C-S-H ve CH) oluşur. Betonun dayanım kazanma süreci artık başlamıştır (Kosmatha, Taylor ve Voigt, 2006, s. 21)

Yoğunlaşma süreçte reaksiyon yavaşlamaya başlar ve ısı çıkışı önemli düzeyde azalır. Hidratasyon ürünleri artmaya ve gelişmeye devam etmektedir. Harç hamuru gittikçe daha sert ve sağlam bir yapıya kavuşur. Bu dönemde hidrate olmamış hidratasyon ürünlerinin tanecikleri ile suyun bulunması durumunda çok uzun bir süre devam eder. Kısaca, harcın yıllar sürebilecek bir zaman diliminde dayanımı ve dayanıklılığı artar (Kosmatha, Taylor ve Voigt, 2006, s. 72), (Şekil.5.7).

Harç ana elemanları hakkında bilgi verilmiş harçlarla ilgili Gravimetrik analizlerle ilgili benzer çalışmalarda belli değerlere ulaşılmıştır. Buna göre gravimetrik analiz çalışmalarından Böke’e göre harç ve sıvaların hidrolik özelliğini tespitine yönelik kalsinasyon-gravimetrik analizlerde kızdırma kaybına bakılıp 200-600°C ısıtınca harç bünyesine aldığı su ( $H_2O$ ) moleküllerini ve 600-900°C da harç havadan aldığı karbondioksit ( $CO_2$ ) ‘yi kaybetmektedir. Bunun sonunda  $CO_2/H_2O$  değeri 10’dan az ise ve basınç dayanım değeri 9 MPa’dan büyük ise o harç hidrolik olarak kabul

edilmektedir (Böke ve diğerleri 2006, s. 1119-1120). Ayrıca çalışmasında hamamda kullanılan tuğla ile harç içerisindeki tuğlaların hidrolik özellikleri farklı olduğu ve harç içerisindeki tuğlaların hidrolik özelliğinin daha fazla olmasını bunun özel olarak harç içinde kullanılmak üzere üretildiğini düşünmektedir (Böke vd., 2006, s. 1121).

Rodos Adasında yapılan çalışma benzer örnek olması için de önemlidir çünkü Rodos Adası da ada olmaktan kaynaklı yapı malzemesinin sınırlı olması ve bir kısmının dışarıdan sağlanmış olması açısından önemli çalışmadır. (Moropoulou, Bakolas. Bisbikou, 2000, s. ,46) Bu çalışmada farklı metotlar kullanılmış, bunlardan biri de kalsinasyon çalışması ve buna göre harçlar sınıflandırılmıştır. Kalsinasyon sonunda su kaybı ve karbondioksit kaybının oranlamasına göre hidrolik ve non-hidrolik harçlar tespit edilmektedir (Moropoulou, Bakolas ve Bisbikou, 2000, s. ,51).

Moropoulou vd (2005), gravimetrik analizler sonunda harçları dört gruba ayırmıştır. Tipik kireç harçları kimyasal su %3'ten az, CO<sub>2</sub> %32'den fazla, CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O oranı 10'dan fazla olan harçlardır. Hidrolik kireç harçları kimyasal su %3.5-6.5 arası, CO<sub>2</sub> %24-34 arası, CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O oranı 6.5-9.5 arası harçlardır. Tuğla kırıklı harçları kimyasal su %3.5-8.5 arası, CO<sub>2</sub> %22-29 arası, CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O oranı 3-6 arası harçlardır. Puzolanik harçlar ise kimyasal su %5-14 arası, CO<sub>2</sub> %12-20 arası, CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O oranı 3'ten az olan harçlardır.

Tarihi harçlardaki teknolojiler üzerine araştırmalar isimli çalışmada Rodas Ada'sındaki harçlar çalışılmıştır. Su ile ilgili yapılardan, taban döşemelerinden, mozaiklerden, duvarların iç ve dış sıvalarından alınan örnekler üzerinde araştırma yapılmıştır. İzolasyon ile ilgili harçlarda XRD yöntemi ile Calsiyum Silikat Hidrat safhası tespit edilmiştir. Bu harçlarda içerisinde volkanik malzemenin kökeni üzerine çalışılmıştır. Bu çalışmada kireç harcı, tuğla kırıklı harç, pozzolanlı harç, portland harcı, hidrolik harç ve modern restorasyon harçları gruplandırılmıştır. Bu harçlarda kalsinasyon analizi gerçekleştirilmiş ve değer aralıkları verilmiştir. Buna göre kireç harcı H<sub>2</sub>O %3 den küçük CO<sub>2</sub> %33-40 ve CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O oranı 10'nun üzerinde, hidrolik harç ise üç ayrı alt bölüme ayrılmış buna göre de birincisi hidrolik harç H<sub>2</sub>O %3.5, CO<sub>2</sub> %30 altında ve CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O oranı 10-6, ikincisi puzolan ve portland harcı H<sub>2</sub>O %10 üzerinde, CO<sub>2</sub> % 20-10 ve CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O oranı 3,5 altında, üçüncüsü de tuğla kırıklı



hidrolik harç H<sub>2</sub>O % 6-3,5, CO<sub>2</sub> % 20-30 ve CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O oranı 6-3,5 belirlenmiştir (Moropoulou, Bakolas ve Bisbikou 2000, s. 45–58). Gravimetrik analiz ile yapılan hidrolik sınıflaması XRF analizi yapılamadığı durumlarda yardımcı bir yöntemdir.

Bizans ve daha sonrası döneme ait harçlarda XRD çalışması üzerine makalede, Dehydroxylated kil, harçlarda puzzolan kullanılmakta ve harcı güçlendirmektedir. Tuğla kırıklı harçlarda DTA ve TG-DTG analizleri ile Calsiyum Silika ve Calsiyum Aliminyum Hidrat safhaları hakkında bilgi edinmek mümkündür. Bu çalışmada Bizans, Venedik ve Osmanlı dönemi Rodos, Girit, Ayasofia harçlardaki benzerlik geleneksel üretim tekniklerinden kaynaklanmış olmalıdır. Rodos adasında harçlarda agrega bağlayıcı oranı 1/2 olarak tespit edilmiştir (Moropoulou ve Bakolas ve 1995, s. 790).

Puzolanlı harçlar üzerine yapılan çalışmalardan Ayasofia Kilisesi gravimetrik analizleri üzerine çalışmada tuğla kırıklı harç ve sıvalarda su ile ilişkili yapılarda yalıtım amacıyla kullanılan örnekler üzerinde analizler yapılmış. Bu çalışmada tuğla kırıklı harçlar (cocciopesto) yalıtım amaçlı kullanılmakta ve tuğla kırığı hidroliklik özellik kazandırmaktadır. Tespit edilen bağlayıcı/agrega oranı 1/2 ve 1/4 arasında değişmektedir (Bakolasa, Biscontinna, Moropoulou ve Zendria, 1998, s. 151).

Termal metotlarla doğal ve yapay puzolanların değerlendirildiği araştırmada, restorasyon çalışmalarında doğal ve yapay puzzolanların kullanımı üzerine yoğunlaşmış doğal puzzolanlar volkanikler iken yapay puzzolanlar tuğla kırıkları üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada sonunda günümüzde kullanılan doğal puzzolanların düşük aktivasyonları ve kaliteleri nedeniyle restorasyon için uygun olamayabilir denilmektedir. Buna göre yapay puzzolanlar kül, silis dumanı metakaolinler kullanılması önerilmektedir (Moropoulou, Bakolas ve Aggelakopoulou, 2004, 138).

Meksika Aztek başkentinde 1375-1520 yıllarına tarihlenen farklı dönemlere ait farklı pramitlerde kullanılan harç ve sıva, buradaki yapılarda da harç içerisinde puzzolan olarak volkanik malzeme kullanıldığı tespit edilmiştir (Miriello vd., 2015).

Sönmemiş kireçlerin üretimde kaynak kireçtaşının ve pişme derecesinin üzerine yapılan bu çalışmada iki farklı kireçtaşı 900 °C, 1000 °C, 1100 °C, 1200 °C de kalsinasyon uygulanarak sönmemiş kireç elde etmişlerdir. Kireçtaşı kalsinasyon sıcaklığı kireç üretimini etkileyen önemli faktör olduğu anlaşılmıştır. 19.yüzyılda petrol, gaz gibi yakıtların fırınlarda kullanılmasıyla fırınlarda yüksek sıcaklığa ulaşılmış ve kireç üretimini etkilemiştir (Moropoulou, Bakolas ve Aggelakopoulou, 2001, s. 633).

Girit'deki kireçtaşı taş ocaklarından (Sises ve Latzima) alınan kireçtaşları bu çalışmada kullanılmıştır çünkü buradan alınan kireçtaşlarından restorasyon uygulamalarında kullanılan en yaygın kireç türü olan karakteristik Girit harcı üretilmekte idi (Moropoulou, Bakolas ve Aggelakopoulou, 2001, s. 635).

Kil, tuğla ilgili benzer çalışmalar göstermiştir ki kil yaklaşık 500 °C de bozulmakta ve kristal olmayan amorf silis ve aliminyuma dönüşmektedir. 600-700 °C kil içerisindeki sodyum ve potasyum iyonları silisin erimesine sebep olmakta ve camlaşmaktadır. 800-900 katılama reaksiyonu başlamaktadır (Torraca, 2009, s. 45).

Yapısal tuğla örneklerin dayanım özellikleri kimyasal içerikleri ile birlikte değerlendirildiğinde; dayanımı yüksek örnekler için yapıda %10 üzerinde Alüminyum, %30'un üzerindeki oranda SiO<sub>2</sub>, %10'dan düşük oranda CaO ve %8'in altındaki oranda Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermelidir (Özışık, 2000).

Yapılan çalışmada elde edilen veriler ile benzer dönemlere ait tuğlalar üzerindeki çalışmalardan elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Bergama'da Roma dönemi tapınaktan toplanan tuğlaların; temel fiziksel ve mekanik özellikleri, özellikleri laboratuvar analizleri ile belirlenmiştir. Tuğlaların; düşük yoğunluklara ve gözenekli bir yapıya sahip oldukları, üretimlerinde ham madde olarak, düşük miktarlarda kalsiyum içeren kil kullanıldığı ve pişirilme sıcaklıklarının 900 °C'yi geçmediğini tespit edilmiştir (Özkaya, 2005, s. 33). Ayrıca gözeneklilik değeri %32-35, yoğunluk da 1.6-1.7 gr/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir (Özkaya, 2005, s. 39).

Myra antik kentindeki tuğlalar üzerine yapılan deneylerde gözeneklilik ortalama % 32 su emme %25-30 bulunurken, basınç ortalama 33 MPa ve 850 °C pişirildiği anlaşılmaktadır (Oğuz, 2013, s. 13).

Selçuklu dönemine ait Sivas Gök Medrese ve Tokat Gök Medrese yapılarından tuğla örneklerinde yoğunluk 1.38-1.47 gr/cm<sup>3</sup> ve gözeneklilik 45-48%. tespit edilmiştir (Dinçer, 2012, s. 6). Bu araştırmadaki örneklerde ise gözeneklilik %30-37 arasında değişmektedir.

4-yüzyıldan itibaren Bizans yapılarında kullanılan tuğlalarda yapılan fiziksel analizlere göre birim hacim ağırlıkları 1.55-1,86 arasında en düşük değer 4. yüzyıl yapısında en yüksek değer de Tekfur Sarayından alınan örklerde ulaşılmıştır. Su emme ağırlıkça %13,13-25,16 hacimce su emme ise %23,74-39,03 olarak belirlenmiştir. Su emme bir birinden çok farklı ama birim ağırlıkları birbirine yakın olanlarda boşlukların dışa açık olup olmaması ile ilgili olmalıdır. Boşlukların oluşma nedeni iki sebepten olmalı, buna göre birincisi kil hamurunun hazırlanması sırasında oluşan boşluklar, ikincisi de pişme esnasında oluşan boşluklar. Pişme esnasında oluşan boşluklar da iki şekilde olmakta hamur içine karışmış yanıcı maddelerin yanınca gaz haline gelmesi ile oluşmaktadır. İkincisi de Hamurun içerisindeki CaCO<sub>3</sub> ve MgCO<sub>3</sub> 'ün pişme ısı ile CO<sub>2</sub> çıkışı ile boşluk oluşmaktadır, Ayrıca Kayha'nın çalışması sonucunda Schmidt sertlik değerleri de 32 ile 44 arasında değişmektedir. Buradaki ölçümler duvar üzerinde yapılmıştır (Kahya, 1992, s. 59).

Tuğla ve kiremit renkleri sayısal olmasa da görsel olarak pişme dereceleri hakkında da bilgi vermektedir. Torraca'ya göre seramik pişirme, günümüzde yüksek sıcaklıklara ulaşılırken geçmişte aynı dereceye ulaşmak mümkün olmamıştır. Seramik renkleri ile pişme dereceleri hakkında bilgi edinmek mümkündür. Sarı renk düşük sıcaklığı gösterirken yaklaşık 700-800 °C kırmızı ya da pembe renk daha yüksek sıcaklıkta yaklaşık 1000 °C piştiği hakkında bilgi vermektedir (Torraca, 2009, s. 45).

Tuğla üretimi için geniş alanların zorunluluğundan yerleşim yerlerinin hemen dışında fakat transfer işlemlerinden dolayı ana yollara veya nehir ve limanlara yakın olarak tabi ki hammaddenin bulunduğu yerlerde yapılmaktadır (Kahya, 1992, s. 14).

Bizans döneminde tuğla üretimi ile ilgili örgütlenme var mı bilmek pek mümkün değilken 982 tarihli bir belgede manastır kendi arazisinde deniz kenarında bir atölye açmaktadır. Osmanlı döneminde en tanınmış tuğla yapımcıları Trakya’da idi (Kahya, 1992, s. 12).

Fiziksel deneylerden elde edilen veriler, literatürde belirtilen çalışmalardaki sonuçlardan çok da farklı değerler taşımamaktadır. Dolayısıyla, bölgesel hammadde kaynaklarının farklılığı, şekillendirmenin homojen olarak yapılamaması ve ampirik pişirme teknikleri gibi çeşitli parametreler tarihi tuğlaların bire bir örneklerinde standart değerlerin elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte genel ortalama değerler tuğlaların özellikleri hakkında yine de genel bilgiler verebilmektedir. Bazı mineraller tuğlaların muhtemel kalsinasyon sıcaklıkları hakkında bilgiler verebilir. Bilindiği gibi feldispatların sıcaklıklara göre çeşitli modifikasyonları bulunmaktadır. Örneğin muskovit ( $KAl_3Si_3O_{11}$ ) minerali 800-900 °C’lerde illit ( $KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$ ) 800-850 °C’lerden sonra spinel, mullit ve kristobalit gibi kararlı minerallerin tespit edilmemesi tüm tuğlaların pişirilme sıcaklıklarının 950 °C üzerine çıkmadığını ve daha düşük sıcaklıklarda pişirildiklerini kanıtlamaktadır. (Kurugöl ve Tekin, 2010, s, 773).

Tuğlaların puzolanik özellik taşımaları, kimyasal ve mineralojik yapıların yanında kalsinasyon sıcaklıklarıyla da ilgilidir, dolayısıyla puzolanik özelliğe sahip olmaları tuğlaların 850-900°C’den yüksek bir sıcaklıklara maruz kalmadıklarını da göstermektedir. Bu durum puzolanik aktivite için uygun sayılabilecek bir kalsinasyon aralığı sayılabilir, çünkü, killerin kalsinasyon sıcaklıkları 900-950°C’nin üzerinde olduğunda, mullit, kristobalit vb. kararlı mineraller oluşmaya başlamakta ve buna bağlı olarak puzolanik özellikleri azalmaktadır (Kurugöl ve Tekin, 2010, s. 773).

Yapı malzemelerini oluşturan harç, sıva, taş vb. malzemelerin kimyasal içerikleri PED-XRF yöntemi ile belirlenmiştir. Bu nedenle mineral kimyası ve elementlerin diğer elementler ile ilişkileri hakkında bilgi vermek gerekmektedir.

Majör ve iz element kavramları kayacın içerdiği elementlerin, kayacın bulunma miktarlarına göre tanımlanmaktadır. Yerkabuğunun ağırlıkça % 98,34’ünü oluşturan

elementler, majör element olarak adlandırılır. Bu elementlerin, herhangi bir kayaç içerisindeki konsantrasyonları % oksit cinsinden belirlenir. Tipik olarak volkanik kayaçların içerdiği majör oksitler  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$  dir (Temel, 2001).

İz elementler ise ağırlıkça yer kabuğunun % 1.66' sim oluştururlar ve kayaç içerisindeki miktarları ağırlıkça genellikle % 0.1' den azdır. Bu elementlerin miktarları genellikle ppm (parts per million), daha düşük konsantrasyonlarda olanlar ise ppb (parts per billion) ile ifade edilirler. Jeokimyasal yorumlamalarda kullanılan en önemli iz elementler, Rb, Sr, Ba, Nb,Zr, Y, Ni, Co, Cr, Sc,Cs , U, Th, Pb, Hf, Ta ve Nadir toprak ( La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) elementlerdir (Temel, 2001).

Kayaçların içindeki ana, eser ve REE (Rare Earth Elements = Nadir Toprak Elementleri) elementlerin davranışları; jeolojik olayları, kayaçların kristalleşmesi ve ayrımlaşma döneminde geçirmiş oldukları süreçleri anlatabilmektedir (Kadıoğlu, 2001, s. 182).

Ana elementler, her kayaçta hakim olacak şekilde ve ağırlıkça % cinsinden ifade edilebilen elementlerdir. Bunlar Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K ve P olmak üzere başlıca on elementi kapsamaktadır. Ana elementlerin analizleri katyon olarak ölçülür ve oksijen ile eşlik ettikleri kabul edilerek ana oksit cinsinden ifade edilirler (Kadıoğlu, 2001, s. 183).

Eser elementler kayaç içerisinde % 0.1'den az oranda olup milyonda bir (ppm) veya daha az bulunmalarıyla birlikte milyarda bir (ppb) şeklinde ifade edilirler. Bazı eser elementler, bazı kayaçlarda veya minerallerde % 0.1 'in üzerinde de bulunabilmektedir. Bazı ana elementler, kimi kayaçlarda ana element kimi kayaçlarda ise eser element olarak görülebilmektedir (Kadıoğlu, 2001, s. 185).

Stronyum kalsik minerallere, başlıca plajiyoklazlara bağımlıdır. Ayrıca uyumsuz elementlerin karşılaştırıldığı grafikte Ni ile Th arasında ters orantı bulunmaktadır (Aydar, 2001, s. 94). Boğsak Adası örneklerinden ve Göksü deresi toprak örnekleri arasında bu ilişki görülmektedir. Boğsak örneklerinden MBA-T35ve MBA-B21 ile

Göksu deresi toprak örneklerinde MBG-D1 örnekleri serpantinitle ilişkili olup bu örneklerde Ni ile Th arasında ters orantı tespit edilmiştir (Ek 2. Çizelge 16).

Yapı malzemelerinden harcın hazırlanması sırasında kullanılan aletler, araçlar ve kullanılan ölçek aleti de önemlidir. Malzemenin hazırlanmasında ölçek ne olacağı da bir tartışma konusu iken standartların sağlanması ve inşaat işlerinde şartnamelerin oluşturulması için gereklidir. Yapı yerinde kum, çakıl gibi maddeleri ölçmekte kullanılan ambar, kenarları 75 cm olan küp şeklinde ölçektir. Ayrıca eni boyu 1m yüksekliği 42 cm olan ambarlar da bulunmaktadır. Günümüzde hazır beton kullanımı ile ambar kullanımı çok azalmıştır. Bu ölçeğin hacmi 0,422 m<sup>3</sup> ve 2,5 ambar yaklaşık 1 m<sup>3</sup>'tür. Bunun ile birlikte diğer bir ölçek ise yarım ambardır. Kenarları 60 cm olan küp biçimdeki ambardır ve 5 ambar yaklaşık 1 m<sup>3</sup>'tür (Hasol, 2014, s. 35).

Elek, kum ve çakıl gibi gereçlerin içinde bulunan yabancı maddeleri ayıklamak ya da incisini kabasından ayırmak için kullanılan, bir kasmağa geçirilmiş eşit delikli bir örgüden ibaret alet. Elek altı elenmiş, elek üstü ise eleme sonrasında elekğin üzerinde kalan daha iri malzemedir (Hasol, 2014, s. 158).

Günümüzde yapıda kullanılan malzemeler için standartlar bulunmaktadır. Geçmişten gelen deneyimlerin birikimleri sonucunda ortaya çıkmış olmalıdır. Buna göre harç içinde kullanılan agregaların boyutları içinde standartlar belirlenmiştir. Buna göre harç ve sıvalarda kullanılacak agregalar için kabul edilen 8mm üzeri için çakıl, altı için kum denilmekte ve kum da 4mm üstü kaba altı ince kum olarak adlandırılmaktadır (Çağlayan, Haberveren, İpekoğlu ve Kurşun, 1999, s. 70). Ayrıca ince kum da kendi içinde orta (4-2mm) ve ince (2-0mm) olarak kendi içerisinde ayrılmıştır TS 2717). Bu sınıflamaya göre ayrılan agregalar kullanılacağı yere göre de değişmektedir. Yapıların iç ve dış duvarlarında uygulanacak sıvalar kendi içinde farklılık göstermekte ve buna göre de agrega seçimi yapılmaktadır (TS 1262). Böylece günümüz yapılarında da bir standart sağlanmakta aynı zamanda işveren ve iş yapan arasında ortak bir dil ve şartname oluşmaktadır.

Burrigato vd. (2004) bölgede Silifke'nin doğusundaki Elaiussa Sebaste kazı yerindeki çalışmalarında yapılardan aldıkları örnekleri çalışmışlar ve tipolojisini oluşturmuşlardır ve harçlarda tipoloji oluşturulması açısından önemlidir. Bu

çalışmada harç içerisindeki agregaların kökeni üzerine araştırma yapmışlar ve Göksu ve Limonlu nehirlerinin alüvyon yatakları ile ilişkili görülmüştür (Burrigato vd. 2004, s. 777). Burada agrega içerisinde serpantin ve radiolaryalar tespit edilmiştir. Boğsak Adası yerleşimi yapılarından alınan harç örnekleri içerisinde Mersin Ofiyolitleri ile ilişkili kayaç parçaları tespit edilmiştir. Benzer oluşum Elaiussa Sebaste kazısı harçlarında da Mersin Ofiyolitleri ile ilişkili serpantin ve radiolaryalar belirlenmiştir.

Kireç üretimi, üretim aletleri, inşaat sırasında taşınması ile ilgili ve arkeolojik alanlarda harç malzemesine ait buluntular sınırlıdır. Buna göre Pompei içerisinde kireç olan amfora bulunmuş bu kireç taşımada kullanılmış olmalı aynı zamanda buradaki bir evin odasında kireç yığını bulunmuştur (Adams, 1999, s. 131).

Kireç agrega ile yavaşça karıştırılmalı iyi karıştırılmadığında kireç içerisinde topak oluşmaktadır. Pompei de kireç karıştırma aleti ele geçmiş bu aletin sapı 3,5 m (Adams, 1999, s. 132). Ayrıca mozaik üzerinde harç hazırlama ve taşınması sahnelenmiştir (Adams, 1999, s. 134). Tuğla bir bina yapımında iskele sistemi gösterilirken burada kireç-harç hazırlama ve taşıma anlatılmaktadır. Burada harç bir sepet içerisinde taşınırken gösterilmektedir (Adams, 1999, s. 149).

Tunay çalışmasında duvar örgü sistemleri üzerinden ve yapı malzemelerinin özelliklerinden tarihlendirme önerilerinde bulunmaktadır. Bu çalışmada harç tiplerini, tuğla boyutlarını vermektedir. Ayrıca duvarda tuğla ile harç kalınlıklarının oranları hakkında bilgi verirken bu oranlara göre dönemsel çıkarımlar yapmaktadır.

Çalışmasında farklı harçlar hakkında bilgi verirken bunlardan birincisi Horasan Harcı, bu tuğla-kiremit kırıklıdır. İkincisi Bizans harcıdır. Bu harç: 2 ölçek kireç ile 1 ölçek dere kumu ile yapılmaktadır. Eğer tuğla kırıklı olacağına da 1 ölçek tuğla kırığı 2 ölçek kireç katılmaktadır. Ayrıca bilindik harç dışında farklı Bizans harcı var demek bu da keramoton harcıdır. Bu harç 19 ölçek iri taneli kum, 38 ölçek öğütülmüş tuğla kırıkları ve 5 ölçek sığır kılı veya keten içermektedir ( Tunay, 1984, s. 20).

Tunay çalışmasında tuğla boyları, duvar örgü biçimleri hakkında detaylı bilgi verirken bunların zaman içinde gelişimleri hakkında da değerlendirmeler yapmaktadır ( Tunay, 1984, s. 10).

Ötüken Bizans Duvar Tekniğinde Tektonik ve Estetik Çözümler isimli çalışmasında bu dönem duvar teknikleri ve harç özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Bizans mimarisinde görülen gizli hatıl tekniği cephede belirgin iki hatıl arasındaki geniş harç tabakasına, dıştan görünmeyecek şekilde bir gizli hatıl" yerleştirilmektedir. Bu hatıl genelde tuğla, bazı örneklerde kırık tuğla, kiremit veya tuğla parçacıklar ender de olsa bazen taş levhalarla örülmektedir (Ötüken, 1990, s. 396).

Ötüken çalışmasında başka bir teknikten bahsetmektedir. Bu teknik “ brick filled mortar joint” (tuğla ile doldurulmuş harç tabakaları) olarak tanımlanmaktadır. Bu teknik gizli tuğla tekniğinin bir çeşitlemesi olarak görülmektedir ve bu sistemde derzin görünen tuğla hatıllara orantısı 1:1'dir. Tuğla ile doldurulmuş harç tabakalarını gizli tuğla tekniğinin bir çeşitlemesi olarak kabul edilmektedir (Ötüken, 1990 s. 396).

Diğer bir teknik ise derz üzerinde çizgi çekilmesidir. Bu teknikte tuğla veya taş hatıllar arasındaki derz yüzeyleri, taş hatıllar, ya da tüm duvar yüzeyi ince bir sıva tabakasıyla kapatılıp, bunun üzerine sivri bir gereçle yatay-dikey çizgiler, ender olmakla birlikte bazı örneklerde geometrik bezemeler yapılmaktadır. Çizgilerin "*görsel biçimde kesme taş veya derzleri*", bazılarında ise "*dikey tuğlaların emite ettiği*" düşünülmektedir (Ötüken, 1990, s. 398).

Tarihi yapılarda bulunan harç, sıva, tuğlalar, kullandıkları dönemin yapım teknolojisi hakkında önemli bilgiler verdikleri için tarihi belge niteliği taşımaktadırlar. Malzeme analiz çalışmalarında belgeleme çalışmalarında tarihi belge niteliğindeki bu verilerin dikkatlice ele alınması gerekmektedir. Ayrıca restorasyon çalışmalarında bu veriler de korunmalıdır. Boğsak Adası yapıların da derz üzeri çizili duvarlar belirlenmiş ve belgelemiştir (Resim 5.8-5.9).

Tartışma ve değerlendirmenin verildiği bu bölümde diğer veriler ile Boğsak Adası yerleşimi yapılarından elde edilen sonuçlar değerlendirilecektir.



Boğsak Adasına yerleşimi yapılardan toplam 83 adet harç örneği üzerinde çalışılmıştır. Örnekler yapılara ve kullanım alanlarına göre tasnif edilmiştir. Buna göre kilise, sarnıç, konut, sur duvarı olabilecek yapılar, mezar yapıları, konut ve bağımsız duvarlar olarak ayırt edilmiştir. Kullanım alanlarına göre de moloz dolgu harcı, derz harcı, mozaik yatak harçları, taban harcı belirlenmiştir. Toplam 83 örneğin çoğunluğu moloz dolgu harcı ( 61 adet % 73,49), derz harçları (8 adet % 9,63) bunlardan sadece biri kabarık derz harcı ve diğerleri de mozaik yatak harcı (13 adet %16,67) ve 1 adet künk çevresinden olarak gruplandırılmıştır.

Harç örnekleri genelde tuğla kırıklıdır. Buna göre 11 örnek tuğla kırıksız (% 13.25) ve 72 örnek (% 87,75) tuğla kırıklıdır. 61 adet moloz dolgu harcından 9 tanesinde (% 14.75) tuğla kırığı kullanılmamışken 42 örnekte (% 86,25) tuğla kırığı belirlenmiştir. Bölgede ana formasyon kireçtaşı olduğu ve akarsu ve dereler sınırlı olduğu için kil yatakları da azdır. Günümüzde bölgede tuğla fabrikası bulunmazken sadece Mersinde Tarsus'ta tuğla fabrikası bulunmaktadır. Tuğlanın kullanımını sınırlı olmasından dolayı harçlarda tuğla kırığı katılsa da oranı düşük % 1.5 iken mozaik harçlarında bu oran artar ve %10 kadardır.

Pişmiş toprak örnekler 24 adettir. Bunlar kiremit ve tuğla olarak tasnif edilmiştir. Kiremit örnekleri ayakta kalan yapı kalmadığı için döküntü olarak ele geçmiştir. Ayrıca kiremitler ikincil kullanım olarak duvarlarda derz dolgusu malzemesi olarak kullanılmıştır. Tuğlalardan moloz dolgu (MBA-B24) malzemesi mezar duvarında ve sarnıç yapısında duvar örgüde yararlanılmıştır.

Kaynakları ne olursa olsun puzolanların ana ham maddesi silisten meydana gelmektedir. Puzolanik özelliklere sahip puzolanların silis içeriği % 40 ile %90 arasında değişmektedir (Şimşek, 2003, s. 50). Puzolanlar ince toz halinde oldukları için uygun sıcaklıkta nemli ve sulu ortamlarda harç içerisindeki serbest kireç ile reaksiyona girerek bağlayıcı özellik kazanan silisli ve alüminli malzemelerdir ve su tutucu özellikleri vardır. Puzolan standartlarına göre bir puzolanik bir madde  $SiO_2 + Al_2O_3 + FeO_3 \geq 70$  değerlere sahip olmalıdır (Şimşek, 2003, s. 49, TS 25).

Boğsak Adası harç örneklerinde  $SiO_2 + Al_2O_3 + FeO_3$  değerlerinin toplamının ortalaması %11,20'dir ve düşük değerdedir. Bu değer %3.8 ile 36,8 arasında

değişmektedir.  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO}_3$  toplamı % 20'nin üzerinde olan MBA-H10, MBA-H18, MBA-H65, MBA-H66, MBA-H 67, MBA-H68, MBA-H69 örnekleridir.

Boğsak Adası sıva örneklerinde  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO}_3$  değerlerinin toplamının ortalaması % 15,03'dir ve düşük değerdedir. Bu değer % 2,49 ile 27,36 arasında değişmektedir. MBA-S2, MBA-S3, MBA-S15, MBA-S24, MBA-S25, MBA-S29 örnekleri toplam değeri en düşük örneklerdir.

Boğsak Adası tuğla örneklerinde  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO}_3$  değerlerinin toplamının ortalama değeri %58 iken bu değer %37 ile 87 arasında değişmektedir. Bu değer %70'den büyük olan örnekler MBA-B2, MBA-B3, MBA-B8, MBA-B13 ve MBA-16 örneklerdir ve bu örnekler puzolan standartlarına göre bir puzolanik bir madde olarak sınıflandırılmaktadır.

Toz tuğla kırığı genelde sıvalarda ve yer döşemelerinde üst katmanlarda kullanılırken iri tuğla kırıklı harçlar sadece duvarlarda değil su ile kemer, köprü, hamam gibi yapılarda da önerilmektedir (Baronio, Binda ve Lombardini, 1997, s. 34). Roma İmparatorluğu'nun son dönemlerinde tuğla kırıklı harç kullanımı artmış bunun ile birlikte derz kalınlığı da dereceli olarak artmış ve 10-15mm'den 60-70mm'ye kadar çıkmıştır. Bu dönemde derz kalınlığı bazen tuğla kalınlığına eşit iken bazen derz kalınlığı tuğla kalınlığından daha fazla olmaktadır. Bu harç içinde kullanılan tuğla kırığı çakıl boyutundadır (Baronio, Binda ve Lombardini, 1997, s. 34).

Tuğla kırığının boyutu ile ilgili olarak başka bir veride Roma imparatorluğunun son zamanları ve Bizans döneminde iri tuğla kırıklı harçların kullanımı artmıştır. Dereceli olarak duvar derz kalınlığı ile birlikte tuğla kırıklı agreganın boyutu artmış ve bu karışım harçtan çok konglemera olarak isimlendirilmiştir. Toz tuğla kırığı kullanımı ile ortaya çıkan pembe harç yerini iri çakıl boyutunda tuğla kırıklı harca yerini bırakmıştır. Derz kalınlığı 4cm'den fazla olması olasına bağlı olarak (Aya Sofia'da 7cm bulmakta) agrega olarak tuğla kırığı boyutu da artmış ve 2,5 cm'ye kadar büyümektedir (Baronio, Binda ve Lombardini, 1997, s. 34).

Bizans ve daha sonrası döneme ait harçlarda Rodos adasında agrega/ bağlayıcı oranı 1/2 olarak tespit edilmiştir (Moropoulou ve Bakolas ve 1995, s. 790).

Puzolanlı harçlar üzerine yapılan çalışmalardan Ayasofia Kilisesi gravimetrik analizleri üzerine çalışmada tuğla kırıklı harç ve sıvalarda tespit edilen bağlayıcı/agrega oranı 1/2 ve 1/4 arasında değişmektedir (Bakolasa, Biscontina, Moropoulou ve Zendria, 1998, s. 151).

Yapılan analizler Bizans dönemi harçlarda bağlayıcı/agrega oranları farklı değerlere ulaşmıştır. Boğsak Adasında harç örneklerinde bağlayıcı/agrega oranı ağırlıkça ortalama % (74,72)/(25,28)- (3/1) tespit edilmiştir.

Boğsak Adası ana kayadan ve yapılardan alınan kireçtaşları Ped-XRF değerlerine göre eğer bu taşlardan kireç yapılmış olsa idi MBA-T13 dışında yağlı kireç elde edilecektir (Şekil 5.6). Harç örneklerinde yağlı kireç örneklerine puzzolanik katkı maddeleri katılarak hidrolik kireçler elde edilmiş olmalıdır. Eğer kireçlerde köken analizleri yapılacak olursa yağlı kireç örnekleri ile kireçtaşları arasında yapılacak analizler sonucunda daha doğru değerler elde edilecektir.

Yapısal tuğla örneklerin dayanım özellikleri kimyasal içerikleri ile birlikte değerlendirildiğinde; dayanımı yüksek örnekler için yapıda %10 üzerinde Alüminyum, %30'un üzerindeki oranda SiO<sub>2</sub>, %10'dan düşük oranda CaO ve %8'in altındaki oranda Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermelidir (Özışık, 2000).

Boğsak Adası tuğla/kiremit örnekleri Alüminyum ortalaması %12,077 olup %6,26 ile %21,26 değerleri arasında değişmektedir. SiO<sub>2</sub> oranı ortalama %39, 7 değere sahip iken CaO ortalaması %15,58 iken %10'nun altında olan örnekler MBA-B3, MBA-B5, MBA-B9, MBA-B10, MBA-B11, MBA-B14, MBA-B17'dir. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı ortalama% 6,22 olarak tespit edilmiştir.

Kilise yapılarında kullanılan taş mazemeler, genel olarak bölgenin ana formasyonu kireçtaşıdır ve yapılarda kullanılan ana taş malze de kireçtaşıdır. Ada yapıları ana kaya üzerine inşa edilmiştir. Ana kaya mikritik (MBA-T2, MBA-T30) ve rekristalize (MBA-T21) kireçtaşı olarak belirlenmiştir. Kilise, sarnıç, sur duvarı, konut yapılarının duvar örgülerinde kireçtaşı kullanıldığı tespit edilmiştir.

Mermer malzeme kilise V (MBA-T6, MBA-T8), kilise VI'da (MBA-T15) ve konut yapısında (MBA-T18, MBA-T34) opus sectile veya kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır.

Mağmatik kayalar Kilise VI' da duvar örgüde (MBA-T12, MBA-T16) ve çevresinde döküntü (MBA-T35, MBA-T36) olarak tespit edilmiştir. Mağmatik kayalar ayrıca konut yapısında moloz dolguda (MBA-T20, MBA-T23) belirlenmiştir. Ayrıca iki adet görsel kireçtaşı (MBA-T17, (MBA-T22) opus sectile olarak kullanılmış ve Kilise VI'a aittir. Mağmatik kayalar ve görsel kireçtaşı adaya dışarıdan getirilmiştir. Bu taşların bulunduğu yapılar deniz kıyısında kotun düşük olduğu yerlerde dir. Bu taşların bulunduğu yerler adanın limanları ile ilişkili olmalıdır.

Tuğla/kiremit örneklerinin yapılar göre değerlendirildiğinde kiliselerden sadece Kilise V yapısında (MBA-B5, MBA-B6, MBA-B7) belirlenmiştir. kiliseler dışında sarnıç (MBA-B1, MBA-B2, MBA-B3, MBA-B8, MBA-B9, MBA-B20), sur (MBA-B21), konut (MBA-B4, MBA-B10, MBA-B11, MBA-B12, MBA-B13, MBA-B14, MBA-B15, MBA-B16, MBA-B17, MBA-B18, MBA-B25, MBA-B26) mezar (MBA-B24) tuğla/kiremit tespit edilmiştir.

Tuğla/kiremit örneklerinden MBA-B8, MBA-B9, MBA-B20, MBA-B24 tuğla örnekleridir ve duvar örgüde kullanılırken diğer örnekler kiremittir ve derz malzemesi olarak kullanılmıştır.

Kilise V yapısından örneklenen kiremit örneklerinde (MBA-B5, MBA-B6, MBA-B7)

Buna göre tuğla/kiremit doygun birim hacim ağırlıkları (tuğla/kiremit türünden bağımsız olarak) 2,25-2,75 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,46 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları ise 1,48-2,18 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 1,78 g/cm<sup>3</sup>), değişim göstermektedir. Örnek seti içinde en yoğun grubu oluşturan kiremitlerin doygun birim hacim ağırlıkları 2,35-2,75 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,48 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları ise 1,48-2,00 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 1,80 g/cm<sup>3</sup>) değişmektedir.

MBA-B5, MBA-B6, MBA-B7 kiremit örneklerinin doygun birim hacim ağırlıkları 2,35-2,47 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 2,42 g/cm<sup>3</sup>), kuru birim hacim ağırlıkları ise 1,48-1,75 g/cm<sup>3</sup> arasında (ort. 1,65 g/cm<sup>3</sup>) değişmektedir. Su emme kapasite değerleri %16,73-

25,08 arasında (ort.%19,44) ve gözeneklilik değerleri %29,21-37,10 arasında (ort %31,67) tespit edilmiştir.

Sarnıç, sur, konut ve mezar yapılarına ait tuğla/kiremit örneklerde fiziksel özellik açısından yapılara göre bir benzerlik görülmezken değerler çok çeşitlilik göstermektedir.

Tuğla/kiremit örneklerinde (tuğla/kiremit türünden bağımsız olarak) CaO içeriği %4,91-30,06 aralığında (ort. %15,59) değişmektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %6,39-21,26 aralığında (ort. %11,96), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %3,88-7,69 aralığında (ort. %6,33 ve SiO<sub>2</sub> %25,99-48,88 aralığında (ort. %39,75) değişmektedir.

Kilise V'e ait MBA-B6, MBA-B7 örneklerinde CaO içeriği %22,69-25,73 aralığında (ort. %24,12) değişmektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği %10,10-11,32 aralığında (ort. %10,97), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %5,75) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %30,35) değişmektedir.

Genel olarak yapılara göre ayrılmış tuğla/kiremit örneklerinin PED-XRF değerlerinin ortalamalarına göre elde edilen veriler, Kilise yapılarına ait örneklerde CaO içeriği (ort. %17,40), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %12,81), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %6,30) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %41,58) olarak belirlenmiştir. Konutlara ait örneklerde CaO içeriği (ort. %15,42), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %12,50), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %6,19) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %39,21) olarak belirlenmiştir. Sarnıçlara ait tuğla/kiremit örneklerin CaO içeriği (ort. %12,06), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %13,06), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %6,71) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %42,10) olarak belirlenmiştir. Sur yapısına ait bir adet örnek vardır ve bu örneğin değerleri de CaO içeriği (ort. %20,97), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %7,06), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %6,10) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %30,78) olarak belirlenmiştir.

Tuğla/kiremit örneklerinde PED-XRF değerlerine göre elde edilen Triangle Plotting (EK 3 Şekil C4) yöntemi ile yapılan sınıflamada Ca+Mg değerleri 0-10 olan örnekler 3 gruba ayrılmakta ve bu örneklerde içerisinde SiO<sub>2</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerlerine göre farklılık göstermektedir. MBA-B3, MBA-B5, MBA-B9, MBA-B10, MBA-B11, MBA-B14, MBA-B17 bu gruba aittir. Bu örneklerden MBA-B5 silisce zengin, MBA-B11, MBA-B17 örnekleri de alüminyum ve demirce zengin olup diğer örneklerden ayrılmaktadır.

Tuğla/kiremit örneklerinde PED-XRF değerlerine göre elde edilen Triangle Plotting (EK 3 Şekil C4) yöntemi ile yapılan sınıflamada ikinci grup Ca+Mg değerleri 15-25 olan örnekler olup bunlar  $Al_2O_3+Fe_2O_3$  değerleri benzer silisçe zengin olan MBA-B18 örneğidir. Bu grup MBA-B1, MBA-B2, MBA-B8, MBA-B12, MBA-B15, MBA-B16, MBA-B18, MBA-B19, MBA-B20'dir.

Tuğla/kiremit örneklerinde PED-XRF değerlerine göre elde edilen Triangle Plotting (EK 3 Şekil C4) yöntemi ile yapılan sınıflamada üçüncü grup Ca+Mg değerleri 30-40 olan örnekler olup bunlar kendi içerisinde silis değeri çok az farklı olanlar vardır. Bu grup MBA-B6, MBA-B7, MBA-B13, MBA-B21, MBA-B25'dir. Dördüncü grup Ca+Mg 40-50 olan örnekler de MBA-B26'dir (EK 3 Şekil C4).

Tuğla/kiremit örnekleri PED-XRF değerlerine göre yapı ilişkisi özelliklerine göre değerlendirildiğinde ortak özellikler içermezken petrografik olarak da bakıldığında aynı yapı grubuna (kilise, sarnıç, konut) ait tuğla/kiremit farklı petrografik özellikler içermektedir.

Harç örneklerde gravimetrik analiz değerlerin yapılara göre dağılımı, kiliselerde ortalama karbonat değeri (%61,26) iken konutlarda bu değer (%62,70)'dir. Harç örneklerinin genel olarak gravimetrik analiz sonunda elde edilen değer ise (%61,91) olarak belirlenmiştir ki yapılara göre farklılık göstermemektedir.

Genel olarak yapılara göre ayrılmış harç örneklerinin PED-XRF değerlerinin ortalamalarına göre elde edilen veriler, Kilise yapılarına ait örneklerde CaO içeriği (ort. %52,09),  $Al_2O_3$  içeriği (ort. %1,25),  $Fe_2O_3$  içeriği (ort. %1,09) ve  $SiO_2$  (ort. %4,77) olarak belirlenmiştir. Konutlara ait örneklerde CaO içeriği (ort. %51,23),  $Al_2O_3$  içeriği (ort. %1,74),  $Fe_2O_3$  içeriği (ort. %1,21) ve  $SiO_2$  (ort. %6,43) olarak belirlenmiştir. Sarnıçlara ait harç örneklerin CaO içeriği (ort. %50,58),  $Al_2O_3$  içeriği (ort. %1,41),  $Fe_2O_3$  içeriği (ort. %1,15) ve  $SiO_2$  (ort. %46,14) olarak belirlenmiştir. Sur yapısına ait örneklerin değerleri de CaO içeriği (ort. %50,04),  $Al_2O_3$  içeriği (ort. %1,12),  $Fe_2O_3$  içeriği (ort. %0,92) ve  $SiO_2$  (ort. %6,51) olarak belirlenmiştir. Mezar yapısına ait örnek bir tanedir ve bu örneğin CaO içeriği (ort. %52,66),  $Al_2O_3$  içeriği (ort. %1,14),  $Fe_2O_3$  içeriği (ort. %1,32) ve  $SiO_2$  (ort. %5,45) olarak belirlenmiştir.

Harç örnekleri yapılardan alınan harçlar işlev/uygulamalar göre değerlendirilmiştir. Buna göre mozaik ve taban harçlarında CaO içeriği (ort. %50,23), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %1,97), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %1,29) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %6,75), derz harçların da ise, CaO içeriği (ort. %46,41), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %2,24), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %1,61) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %12,49) olarak belirlenmiştir. Genel olarak bütün harç örneklerinin CaO içeriği (ort. %49,45), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %1,80), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %1,27) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %7,94) ortalama değerlerine ulaşılmıştır. Harç örnekleri PED-XRF değerlerine göre yapılara göre farklılık göstermezken işlev/uygulama açısından derz harçları diğerlerine kalsiyumca biraz daha düşük silisçe biraz daha zengindir.

Harç örneklerin petrografik özelliklerinin yapılara göre değerlendirilmesinde, kiliselerde kullanılan moloz dolgu harçları birisi hariç diğerleri tuğla kırıklıdır. Tuğla kırksız örnek kilise V'in kubbesine aittir ve yeri ile ilgili olmalıdır. Sarnıçtan alınan örneklerde 4 örnek dışında harçlar tuğla kırıklıdır. Tuğla kırksız örnekler birisi moloz dolgu, birisi tonoz içerisinden ve diğer ikisi de derzden alınmıştır. Sarnıçlara ait 3 harç örneğinde kıtık görülmektedir ve bu örnekler derz harçlarıdır. Sur yapılarındaki 3adet harç örneklerinden Aadanın kuzeyinden alınan ikisindende tuğla kırığı görülürken adanın güney ucundaki duvarda tuğla kırığı görülmemektedir. Mezar yapılarından alınan örnekler tuğla kırıklıdır. Konut yapılarından alınan 37örnekde tuğla kırığı tespit edilmiş sadece 3 örnekte tuğla kırığı bulunmamaktadır.

Sıva örneklerinin asidik işlem sonunda elde edilen değerleri yapılara göre değerlendirildiğinde, kiliselerde bağlayıcı oranı (%TB) % ortalama % 92,83 tespit edilirken, agrega oranı da (%TA) ortalama % 7,17, sarnıçlarda bağlayıcı oranı (%TB) % ortalama % 71,43 tespit edilirken, agrega oranı da (%TA) ortalama % 28,57, mezar yapılarında ise bağlayıcı oranı (%TB) % ortalama % 83,86 tespit edilirken, agrega oranı da (%TA) ortalama % 16,14 olarak tespit edilmiştir. Genel olarak yapılardan bağımsız bağlayıcı oranı (%TB) % ortalama % 72,88 belirlenirken agrega oranı da (%TA) ortalama % 27,12 olarak tespit edilmiştir.

Sıva örneklerde gravimetrik analiz değerlerin yapılara göre dağılımı, kiliselerde ortalama karbonat değeri (%72,44) iken konutlarda analiz yapılan örnek az iken

sarnıçlarda (%63,11) ve mezar yapılarında (%68,93)' dir. Sıva örneklerinin genel olarak gravimetrik analiz sonunda elde edilen değer ise (%62,99) olarak belirlenmiştir ki yapılara göre farklılık göstermektedir.

Genel olarak yapılara göre ayrılmış sıva örneklerinin PED-XRF değerlerinin ortalamalarına göre elde edilen veriler, kilise yapılarına ait örneklerde CaO içeriği (ort. %57,86), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %0,64), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %0,33) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %2,38) olarak belirlenmiştir. Konutlara ait örneklerde CaO içeriği (ort. %49,35), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %2,93), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %1,49) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %10,07) olarak belirlenmiştir. Sarnıçlara ait sıva örneklerin CaO içeriği (ort. %43,37), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %3,88), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %1,90) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %13,85) olarak belirlenmiştir. Mezar yapısına ait örnek bir tanedir ve bu örneğin CaO içeriği (ort. %50,19), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %2,17), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (ort. %1,52) ve SiO<sub>2</sub> (ort. %6,46) olarak belirlenmiştir. Yapılara göre değerlendirildiğinde kilise V yapısından ftonoz, niş gibi farklı işlevi olan bölümlerden alınan örnekler diğer yapılara göre farklı değerler içermektedir. Kalsiyumca zengin silisçe fakirdir. Sarnıç yapılarından elde edilen veriler de diğerlerinden farklıdır. Bu yapılardan elde edilen verilere göre diğer kilise, mezar, konut yapılarına göre daha az kalsiyum daha fazla silis içermektedir. Sarnıç yapıları su ile ilişkili yapılar olup bu sonuç bu duruma bağlı olmalıdır.

Sıva örneklerin petrografik özelliklerini yapılara göre değerlendirilmesinde, Kilise IV ve Kilise V yapılarında sıva belirlenmiştir. Kilise V'in farklı bölümlerinden (niş, tonuz gibi) MBA-S2, MBA-S3 tuğla kırksız iken MBA-S29 örneği hem tuğla kırıklı ve kıtıklıdır. Bu da restorasyon çalışmalarında yapıların farklı kısımlarında farklı yapı malzemesi kullanılabileceği fikrinden buna göre onarım harç ve sıvaları hazırlanmalıdır.

Konut yapısından 2 adet sıva örneklenmiştir ve bu örneklerden ikisi de tuğla kırıklı iken birinde tuğla kırığı yanı sıra kıtık tespit edilmiştir. Mezar yapılarına ait 3 sıva örneğinde 1 adet tuğla kırıklı iken diğer ikisi tuğla kırığı içermemektedir. Sarnıç yapılarına ait 20 adet örnekten hepsi tuğla kırıklıdır.



## 5.2. Yapı Malzemelerinin Korunmasına Yönelik Değerlendirmeler

Tarihi yapılarda gerçekleştirilecek müdahalelerde özgün yapı malzemelerinin yerlerinde korunmaları esas olmalıdır. Yeni malzeme uygulamasının zorunlu olduğu durumlarda ise, özgün yapı malzemesine fiziksel, kimyasal, mekanik ve estetik olarak uyumlu malzemeler seçilmelidir. Yeni malzemelerin bu niteliklere uygun olarak seçilebilmeleri için öncelikle özgün yapı malzemelerinin özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Koruma düşüncesinin gelişi ile uygulanacak yöntemler, üsluplar, standartlar zaman içinde tartışılırken aynı zamanda kullanılacak malzeme de tartışılmış ve uluslararası tüzükler ve kurallar ortaya konulmuştur.

Koruma ve onarım kavramlarının ortaya çıkmaya başladığı dönemlerdeki belli kavramlar tartışılmaya başlanmıştır. Rönesans'ta "Tarihselcilik", Batı'da ortaya çıkmaya başlayan ama 19. Yüzyılda tamamen belirginleşen ve bütün düşünce alanlarını etkileyen hâkim bir dünya görüşüdür. 19. yüzyılda, Klâsik geleneği yıkacak olan "üslûp" meselesinin gündeme taşınmasıyla "Klâsik" idealleştirmenin yerini alan ulusalcı idealleştirmeler almaya başlamıştır (Tuztası ve Civelek, 2011).

Bu dönemde, "Milli anıt" kavramını da ortaya çıkaran modern düşünceye göre, bir milletin toprakları içerisinde bulunan her anıt, hangi topluluğa veya döneme ait olursa olsun, milli bir değerdir. 19. yüzyılda şekillenen bu düşünce, günümüzde artık "dünya mirası" gibi kavramlarla milletlerarası bir seviyeye de taşınmış bulunmaktadır (Tuztası ve Civelek, 2011).

Koruma süreci ve tartışmalara bakılacak olursa, 18. yüzyılın ortalarına doğru Kuzey ve Orta Avrupalıların İtalyan topraklarında gerçekleştirdikleri arkeolojik çalışmaların giderek artmasıyla birlikte yerel İtalyan yönetimlerinde bir "milli miras" düşüncesi ortaya çıkmış ve Roma kalıntıları, harabe halinde bile olsalar korunmaya, hatta sonra yapılmış eklerinden arındırılmaya başlanmıştır (Tuztası ve Civelek, 2011).

"Üslûp Birliğine Ulaşma" kaygılarıyla yapılan tahribat ve yanlışlara karşı çıkmak için yeni bir görüş ortaya atan John Ruskin'dir ve onun bu görüşü Romantik Görüş

olarak bilinmekte (Ahunbay, 1996, s.14). Ruskin restorasyon görüşlerini anlattığı kitabında malzemedan bahsetmiş, gerçeği yansıtması gerektiği ve orijinali ile ilgili olmalı ve insanların hafızasındaki eser hakkında bilgiyi yanıltmaması gerektiğini vurgulamıştır (Ersen, 2010).

Restorasyon konusundaki görüşlerini “The Seven Lamps of Architecture” adlı eserinde anlatmıştır. Burada lamba kavramı ile ışık, yol, ilke gösterme vurgulanmış ve mimarlıktaki 7 ilkeden bahsetmiştir. Bu ilkeler *gerçeklik, fedakârlık, güç, güzellik, yaşam, anılar ve toplumsal hafıza ve otoriteye bağlılık* olarak çevirmek mümkündür. Burada gerçeklik, doğruluk ve anılar ve toplumsal hafıza restorasyon için etkili olmuş. Yapılarda kullanılan malzeme gerçekleri yansıtmalı ve hafıza da halkların kültürleri ile ilgilidir demektedir. Gerçeklik konusunu da şöyle açıklamış, “yapılarınız dürüst olmalı, yapının dış süslemeleri yapının zayıflığını saklamamalı ve güçsüz ağaç malzeme taş malzeme gibi gösterilmelidir” diyerek malzeme konusuna değinmiştir (Ersen, 2010).

Günümüz restorasyon konusunda en önemli kavramlardan özgünlük kelimesini ilk kullananlardadır. Ruskin “otantik (özgün) ve kopya olmayan bir anıt, milli hafızanın bir parçasıdır ve bütün tarihselliği ile korunmalıdır. Bu yedi kavram, milli hafıza konusunda hassas olan mimar tarafından sıkı bir şekilde izlenmeli ve bunlara uyulmalıdır. Bir anıtsal yapının restorasyonunda yapılacak olan replikasyonlar (kopyalar), özgün formlara sadık kalsalar bile, özgün formların yeni malzeme ile “yeniden üretim” dirler demektedir. Bu nedenle, “...sanat objesini yaratan sanatçının ‘ünik ve otantik’ ürününü tahrif etmektedir...” derken, eleştirdiği bütünlemelerin resim, heykel ve mimari dekoratif yüzeyler olduğunu da anlatmaktadır (Ersen, 2010).

Emmanuel Viollet le Duc, üslup birliğine ulaşması fikrini savunduğu görüşlerinde malzeme hakkında “Gotik mimariyi meydana getiren malzeme, yapım tekniği, strüktür ve formlar bellidir; yerel olarak değişse de, o bağlamda etüt edilerek eksik kısımlar yeniden inşa edilebilir, bu konuda iyi yetişmiş bir mimar yapının ilk mimarıyla aynı frekansta düşünerek ve adeta re-enkarne olarak aynı tasarımı yapabilir” demektedir (Ersen, 2010).

Ruskin'in uyarılarının etkisiyle, restorasyon yapılsa bile otantikliğe saygı gösterilmesinin gerekliliği, başkaları tarafından da söylenmeye başlamıştır.

1834'de İngiltere'de RIBA (Royal Institute of British Architects) kuruluyor ve RIBA, restorasyonun ilke ve sınırlarını belirleyen bir bildiri hazırlamıştır. 1865'te "Conservation of Ancient Monuments and Remains" adlı bir restorasyon pratiği kılavuzu yayınlanmıştır. Burada ilk defa Konservasyon terimi kullanılmış olması önemli iken yapı öğelerinin araştırılması ve belgelenmesi zorunlu tutularak, otantikliğin korunmasının önemine vurgu yapılmaktadır (Ersen, 2010).

S. P.A.B. (The Society for the Protection of Ancient Buildings), 22 Mart 1877'de kurulmuştur. S. P.A.B.'nin kurucularından olan William Morris bir manifesto taslağı hazırlamıştır. Buna göre otantik malzeme en az, ancak en etkin müdahale ile yerinde korunmalı; replikasyon sahteciliğinden kaçınılmalıydı. Çünkü replikasyon, çoğu kez gereksiz yenilemelere zemin hazırlıyordu. Koruyucu bakım esas ilke olarak alınmalı, sürekli bakım onarım ile tarihi yapıların restorasyon müdahalelerine maruz kalmaları önlenmeliydi. Bu politikalar doğrultusunda, 1903'te temel ilkeleri anlatan bir broşür, 1911-36 arasında ise geliştirilerek birkaç kez basılan "Repair of Ancient Buildings" adlı bir bakım-onarım kılavuzu yayınlanarak; form, renk-doku, işçilik olarak özgünle uyumlu ve sağlamlaştırılmayı esas alan bir ilkeler bütünü onarımcılarla paylaşılmak istenmişti. Bütünlenecek kısımların, kontrast oluşturacak şekilde, bazen farklı malzeme kullanılarak vurgulanması "Honest Repairs" (dürüst onarımlar) olarak tanımlanıyordu. Günümüzde, bütünlenen kısımlarda renk ve doku uyumluluğu aranırken, yakın mesafeden yapılacak bir incelemede özgün/yerinde olan ve bütünlenen kısmın ayırt edilebilir olmasının gerekliliği ilkesi kabul edilmektedir (Ersen, 2010).

Çimentonun kullanılmaya başlaması 19. Yüzyıl başlarına denk gelmektedir. 1824'de Joseph Aspdin'in aldığı patent Portland çimentonunun bir çeşidi için ilk olarak kabul edilmektedir ( Henry ve Stewart, 2011, s. 18).

İngiltere'de 19 yüzyılda mühendislik yapılarında kullanılan malzemelerin oranları çok farklılık göstermekte ve bir standart olması istenmektedir. Yapılarda kullanılan malzemelerin oranlarının farklı olması zamanla bir standart getirilmesi

zorunluluğunu doğurmuştur. Kullanılan Portland çimento için 1904'de İngiliz standart getirilmektedir. Yeni yapılarda kullanılan malzeme için standart konuları tartışılırken tarihi yapılarda kullanılan malzemeler için de standart konusu gündeme gelmektedir. 1913'de İngiltere tarihi yapılar ile ilgili bakanlık tarihi yapılarda tamir ve onarımlarda malzeme kullanımının önemini üzerinde dururken malzemede standart olması gerektiğini vurgulamıştır. Bu fikir üzerine tarihi yapılarda hidrolik kireç kullanımı yaygınlaşmaktadır. 1960'larda hızlı sertleşen çimentonun kullanımının artması ile 1913'lerde tarihi yapılarda hidrolik kireç kullanımı fikri tekrar zayıflamıştır ( Henry ve Stewart, 2011, s. 22).

Koruma kararı tarihi belge niteliği, eskilik özelliği, estetik değer yönlerinden sahip olduğu değere bağlı olarak alınmaktadır Taşınmaz kültür varlıklarının değerlendirilmesinde belli başlıklarda toplanmış bunlar sanat tarihi değeri, şehircilik yönünden önemi, tarihi önemi ve teknik önemine göre değerlendirilmektedir. Teknik önemi belirleyen özellikler ise üstün nitelikli yapı özelliği, özenli bir işçilik ile yapılmış olması, usta işaretleri sayılabilir (Ahunbay, 1996, s. 29),

Koruma düşüncesinin gelişimi ile uygulanacak yöntemler, üsluplar, standartlar zaman içinde tartışılırken aynı zamanda kullanılacak malzeme de tartışılmış ve uluslararası tüzükler ve kurallar ortaya konulmuştur.

Tarihi yapılarda uygulanacak koruma, onarım, restorasyon çalışmaları ve kullanılacak malzeme konusu uzun tartışma süreçlerinden sonra uluslararası kurallarla ve tüzüklerle belirlenmiştir. Buna göre 1964'de kabul edilen Venedik Tüzüğü'ne göre:

*Madde 2- Kültür varlığının korunması ve onarımı için, mimari mirasın incelenmesine ve korunmasına yardımcı olabilecek bütün bilim ve tekniklerden yararlanılmalıdır.*

*Madde 6- Kültür varlığının korunması, ölçeği dışına taşmamak koşuluyla çevresinin de bakımını içine almalıdır. Eğer geleneksel ortam varsa, olduğu gibi bırakılmalıdır. Kütle ve renk ilişkilerini değiştirecek hiçbir yeni eklentiye, yok etmeye ya da değiştirmeye izin verilmemelidir.*

*Madde 9- Onarım uzmanlık gerektiren bir iştir. Amacı, kültür varlığının estetik ve tarihi değerini korumak ve ortaya çıkarmaktır. Onarım kendine temel olarak aldığı özgün malzeme ile güvenilir belgelere saygıyla bağlıdır. Faraziyenin başladığı yerde onarım durmalıdır; yapılması gerekli her-hangi bir eklemenin mimari kompozisyondan farkı anlaşılabilir ve gününün damgasını taşımalıdır. Herhangi bir onarım işi-ne başlamadan önce ve bittikten sonra, kül-tür varlığının arkeolojik ve tarihi bir incelemesi yapılmalıdır.*

*Madde 12- Eksik kısımlar tamamlanırken, bütünlüğe uyumlu bir şekilde bağdaştırılmalıdır; fakat bu onarımın, aynı zamanda sanatsal ve tarihi tanıklığı yanlış bir biçimde yansıtmaması için, özgünden ayırt edilebilecek bir şekilde yapılması gereklidir (Ahunbay, 1996, s. 150).*

Venedik Tüzüğü'nün ilgili maddelerinden de anlaşılacağı gibi kültür varlıklarının incelenmesi ve korunmasında yardımcı olabilecek bütün tekniklerden ve bilim yararlanılmalıdır. Arkeometri de bu yardımcı bilimlerden biridir. Ayrıca kütle ve renk ilişkilerini değiştirmeye izin verilmemelidir ve özgün malzeme kullanılması vurgulanmaktadır ki burada da malzeme analizinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Tarihi yapıların korunmasında malzemenin özelliklerinin ve bozulma durumunun bilinmesi önemlidir. Koruma için yapılacak önerilerde malzeme ve bozulma çeşitleri iyi bilinmelidir. Bu bilgiye sahip olmak içinde arkeometrik analizler yapılması gerekmektedir.

Tarihi yapıların korunmasına yönelik çalışmalarda malzemelerin özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Malzemenin özelliklerini belirlemek için yapılan testler hem malzemenin bugünkü durumunu tespit etmeye yardımcı olurken hem de yapılacak koruma projelerinde özgün malzeme kullanılması zorunluğundan yeni kullanılacak malzemenin nasıl olması gerektiğini tespitiye yönelik deneylerdir.

İnsanlar yapıların uzun süre yaşaması için malzemenin niteliğini artırırken bu malzemenin korunması, bozulmalara önlem alınması gerekliliğini de fark etmişlerdir.

Koruma kavramının tarihsel süreci anlatıldıktan sonra Boğsak Adası yerleşimi yapı ve yapı malzemelerinde görülen bozulmalar ve nedenleri ele alınacaktır.

Boğsak Adası (Silifke, Mersin) geç antik dönem yerleşimi yapı malzemelerinin özelliklerini tespit etmeye yönelik testler, genel yapı malzemeleri hakkında bilgiler ile özellikle deniz kenarı yerleşmelerinde görülen bozulmalar hakkında bilgi verildikten sonra adada bulunan yapılarda görülen bozulmalar verilecektir. Bozulma çeşitleri ve sorunların tespiti konusunda Y., Selçuk Şener'in 2013'deki çalışması '*Arkeolojik Alanda Yapı Malzemelerinin Korunması: Temel Yaklaşımlar, Yöntem ve Uygulama Biçimleri*' ve Bekir Eskici, Ali Akın Akyol - Yusuf Kağan Kadıoğlu'nun 2008'deki ortak çalışması '*Hasankeyf Zeynel Bey Türbesi Malzeme Analizleri ve Koruma Sorunları*' eserler ana kaynak oluşturmaktadır. Yapılan sınıflandırmalar, tanımlar bu kaynaklardan derlenmiştir.

Çalışmada Boğsak Adası (Silifke, Mersin) Geç Antik Dönem Yerleşimi Yapılarında kullanılan malzemeler ve özellikleri, yapı ve malzemelerdeki görülen sorunlar ve koruma yöntemleri ele alınmıştır.

Mimaride görülen sorunlar her bir yapıda farklılaşmaktadır. Yapının konumu, kullanılan malzemelere göre farklılıklar göstermektedir. Bu sorunları yapısal ve malzeme ile ilgili olarak sınıflandırmak mümkündür.

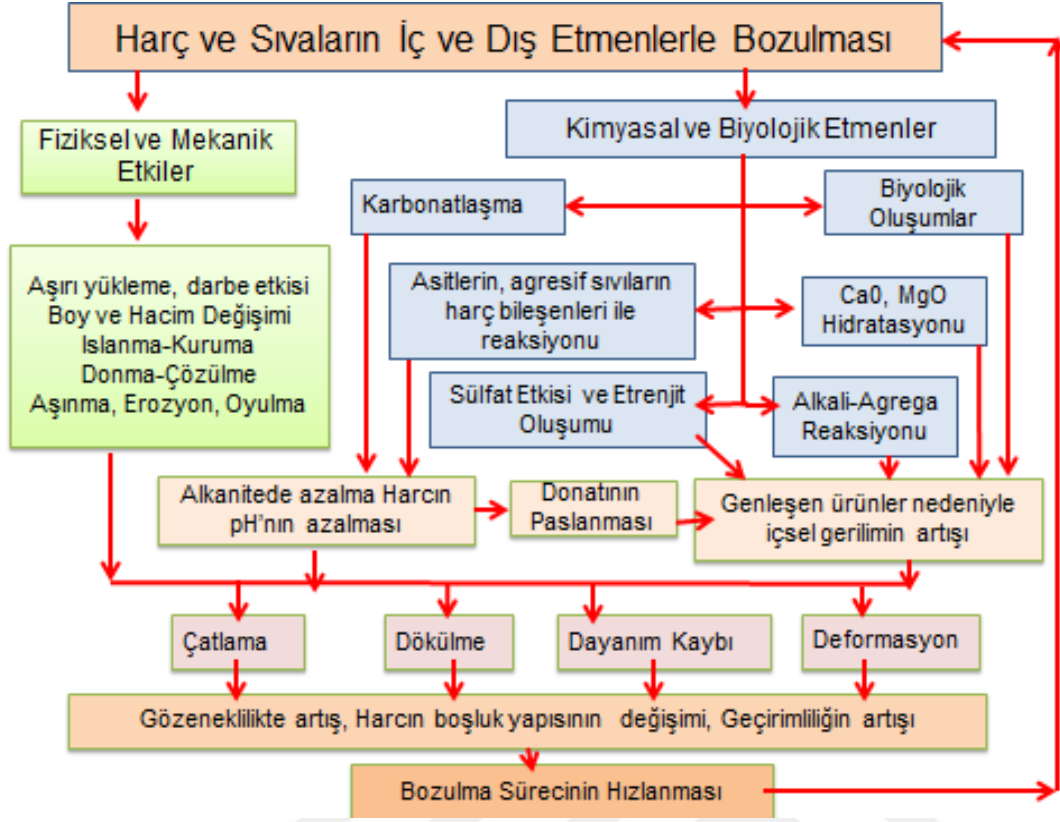
Tahribatlara yol açan faktörleri dış faktörler ve iç faktörler olarak iki grupta toplamak mümkündür. Buna göre dış faktörler, nem, yağış, rüzgar, biyolojik hareketlilik, çevresel kirlilik, hava kirliliği gibi etkenleri sayabiliriz. İç etkenler ise malzeme ile uyumsuz farklı malzemenin kullanılması (taşlarda metal kenet kullanımı gibi), eserin yapım hatası, daha önceki restorasyon-koruma çalışmalarındaki yanlış müdahaleler, yapının kullanımındaki değişiklikler ve vandalizm sayılabilir. Koruma ve restorasyon çalışması planlanırken bu faktörlerin neler olduğu iyi tespit edilmeli, bu faktörlerin çalışma mekanizmaları, işleyişleri iyi bilinmeli ve ona göre koruma önlemleri alınmalıdır. Koruma planlanırken en önemli hedefin koruma olduğu unutulmamalıdır. Eğer yaptığımız müdahale koruyacaksa müdahale yapılmalı ve müdahale gerekli ise bütüncül, tek müdahale ve uygulayan kişilerin deneyimi her

zaman düşünölmelidir. Kullanılan yeni malzeme yeni sorunlar getirmemelidir (Ahunbay,1996, s. 38-45; Şener, 2011, s. 881).

Harç üretim aşamalarındaki kimyasal reaksiyonlar anlatıldıktan sonra yapıda zamanla karşılaşacağı reaksiyonlar hakkında bilgi verilecek buna bağı harç/betonlarda görölen bozulmalar ve etkileyen faktörler anlatıldıktan sonra Boğsak Adası yapılarındaki bozulmalar anlatılacaktır.

Yapılarda kullanılan harç ve sıvalar farklı kimyasal etkiler altındadırlar ve bu kimyasal bozucular iç ve dış olarak ikiye ayrılmaktadır. İç etkiler kireç ile agrega arasında meydana gelen kimyasal etkileşimlerdir. Dışardan gelip agrega ile kireç arasındaki bağlayıcılığa etki eden faktörlerdir. Kimyasal bozulmaya neden olan faktörler yeraltı suyu-temelden gelen nem, endüstriyel atıklar, deniz suları ve sülfat etkisi, don olaylarıdır (Baradan vd., 2002).

Yapı malzemeleri harç ve sıvaların iç ve dış etkenlerle bozulmalarında iki etken belirlenmiştir. Buna göre fiziksel ve mekanik, kimyasal ve biyolojik etkenlerdir. Bu faktörler donatı korozyonu, çatlama, dökölme ve kapak atma, dayanım kaybı ve deformasyonlara yol açmaktadır. Bunun sonunda da boşluk yapısının değışimine ve geçirimliliğın artısına sebep olmakta sonuç olarak da bozulma olayının hızlandığı görölmektedir (Şekil. 5.8),(Baradan ve Aydın, 2013, s. 56).



Şekil 5.8. Harç ve sıvaların iç ve dış etmenlerle bozulması ( Baradan ve Aydın, 2013, s. 56)

Fiziksel ve mekanik etkiler kütle kaybı ve çatlamalara sebep olmaktadır. Kütle kaybının nedenlerinden aşınma ve erozyon sayılabilirken, çatlama donma çözülme, tuzlar, ıslanma kuruma, yangın yüksek sıcaklık, aşırı yüklenme, darbe gibi faktörler sebep olmaktadır.(Baradan vd., 2002; Baradan ve Aydın, 2013, s. 56).

Alkali reaksiyonu harç içerisindeki alkaliler ve agrega içerisindeki aktif silis. alkali silika jeli oluşturmakta ve sınırsız su emmeye sebep olmakta ve beton çatlama olmaktadır (Baradan vd., 2002).

Sülfat saldırısı, killi toprak içindeki yeraltı sularından gelen sülfat iyonları betondaki kalsiyum hidrat yapıya saldırarak etrenjit oluşturmaktadır. Bu oluşum betonda zararlı genişlemeye sebep olmaktadır. Ayrıca serbest MgO ile birleşen sülfat CSH yıkımına da sebep olmaktadır. Karma suyu analizlerinde Sülfat değerleri önemlidir bu durumda. . Puzolan ekledikçe serbest kireç tepkimeye girmekte ve ortamda serbest kireç azalmakta böylece sülfat kalsiyum tepkimesi oluşmamaktadır (Baradan vd., 2002).



Karışım suyundaki yabancı maddelerin çimento ve beton üzerindeki etkisi önemli bir konudur. Karışım suyundaki yabancı maddelerin betonun mukavemet ve durabilite özelliklerini olumsuz etkiledikleri görülmüştür. Beton karışımında kullanılan karışım suyunda bulunan organik ve inorganik yabancı maddeler reaksiyonlara girerek betonun hasarına neden olabilir (Kılınç, 2003, s. 2)

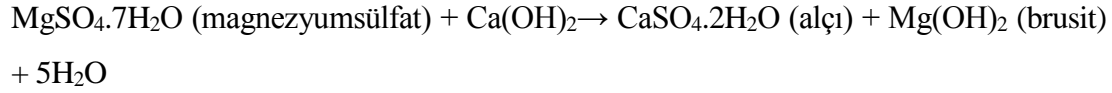
Karışım suyundaki sülfat tuzları bu zararlı etkiyi fazlasıyla gösterir. Magnezyum sülfat, sodyum sülfat ve sodyum sülfür taze ve sertleşmiş çimento harcının özelliklerini etkiler. Karışım suyu asit olmamalıdır. Su içinde bulunan bazı anyonlar ve katyonlardan da kaçınılmalıdır. Bunlar Cl-, CO<sub>3</sub> -- NH<sub>4</sub> +, Mn<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, vb. maddelerdir (Kılınç, 2003, s. 4).

Karışım suyunun pH değeri hakkında farklı bilgiler mevcuttur. Buna göre farklı değerler verilse de pH değeri 4.5-9.0 olarak belirtilmiştir. Asitlik, örneğin çözünür karbondioksitten dolayı, çimentonun alkaliliğiyle hızlıca nötrleştirir. pH'ı 4,5 dan az olan doğal sularda harç hamurunun priz zamanını geciktiren humik asitler var olabilir ve 9,, un üstündeki değerlerde alkali karbonatlar var olabilir (Kılınç, 2003, s. 4)

Sülfat tuzlarından Magnezyum sülfat (MgSO<sub>4</sub>) tuzu, sertleşmiş çimentodaki kalsiyum hidroksitle (Ca(OH)<sub>2</sub>) reaksiyona girerek, yumuşak ve jelatinimsi bir madde olan magnezyum hidroksiti oluşturur. Bu da sertleşmiş beton dayanımını olumsuz etkiler. Sınır değer 40000 ppm olarak verilmiştir. Sodyum sülfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) için ise sınır değer 10000 ppm olarak verilmiştir. Magnezyum sülfatın sodyum sülfattan daha yüksek konsantrasyonda bulunmasına izin verilmiştir (Kılınç, 2003, s. 10).

Alkali bileşikler (Sodyum Hidroksit ve Potasyum Hidroksit) Sodyum Hidroksit konsantrasyonu, çimento ağırlığının % 0,5'i olan yani 6000-10000 ppm civarında olan sular beton dayanımını büyük ölçüde etkilemez. Yüksek konsantrasyonları dayanımı azaltır (Kılınç, 2003, s. 12)

Magnezyum sülfat, taze harçlarda ve sertleşmiş önceden yapılmış harçlarda da etkili olmaktadır. Taze harçlarda ilk olarak çimentonun hidratasyonu sonucunda oluşan Ca(OH)<sub>2</sub> ile reaksiyona girer (Kılınç, 2003, s. 12).



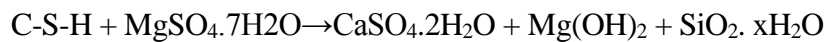
Bu reaksiyonda olu\u015fan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  brusit olarak adlandırılır ve numune y\u00fczeyinde bir tabaka \u015feklinde yer alır. Bu reaksiyonda  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (al\u00e7ta\u015fı) brusit tabakasının \u00f6n\u00fcnde bir tabaka olu\u015fturur. Brusit tabakasının \u00e7\u00f6z\u00fcnl\u00fc\u011fu \u00e7ok d\u00fc\u015f\u00fckt\u00fcr. Bu y\u00fczden magnezyum iyonu ve s\u00fclfat iyonlarının har\u00e7 i\u00e7ine dif\u00fczyonu \u00e7ok kolaydır. Ayrıca brusit olu\u015fumu y\u00fcsek oranda kalsiyum hidroksit t\u00fcketimini sa\u011flar. Bu da \u00e7\u00f6zeltinin pH'ını d\u00fc\u015f\u00fcr\u00fcr (Kılın\u00e7, 2003, s. 13).



Ayrıca taze har\u00e7larda yukarıdaki reaksiyonda olu\u015fan  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (al\u00e7ta\u015fı) hidrate olmamı\u015f kalsiyum al\u00fcmminat ile reaksiyona girer ve bu reaksiyon sonucunda g\u00f6r\u00fcld\u00fc\u011fu gibi  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$  (etrenjit) olu\u015fur. Etrenjit taze har\u00e7ta olu\u015ftu\u011fundan dolayı zararsızdır (Kılın\u00e7, 2003, s. 14).

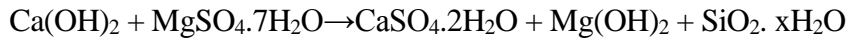
Magnezyum s\u00fclfat \u00e7\u00f6zeltili har\u00e7larda sertle\u015fme olduktan sonra ilk olarak taze har\u00e7larda oldu\u011fu gibi magnezyum s\u00fclfatın  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ile reaksiyonu devam eder. Aynı \u015fekilde yine al\u00e7ta\u015fı olu\u015fur. Olu\u015fan bu al\u00e7ta\u015fı \u015fi\u015fmeye neden olur (Kılın\u00e7, 2003, s. 14).

Magnezyum s\u00fclfat \u00e7\u00f6zeltili har\u00e7larda sertle\u015fme olduktan sonra ikinci etrenjit olu\u015fumu meydana gelmez. \u00c7\u00fcnk\u00fc  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (brusit) olu\u015fumu,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 'nin \u00e7\u00f6z\u00fcnl\u00fc\u011f\u00fcn\u00fcn \u00e7ok d\u00fc\u015f\u00fck olması ve \u00e7\u00f6zeltinin pH de\u011ferinin d\u00fc\u015f\u00fck olması hem etrenjit hem de C-S-H (kalsiyum silika hidrat)'nin stabilitesini bozar. Bilindi\u011fi \u00fczere C-S-H yapısı, \u00e7imento hamurunun ana ba\u011flayıcı \u00f6zelli\u011fi olan \u00f6nemli bir yapıdır. S\u00fclfat etkisi arttık\u00e7a C-S-H jelindeki kalsiyum iyonu magnezyum iyonu ile yer de\u011fi\u015ftirir. Bunun sebebi magnezyum ve kalsiyumun iyonik dengesinin olmasıdır. İkisinin de \u00fcss\u00fc +2' dir. Ayrıca magnezyum iyonlarının kalsiyum silika hidratlar \u00fczerindeki \u00e7ekim kapasitesi fazladır. Magnezyum iyonu kalsiyum iyonu ile yer de\u011fi\u015ftirdi\u011finden dolayı magnezyum s\u00fclfat C-S-H jeli ile reaksiyona girer ve bu reaksiyon sonucunda al\u00e7ta\u015fı, brusit ve silika jeli (S2H) olu\u015fur (Kılın\u00e7, 2003, s. 15).

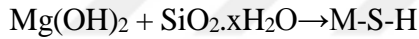


Burada oluşan  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  silika jelidir ve bu jelin bağlayıcı ve dayanım özelliği C-SH jelinin bağlayıcı ve dayanım özelliğine göre çok düşüktür (Kılınç, 2003, s. 16)

C-S-H jeli düşük olan pH değerini yükseltmek ve stabiliteyi sağlamak için  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'yi yönlendirir ve  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ' de pH değerini yükseltme yerine magnezyum sülfat ile reaksiyona girer ve bunun sonucunda daha fazla alçıtaşı ve brusit oluşur (Kılınç, 2003, s. 16).



Burada C-S-H jelinin stabiliteyi sağlama ve pH değerini yükseltme aşaması C-S-H jelinin ayrışması olarak adlandırılır. C-S-H jeli ayrışma sırasında  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve bağlayıcı özelliklerini kaybettikçe harç hamurunda oluşan alçıtaşı ve brusit konsantrasyonu artar. Konsantrasyon artmasıyla beraber brusit hidrosilikatlar (silika jeli) ile reaksiyona girer ve bunun sonucunda bağlayıcı ve dayanım özelliği olmayan M-S-H (magnezyum silika hidrat) oluşur (Kılınç, 2003, s. 20).



Oluşan bu M-S-H jeli dayanım ve durabilite özelliklerini olumsuz etkiler (Kılınç, 2003, s. 20)

Harç katkı maddelerinden Sülfat aynı zamanda su içerisinde de olabilir. Agregalarda bulabilecek zararlı maddeler ve tanelerin bir bölümü bağlayıcı maddenin ayrışmasına veya genişlemeye neden olmakta ve betonun parçalanmasına neden olur. Agregada içerisinde sülfat varlığı bu maddenin hamur ile sülfat-alümina denilen genişleyen bir tuzun oluşmasına neden olmaktadır (Şimşek, 2003, s. 64).

Güney Afrika'daki farklı kireçtaşlarının söndürme işlemlerinde sudaki Klor ve Sülfat iyonlarının halüsinasyona etkisi üzerine yapılan çalışmada kireçtaşının ve söndürme işleminde kullanılan su hidrasyon etkilediği bilinmektedir. Hidrasyon için CaO partikülleri ile su tepkimeye girmesi gerekmektedir. Sülfat CaO etrafında bir tabaka oluşturmakta ve suyun bu tabakayı aşması gerekmektedir (Gheeverhese, Strydom, Potgieter and Potgieter, 2002, s. 46).

Kireçtaşı içerisindeki silis içeriği söndürmeyi etkilemezken MgO etkilemektedir. MgO, CaO'e göre daha yavaş hidrate olmaktadır. Clor da hidratasyonu etkilemektedir (Gheevahese, Strydom, Potgieter and Potgieter, 2002, s. 46).

Harç ana öğelerinin yanı sıra kireç üretimiyle ilgili olarak oluşan topak/lumplar da önemli ipuçları içermektedir. Tarihi harçlarda agrega bağlayıcı kimyasal etkileşimden kaynaklı kireç lumpları oluşmaktadır. Bu kireç topaklarının incelenmesi sonunda harç hakkında bilgi edilmekte ve kireç topağına göre harç içine katılan kirecin üretimde az veya aşırı pişirildiği hakkında bilgi edinmek mümkündür. Ayrıca iyi yuvarlak gözeneklere sahip kireç topaklar söndürme sırasında minimum oranda su ile yapılmış olmasından kaynaklandığını göstermektedir (Elsen, 2006, s, 1419).

İspanya'da Mallaorca'da ada yerleşmesinde erken Hıristiyanlık döneme ait Bizans dönemi Kilise yapısında ve vaftiz yapısında yapılan analizlerde iki tür harç tespit edilmekte bunlar seramik kırıklı ve seramik kırığı olmayan. Kireçtaşlarında içeriğinin farklı olması harç üretimi sırasında farklı sonuçlar doğurmaktadır. Dolomitik kireçtaşlarında kalsinasyon 510-750 C° derecede kireçtaşında kalsinasyon yaklaşık 900 C° derecede bu durumda kalsit iyi pişirilirken dolomit fazla pişirilecektir. Bu durumda dolomitik kireç içindeki yüksek kalsiyum kireç lumps bulabiliriz ki çünkü kireçtaşı henüz tam yanmamıştır. Vavtzhane su ile ilgili olduğu için burada tuğla kırıklı harç kullanılmıştır. (Miriello vd., 2013, s. 1118). Buradaki çalışmada çoklu yöntemler uygulanmış ve birbirleri ile bağlantılarına bakılarak kireç üretilen kireçtaşının kaynağının tespitine yönelik de çalışılmıştır. Bunun için sıva içerisindeki kirecin üretilmesi sırasında olan kireç lumpu ile kaynak kireçtaşı arasında analizler sonunda tespit edilmektedir. Bunun için sıva içerisindeki agregadaki volkanik kaya parçaları, lump incelenmiş (Miriello vd., 2015, s. 105)

Meksiko'da yapılan çalışmada harç içerisindeki agrega ile içerisinde oluşan lump ve yapıda kullanılan kireçtaşlarında yapılan kimyasal analizler sonucunda kaynak analizine gidilmiştir (Barba, vd., 2009, s. 527).

Geçmişte pişirme/yakma söndürme işlemleri çok kontrollü yapılamadığı için topaklar/karışmamış kireç çok fazla görülmektedir. Topaklar kaynak kireçtaşının az ya da fazla yakıldığı hakkında bilgi vermektedir. Eğer kireçtaşı yüksek ısıda pişirilse ortaya

ıkan sönmüş kireç (CaO) ok interaktif olmayabilir ve bu nedenle su ile söndürme işleminde zayıf olmakta ve tam sönmez. Tam sönmeyen kireç harç içerisinde kullanıldığında su ile temas ettiğinde snme işlemi devam etmektedir ya da tam sönmeyen kireç agrega ile tam karışmaz (Leslie ve Hughes, 2002, s. 260).

Harç ve sıva, tuğla gibi yapı malzemelerin kendinden kaynaklı bozulmaların yanında Boğsak Adası ada olmasından kaynaklı çevresel etkili bozulmalar yaygındır olarak görülmektedir. Bu nedenle deniz ortamlarını kendine ait özellikleri ve zararlı etkileri göre sınıflandırılmaktadır (şekil 5.9-5.10). Buna göre;

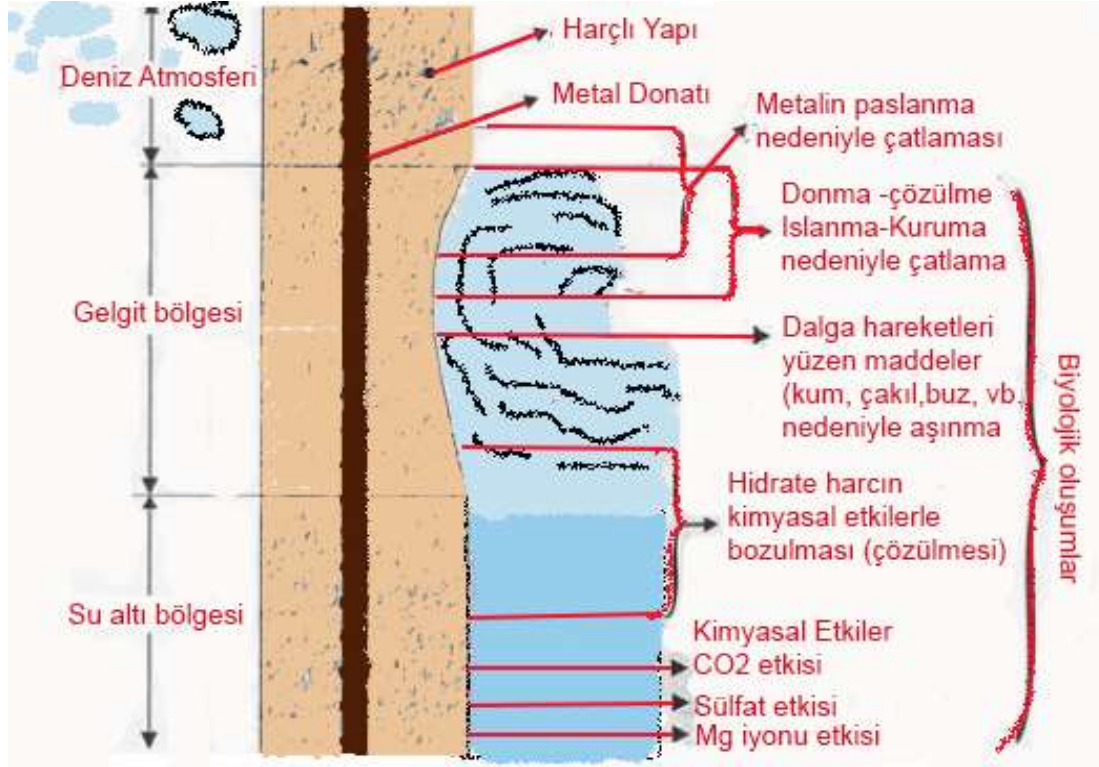
a-)Yapının doğrudan deniz suyu teması olmayan tuz yoğunluklu damlacıkların rüzgarla taşınarak yapıya ulaştığı atmosferik deniz ortamı, yerel şarlara, kıyının coğrafi yapısına ve hakim rüzgarlara bağlı olarak bu etki denizden çok uzak mesafelerce ierileri etkiler.

b-) Yapının gel-git seviyesi üzerinde kalan serpinti, sıçrama nedeniyle direkt temasın olduğu bölge

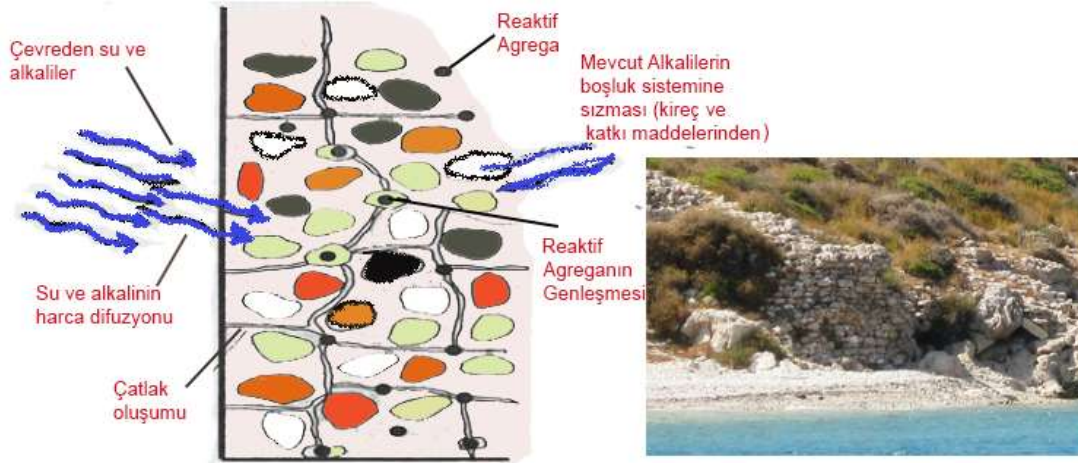
c-) Yapı elemanının gel-git olayı ile etkilendiği bölge

d-) Yapı elemanının suya gömülü olan bölgesi

e-) Deniz tabanı bölgesi (Yıldırım ve Sümer 2005, s. 362)



Şekil 5.9. Deniz ortamları ve buna bağlı olarak bozulmaları etkileyen faktörler (Yıldırım ve Sümer 2005, s. 362)



Şekil 5.10. Nem, Alkali-Silika, Asit reaksiyonu ile harç ve sıvaların bozulması (Yıldırım ve Sümer 2005, s. 368)

Etkin kimyasal oluşumu açısından, deniz suyu hidrote çimento bileşenleri ile reaksiyon yapabilen magnezyum ve sülfat iyonları içerir. Deniz suyunda çözülmüş bulunan CO<sub>2</sub> karbonik etkisi yapar. İçerdiği yüksek sülfat iyon konsantrasyonu ile deniz suyu beton üzerinde sülfat etkisi yapar, C3A ve CSH ile sülfat iyonlarının reaksiyonundan etrenjit oluşur. Bu bulgu oluşan etrenjitin ancak yüksek alkalili

ortamda su emerek şiştiği ve genişlediği şeklinde yorumlanır (Yıldırım ve Sümer 2005, s. 368)

Deniz suyunun beton üzerindeki bir diğer kimyasal etkisi ise magnezyum iyonlarının kalsiyum iyonlarıyla yaptığı yer değiştirme reaksiyonudur.  $MgSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + Mg(OH)_2$  oluşan  $Mg(OH)_2$  brusit adıyla bilinir. Bu oluşum tabakalar oluşturur. Ancak yapının serpinti dalgalarına maruz kalan yüzeyleri de bu tabakaların uzaklaşmasıyla reaksiyon tekrarlanır ve kütle kaybı süreklilik kazanır. Bu kısımlarda yer değiştirme reaksiyonları betonda bağlayıcılık özelliğini etkiler ve beton kolay hasar görür (Yıldırım ve Sümer 2005, s. 368)

Deniz suyunun rüzgarla taşınan iç bölgelerdeki yapılarda da etkileri gözlenmektedir. Deniz Üstü (atmosfer) alanında tuza doymuş hava rüzgârla taşınarak karada klorların yoğunlaşarak depolamasına neden olur. Sonuç olarak klor betondaki çatlak ve geçirgen kısımlardan içeri girerek betonarme donatısına varır ve donatı korozyonunu başlatır.

Atmosferdeki karbondioksit ( $CO_2$ ) gazının bir kısmı suda çözünür dolayısıyla doğadaki tüm sular karbonik asit içerir ve yapı elemanı yüzeyinde suyun sertliği PH değerine göre hasara yol açar. (Yıldırım ve Sümer 2005, s. 368)

Islanma-kuruma etkisinin deniz suyu ile beton içine sızan tuzların kuruma esnasında suyun buharlaşmasıyla betonda kalması betondaki yoğunluğu artması, tekrar ıslanma sonucunda tuzların suyla teması sonucu hacimlerinin artarak betonda genişleme yaratmaları ve hasar oluşturmaları gözlenir. Islanma-kuruma ve tuzların kristalizasyon basıncı etkileri sıçrama ve gel-git bölgesinde dalgaların ve su içindeki yüzen cisimlerin aşındırıcı etkisiyle kendini gösterir. Üst gel git kısmı ve bunun üstündeki dalga serpinti bölgesinde betonda daha yüksek tuz miktarı görünmüştür. Deniz üstü yapılarda, kazık ve ayaklara çarpan dalgalar serpinti ile tabliye altında ve bağlantı kirişleri üzerinde tuz birikimine neden olurlar. Soğuk iklim bölgelerinde sıçrama ve gel-git bölgelerinde betonda aşınma ve tuz kristalizasyonunun yanı sıra donma-çözünme etkileri de betonda korozyona neden olmaktadır (Yıldırım ve Sümer, 2005, s. 368)

Yapı malzemelerinin önemli bir özelliği olarak bilinen basınç dayanımı ile su emmesi, kılcal su emmesi ve ağırlık değişimi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Betonun boşluklu yapısı, özellikle baraj gövdesi, su deposu, su kanal ve kanaletleri gibi su yapılarında geçirgenlik nedeni ile önem kazanır. Diğer yapılardaki geçirimsizlik ise suya doymuş gözenekli betonun donma-çözülme sonucunda hasara uğraması, zararlı suların korozif etkisi ve çimentoda zamanla çözünen  $\text{Ca(OH)}_2$  gibi bileşenlerin su ile yıkanması sonucu boşluk boyutunu artırması ve betonu zayıflatması açısından oldukça önemlidir (Biricik, 1999).

Yapı sistemlerine etki yönünden en tehlikeli suların saf sular, sülfat, klörür, nitrat gibi anorganik asitlerin tuzlarını içeren çözeltiler, asetik asit, laktik asit gibi organik asitli çözeltiler sayılabilir. Bu sulardan etkilenen beton yapılarda zamanın bir fonksiyonu olarak korozyondan söz edilmektedir. Beton korozif ortam etkilerine maruz kaldığında, ortamdaki çözeltilerle çimento hidrasyon ürünleri  $\text{Ca(OH)}_2$  ile  $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$  arasındaki reaksiyonlar sonucu yeni bileşikler oluşur. Bu reaksiyon ürünleri hacim genişmesi, yumuşama ve beton yapısının çözülmesine neden olur (Biricik, 1999).

Bu tip korozif problemleri en aza indirmek için alınacak önlemler; özel tip harçlar ile özel katkı maddeleri kullanmak veya her ikisini birlikte kullanarak beton üretmek şeklinde özetlenebilir. Puzolanlar bağlayıcılar su ile yapılarda kullanılmasındaki faktörler puzolanlı harçlarda da, betonla ilgili bu tip sorunlara belirli oranda çözüm getirmektedir. Puzolanın agresif ortamda daha dayanıklı oluşunu,  $\text{Ca(OH)}_2$ 'in azalmış oluşuna, ürünün düşük geçirgenliğine, harç jelinin farklı kompozisyonuna, puzolanlı harçlarda oluşan etringitin kararsızlığına bağlanmaktadır (Biricik, 1999).

Puzolan ilave edilmesi, betonun plastikliğini artırmakta, su kuma ve çözülme olaylarını önlemekte, hidrasyon ısını ve betonun geçirgenliğini azaltmaktadır. Puzolanlar serbest kireci tespit ederek dayanıklılığı yükseltmekte, reaksiyona girmese bile çok ince oldukları için çok küçük olan bu tanecikler pasif agrega işlevi görerek doluluğu artır, boşluk boyutunu azaltır, kılcal boşlukları tıkamak sureti ile sürekliliği engeller, geçirimsizliği düşürmektedir (Biricik, 1999).



Yapı ve yapı malzemelerinde görülen bozulmalar ve nedenleri hakkında genel bilgiler verildikten sonra Boğsak Adası yapıların ve yapı malzemelerinde bozulmalar ve nedenleri anlatılmıştır.

Yapı ve yapı malzemelerinde görülen bozulmalar ve nedenleri yapısal sorunlar ve malzemedeki kaynaklı bozulmalar olarak iki grupta incelenmiştir (Resim 5.1-5).

### Yapısal Sorunlar

Yapısal sorunlar kendi içinde 3 alt bölüme ayrılmaktadır. Bunlar yapı duvarlarının oturduğu doğal kayalık alanda/temelde aşınma, kayıp, yarıklar; örgüde birim malzeme kayıpları, örgüde derz açılması ve örgüde derz boşalmaları/kayıplarıdır.

*Yapı duvarlarının oturduğu doğal kayalık alanda/temelde aşınma, kayıp, yarıklar*

Boğsak Adası (Silifke, Mersin) Geç Antik Dönem yerleşimi yapıları kireçtaşıdan oluşana ana kaya üzerine kurulmuştur. Yerleşme ada üzerinde kurulmuş olmasından dolayı iklim koşulları nedeniyle ana kayada çok fazla aşınma, yarıma ve kopmalar vardır. Ayrıca ada üzerinde küçük fay hatları bulunmaktadır (Resim 5.1).



**Resim 5.1.** Yapı duvarlarının oturduğu doğal kayalık alanda/temelde aşınma, kayıp, yarıklar

## *Örgüde birim malzeme kayıplar*

Bu kayıplar kendi içerisinde üç gruba ayrılabilir (Resim 5.2).



**Resim 5.2.** Örgüde birim malzeme kayıpları

Buna göre:

*Geniş (duvarın bir kısmı, bir bölümü gibi) örgü alanlarını kapsayan örgü birim kayıpları*

Duvarlarda büyük kısmında görülen yıkılmalar ve kayıplardır. Boğsak Adası tarihi yapılarının büyük kısmı yıkılmıştır.

*Dar (1-2 taş gibi) örgü alanlarını kapsayan örgü birim kayıpları*

Duvar örgüsünü oluşturan taşlardan bir veya ikisinin düştüğü örneklerdir

*Tek örgü birim (örgü taşı gibi) malzeme kayıpları*

Duvar örgüsünü oluşturan taşlardan sadece birinin düştüğü, koptuğu bölümler bu grupta incelenmiştir

*Örgüde derz açılması (birim örgü malzemesi arasındaki açılmalar)*

Örgüde görülen derz açılmaları iki grupta incelenmiş buna göre duvar örgüsünde ayrılma/çatlak/yarık oluşumu ve özgün duvar/onarım duvarı bağlantısında açılmalarıdır (Resim 5.3).



**Resim 5.3.** Derz açılmaları

*Duvar örgüsünde ayrılma/çatlak/yarık oluşumu*

Duvarları arasındaki harç malzemenin kaybı ile birbirleri arasındaki tutucu etkinin azalmasından duvarların ayrılma, çatlak, yarık oluşturmasıdır (Fotograf ).

*Özgün duvar bağlantısında açılmalar*

Duvarları arasındaki harç malzemenin kaybı ile duvarların birbirine bağlandığı genelde köşe, kule çıkıntısı gibi duvarların bağlantı yerlerinde oluşan açılmalarıdır (Fotograf ).

*Örgüde derz boşalmaları/kayıpları*

Örgüde derz boşalmaları/kayıpları 3 alt başlıkta incelenmiştir (Resim 5.4).



**Resim 5.4.** Derz boşalmaları

#### Yüzeysel derz harç kayıpları

Duvarlarında gerek iç kısmında, gerekse dış cephelerde taş bloklar arasındaki derz harçlarının döküldüğü görülmektedir. Yağmur suyunun içyapıya daha kolay ulaşmasını sağlayan bu durum bozulma sürecini hızlandırmaktadır (Eskici ve Akyol, Kadioğlu, 2008, s. 25-26).

#### Örgü taşı çevresinde gelişerek, birim malzemeyi tehdit eden kayıplar

Derz dolgularının dökülmesi, genelde harç yüzeylerinden (ufalanmalarla) başlayarak içe doğru ilerlemekte, oluşan bozulma duvar, örtü içlerine su girişini kolaylaştırmakta, yağışla ıslanma ve sonrasında kuruma sırasında örgü taşına göre daha zayıf olan harçların büyük oranda dökülmeleriyle sonuçlanan (örgü taşı veya tuğlasının serbest kalmasıyla görülen) örgü zayıflamalarına yol açmaktadır.

#### Geniş örgü alanlarında derz kayıpları

Derz harçlarının dökülmesiyle veya boşalmasıyla oluşan boşluklara toz ve toprağın dolması, rüzgârla ve/veya diğer yollarla (kertenkeleler gibi boşluklara giren hayvanların dışkıları gibi) taşınan tohumlarla da bitki ve ağaç köklerinin gelişmesi,

derz harçlarının diğer çevresel etkilerle birlikte daha çok tahrip olmasına ve sonuçta örgü bütünlüğünü tehdit eden daha büyük boyutlu sorunların ortaya çıkmasına yol açmaktadırlar.

### Malzeme Bozulmaları

Boğsak Adası yerleşimi yapılarında tespit edilen malzeme bozulmaları 4 alt başlıkta incelenmiştir. Buna göre birim malzemede parça, çatlak, kırık kayıpları, yüzeysel birikim/kirlilik oluşumu belirlenmiştir.

#### *Birim malzemede parça kaybı*

Malzeme kayıpları yüzeysel kayıplar ve derin parça kayıpları olarak iki grupta incelenmiştir.

#### *Örgüdeki risk oluşturmeyen birim malzeme taş yüzeyinde aşınma ufalanma gibi yüzeysel kayıplar:*

Daha çok iklimsel faktörlerin (nem, yağmur, rüzgar gibi) etkisiyle oluşan malzemelerin yüzeylerinde meydana gelen yıpranma ve erimelerdir (Resim 5.5).



**Resim 5.5.** Malzeme ufalanma, yarık ve çatlak

#### *Örgüdeki birim malzemeyi etkileyen / risk oluşturan /birim malzeme genelini etkileyen derin parça kayıpları*

Boğsak Adası yerleşimi yapıları büyük bölümü yıkılmış çok az kısmı ayakta. Ayakta kalan bölümlerde de yer yer kesme taşlardan oluşan kaplamalar ve duvar taşlarında kayıplar oluşmuş; yapının dış tesirlere karşı direncini zayıflatan bu durum yapı malzemelerindeki çözülme ve ayrışmayı hızlandırıcı rol oynamıştır.

#### *Birim malzemede çatlak ve yarık (ayrılmış ama en az iki parça oluşmamış) oluşumu*

Çatlak, malzemede belli hat boyunca ayrılma fakat tamamen ayrılma değildir Yapılan çalışma ve gözlemlerde duvarların oturduğu ana kaya-temelde, beden duvarlarında çatlak, açılma ve kırılmalar tespit edilmiştir Yapının bünyesinde statik sorunlara yol açan bu oluşumlar, yer hareketlerine bağlı olarak örgüdeki yük dengesinin değişmesinden kaynaklanıyor olmalıdır.

*Birim malzemede kırık (ayrılmış ama en az iki parça oluşmamış) oluşumu*

Çatlak, malzemede belli hat boyunca ayrılma fakat tamamen ayrılma değildir. Tamamen en az iki ve daha fazla ayrılmaya ise kırık denilmektedir.

*Yüzeysel Birikim / kirlilik oluşumu*

*Yüzeysel birikim (yağış almayan bölgelerde yüzeye tutunan toz-toprak türü kirlenme türleri)*

Kirlilik oluşumu, atmosferik olaylar, toz, toprak ve ortamdaki kirletici maddelerin varlığından kaynaklanan yüzeysel birikim yer yer görülmekte nemin yoğun olduğu yerlerde neme bağlı olarak daha yoğundur. Kuş pislikleri de diğer bir kirlilik unsuru olarak gözlenmiştir. Taş kaplama yüzeylerinde ateşe bağlı siyah is tabakalarına da rastlanmıştır. Kendi içerisinde 4 gruba ayrılmaktadır.

*Yeni Karbonat/ kalker oluşumlar (örgü içerisine giren suyun kireç taşı ve harcı çözmesi ile oluşan çözeltinin tekrar örgü boşluklarından yüzeye çıkması ve sızması sırasında örgü yüzeyinde kalınlığı artan yeni karbonat tabakalarının) oluşumu*

Bu bozulma türü kendi içerisinde iki alt bölüme ayrılmıştır. Bunlar lokal /dar alanda yeni karbonat/kalker ile geniş duvar yüzeylerini kaplayan karbonat/kalker oluşumlarıdır.

*Siyah tabaka oluşumu*

Hava kirliliği ile oluşan atmosferik asidin kalsit yapıları yüzeyini kimyasal değişimle alçı tabakalarına dönüştürmesi ve oluşan yeni /alçılı / sülfat yüzeyde birikimle zamanla oluşan kararmadır.

*Mikrobiyolojik (alge, liken ve benzeri mikroorganizma) patina oluşumları*

Alge, liken ve benzeri mikroorganizmaların malzemeler üzerinde oluşmasıdır

Yazı ve grafitiler

Bölge insanlarının bilinçsizce yaptığı davranışlar sonucu oluşan bozulmalardır (Resim 5.6). Kazıma ve boyama yöntemiyle işlenen yazı ve çeşitli şekiller farklı malzeme yüzeylerinde yoğun kirliliğe yol açmıştır.



**Resim 5.6.** Yüzeysel birikim

Özgün yapıya risk oluşturan sorunlar

Özgün yapıya risk oluşturan sorunlar da 3 alt gruba ayrılmaktadır (Resim 5.7).



**Resim 5.7.** Özgün yapıya risk oluşturan sorunlar

### *Toprak /Moloz dolgu*

Genelde yapılarda görülen dolgular iki biçimde görülmüştür.

### *Duvar üstünde, birikimle mekanların bir bölümünde meydana gelen dolgular*

Ayakta kalan duvarların üzerinde birikmiş dolgulardır. Boğsak Adasındaki yapılar genelde iki katlı olmalıdır ve üst katlar yıkılmış alt katlar ayaktadır. Yıkılan duvarlar büyük yığınlar oluşturmaktadır.

### *Yıkılan duvar bölümleri üzerinde toprak birikimi ile meydana gelen dolgular*

Yapılar çoğunlukla yıkıldığı için duvarların çevresinde yoğun bir birikim oluşturmaktadır.

### *Nem ve tuz çıkışları*

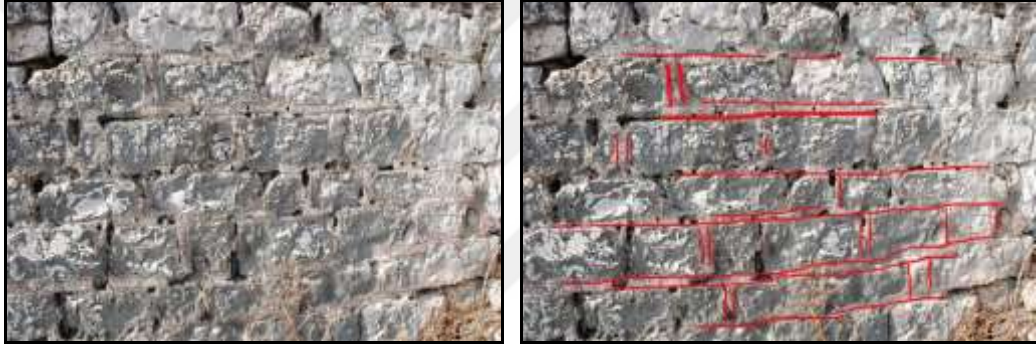
Ada olmaktan kaynaklı yoğun deniz etkisi yanı sıra yağmur yağışına bağlı olarak tuzlanma görülmektedir. Bu Tuzlanmanın sebepleri üç bölüme ayrılmaktadır. Bunlar zeminden yükselen nem / tuz hareketi, yağışlarla duvar üst bölümlerinde gelişen nem / tuz hareketi ve üst bölümü yıkılan / örgüsü bozulan duvar içlerine yağışla giren suyla gelişen nem / tuz hareketidir.



*Bitkisel (ot gibi köklü bitkiler ile ağaç gelişimi veya otluk, ağaçlık alan oluşması gibi) gelişim*

Adada yoğun bir ağaçlanma ve bitkisel oluşumlar görülmektedir. Bitkisel gelişimler duvar üstlerinde biriken toprakta bitkisel gelişim, örgü içerisinde girinti-oyuk, derz boşalmalarında biriken topraklı alanda oluşan bitkisel gelişim, toprak / moloz dolgu alanlarında gelişen bitkisel gelişim olarak tespit edilmiştir.

Adada bulunan yapılardaki bozulmalar tespit edilirken yapım teknikleri, usta iaretleri gibi dönem hakkında bilgi veren yapı özellikleri de belgelenmiş ileride yapılacak restorasyon çalışması için kaynak oluşturacaktır (Resim 5.8-5.9)



**Resim 5.8.** Yapım tekniklerinden çizgili derz



**Resim 5.9.** ST010 duvara sıkıştırılmış tuğla/kiremit parçaları



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Boğsak Adası (Silifke, Mersin) yerleşimi geç antik döneme ait yapılar 2013 yılından itibaren arkeometrik yönden incelenmeye başlanmıştır.

Boğsak Adası yerleşimi yapılarına ait taş, tessera, tuğla, toprak, harç, sıva, metal ve su örneklerine çeşitli arkeometrik test ve analizler uygulanarak değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Boğsak Adası yerleşimi yapısal malzemelerinden taş, tessera, tuğla, toprak, harç, sıva, metal ve su örnekleri önce görsel olarak değerlendirilip gruplandırılmış, fotoğraflanarak belgelenmiş ve kodlanmıştır. Arkeometrik çalışmalar kapsamında örnekler üzerinde temel fiziksel testler (birim hacim ağırlığı, su emme kapasitesi, gözeneklilik ve sertlik), ince kesit optik mikroskop analizi ile PED-XRF analizleri gerçekleştirilmiştir.

Boğsak Adası yerleşimi yapılarına ait örneklerin ince kesitleri; taş, taş tessera, harç, sıva ve seramik (tuğla) örnekleri için hazırlanarak optik mikroskopta incelenmiştir. Petrografik mikromorfolojik incelemeler için dıştan içe doğru tüm tabakaları gösterecek şekilde örneklerin ince kesitleri hazırlanmıştır. Taşlarda matriks ile harçlarda agregayı oluşturan kayaç ve mineraller “Point Counting Metodu” kullanılarak tanımlanmışlardır.

Boğsak Adası yapısal malzemelerinden taş örneklerinin petrografik yönden yakın çevre jeolojik formasyonu ile uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Dikkat çeken özellik yapıda dolgu malzemesi olarak kullanılan bazı taşların ada ve yakın çevresinde olmayan volkanik türde kayaçlar olmasıdır. Bölge jeoloji üzerine yapılan çalışmalara göre bu tür magmatik/volkanik kayaçlar; Mersin’in kuzeyinde Mersin Ofiyolitleri ile Silifke’nin kuzeyinde ve Mut-Ermenek arasında Göksu Vadisi içerisindeki ve Gülnar civarındaki ofiyolitik kayaç yapısı ile benzerlik göstermektedir. Bu benzerlik harçların içerisinde kullanılan agrega malzemelerinde de görülmekte bu bölge ile ilişkileri desteklemektedir. Bu bölgelerde bulunan nehir ve dereler tespit edilmiş muhtemel kum yatakları olduğu görülmüştür (Ek-1 Resim A17, Ek-2 Çizelge B55-B56).

Kireçtaşları bölgede ana formasyon olup yapıların inşasında yaygın olarak kullanılmıştır. Kireçtaşı kayaçlar daha çok duvar örgüde kullanılırken magmatik kayaçlar dolgu

malzemesi, mermerler opussektiler ve kaplama olarak kullanılmıştır. Yapılar ana kaya üzerinde taş temel üzerine inşa edilmiştir. Ana kaya kireçtaşıdır (MBA-T2,T21,T30).

Adadaki yapılarda kullanılan bazı kireçtaşları pembemsi renktedir. Bu kaya türü MBA-T13 örneğinde görülmektedir. Bu örnek bölgede bazı formasyonlarda görülmektedir. Bu örneğin demir değeri diğer kireçtaşlarından farklıdır.

Boğsak adasında yapı malzemeleri hammadde kaynağı açısından sadece kireçtaşı bulunmaktadır. Bu nedenle adada bulunan magmatik kayaç malzemeler, mermer, tuğla, metaller adaya dışarıdan getirilmiş olmalıdır. Bu nedenle bölgede deniz ticaretini yansıtmaması açısından da önemlidir.

Taş malzeme mozaiklerde tessera ve opussektiler olarak kullanılmıştır. Opussektiler olarak kireçtaşı (MBA-T7, MBA-T28, MBA-T29) ve mermer (MBA-T8) kullanılmıştır. Çalışılan 2 adet tessera örneği kireçtaşı olarak belirlenmiştir. Taş örneklerden adet opussektiler olarak kullanılan örnekler (MBA-T17, MBA-T22) diğerlerinden farklı olarak gösel kireçtaşıdır ve bölgede Derinçay formasyonunda gösel kireçtaşı olduğu belirlenmiştir.

Ada dışından getirilmiş olan taşlar bulunduğu konumlarına göre değerlendirilecek olunursa bu taşlar Kilise VI yapısından ve çevresindedir. Bu yapının bulunduğu yer deniz seviyesine göre düşük kottadır ve günümüzde de tekneler buradan adaya yaklaşmaktadır. Dışardan gelen taşların bu gölde yoğunlaşması akla dönemin limanını getirmektedir.

Adanın karşısında ana karada dolomitik kireçtaşı olarak belirlenmiş ve bu tür kireçtaşı yapılarda ve harçlarda kullanılmamıştır (Resim 2.25). Bu tür kireçtaşı magnezyum değeri diğer kireçtaşlarından fazladır. Harç içerisinde MgO'in fazlalığı zararlı olmasından dolomitik kireçtaşının tercih edilmediği fikrini akla getirmektedir.

Boğsak Adası yapılarında duvar örgüde tuğla kullanımı sınırlıdır. Sadece iki sarnıç yapısında duvar örgüde tuğla (MBA-B8, MBA-B9, MBA-B25, B26) kullanılmıştır. Duvar örgüde kiremit kırıkları derz malzemesi olarak kullanılmıştır. Nadir olarak moloz

dolgu malzemesi olarak (MBA-B24), ST024 nolu yapının tonozunda (MBA-B20) ve mezar duvarının örgüsünde tuğla kullanılmıştır.

Tuğla/kiremit örneklerinde petrografik ince kesit optik mikroskop analizlerine göre 24 örnek 14 gruba ayrılmıştır. 24 örnek hamur içerisindeki agregayı oluşturan kaya parçaları, tuğla kırıkları ve organik katkıları tespit edilmiştir. Buna göre agregayı oluşturan kaya parçaları magmatik kayalar (damar), metamorfik ve sedimanter (karbonat ve kırıntılı) kaya parçaları olarak sınıflandırılmıştır. Damar diyabaz, sedimanter karbonat kireçtaşı ve kırıntılı çört, metamorfik kaya parçası da kuvarsittir. Mineraller ise kuvars, plajoklaz, biyotit, piroksen, serpantin, klorit, kalsit ve opak mineraller olarak ayrılmaktadır. Petrografik ayrıma göre Grup 3 örnekleri MBA-B3, MBA-B10, MBA-B14 ve Grup 12 örneği MBA-B21 magmatik oluşumlar diyabaz, serpantin bulunması Mersin Ofiyolitleri ilişkili olmalıdır.

Petrografik analizlerde hamur dokusuna göre yaklaşık pişme derecesi, hamurun kaynaşması ve gözenekliliği ile hamur içerisinde kil ve agrega oranları belirlemek mümkündür. Düşük sıcaklıkta (700-900°C'de) pişirime uğramış gözenekli (%4-15) yapıdaki tuğla/kiremit örnekler mineral ve kaya türü yönünden zengin (matriksin %7-38'i oranında) içeriklidir. Ayrıca tuğla örneklerin çoğunun (Seramik Gr1, Gr4 ve Gr6, Gr7, Gr9) agrega yapısında, toplam agreganın %1,5-2,5'ü arasında değişen oranlarda tuğla kırığı parçaları da belirlenmiştir.

Tuğla/kiremit örneklerinin hamurlarında kil ile birlikte kaya parçalarının yanı sıra tuğla kırıkları da eklenmiştir. Tuğla kırığı MBA-B1, MBA-B8, MBA-B16, MBA-B17 (%1,5), MBA-B4, MBA-B6, MBA-B20 (%2,5), ve MBA-B11 (% 2) örneklerde tespit edilmiştir.

Tuğla/kiremit örneklerinde MBA-B2 ve MBA-B18' de boşluklarında daha sonradan karbonat oluşumu görülmüştür. MBA-B3, MBA-B10, MBA-B14, MBA-B18 nemli pişirmeden kaynaklı agregalarda yönlendirme görülmektedir. MBA-B11'de heterojen pişirim görülmektedir. Ayrıca MBA-B5, MBA-B21 fosil tespit edilmiştir.

Tuğla/kiremit örneklerinin içerisindeki kaya parçaları ve minerallere göre değerlendirilecek olursa, MBA-B3, MBA-B10, MBA-B14 magmatik kayalardan

derinlik kayalarından diyabaz ve sedimanter kaya parçası çört görülmüştür. MBA-B8, MBA-B12, MBA-B16, MBA-B17 metamorfik kayalardan kuvarsit, MBA-B3, MBA-B8, MBA-B10, MBA-B11, MBA-B14, MBA-B16, MBA-B17, MBA-B18 örneklerinde sedimanter kaya parçası çört parçası belirlenmiştir. MBA-B21 nolu örnekte ise serpantinitle görülmektedir ve serpantinitle magmatik kayaların bozulma ürünüdür.

Boğsak Adası yerleşimi yapılarına ait harç ve sıva örnekler asidik işlemden geçirilmiştir. Analiz sonrasında elde edilen agregalar değerlendirilerek örneklerin toplam agrega / toplam bağlayıcı (%TA / %TB) oranlarına ulaşılmıştır Harç ve sıvalarda oldukça yüksek oranda kireç içerik belirlenmiştir. Harç örneklerde asidik işlem sonunda elde edilen verilere göre bağlayıcı oranı (%TB) %45,70- 88,92 arasında ve ortalama % 75,56 tespit edilirken, agrega oranı da (%TA) %11,08 54,30- arasında ve ortalama % 24,44 olarak tespit edilmiştir.

Harç ve sıva örneklerin asidik agrega/bağlayıcı analizinden sonra elde edilen agregaları üzerinde yapılan sistematik elemeler sonucunda (63-1000 µm arasındaki elekler kullanılmıştır) agrega tanecik dağılımı oranlarına ulaşılmıştır.

Harç ve sıva örneklerin agrega yapısının; makro fiziksel yapılarının belli bir eleme sonucu tercih edilmeyen, heterojen dağılıma sahip zengin agrega çeşidi içerdiği görülmektedir. Agregada içeriğinde yoğunluğu akarsu yatağına ait yuvarlanmış baskın olduğu, yerel formasyonla uyumlu agregaların oluşturduğu görülmektedir. Harç ve sıva örneklerin tamamına yakınının agrega yapısında tuğla kırığı parçalarına da rastlanmıştır

Petrografik ince kesit optik mikroskop analizlerine göre Boğsak Adası yerleşimi yapılarına ait taş örneklerin ince kesit incelemelerinin ışığında çalışılan 36 örnek sedimanter (kireçtaşı ve kumtaşları), mağmatik (diabaz, bazalt, ojit andezit, serpantinleşmiş Hajburzit ve granodiyorit) ve metamorfik (mermer ve kuvarsit) kayalar olarak 3 ana grupta, taş türü olarak da 10 farklı türde sınıflandırılmıştır Sedimanter kayalar içinde yerel formasyonu oluşturan kireçtaşları da farklı alt türler (mikritik, biyomikritik, biyosparitik, rekristalize ve gösel kireçtaşları) içermektedir Metamorfik kayalar da kendi içinde iki gruba mermer ve kuvarsit olarak ayrılmaktadır. Mağmatik kayalar ise kendi içinde derinlik kayacı granodiyorit, volkanik kayalar da olivin bazalt, skoria bazalt, ojit andezit ve damar kayacı diyabaz olarak tanımlanmıştır.

Harç ve sıvaların kimyasal bileşim özellikleri ile elde edilen Cementation Index verileri yardımı ile değerlendirilmiştir. Cementation Index (CI) asitte çözünen kısmın, bazlarda çözünen kısma oranıdır. Kireç içerikli harçlar; agrega içeriği ve türüne bağlı olarak yağlı harç (YK) veya hidrolik harçlar olarak (ZHK, OHK ve HK) ayrılandırılmaktadır. Harç örneklerinin CI değerleri 0.13-2.72 arasında (ortalama 1,42) değişmektedir YK-DÇ/Ç kategorisinde ve oldukça zayıftan yükseğe mukavemet gösteren harçlar bulunmaktadır. Yüksek dayanımda yüksek silisyum içerik rol oynamaktadır .

Harç ve sıva örneklerin PED-XRF analizlerinden elde edilen verilere göre cementation index değerleri tespit edilmiş ve buna göre hidroliklik sınıflaması yapılmıştır. Ayrıca gravimetrik analiz sonuçlarından elde edilen verilerden de hidroliklik sınıflaması yapılmıştır.

Harç içerisindeki agregaların bir kısmı yuvarlak şekle sahip olduğu belirlenmiş ve dereden getirildiği anlaşılmıştır. Bu nedenle bölgede su kaynakları araştırılmıştır. Günümüz Göksu nehrinin yatağındaki kum ocağından alınan örnek ile Boğsak Adası yapılarındaki harç örneklerine ait agregaların benzer özelliklere sahip olduğu görülmüştür.

Boğsak Adasına ait yapılardan alınan sıva örnekler asidik işleminden geçirilmiştir. Analiz sonrasında elde edilen agregalar değerlendirilerek örneklerin toplam agrega / toplam bağlayıcı (%TA / %TB) oranlarına ulaşılmıştır

Sıva örneklerde asidik işlem sonunda elde edilen verilere göre bağlayıcı oranı (%TB) %56,38- 94,92 arasında ve ortalama % 72,88 tespit edilirken, agrega oranı da (%TA) %5,08- 43,62- arasında ve ortalama % 27,12 olarak tespit edilmiştir.

Sıva örneklerin asidik agrega/bağlayıcı analizinden sonra elde edilen agregaları üzerinde yapılan sistematik elemeler sonucunda (63-1000 µm arasındaki elekler kullanılmıştır) agrega tanecik dağılımı oranlarına ulaşılmıştır.

Farklı eleklerle kullanılarak yapılan eleme sonunda sıvalar agrelarına göre sınıflandırılmış ve bu sınıflamaya ait sıva örnekleri yapıların çizimlerine işlenmiştir. Ayrıca sıvalar içerisindeki tuğla kırıkları da elek boyutlarına göre belirlenmiştir.

Boğsak Adası yapılarına ait sıva örneklerin örneklerinin CI değerleri 0.13-1,62 değerleri arasında değişim kaydederken, kireç türü olarak yağlı kireç ile doğal çimento /çimento katsayısında veriler (YK ve DÇ/Ç) sunmaktadır. Buradan hareketle incelenen örneklerin oldukça zayıftan yükseğe malzeme dayanıma sahip oldukları CI verileri ile belirlenmiştir.

Gravimetrik analiz (kızdırma analizi) alarda, ısıtma ile ağırlık kaybı analizi toplam organik karbon ve karbonat ile bağlı su miktarını vermiştir .

Metaller üzerinde yapılan analiz sonucunda MBA-M1 ve MBA-M3 demir iken MBA-M2 örneği kurşun olarak belirlenmiştir.

Boğsak Adası yerleşimi yapıları genel itibarı ile ayakta kalan yapılar kaldıkları kadarı ile özgün yapısını koruyarak günümüze ulaşabilmiştir. Adada modern zaman yerleşimi yoktur ve doğal hali ile kalmıştır. Yapıların bu hali ile farklı disiplinler açısından araştırılıp korunmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Gerçekleştirilen arkeometrik çalışmalar ile tarihi yapı malzemeleri özgün ve bozulmuşluk nitelikleri ile tanımlanıp belgelenmiştir.

Gerçekleştirilen petrografik analizlerin sonucunda Boğsak Adası'na ait kayaç/taş, harç, sıva ve seramik örneklerin muhtemel formasyon kaynakları belirlenmeye çalışılmıştır.



## KAYNAKLAR

- Adams, J.P. (1999). *Roman Building Materials and Techniques*. London: Routledge.
- Ahunbay, Z. (1996). *Tarihi Çevre Koruma Ve Restorasyon*. İstanbul: Yem Yayınları.
- Alkan, N., Çağiran, E., Ersan, Ö. H. ve Eruş, M. (2011). *Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarları*. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü (KUDEB) Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarları Yayınları.
- Alvarez, J.I., Navarro, I. and Garsia Casado, P.J. (2000). Thermal, Mineralogical and Chemical Studies of the Mortars Used in the Cathedral of Pamplona (Spain). *Thermochimica Acta*, 365, 177-187.
- Artioli, G. (2010). *Scientific Methods and Cultural Heritage: An Introduction to the Application of Materials Science to Archaeometry and Conservation Science*. Oxford : Oxford University Press.
- A.S.T.M. (1984). *American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Core Specimens. Soil and Rock, Building Stones: Annual Book of ASTM Standards 4.08*. Philadelphia, Pennsylvania: ASTM.
- Aydar, E. (2001). Magmatik Süreçlerin Modellemesi. D., Boztuğ ve N., Otlu (editörler), *Magmatik Petrojenez*. TÜBİTAK Lisans Üstü Yaz Okulu, 7-12 Haziran 2001, Akçakoca-Düzce, 82-99.
- Bakolasa, A., Biscontina, G., Moropoulou, A. and Zendria, E. (1998) Characterization of Structural Byzantine Mortars by Thermogravimetric Analysis. *Thermochimica Acta*, 321, 151-160.
- Baradan, B.ve Yazıcı, H. 2002. "Betonarme Yapılarda Kalıcılık", DEÜ, 80-220.
- Baradan, B. ve Aydın, S. (2013, Kasım-Aralık). Betonun Durabilitesi (Dayanıklılık, Kalıcılık). *Hazır Beton Dergisi*, 54-68.
- Barba, L., Blancas, J., Manzanilla, L. R., Ortiz, A., Barca, D., Crisci, G. M. and Pecci, A. (2009). Provenance of the Limestone Used in Teotihuacan (Mexico): A Methodological Approach. *Archaeometry*, 51(4), 525–545.
- Baronio, G., Binda, L. and Lombardini, N. (1997). The Role of Brick Pebbles and Dust in Conglomerates Based on Hydrated Lime and Crushed Bricks. *Construction and Building Materials*, 11(1), 33-40.
- Belfiore, C.M., Fichera, G.V., La Russa, M.F., Pezzino, A., Ruffolo, S.A., Galli, G., and Barca, D. (2015). A Multidisciplinary Approach for the Archaeometric Study of Pozzolan Aggregate in Roman Mortars: The Case of *Villa dei Quintili* (Rome, Italy): *Archaeometry*, 57(2), 269–296.

- Biricik, H. (1999). Su Geçirirliiliğinin Puzolan Malzeme ile Azaltılması. *Yapıda Yalıtım Konferansı Bildiriler Kitabı*, 11-12 Şubat , İstanbul, TMMOB Yayın No213, Bildiri No:9.
- Black, C.A., Evans, D.D., Ensminger, L.E., White, J.L. and Clark, F.E., (1965). *Methods of Soil Analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, USA.
- Blumenthall, M. (1944). Bozkır Güneyinde Toros Sıradağlarının Tabaka Serisi ve Yapısı. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, Cilt IX, seri B, s. 2, İstanbul.
- Boynton, R.,S. (1980). *Chemistry and Technology of Lime and Limestone* (2nd Ed.). New York: John Wiley & Sons Inc.
- Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B. ve Uğurlu, E., (2006). Characteristics of Brick Used As Aggregate in Historic Brick-Lime Mortar and Plaster. *Cement and Concrete Research*, 36, 115-1122.
- Bruno, P., Calabrese, D., Di Pierro, M., Genga, A., Laganara, C., Manigrassi, D.A.P., Traini, A. and Ubriaco, P. (2004). Chemical-Physical and Mineralogical Investigation on Ancient Mortars from the Archaeological Site of Monte Sannace (Bari-Southern Italy). *Thermochimica Acta*, 418, 131-141.
- Burragato, F., Saltarelli, M.L., Collaborazione, Ballirano, P., Cimaroli, R. and Pignatti (2004) Malte e Intonaci di Elaiussa Sebaste. Caratteristiche e Schede Tipologiche. In E. E. Schneider (Eds.), *Elaiussa Sebaste II: Un porto tra Oriente e Occidente* (First Edition edition). Roma: L'Erma di Bretschneider, pp. 772-778.
- Cartwright, T.A. and Vergès-Belmin, V. (2008). *International Scientific Committee for Stone Illustrated Glossary on Stone Deterioration: Glossaire Illustré Sur Les Formes D'altération De La Pierre*. Paris: ICOMOS.
- Ceylanoğlu, A. (1996). *Kaya Mekaniği Laboratuvar DeneYleri*. Sivas: T.C. Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları. No:24.
- Coqueugnot, G. (2011-14-17 April). The Oriental Agora: The Case Of Seleucid Europos-Dura, Syria. The Agora in The Mediterranean from Homeric to Roman Times International Conference, Kos, Greece.
- Çağlayan, M., Haberveren, S. , İpekoğlu, B. ve Kurşun, İ. (1999). *Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Örnek Bir Kuruluş "İston" 2 Ulusal Kırmetaş Sempozyumu'99*, İstanbul, s. 69-79.
- Çelik, O.F. (2008). Detailed Geochemistry and K-Ar Geochronology of The Metamorphic Sole Rocks and Their Mafic Dykes from The Mersin Ophiolite, Southern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17(4), 685-708.
- Demirkıran, Ş. (2010). *Kilikya Bölgesi'nden Seçilmiş Antik Mermer Eserlerin Kökeninin Saptanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Deniz, K. (2010). *Buzlukdağı (Kırşehir) Alkali Magmatik Kayaçların Jeolojisi, Petrolojisi ve Konfokal Raman Spektrometresi ile İncelenmesi*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dinçer, A.Ş. (2012). *Technological Properties and Conservation Problems of Some Medieval Bricks and Tiles*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Doménech-Carbó, A., Doménech-Carbó, M.T., and Costa, V. (2009). *Electrochemical Methods in Archaeometry, Conservation and Restoration*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Ellis, P.R. (1999). Analysis of Mortars (to Include Historic Mortars) by Differential Thermal Analysis. In P. Bartos, C. Groot and J.J. Hughes (Eds. ), *International RILEM Workshop on Historic Mortars: Characteristics and Tests*, Paisley, Scotland: RILEM Publications SARL, pp. 133-147.
- Elmastaş, N. (2012). Türkiye Ekonomisi İçin Önemi Giderek Artan Bir Maden: Pomza-Süngertaşı). *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(23), 197-206.
- Elsen, J., Brutsaert, A., Deckers, M. and Brulet, R. (2004). Microscopical Study of Ancient Mortars from Tournai (Belgium). *Materials Characterization*. 53, 289-294.
- Elsen, J. (2006). Microscopy of Historic Mortar. *Cement and Concrete Research*, 36, 1416-1424.
- Erkmen, Z.E. (2012). *Modern Fizik Takviyeli Malzeme Karakterizasyonu ve Temel İlkeleri* (1st ed.). İstanbul, Yalın Yayıncılık.
- Ersen, A. (2010). John Ruskin (1819-1900) ve Konservasyon Hareketi. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, 6, 53-61.
- Eskici, B., Akyol, A.A. ve Kadioğlu, Y.K. (2008). Hasankeyf Zeynel Bey Türbesi Malzeme Analizleri ve Koruma Sorunları. *Türk Arkeoloji ve Etnografya Dergisi*, 118(8), 15-30.
- Feigl, F. (1966). *Spot Test in Organic Analysis*. Amsterdam: Elsevier Publication Company.
- Gheeverhese, O., Strydom, C.A., Potgieter, J.H. and Potgieter, S.S. (2002). The Influence of Chloride and Sulphate İons on The Slaking Rate of Lime Derived from Different Limestone Deposits in South Africa. *Water SA*, 28(1), 45-48.
- Hasol, D. (2014). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: Yem Yayınları.
- Hauptmann, A. and Yalçın, Ü. (2000). Lime Plaster, Cement and The First Puzzolanic Reaction. *Paléorient*, 26(2), 61-68.
- Henry, A. and Stewart, J. (2011). *English Heritage, Pratical Bulding Consarvation Mortar, Render and Plaster*. Surrey: Ashgate Publishing Limited.
- Heinemeier, J., Ringbom, Å., Lindroos, A. and Sveinbjörnsdóttir, Á.E. (2010). Successful AMS 14C Dating of Non-Hydraulic Lime Mortars from the

- Medieval Churches of the Åland Islands, Finland. *Radiocarbon*, 52(01), 171-204.
- Hughes, J.J. and Valek, J. (2003). *Mortar in Historic Building*, Edinburgh.
- Inal, A., Gunes, A., Pilbeam, D.J., Kadioglu, Y.K. and Eraslan, F. (2009). Concentrations of Essential and Nonessential Elements in Shoots and Storage Roots of Carrot Grown in NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Salinity. *X-Ray Spectrometry*, 38(1), 45-51.
- I.S.R.M. 1981, E.T. Brown, (Ed.), *Suggested Methods Rock Characterization Testing and Monitoring*. Oxford:Pergamon Press.
- Kadioğlu, Y.K. (2001). Mafik ve Ultramafik Magmatik Kayaçların Ana - Eser ve REE Jeokimyası Karakteristikleri ve Jeofiziksel Açından İncelenmeleri, D., Boztuğ, ve N., Otlu, (editörler), 2001, *Magmatik Petrojenez*. TÜBİTAK Lisans Üstü Yaz Okulu, 7-12 Haziran 2001, Akçakoca-Düzce, 82-99.
- Kahya, Y. (1992). *İstanbul Bizans Mimarisinde Kullanılan Tuğlanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaptan, E. (1975). *Silifke Çevresi Jeolojisi ve Neojen Stratigrafisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Karakılçık, H. ve Ünlügenç, Ü.C. (2002). Ovacık Ovasında (Silifke-İçel) Düşey Elektrik Sondaj Yöntemiyle Tatlı Su ve Olası Tuzlu Su Girişiminin İncelenmesi. *Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu*, Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Adana, 281-296.
- Kerr, P.F. (1977). *Optical Mineralogy*. New York: McGraw-Hill.
- Kılıç, A.M. (2011).Kargıcak-Ovacık (Mersin) Kuvarsitik Kumtaşı Açık İşletmesindeki Delme-Patlatma Uygulamaları. *Ç.Ü.Müh.Mim.Fak.Dergisi* Cilt.26, Sayı. 1, s. 11-26.
- Kılınc, K. (2003). *Beton Karışım Suyundaki Magnezyum Sülfat, Sodyum Sülfat ve Sodyum Sülfür Tuzlarının Taze ve Sertleşmiş Çimento Harcı Özelliklerine. Etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koç, H. (2003). *Aydıncık (İçel) Yöresinin Tektono-Stratigrafisi ve Jeolojik Evrimi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Koç, H., Ünlügenç, C.U. ve Özer, E. (2005). Aydıncık Bozyazı (Mersin) Arasının Tektono-Stratigrafik İncelemesi, Orta Toroslar, *Türkiye Türkiye Jeoloji Bülteni*, 48(1), 1-26.
- Koralay, T., Duman, B., Kadioğlu, Y.K. ve Akyol, A.A. (2016). Tarihi Harç ve Sıva Örneklerinin Çoklu Analitik Yöntemler Kullanılarak İncelenmesi: Tripolis (Yenice/Denizli) Örneği. *31. Arkeometri Sonuçları Toplantısı Bildiri Kitabı*,

- T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Yayın No: 173, 1-20.
- Kosmatha, S.H., Taylor, P. and Voigt, F. (2006). *Integrated Materials and Constuction Practices for Concrete Pavement: A State of the Practice Manua*. Washinton:National Concrete Pavement Technology Center, Iowa State University.
- Kurt, M. (2011). Ovalık Kilikya’da M.Ö. I. Yüzyıl Roma Yönetim Olgusu ve Tarkondimotos Krallığı. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı 31, 429-446.
- Kurugöl, S., Tekin, Ç. (2010). Anadolu’da Bizans Dönemi Kale Yapılarında Kullanılan Tuğlaların Fiziksel, Kimyasal Ve Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(4).
- Küçükkaya, A.G. (2004). *Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri* (1st ed.). İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Leslie, A. B. and Hughes, J. J. (2002). Binder Microstructure in Lime Mortars: Implications for The İnterpretation of Analysis Results. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 35(3), 257–263.
- Miriello, D., Bloise, A., Crisci, G.M., Cau Ontiveros, M.Á., Pecci, A. and Riera Rullan, M. (2013). Compositional Analyses of Mortars from the Late Antique Site of Son Peretó (Mallorca, Balearic Islands, Spain): Archaeological Implications: Mortars from the Late Antique site of Son Peretó (Mallorca, Spain). *Archaeometry*, 55(6), 1101–1121.
- Miriello, D., Barca, D., Pecci, A., De Luca, R., Crisci, G.M., López Luján, L. and Barba, L. (2015). Plasters from Different Buildings of the Sacred Precinct of Tenochtitlan (Mexico City): Characterization and Provenance: Plasters from the Sacred Precinct of Tenochtitlan (Mexico City). *Archaeometry*, 57(1), 100–127.
- Moix, P. Beccalotto, L., Masset, O., Kozur, H.W., Dumitrică, P., Vachard, D., Martini, R and Stampfli, G.M. (2011). Geology and Correlation of the Mersin Mélanges, Southern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, 20, 57–98.
- Moropoulou, A., Bakolas, A. and Bisbikou, K. (1995). Characterization of Ancient, Byzantine and Later Historic Mortars by Thermal And X-Ray Diffraction Techniques. *Thermochimica Acta*, 269/270, 779-795.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., and Bisbikou, K. (2000) Investigation of the Technology of Historic Mortars. *Journal of Cultural Heritage*, 1, 45–58.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., and Aggelakopoulou, E. (2001). The Effects of Limestone Characteristics and Calcination Temperature to the Reactivity of the Quicklime. *Cement and Concrete Research*, 31(4), 633–639.

- Moropoulou, A., Bakolas, A. and Agelakopoulou, E. (2004). Evaluation of Pozzolanic Activity of Natural and Artificial Pozzolans by Thermal Analysis. *Thermochimica Acta*, 420, 135-140.
- Moropoulou, A., Bakolas, A. and Anagnostopoulou, S. (2005). Composite Materials in Ancient Structures. *Cement & Concrete Composites*. 27, 295-300.
- Ndiaye, M., Diop, M. and Ngom, P.M. (2003). Pozzolanic Activitiy of Acidic and Intermediate Volkanic Tuffs of Mako Areas (Senegal), Yüzer, E., Ergin. H. and Tuğrul, A. (Eds.) *International Symposium on Industrial Minerals and Building Stones (IMBS'2003)*, Istanbul. Kelebek ve Grafika Grup, 517-525.
- Oğuz, C. (2013). *Myra ve Limanı Andriake'de Kullanılan Özgün Malzeme Özelliklerini Araştırılması*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Ohno, Y. (2007). Spectral Colour Measurement, in *CIE Colorimetry: Understanding the CIE System*, J. Schanda, Ed., Ch. 5., New York: Wiley Publication.
- Ousterhout, R. (1999). *Master Builders of Byzantium*. New Jersey: Princeton University Press.
- Ötüken, Y. (1990). Bizans duvar tekniğinde tektonik ve estetik çözümler. *Vakıflar Dergisi*, XXI, 395-410.
- Özışık, G. (2000). *Yapı Mühendisliğinde Tuğla Elemanlar ve Yapı Sistemleri*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Özkaya, Ö.A. (2005). *Properties of Roman Bricks and Mortars Used in Serapis Temple in Bergama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir.
- Öztaş, T. (1989). *Mersin-Taşucu-Boğsak Kaynağı ve Dolayının Karst Hidrojeolojisi*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özüdoğru, K., Tan, O. ve Aksoy, İ.H. (1988). *Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniği*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Pekmezci, İ.P. (2012). *Çukurova Bölgesindeki (Kilikya) Bazı Tarihi Yapılarda Kullanılan Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçları İçin Öneriler*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pollard, A.M. and Heron, C. (1996). *Archaeological Chemistry*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Rapp, G. (2002). *Archaeomineralogy*. Berlin: Springer-Verlag.
- Regev, L., Zukerman, A., Hitchcock, L., Maeir, A.M., Weiner, S. and Boaretto, E. (2010). Iron Age Hydraulic Plaster from Tell Es-Safi/Gath, Israel. *Journal of Archaeological Science*, 37(12), 3000–3009.

- R.I.L.E.M. (1980) .Research and Testing. *Materials and Construction 13*, Chapman and Hall, Paris, 71-82.
- Rizzo, G., Ercoli, L., Megna, B. and Parlapiano, M. (2008). Characterization of Mortars from Ancient and Traditional Water Supply Systems in Sicily. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 92(1), 323-330.
- Şener, Y.S. (2011) Mozaiklerin Korunmasında Temel Kriterler. (Editör) M. Şahin, *Türkiye Mozaikleri ve Antik Donemden Ortacağ Dünyasına Diğer Mozaiklerle Paralel Gelişimi: Mozaiklerin Başlangıcından Geç Bizans Çağına Kadar İkonografi, Stil ve Teknik Üzerine Sorular*, XI. Uluslararası Antik Mozaik Sempozyumu, 16 – 20 Ekim 2009, Bursa, Ege Yayınları, 873-882.
- Şener, Y.S, (2013). Arkeolojik Alanda Yapı Malzemelerinin Korunması: Temel Yaklaşımlar, Yöntem ve Uygulama Biçimleri. G. Kökdemir. (Editör). *Orhan Bingöl'e 67. Yaş Armağanı*. Ankara. Bilgin Kültür Sanat Yayıncılık, 611-624.
- Şimşek, O. (2003). *Yapı Malzemesi*. (2. Baskı). İstanbul: BetaYayınevi.
- Şimşek, O. ve Çiftci, M.M. (2006). Tuğla Ununun Çimentoda Puzolanik Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliği. *Politeknik Dergisi*, 9(4).
- T.C. Mersin Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü 2011 Yılı Mersin İl Çevre Durum Raporu (2012) Mersin.
- Temel, A. (2001). Volkanik Kayaçların Jeokimyasal Özellikleri. D., Boztuğ, ve N., Otlu, (editörler), 2001, *Magmatik Petrojenez*. TÜBİTAK Lisans Üstü Yaz Okulu, 7-12 Haziran 2001, Akçakoca-Düzce, 82-99.
- Thomas, R. (2013). *Practical Guide to ICP-MS: A Tutorial for Beginners*. Third Edition. CRC Press.
- Torraca, G. (1982). Porous Building Materials. *Materials Science for Architectural Conservation*, ICCROM, Italy.
- Torraca, G. (2009) *Lectures on Materials Science for Architectural Conservation*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- TS 25 (2008). *Doğal Puzolan (Tras)-Çimento ve Betonda Kullanılan Tarifler, Gerekler ve Uygunluk Kriterleri*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 1262 (1988). *Sıva Yapım Kuralları (Bina iç yüzeyinde kullanılan)*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 2717 (Nisan 1977). *Harç Kumları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 8615 (Aralık 1990). *Kayaçlar - Su Muhtevası, Yoğunluk ve Porozite Tayini* Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Tunay, İ.M. (1984). *Türkiye'de Bizans Mimarisinde Taş ve Tuğla Duvar Tekniğine Göre Tarihlendirme*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

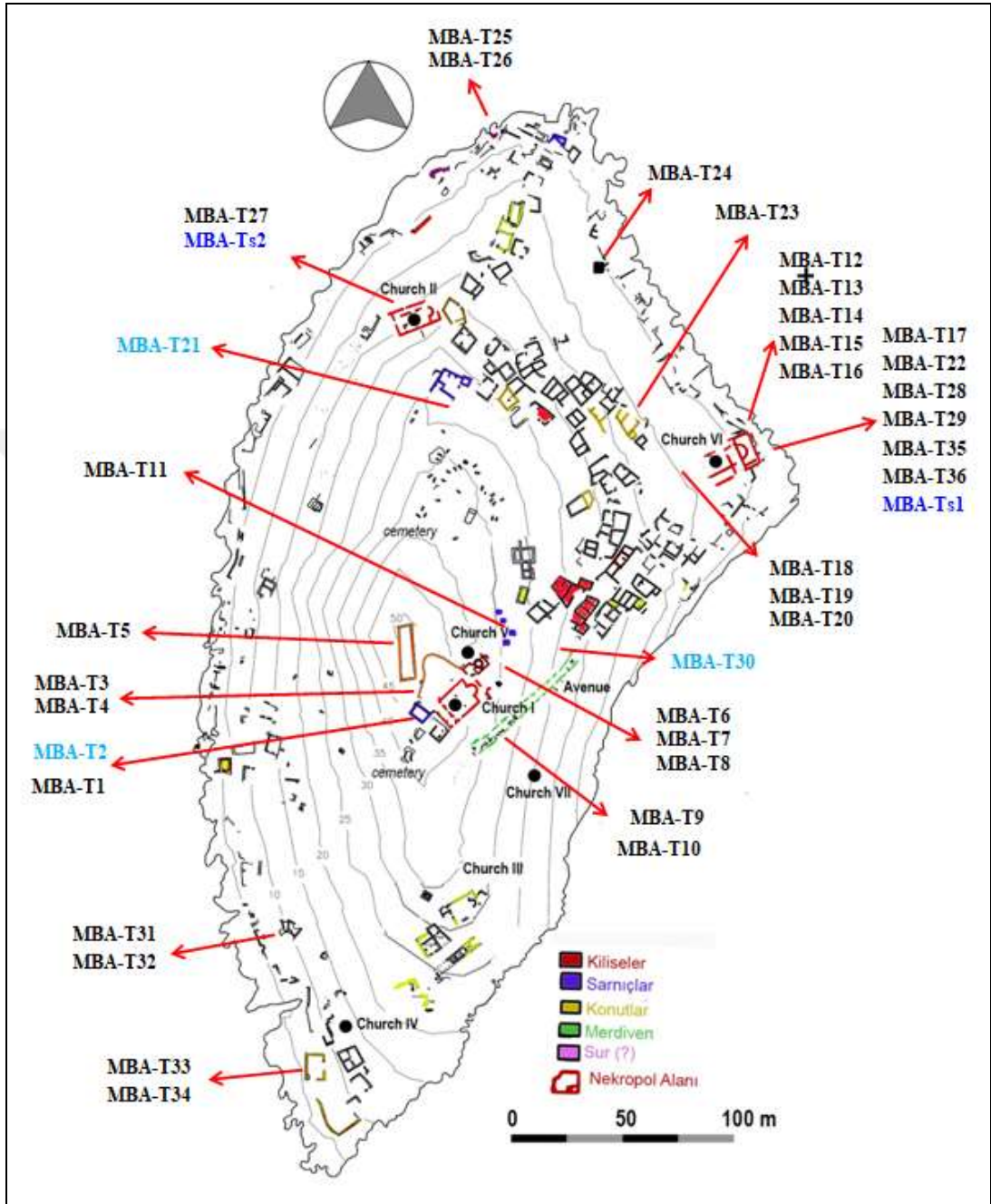
- Turco, F., Davit, P., Chelazzi, F., Borghi, A., Bombardieri, L. and Operti, L. (2016). Characterization of Late Prehistoric Plasters and Mortars from Erimi - Laonin tou Porakou (Limassol, Cyprus): Plasters and mortars from Erimi - Laonin tou Porakou (Limassol, Cyprus). *Archaeometry*, 58(2), 284-296.
- Tuztası, U. ve Civelek Y. (2011). Yüksek Kültürden Halk Kültürüne: Batı Mimarlığında Ulusal Anıt Düşüncesi ve Vernaküler Mimarinin İdealleştirilmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(18), 274-289.
- Uğuz, M.F. (1989). *Silifke-Ovacık-Gülnar (İçel İli) Arasının Jeolojisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ulusay, R., Gökçeoylu, C. ve Binal, A. (2011). *Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. No: 58.
- URL: Yerbilimci Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü (2018). <http://www.webcitation.org/query?url=http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx> adresinden 13 Mayıs 2017’de alınmıştır.
- Üşenmez, Ş. (1985). *Sedimentoloji ve Sedimanter Kayaçlar*. Ankara: Gazi Üniversitesi Yayınları.
- Varinlioğlu, G. (2011). Boğsak Adası’nda Yerleşim Arkeolojisi (2010). 29. *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 2, 171-184.
- Varinlioğlu, G. (2012). Boğsak Adası ve Güney Isauria Kıyıları Yüzey Araştırması (2011). 30. *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 1, 371-379.
- Varinlioğlu, G. and Esmer, M. (2017). Houses on an Island: Boğsak (Asteria in Isauria) in Late Antiquity. *The Archaeology of Anatolia*. (ed) S., R. Steadman and G., McMahon). Volume II, Cambridge Scholars. 258-279.
- Vitruvius, (1993). *Mimarlık Üzerine On Kitap*. (çev. S. Güven). Ankara: Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları.
- Yıldırım, K. ve Sümer, M. (2005, Eylül). *Denize Yakın Ortamda Beton Korozyonu*. TMMOB Antalya Şubesi, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, SAU.
- Zhan, X. (2005). Application of Polarized EDXRF in Geochemical Sample Analysis and Comparison with WDXRF. *X-Ray Spectrometry*, 34(3), 207-212.



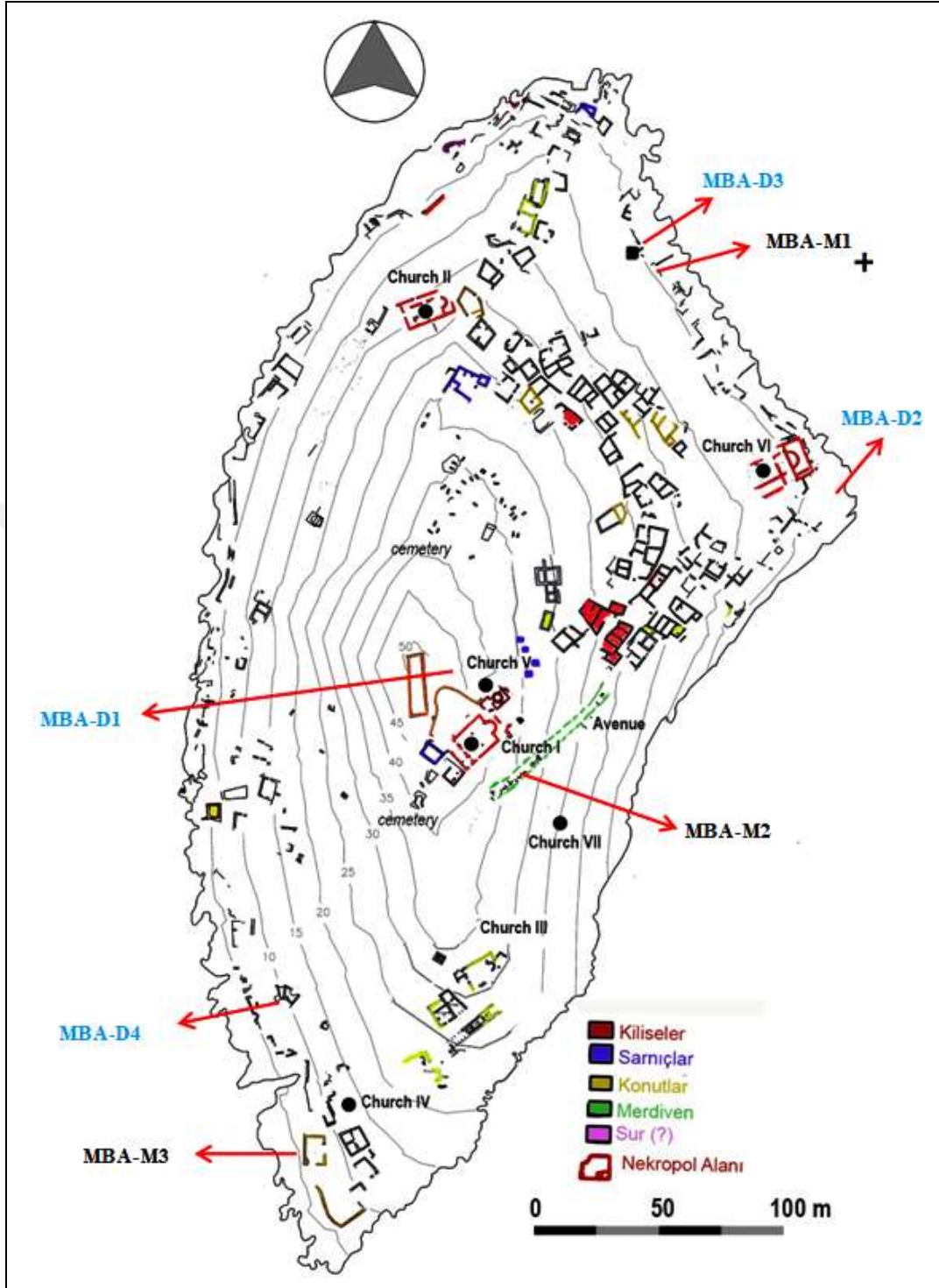


## **EKLER**

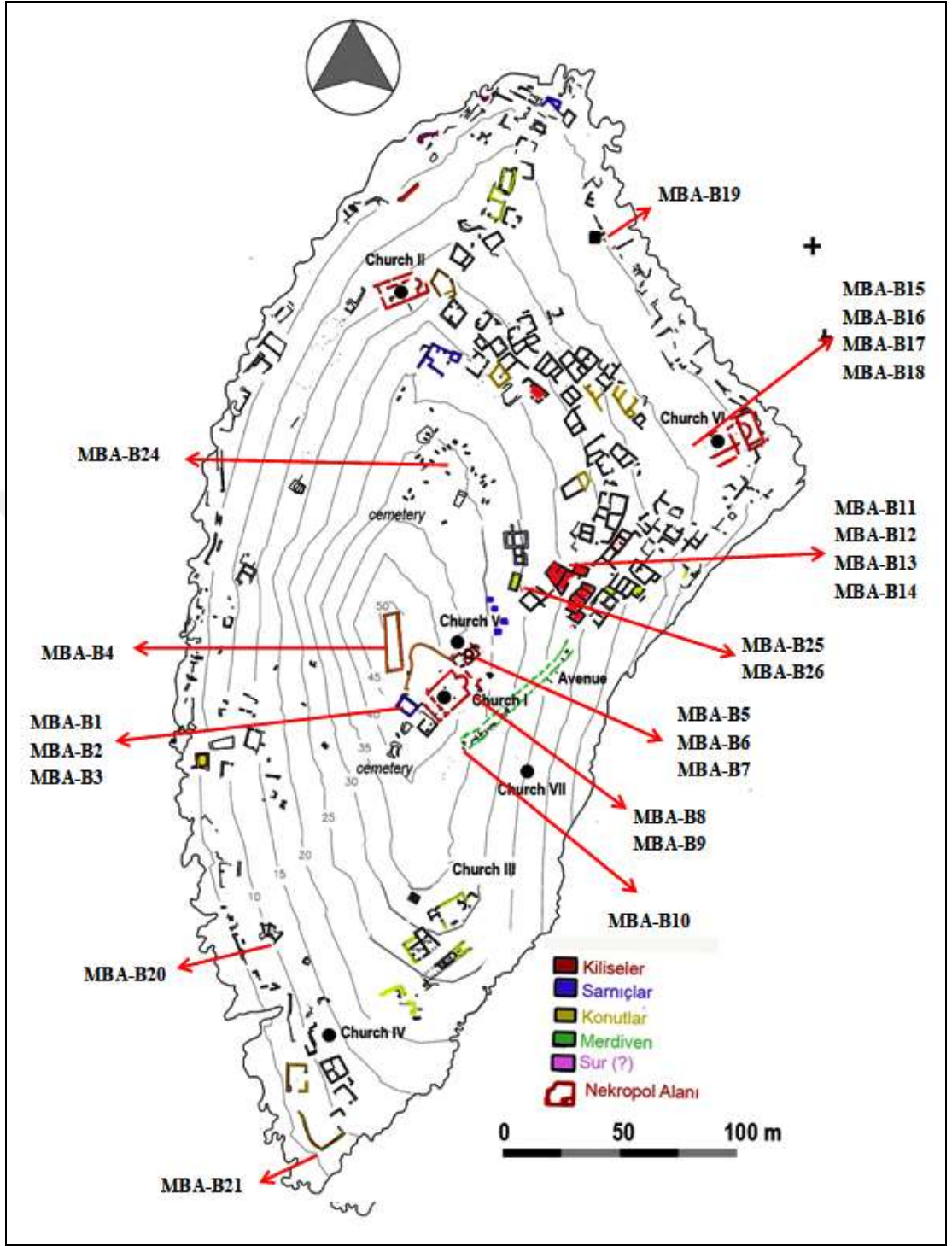
EK-1. Resimler



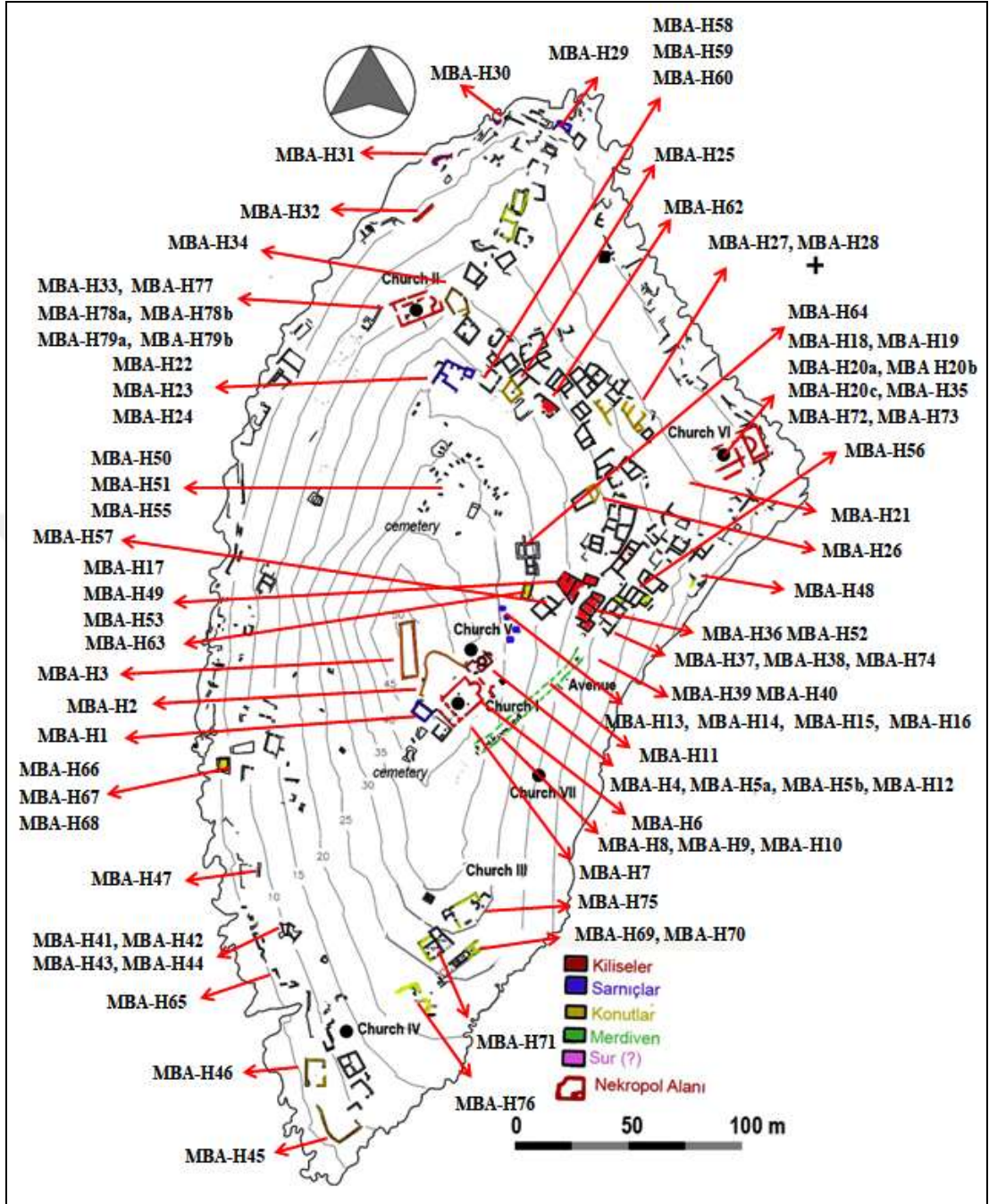
Resim A1. Boğsak Adası taş ve taş tessera örneklemeleri



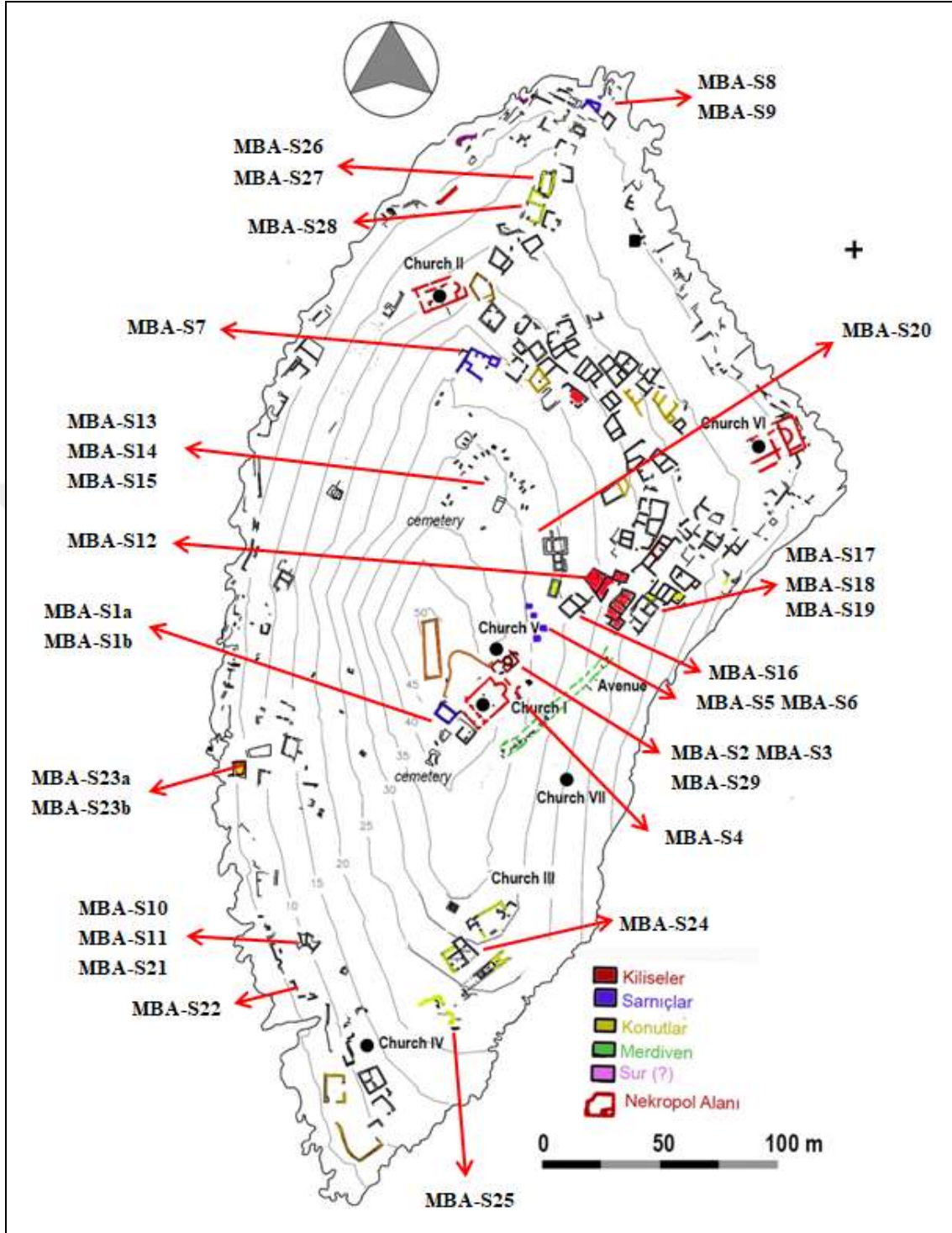
Resim A2. Boğsak Adası toprak ve metal örneklemeleri



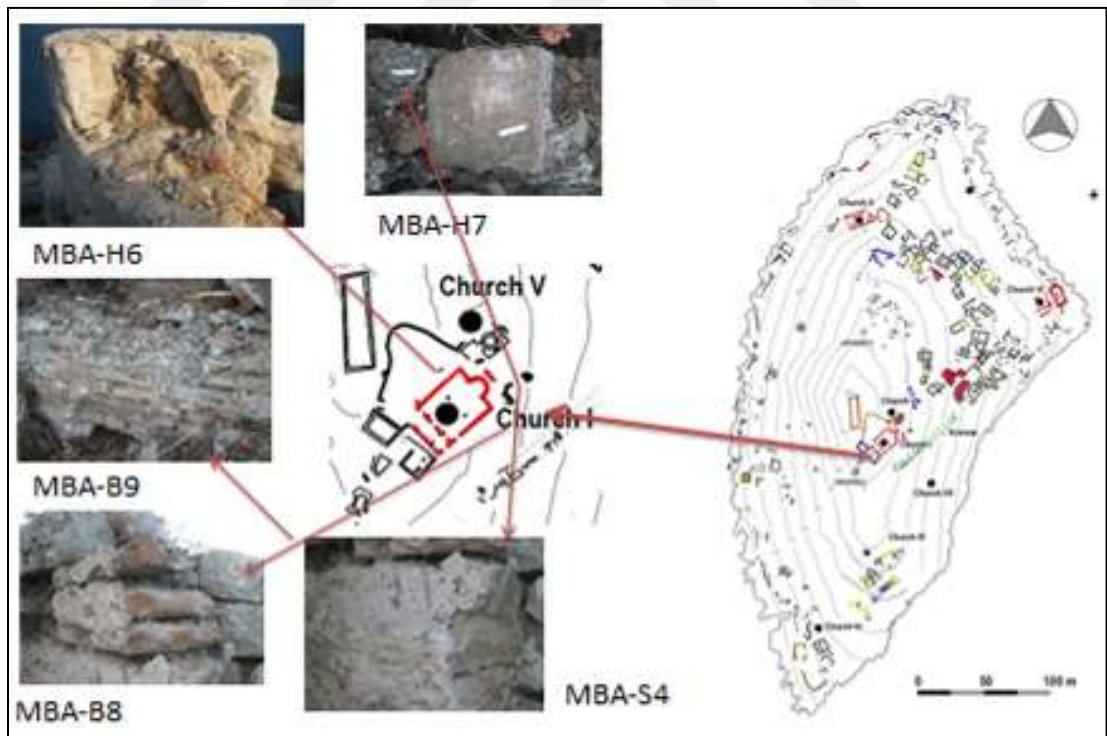
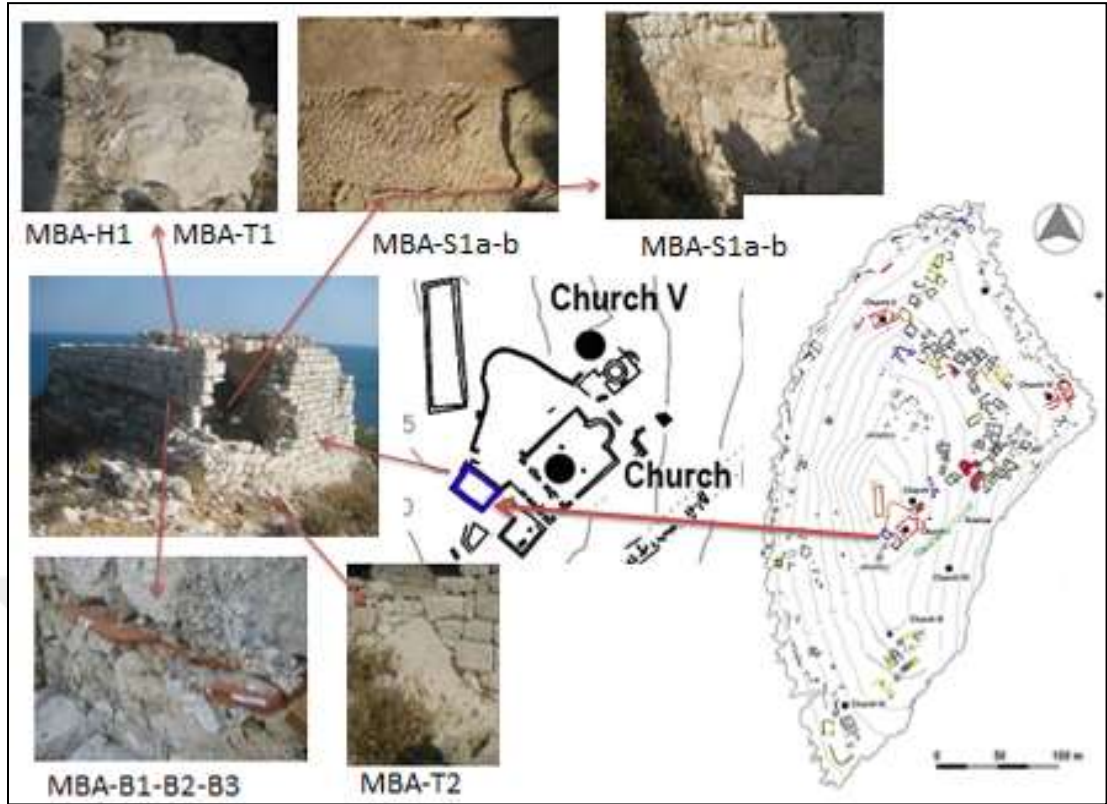
Resim A3. Boğsak Adası tuğla ve kiremit örneklemeleri



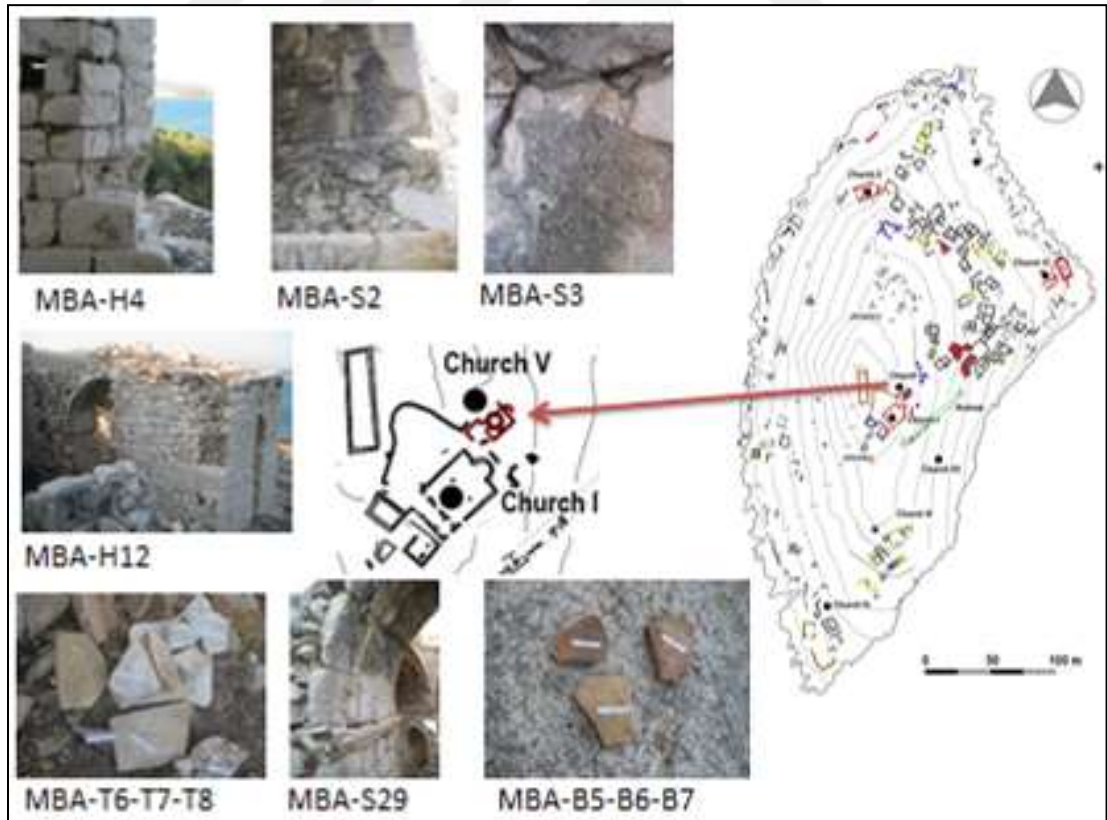
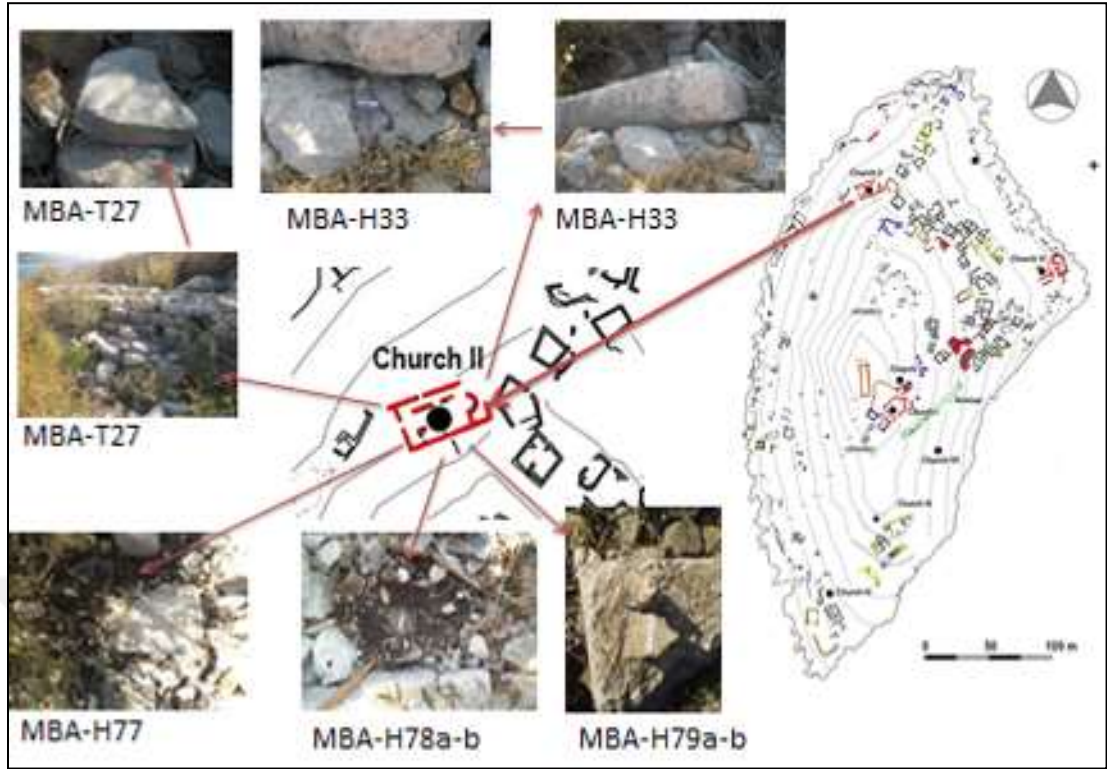
Resim A4. Boğsak Adası harç örneklemeleri



Resim A5. Boğsak Adası sıva örneklemeleri

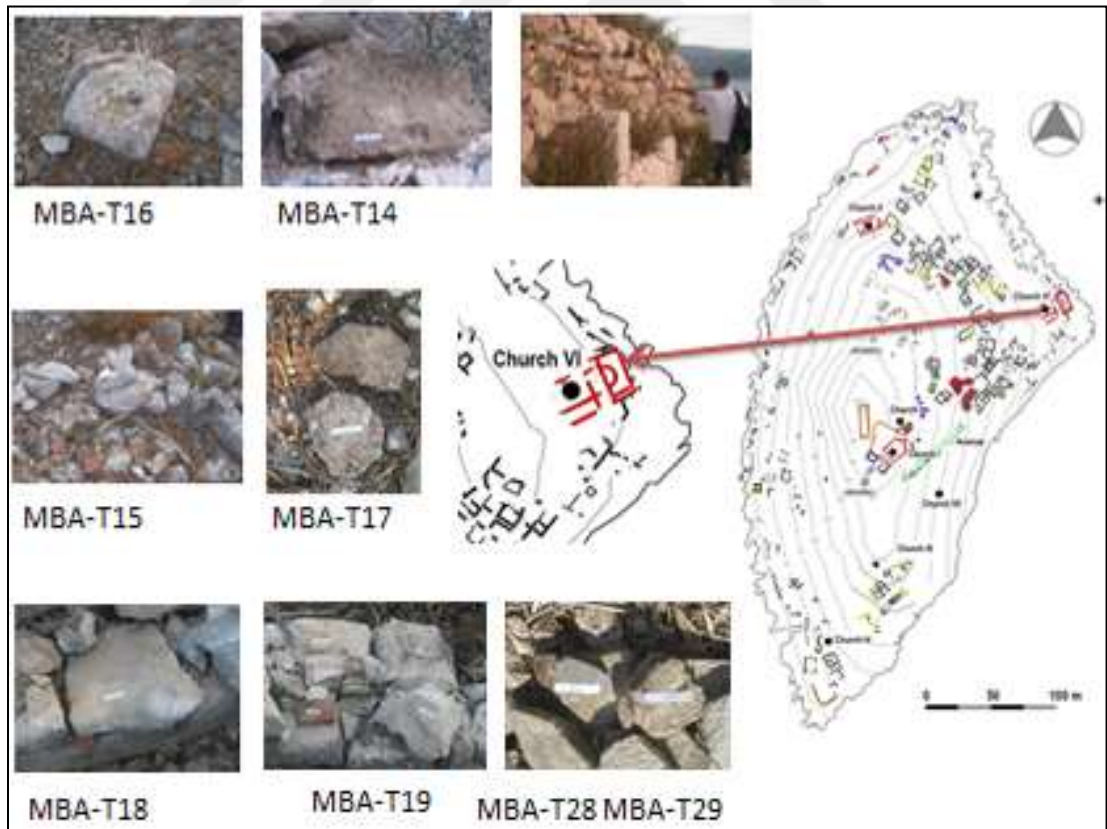
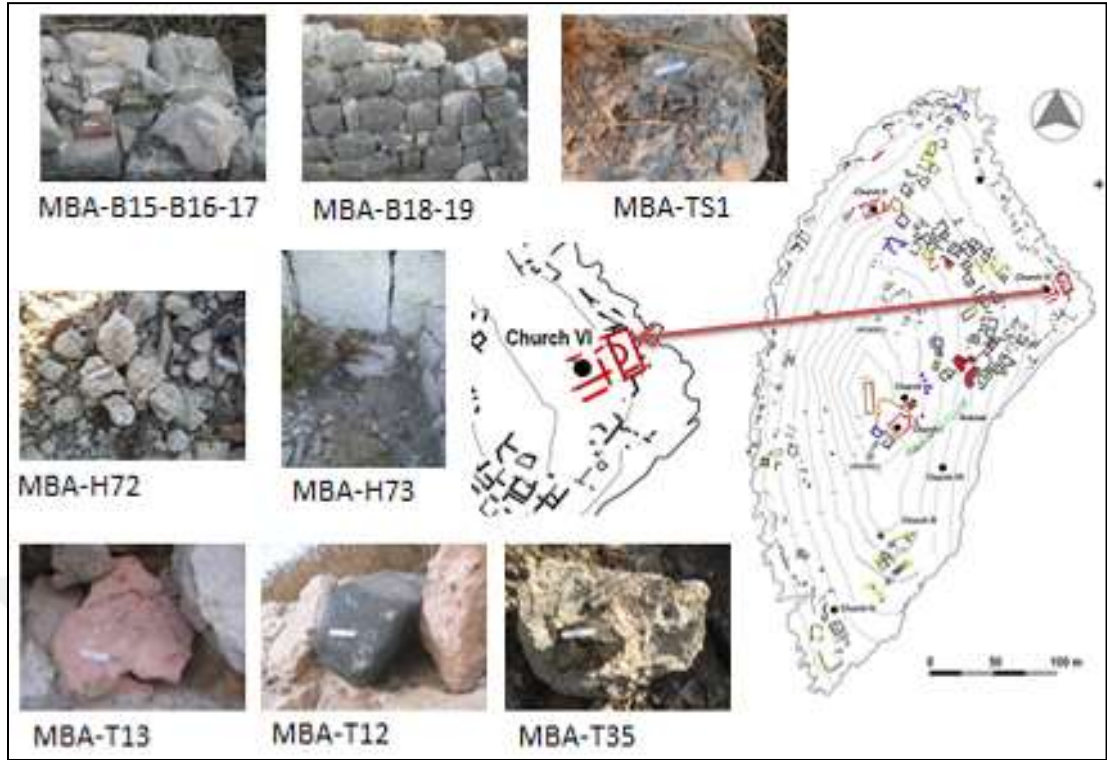


Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri

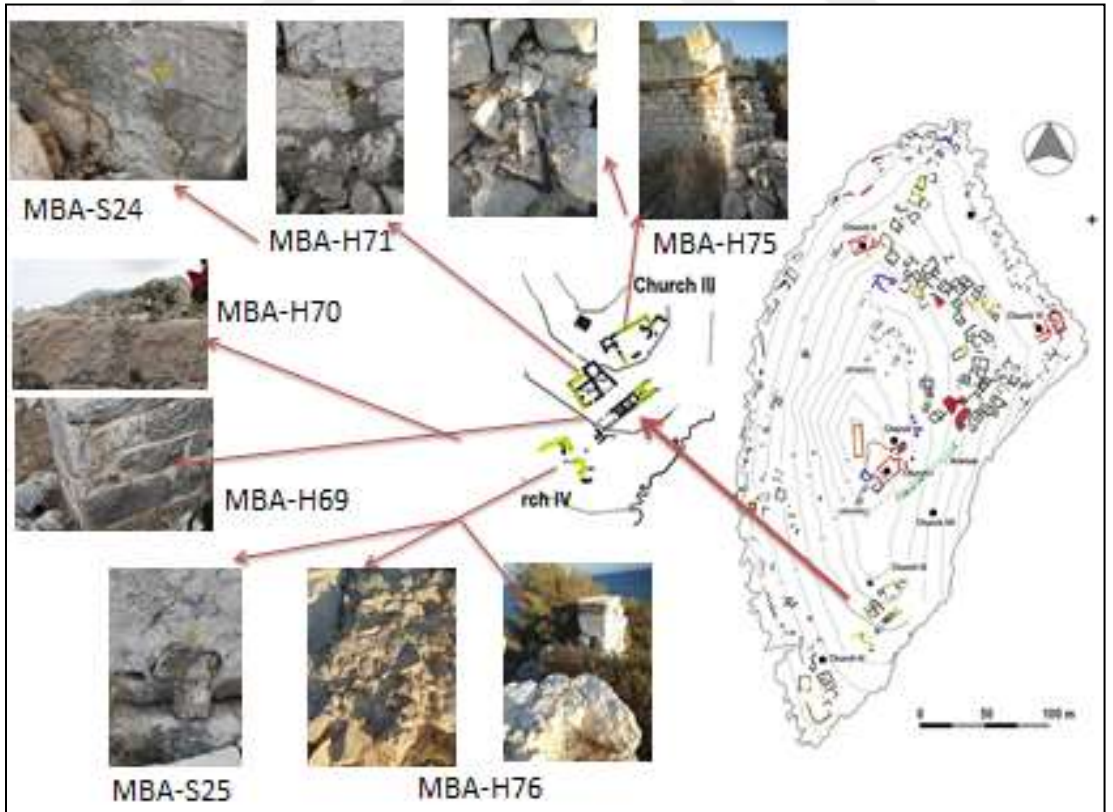
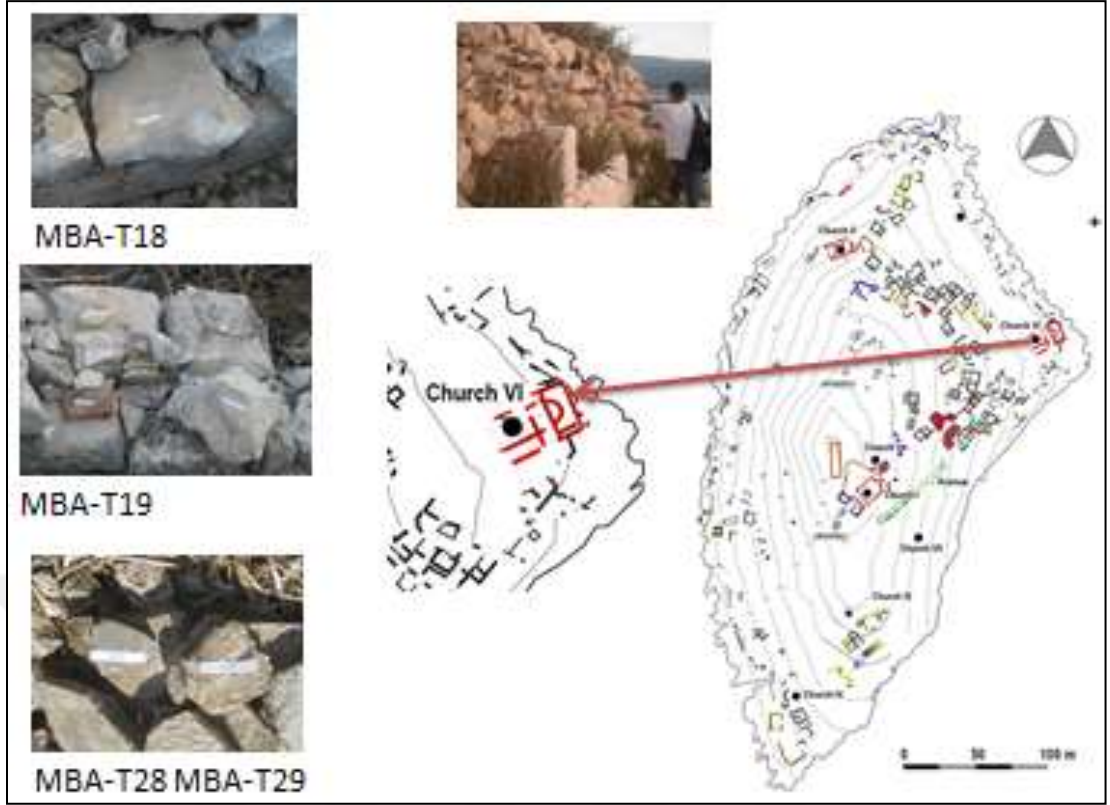


Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)

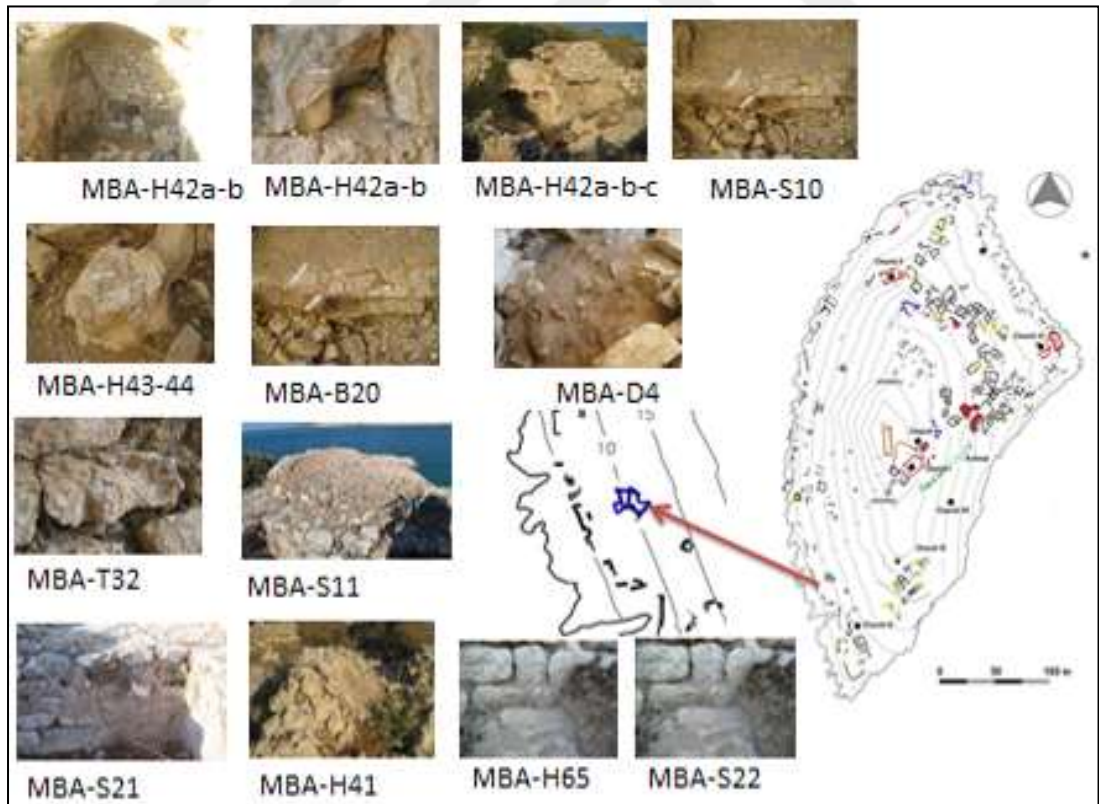
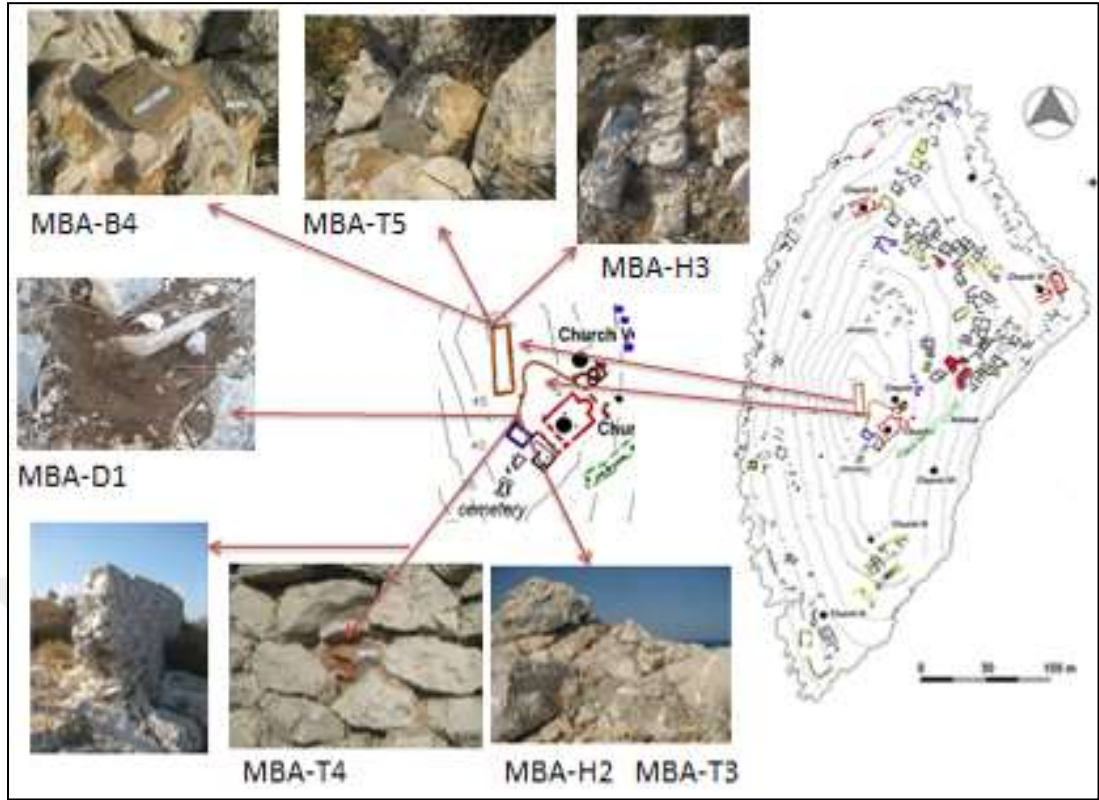




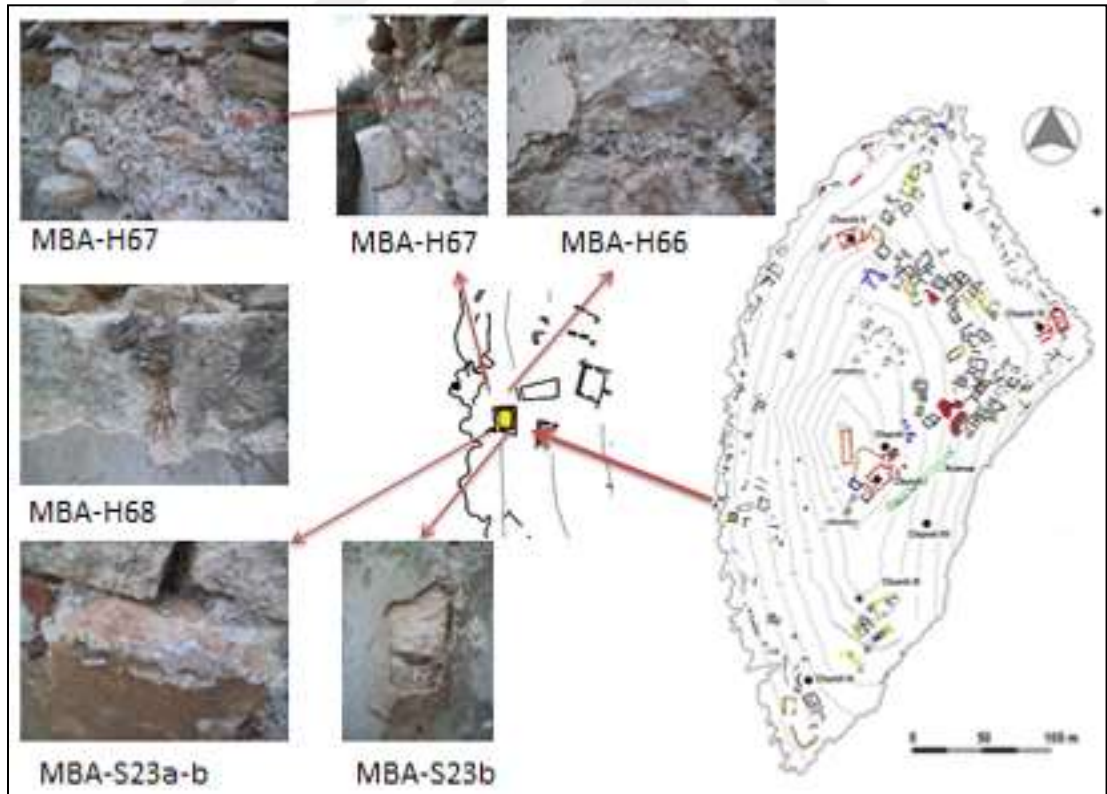
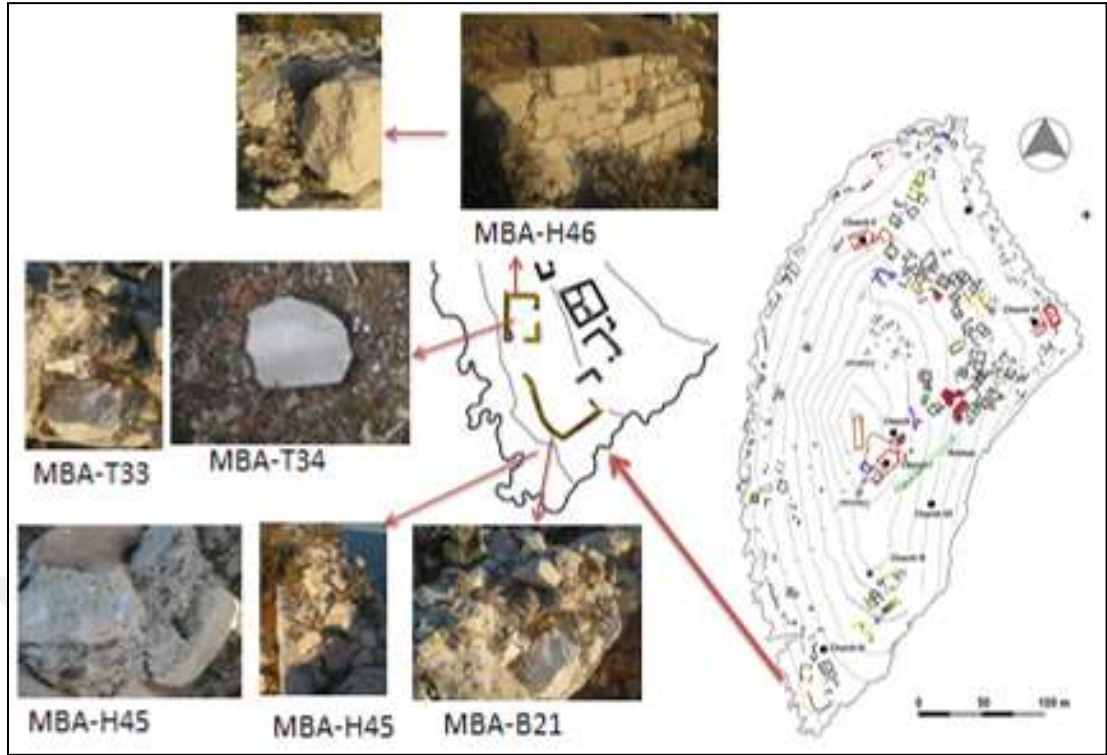
Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)



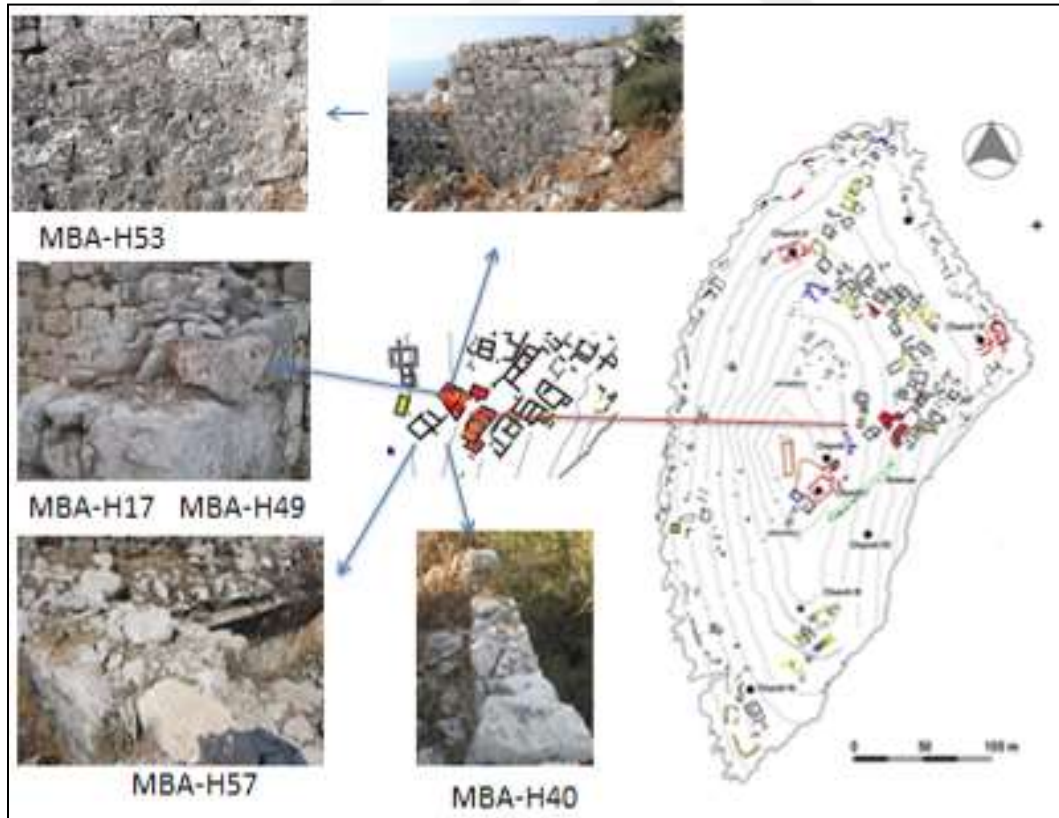
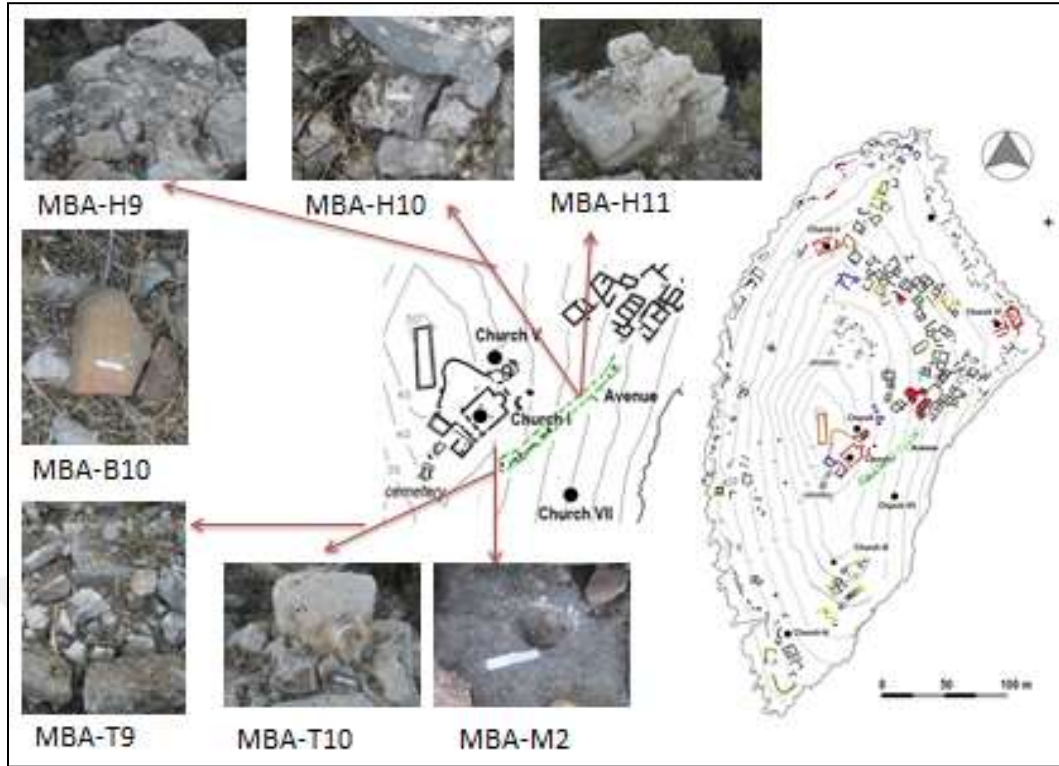
Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)



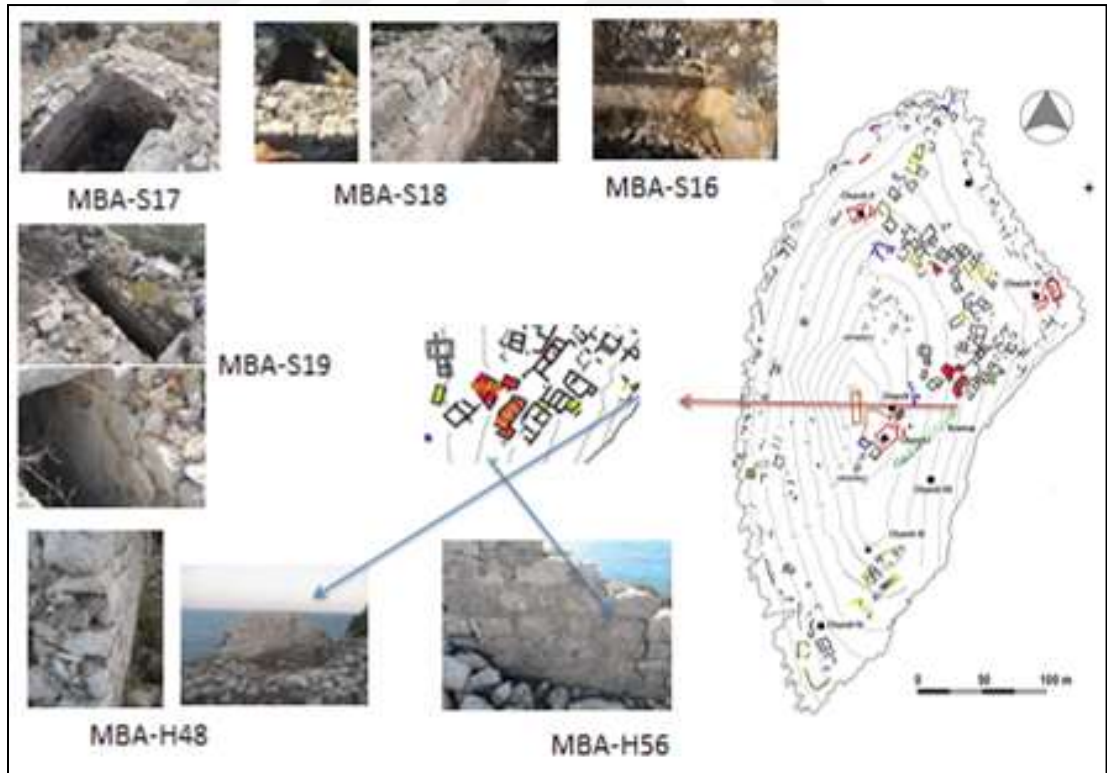
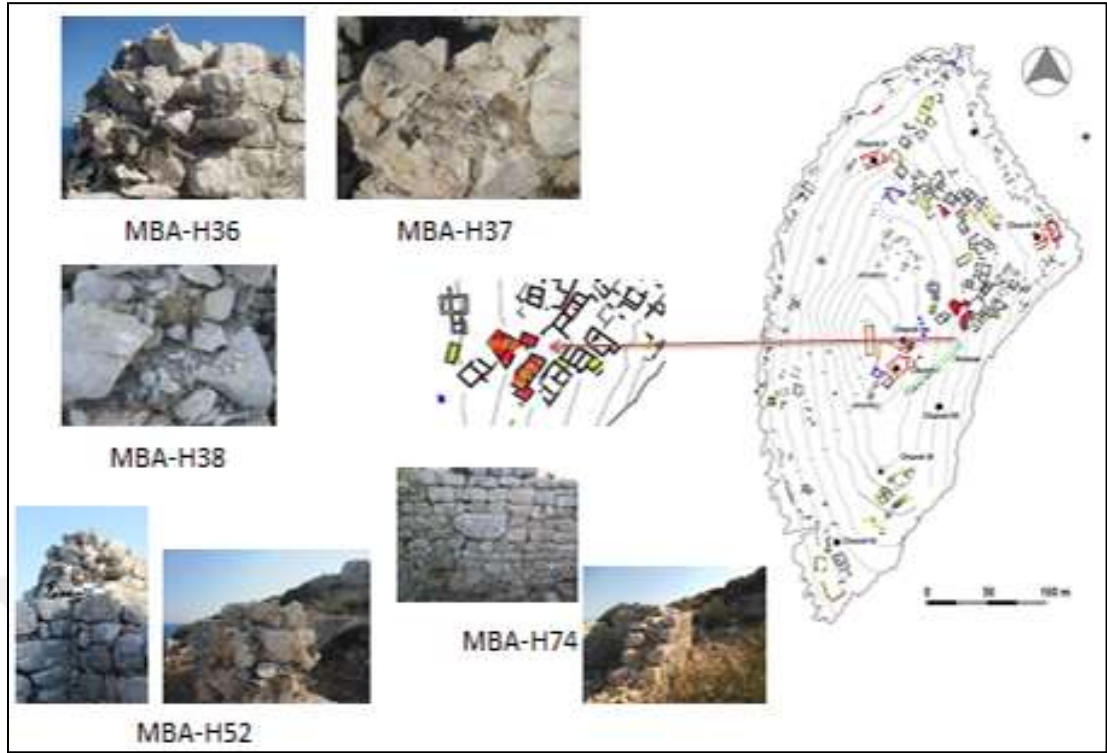
Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)



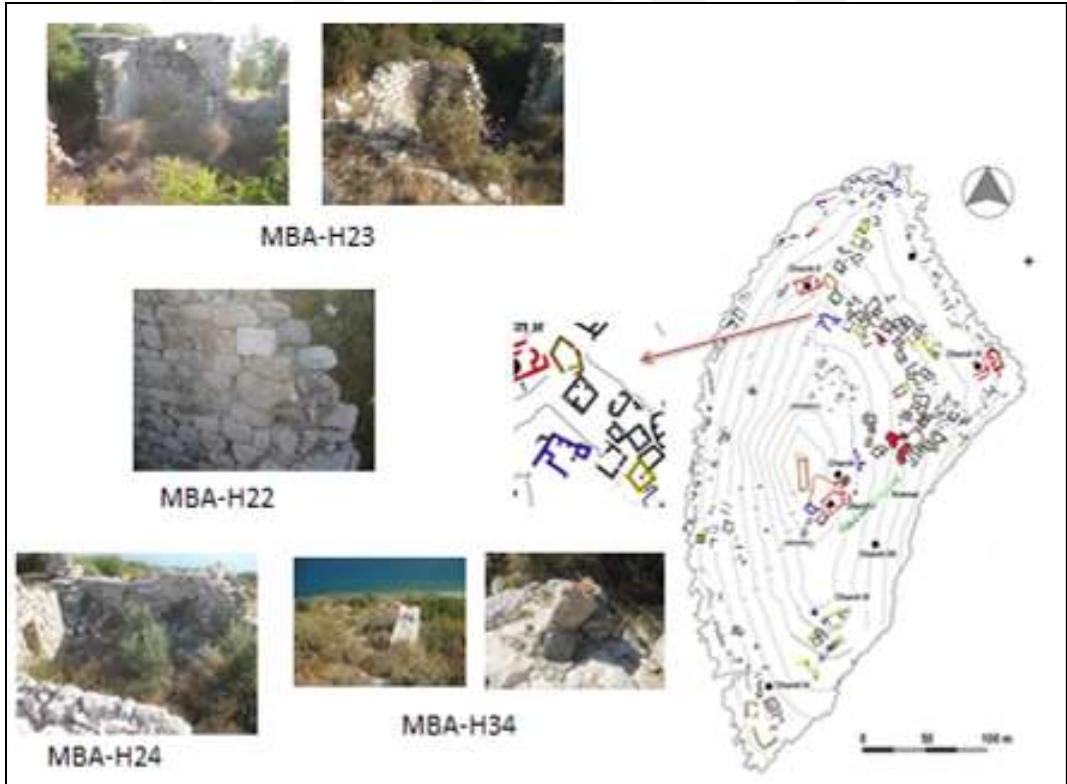
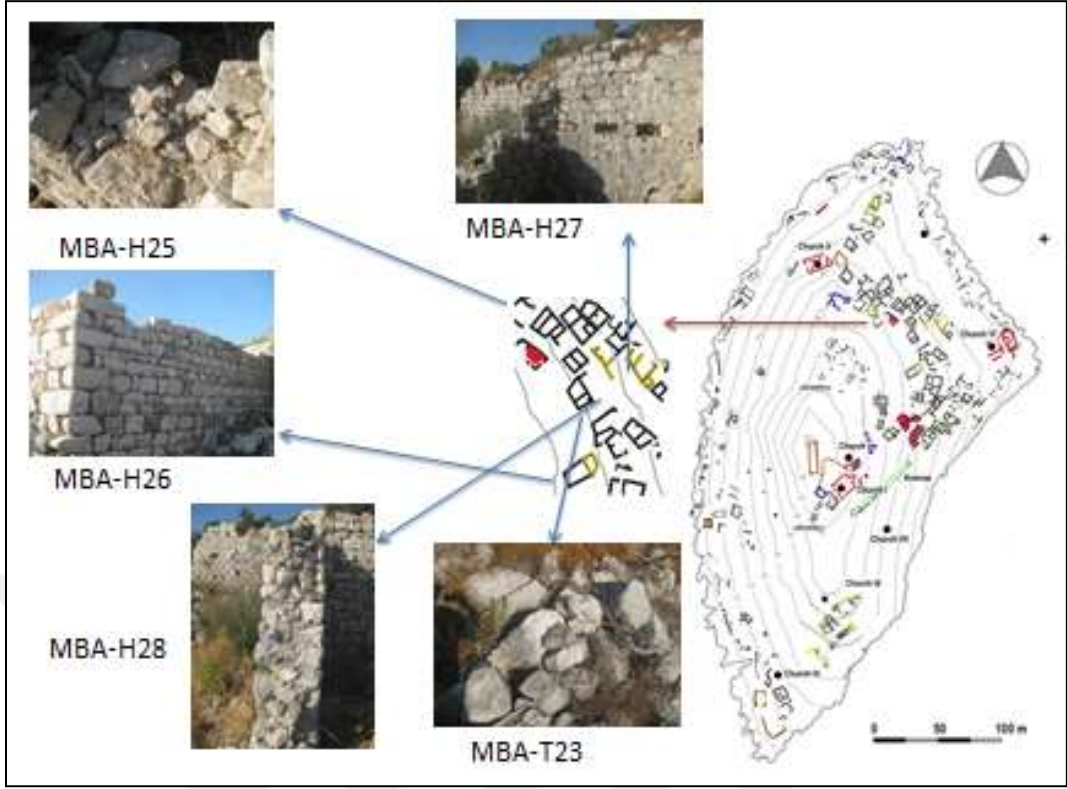
Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)



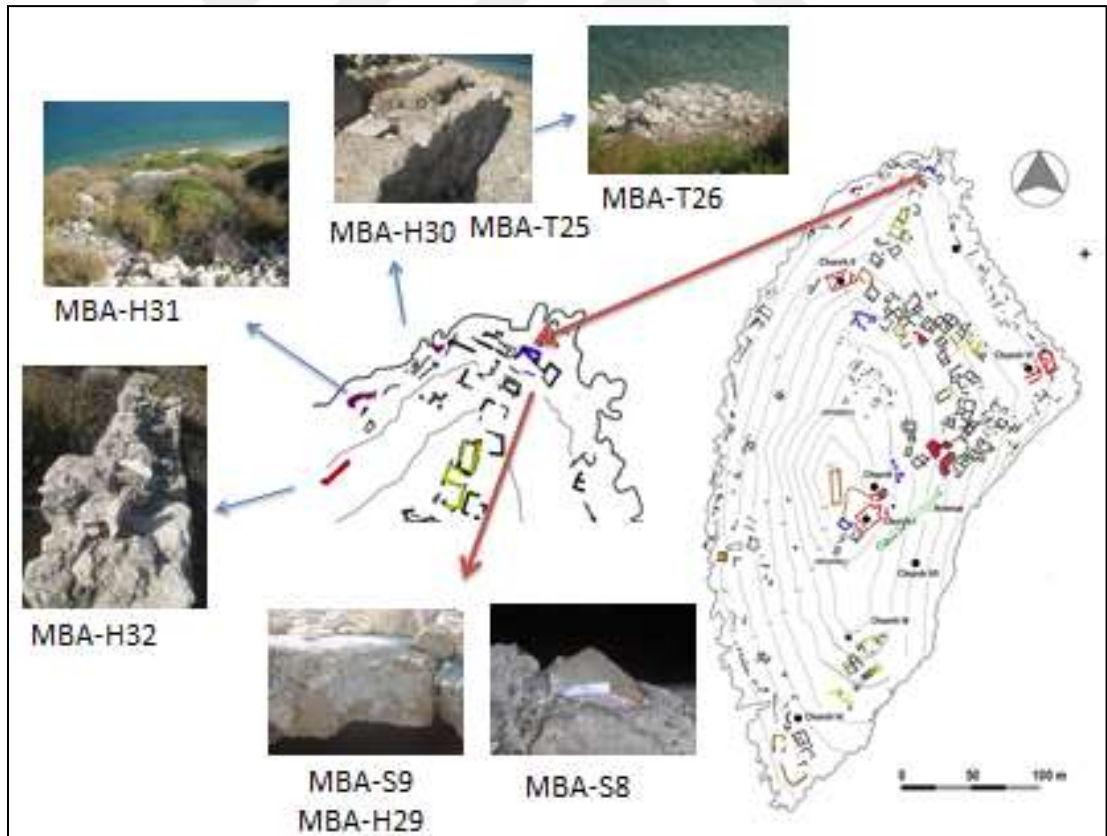
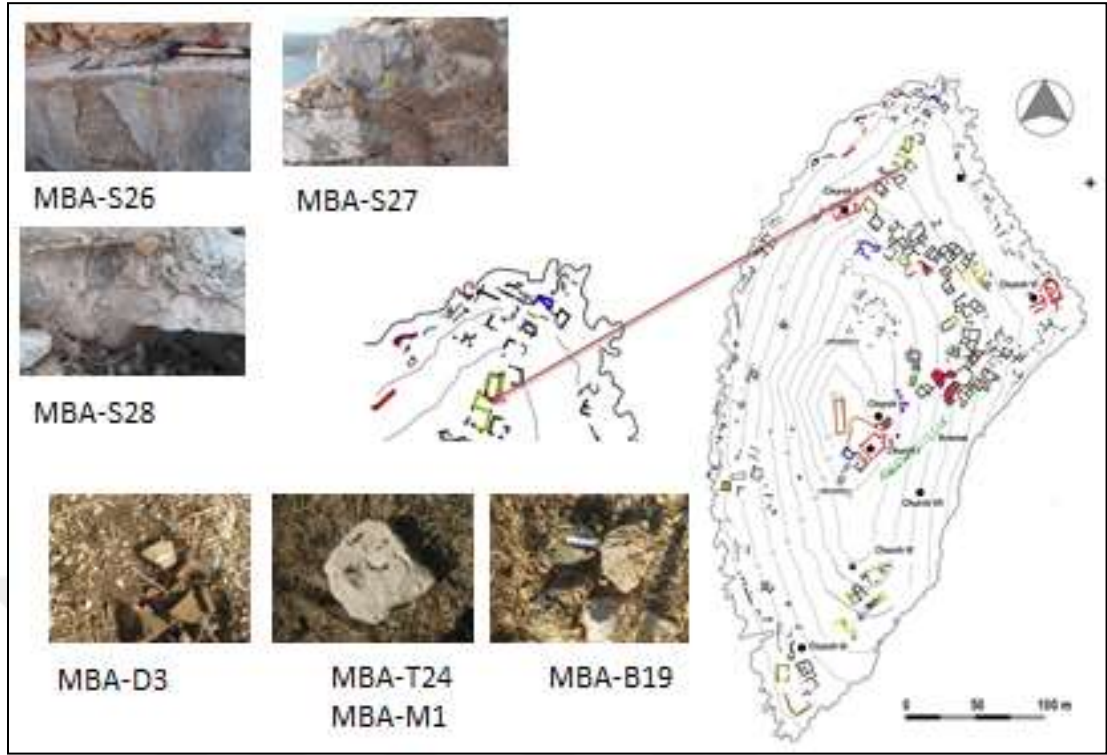
Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)



Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)

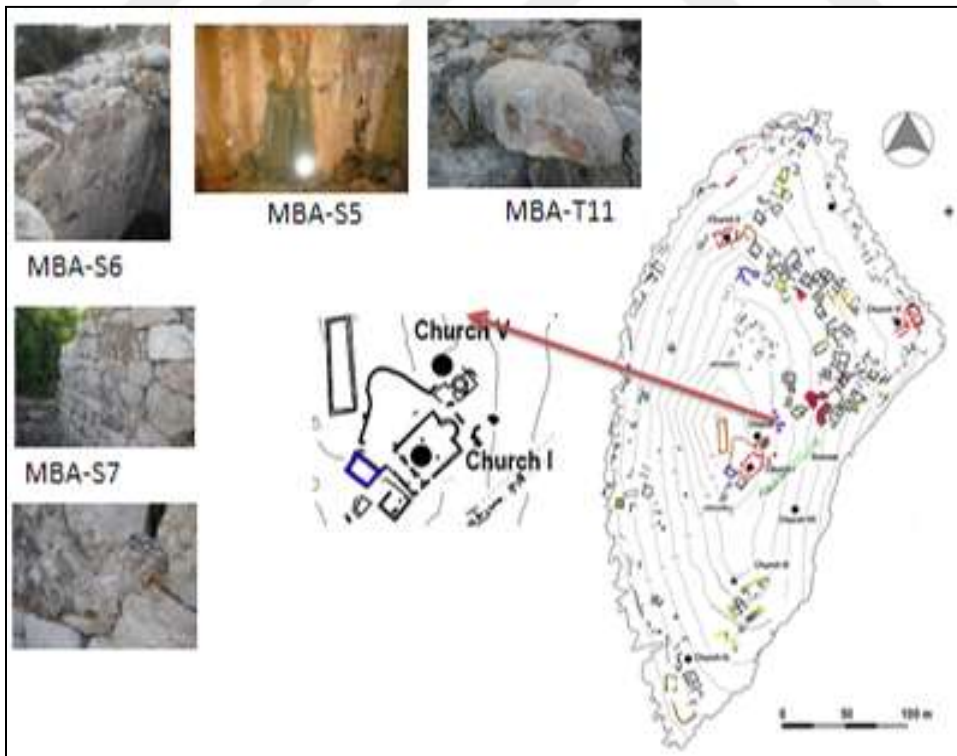
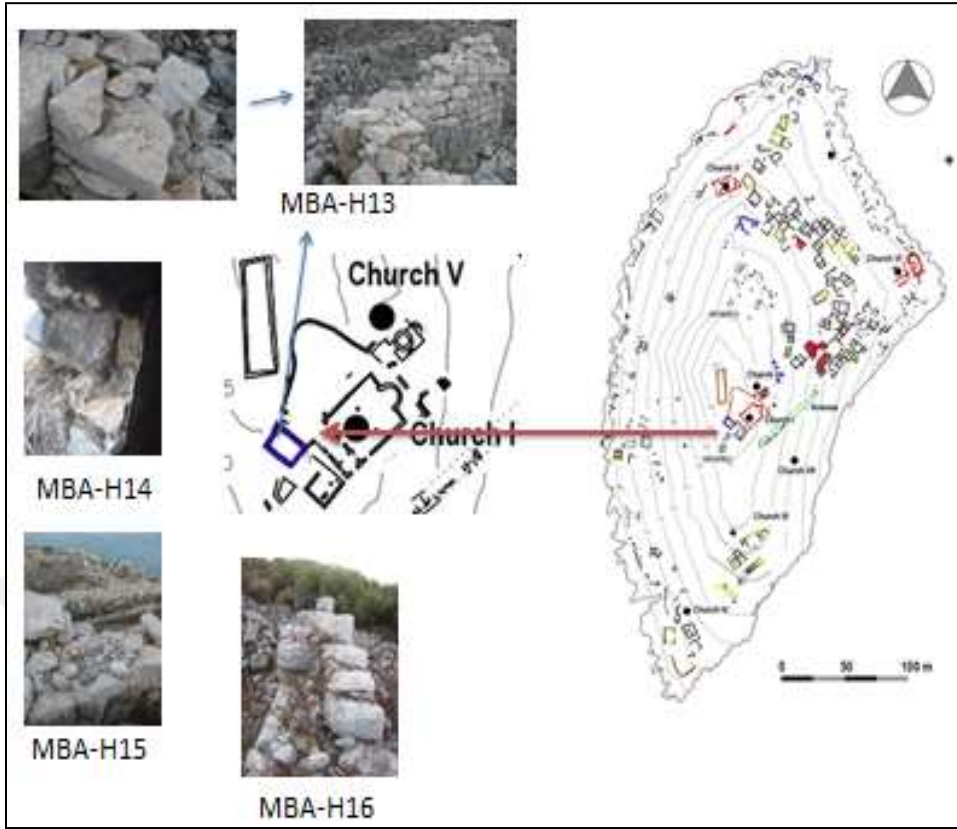


Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)

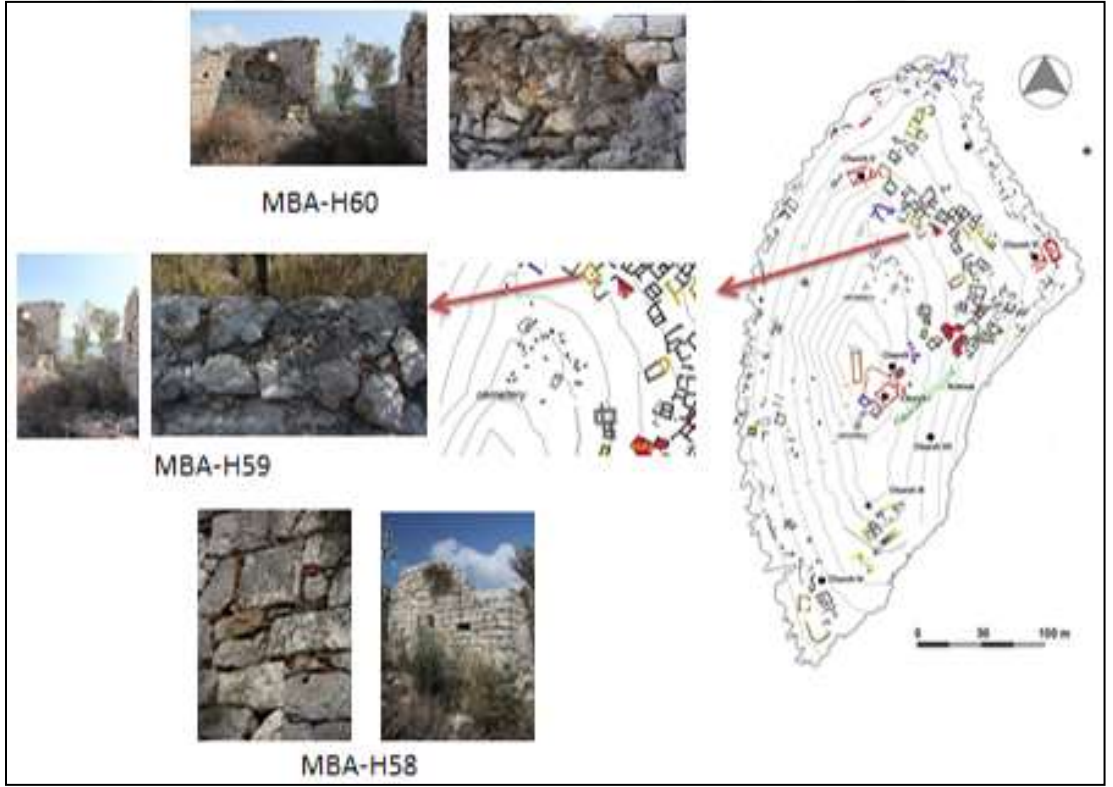
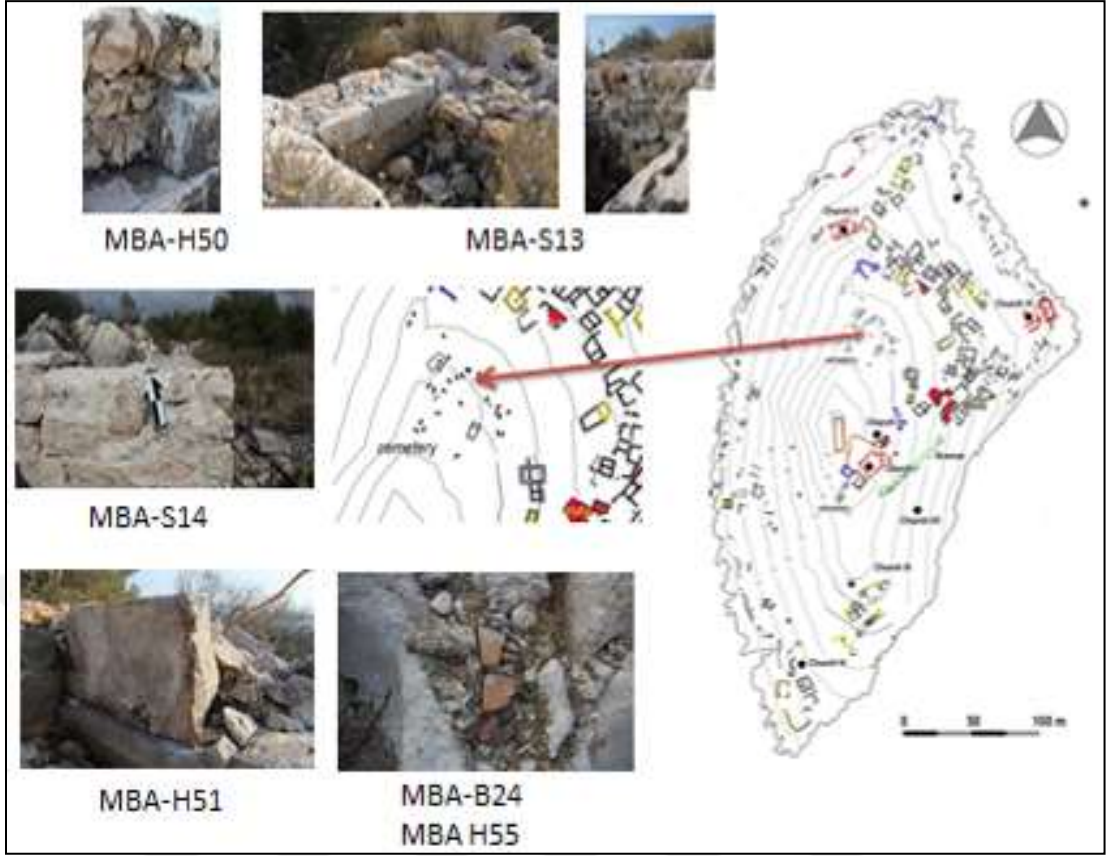


Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)

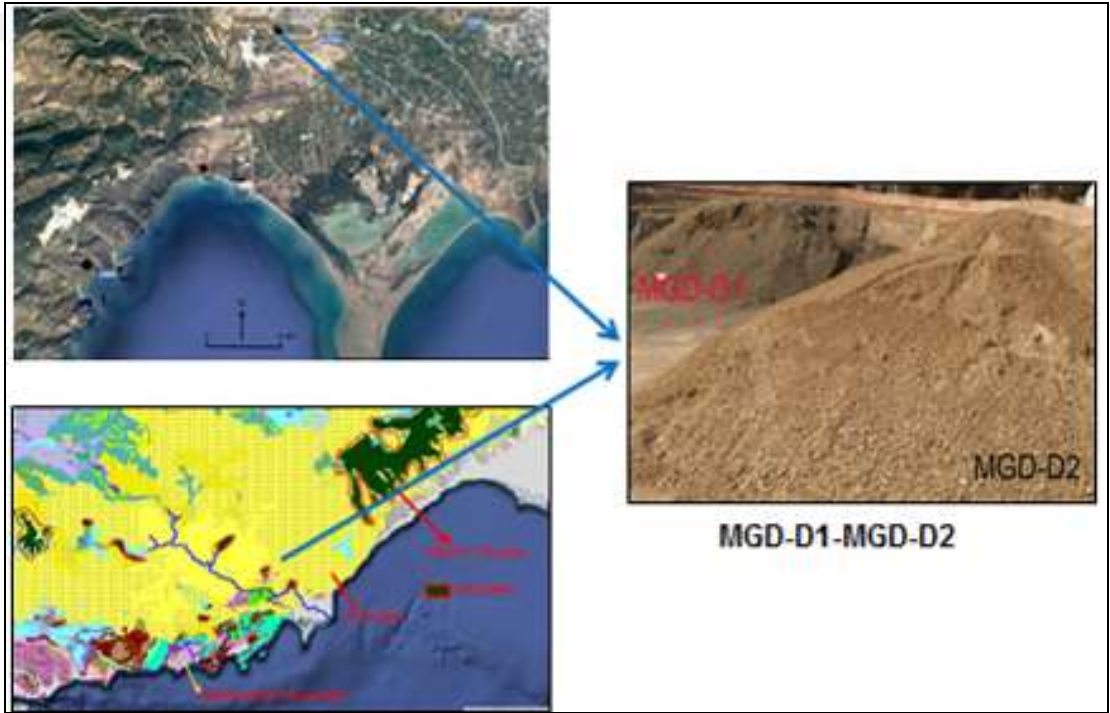




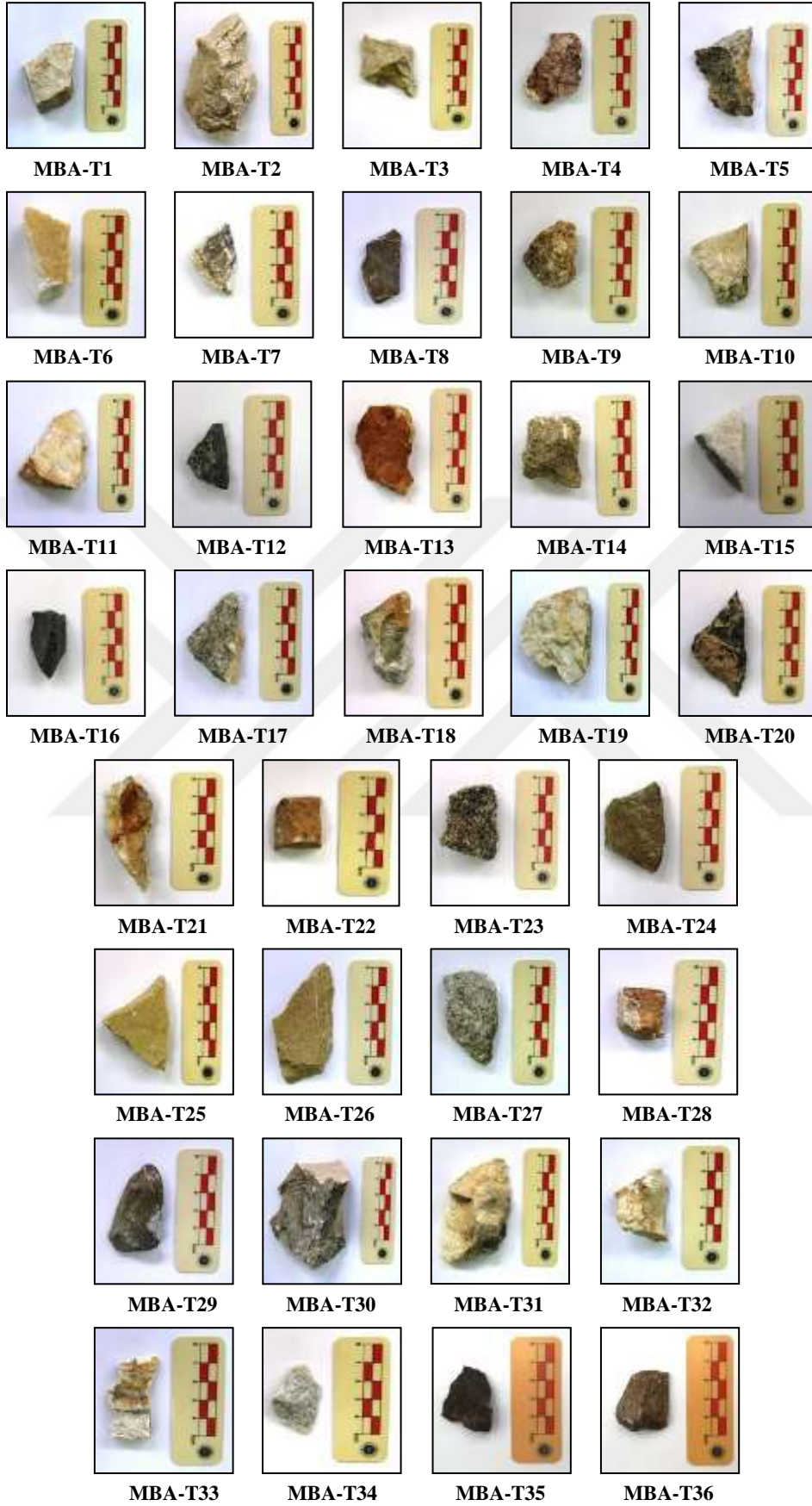
Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)



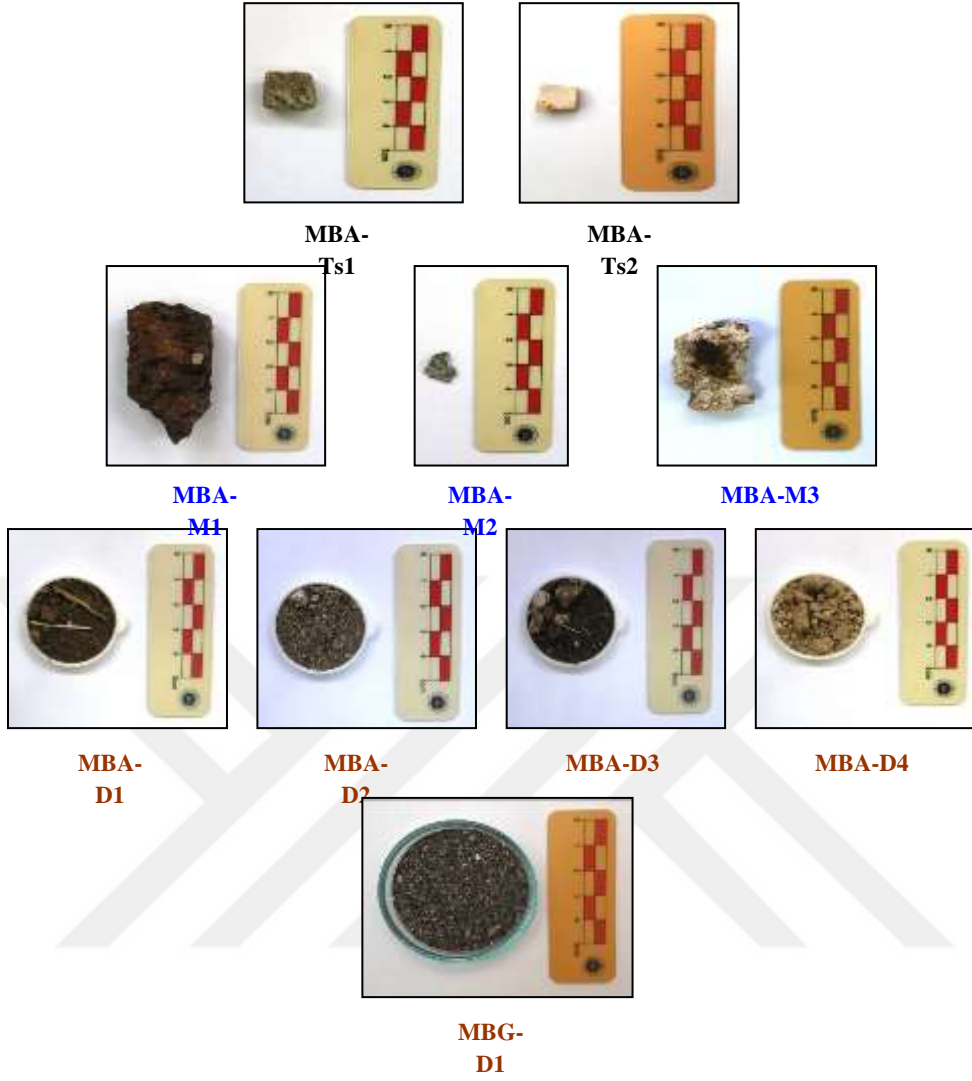
Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)



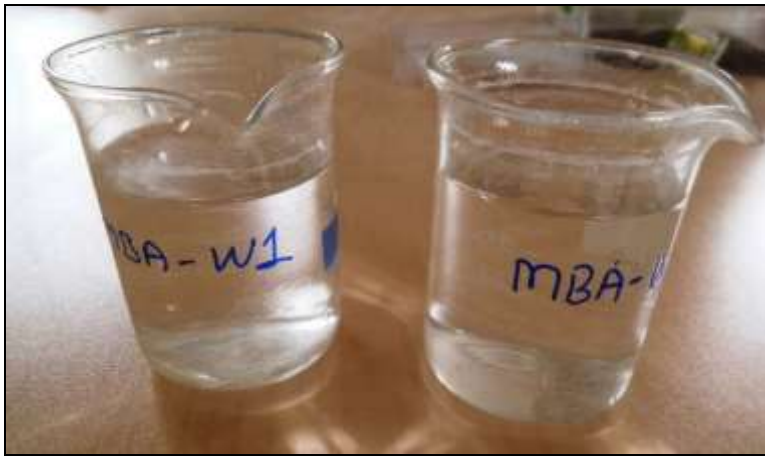
Resim A2. Boğsak Adası örneklemeleri (devam)



Resim A3. Boğsak Adası taş örnek fotoğrafları



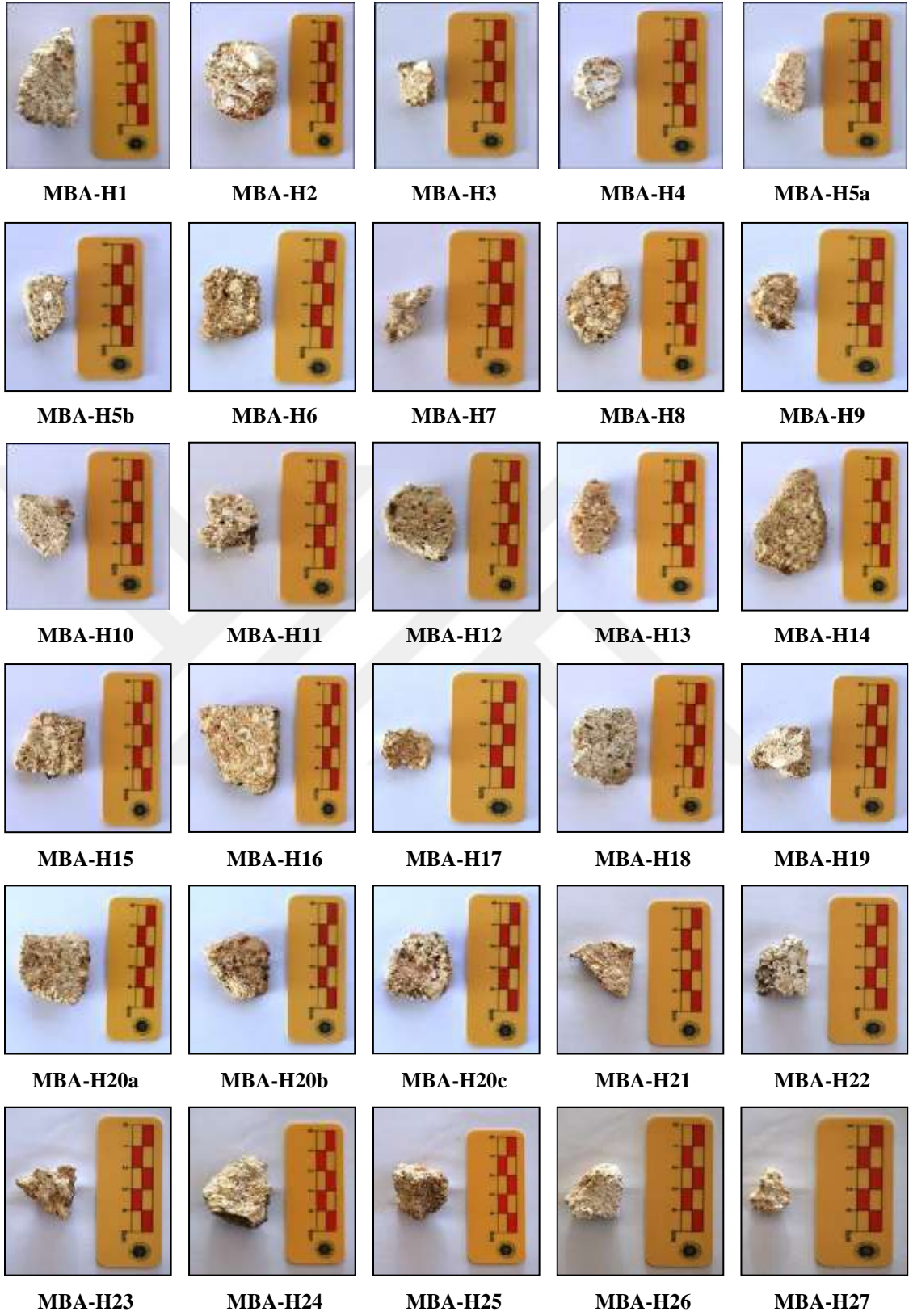
Resim A4. Boğsak Adası tessera, metal ve toprak örnek fotoğrafları



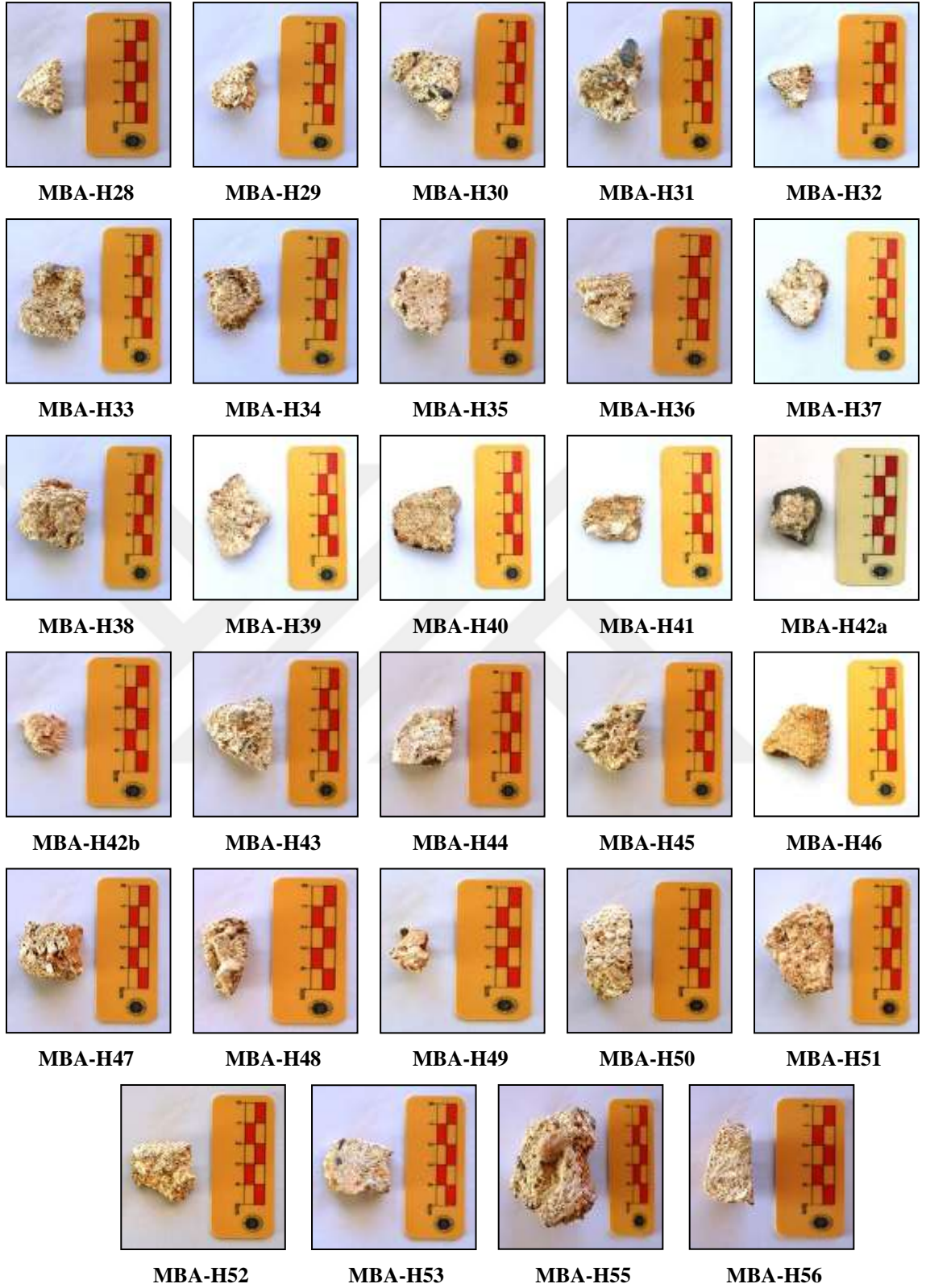
Resim A5. Boğsak Adası kaynak suyu örnek fotoğrafları



Resim A6. Boğsak Adası tuğla ve kiremit örnek fotoğrafları

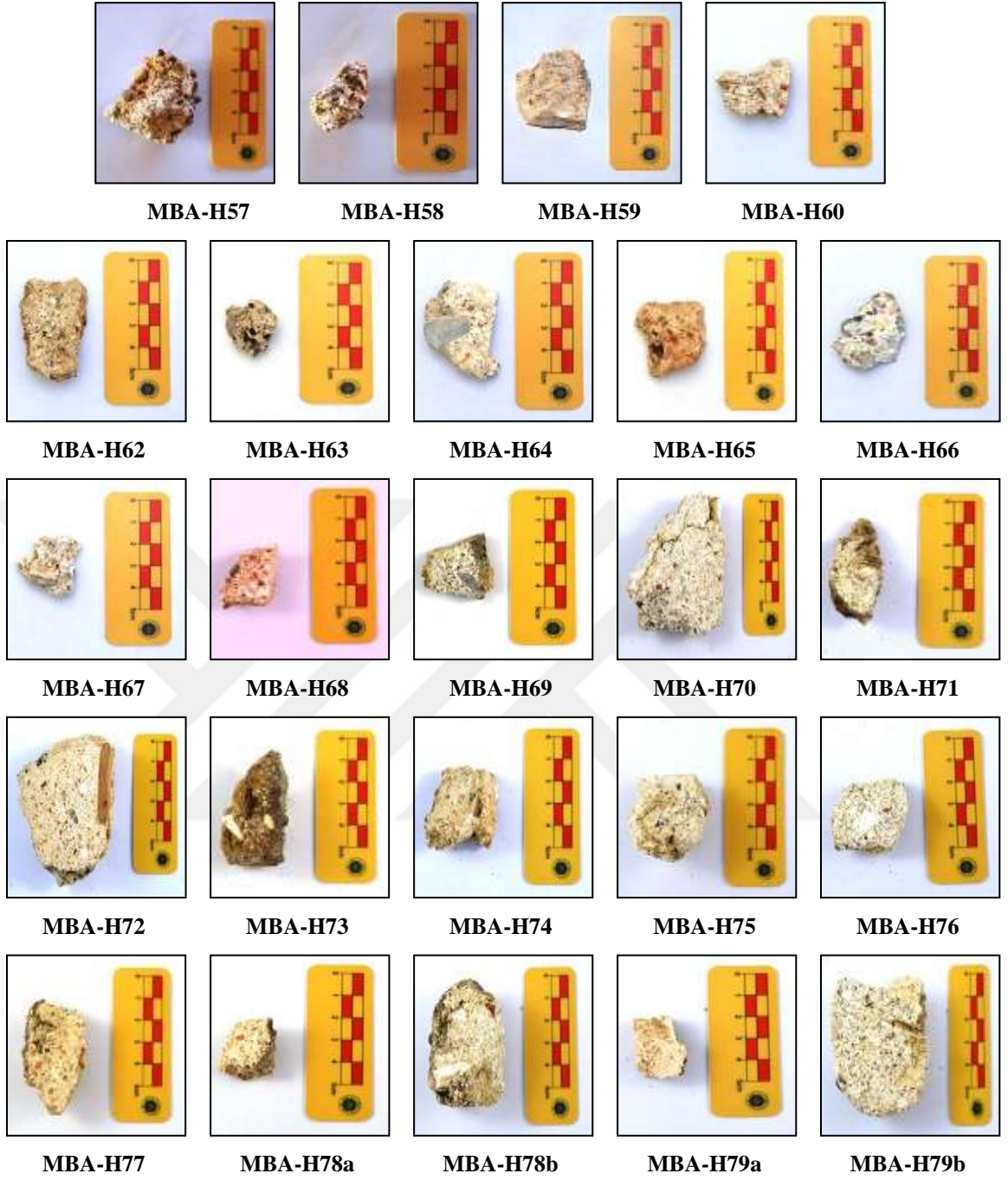


Resim A7. Boğsak Adası harç örnek fotoğrafları

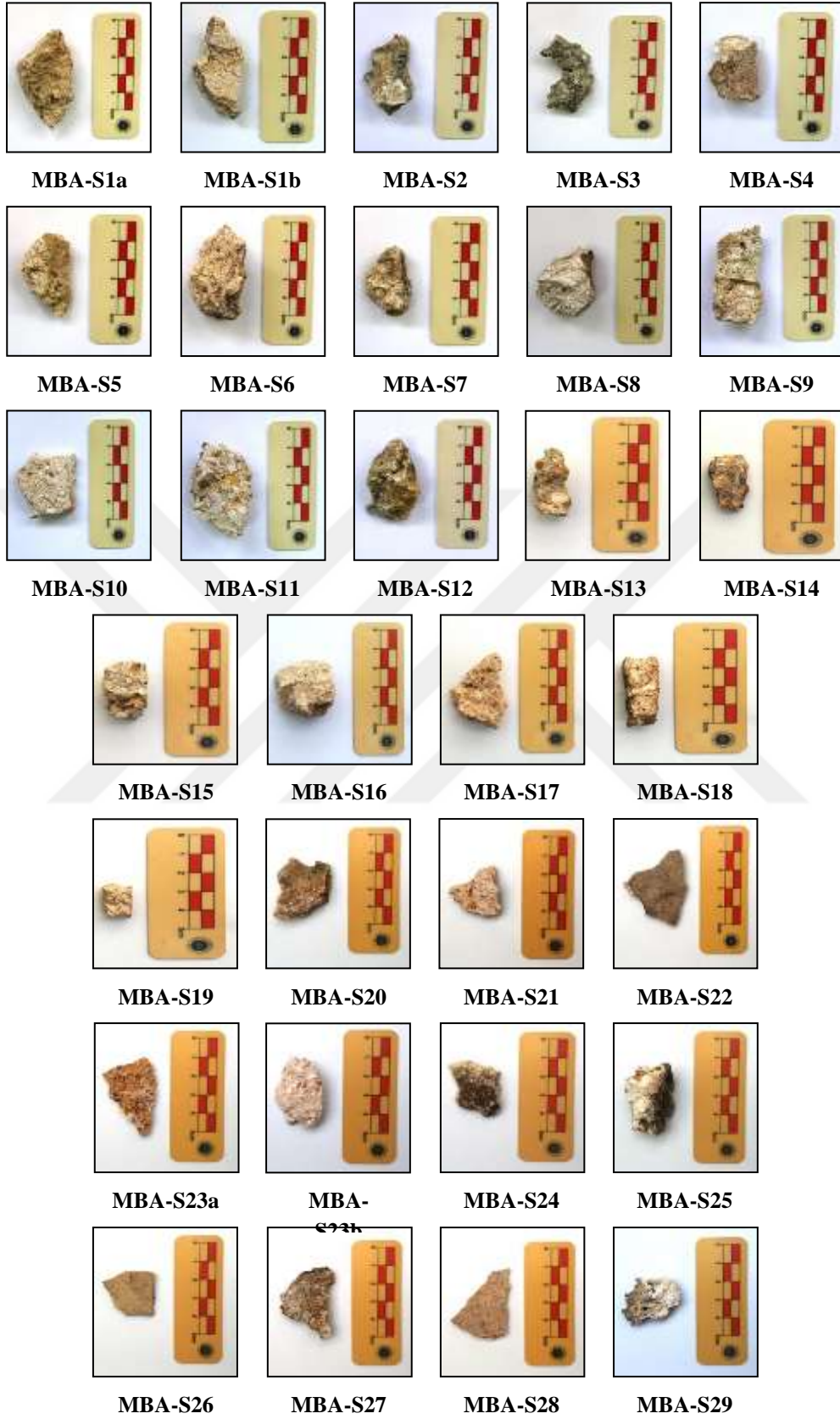


Resim A7. Boğsak Adası harç örnek fotoğrafları (devam)

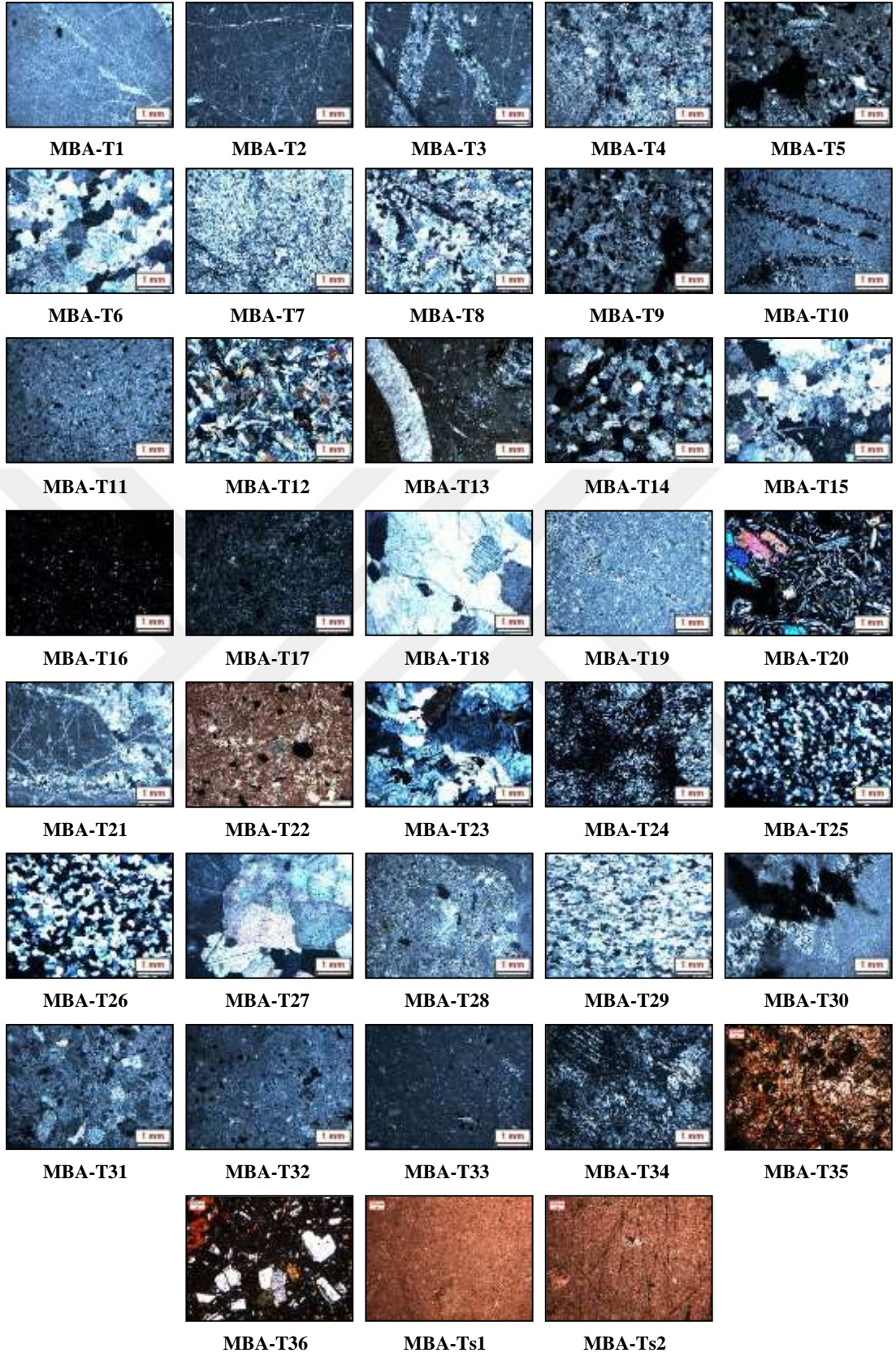




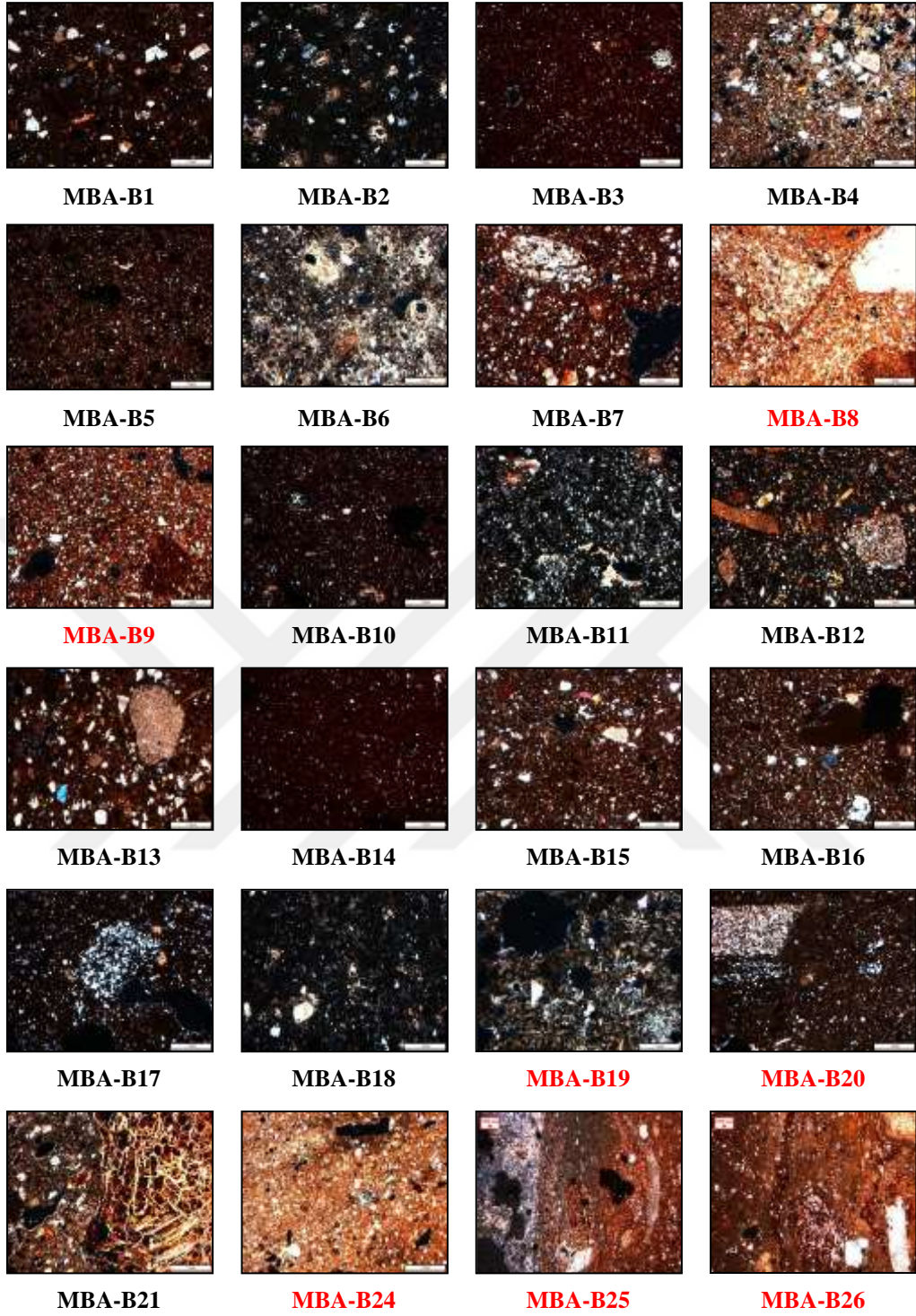
Resim A7. Boğsak Adası harç örnek fotoğrafları (devam)



Resim A8. Boğsak Adası sıva örnek fotoğrafları



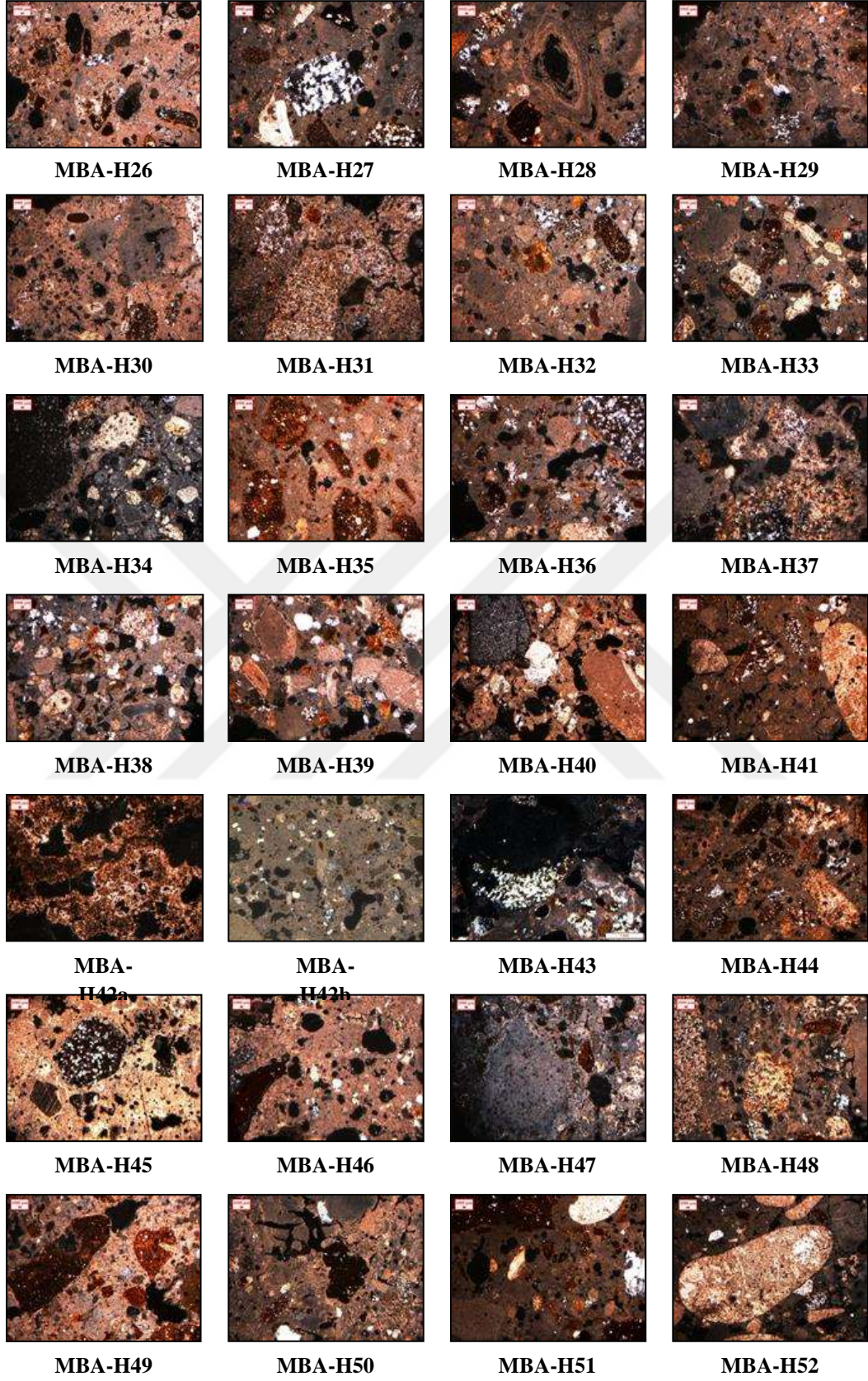
Resim A9. Boğsak Adası taş ve taş tessera örnekleri ince kesit fotoğrafları



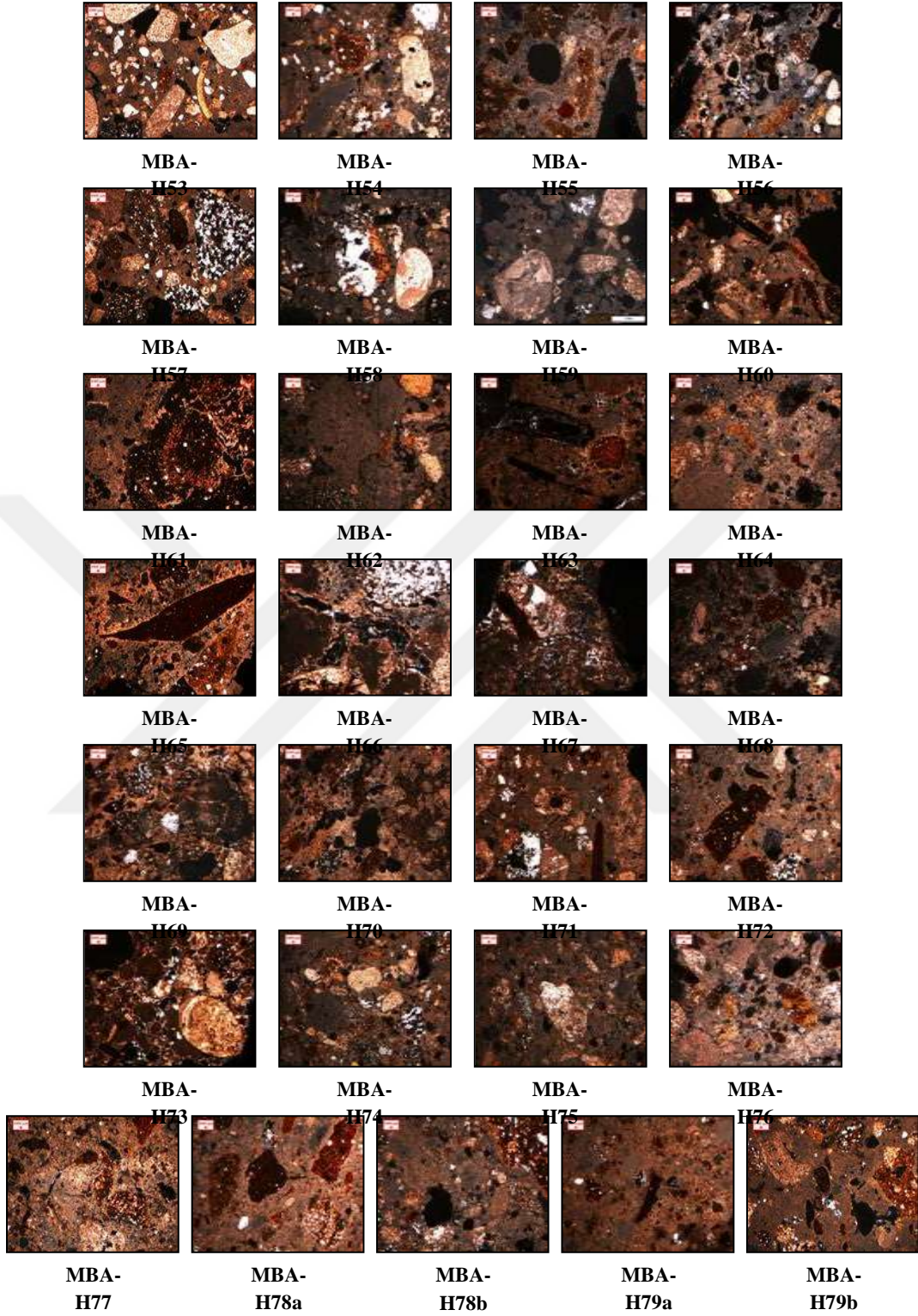
Resim A10. Boğsak Adası tuğla ve kiremit örnekleri ince kesit fotoğrafları



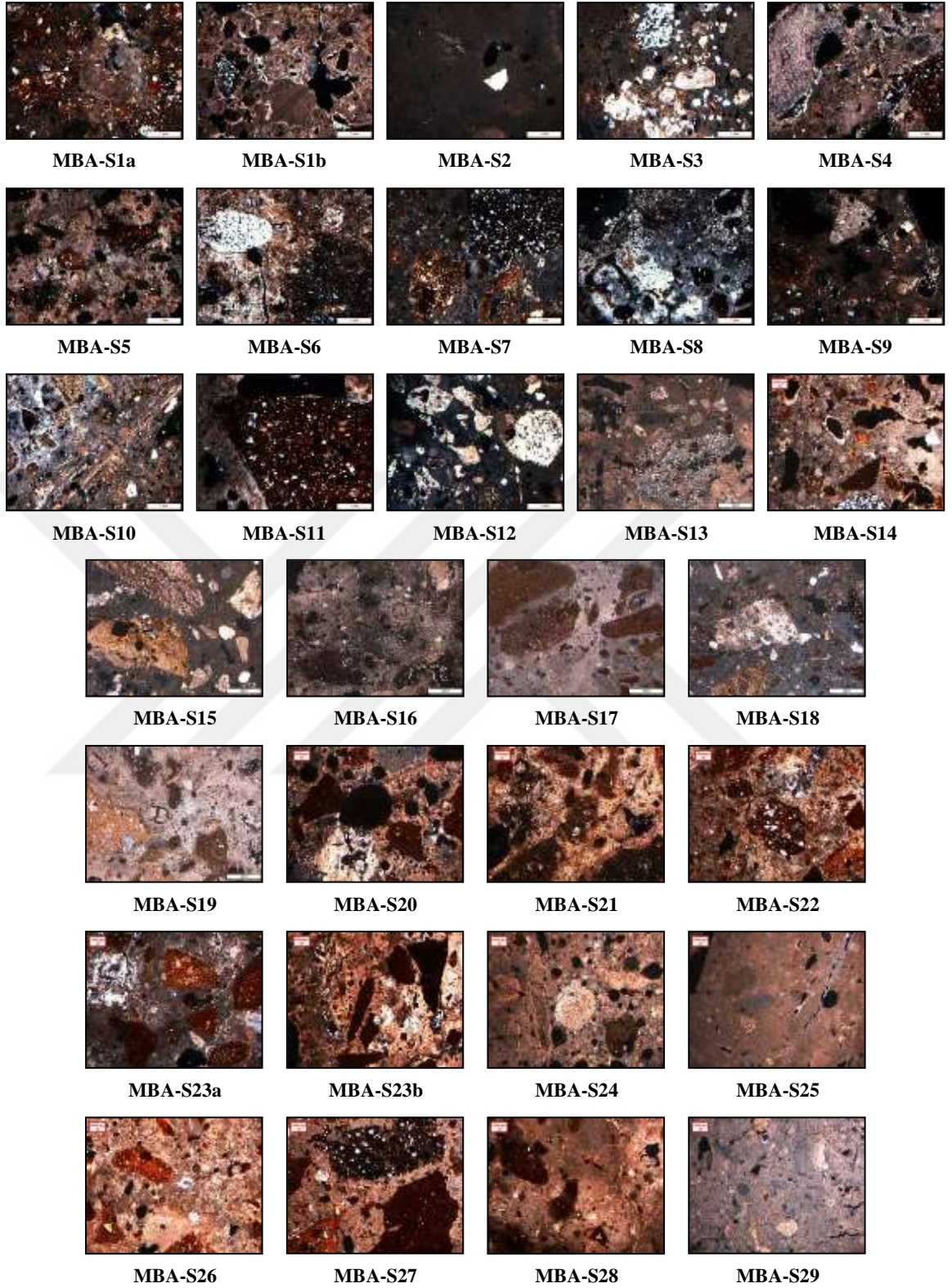
Resim A11. Boğsak Adası harç örnekleri ince kesit fotoğrafları



Resim A11. Boğsak Adası harç örnekleri ince kesit fotoğrafları (devam)

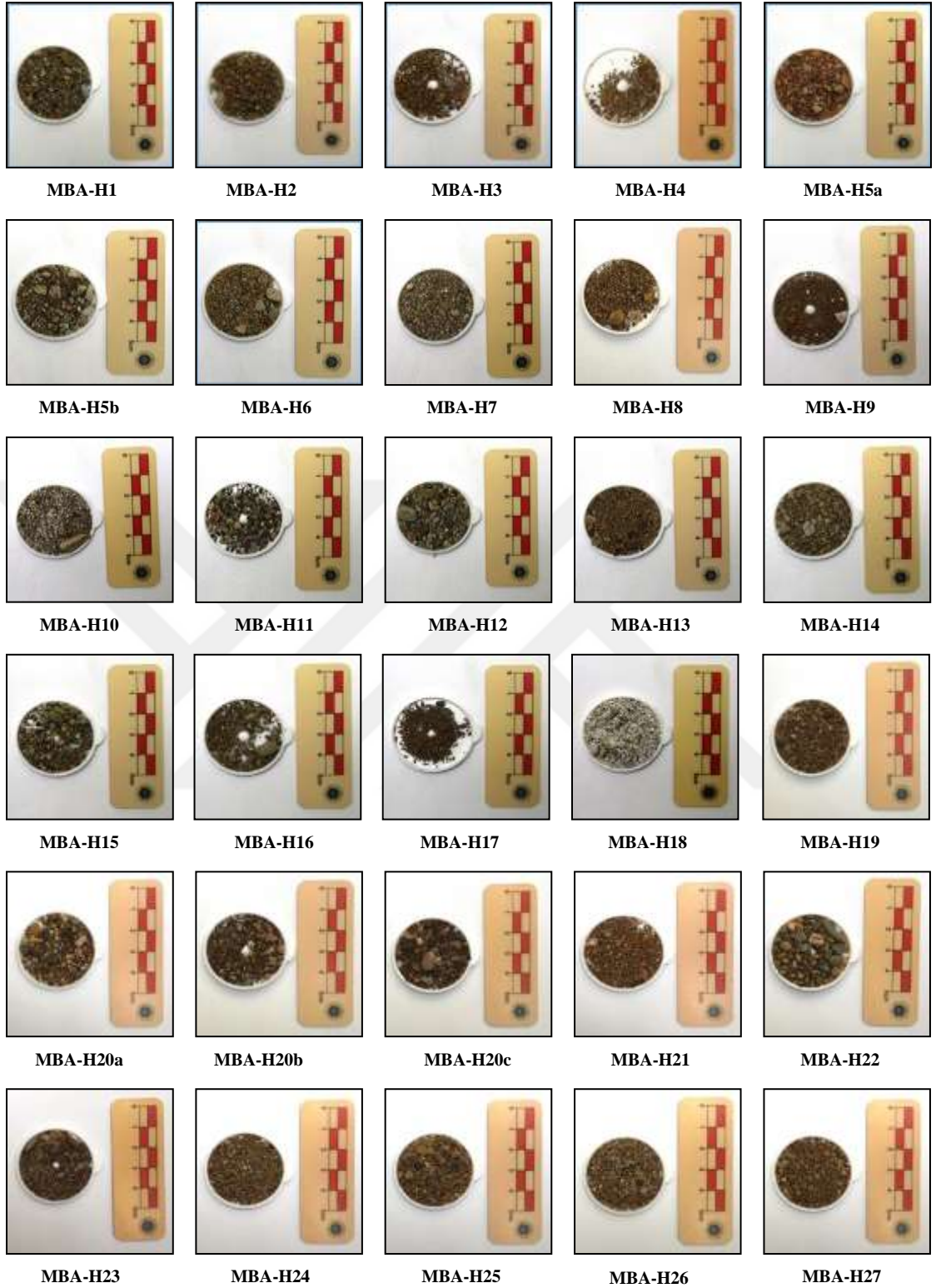


Resim A11. Boğsak Adası harç örnekleri ince kesit fotoğrafları (devam)

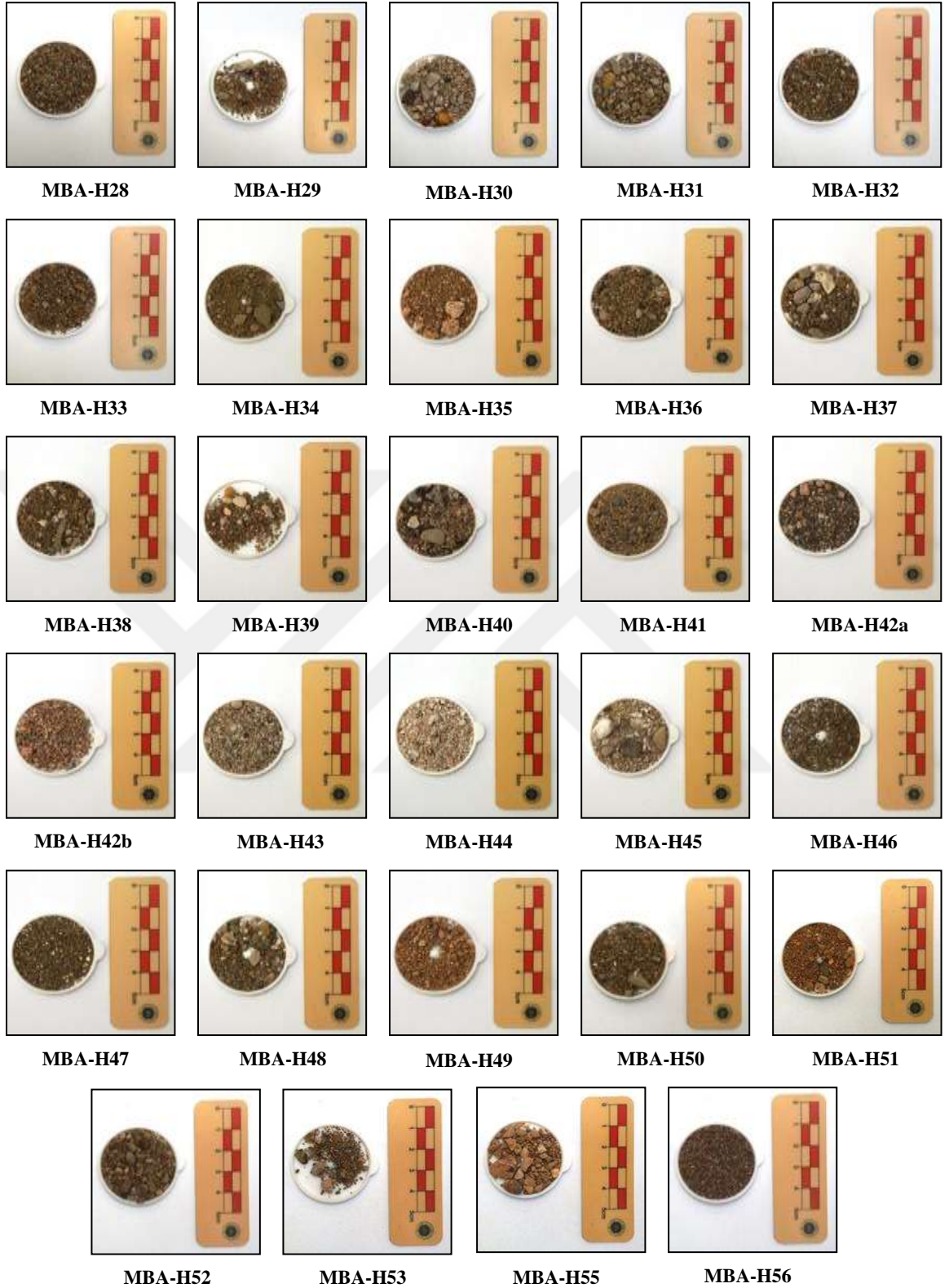


Resim A12. Boğsak Adası sıva örnekleri ince kesit fotoğrafları

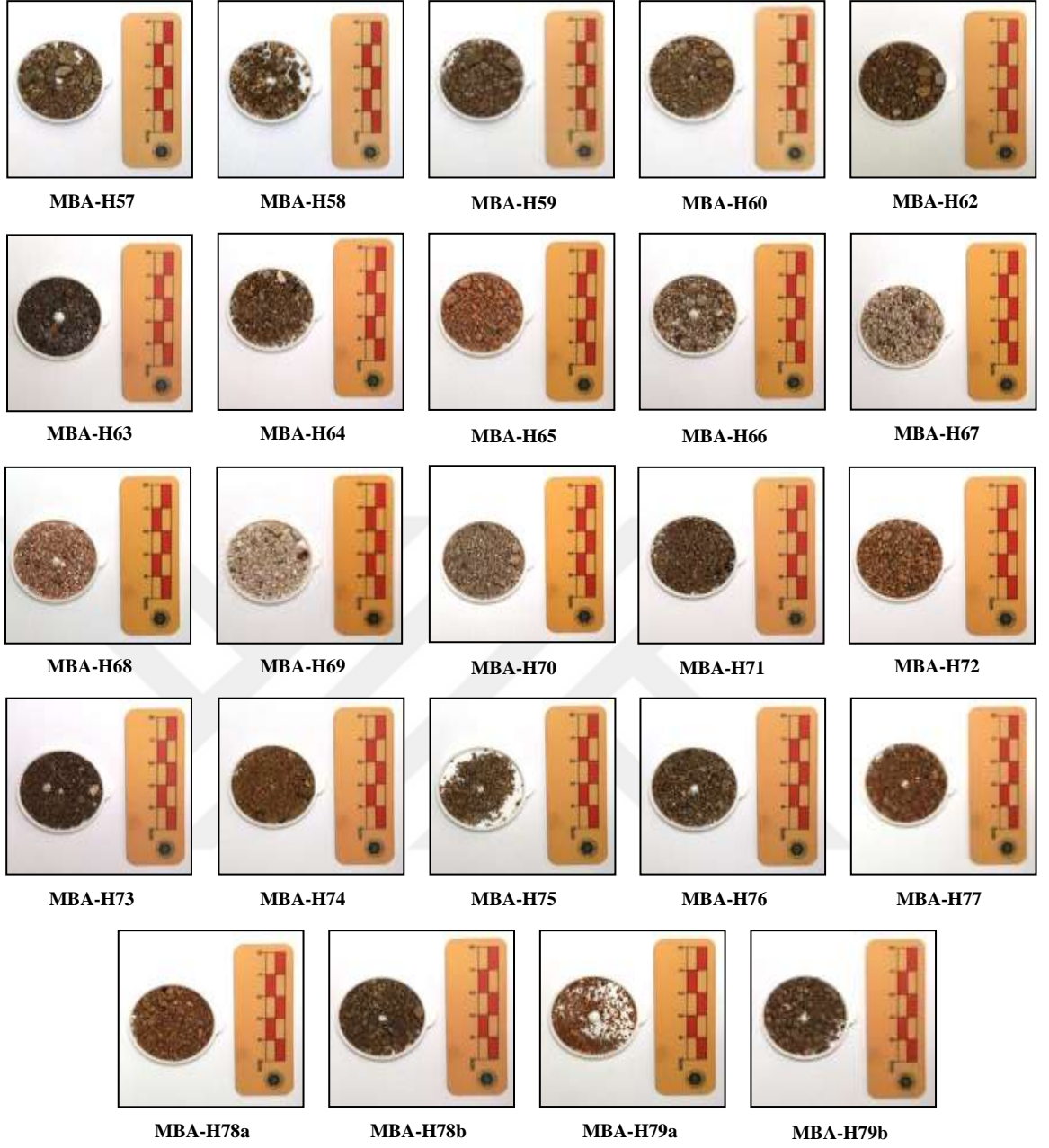




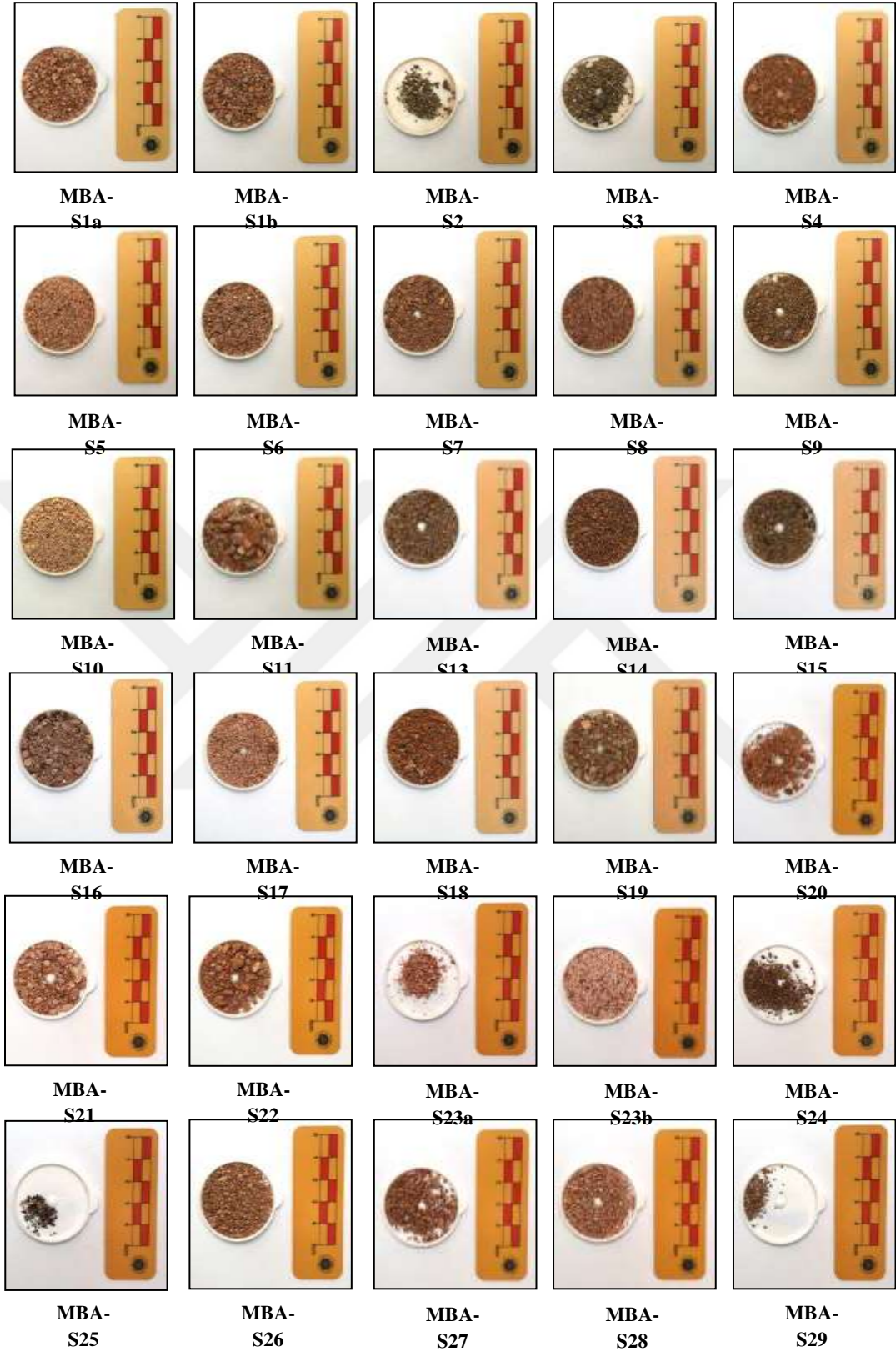
Resim A13. Boğsak Adası harç örnekleri agrega fotoğrafları



Resim A13. Boğsak Adası harç örnekleri agrega fotoğrafları (devam)



Resim A13. Boğsak Adası harç örnekleri agrega fotoğrafları (devam)



Resim A14. Boğsak Adası sıva örnekleri agrega fotoğrafları

## EK-2. Çizelgeler

Çizelge B1. Mersin Bölgesi'nin Jeolojik Stratigrafisi ve formasyonların genel özellikleri (Uğuz, 1989, s. 71)

<b>OTOKTON KAYALARIN GENELLEŞTİRİLMİŞ STRATİGRAFİK KESİTİ</b>		
<b>Formasyon</b>	<b>Kalınlık (m)</b>	<b>Formasyon Özellikleri</b>
<b>Kerkeçlik</b>	900-750	Sarımsı/kırmızımsı renkli iri kum, ince kum, mil, kil destekli düzeylerle ardalanan bloklu, milli şeyli düzeyler
		Orta tabakalı kireçtaşı
		Bloklu, kumlu, milli, killi şeyl
		Kızıl renkli, orta kalın tabakalı, kuvars çakıllı, kuvarslı kumtaşı
		Kalın tabakalı, sarımsı kırmızımsı renkli kumtaşı, konglomera
<b>Çanaktepe</b>	250	Orta-ince tabakalı, tuğla renkli pelajik kireçtaşı ve çamurtaşı
		İnce orta tabakalı, laminalı, tuğla renkli pelajik kireçtaşı, çamurtaşı ile türbidit özellikli kaba kum, kum, mil boyutunda kırıntılı ardalanması
<b>Gölbelenitepe</b>	500	Çakıllı kumlu şeyl
		Bloklu şeyl
		Koyu kül renkli orta tabakalı kireçtaşı
		Kül renkli bloklu şeyl
		Tutturulmamış kum, mil, kil, şeyl
<b>Bilalli Kireçtaşı</b>	500	Sarımsı boz renkli çakıl, iri kum, kum ardalanması
		Diyabaz daykısı
		Kül renkli ince orta tabakalı laminalı, çörtlü, kumlu ve çakıllı kireçtaşı
<b>Sekmelidere</b>	800	Çökel ortamından türeme karbonat kırıntılı kireçtaşı
		Orta tabakalı koyu renkli kireçtaşı
		Kalın tabakalı dolomit koyu renkli dolomit
		Orta kalın tabakalı koyu kül renkli Gastrapod ve Pelesipod'lu kireçtaşı
		Orta ince tabakalı yeşilimsi kırmızımsı kül renkli şeyl, kiltası killi kireçtaşı
<b>Kuşyuvasıtepe</b>	150	Orta kalın tabakalı, siyah renkli, iri kristalli dolomitleşmiş kireçtaşı ve dolomit
		Kalın tabakalı dolomit, kırıntılı kireçtaşı ardalanması
<b>Kargıcak</b>	50	Sarımsı/kırmızımsı renkli, orta tabakalı kumtaşı, kumlu kireçtaşı ardalanması
		Mavimsi kül renkli orta tabakalı kum laminalı kireçtaşı
		İnce tabakalı dalgalı yapıli kireçtaşı
<b>Çamalan</b>	330	Orta kalın tabakalı, kül renkli kireçtaşı, koyu kül renkli dolomit ve dolomitleşmiş kireçtaşı, kirli sarı/kırmızımsı renkli çapraz tabakalanmalı kuvarslı kumtaşı ardalanması
		Mavimsi kül renkli orta kalın tabakalı kumlu kireçtaşı
<b>Akdere</b>	100	Mavimsi kül renkli, orta kalın tabakalı, kumlu kireçtaşı ile orta ince tabakalı sarımsı/kırmızımsı renkli kumtaşı, kuvarslı kumtaşı ve şeyl ardalanması
<b>Büyükeceli</b>	630	Koyu kül renkli orta kalın tabakalı mercan içerikli dolomit ve dolomitleşmiş kireçtaşı
		Orta tabakalı kül renkli, kireçtaşı, orta ince tabakalı kumlu, milli bitümlü düzeylerin ardalanması
		İntraformasyonel konglomera
		Amphipora ramosalı kireçtaşı
		İntraformasyonel konglomera, kalın tabakalı dolomitleşmeli kireçtaşı ve şeyl ardalanması
		Orta tabakalı, çapraz tabakalanmalı killi, sarı renkli kumtaşı
		Mavimsi kül renkli, orta kalın tabakalı mercanlı kireçtaşı, kırıntılı ardalanma
Köşeli çakıllı düzensiz yığılımlı konglomera		

Çizelge B1. Mersin Bölgesi'nin Jeolojik Stratigrafisi ve formasyonların genel özellikleri (Uğuz, 1989, s. 71) (devam)

<b>OTOKTON KAYALARIN GENELLEŞTİRİLMİŞ STRATİGRAFİK KESİTİ</b>		
<b>Formasyon</b>	<b>Kalınlık (m)</b>	<b>Formasyon Özellikleri</b>
<b>Sığırcık</b>	200	Yeşil renkli, kuvars kumtaşı, miltaşı, şeyl, açık kül renkli kireçtaşı ar dalanması
		Sarı renkli, orta ve çapraz tabakalı kuvars kumtaşı, şeyl
		Dolomitleşmeli kireçtaşı, şeyl, kumtaşı ar dalanması
		Kirli sarı renkli, orta tabakalı kuvars kumtaşı, şeyl
<b>Karayar</b>	350	Çapraz tabakalı kumtaşı
		Mercanlı kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ar dalanması
		Orta tabakalı kumtaşı, yumru lu kireçtaşı, şeyl ar dalanması
		Koyu kül renkli yapraklanmalı şeyl, kil, mil, killi kireçtaşı ar dalanması
		İnce orta tabakalı, açık kül renkli şeyl ara katkı lı kumlu kireçtaşı
		Killi kireçtaşı, tutturulmamış marn ve kireçtaşı ar dalanması
Zeytin yeşili kuvar slı kumtaşı, miltaşı		
<b>Hırmanlı</b>	100	Yumru lu ve ortaseraslı mil, kil şeyl
		Koyu kül renkli, Graptolitli ince tabakalı yapraklanmalı şeyl
<b>Eğri pınar</b>	125	Çakıllı iri kum ile zeytin yeşili ince kum, mil ve az kil ar dalanması
<b>Ovacık</b>	400	Zeytin yeşili kirli sarı renkli kilt aşı, miltaşı, şeyl ar dalanması
		Pembe renkli Tribolitli yumru lu kireçtaşı
		Açık kül renkli, orta kalın tabakalı killi kireçtaşı ve marn arakatkı lı Trilobitli kireçtaşı
		Dolomitleşmiş kireçtaşı
		Siyah renkli, kalın tabakalı dolomit
<b>Gökbelen dere</b>	500	Beyasımsı sarı, sarımsı/kırmızı ve yeşilimsi orta kalın tabakalı çakıllı kum ve az milli ile şeyl ar dalanması
		Orta kalın tabakalı kumtaşı, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, kil ar dalanması
		Siyahımsı kül renkli yapraklanmalı şeyl
		Orta tabakalı, kül renkli kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, şeyl ar dalanması
		Beyasımsı sarı, sarımsı/yeşil renkli, ince tabakalı mil, kil ve marn ar dalanması
<b>Ovacıkışla Formasyonu (Eo)/Çaltepe</b>		Ovacıkışla formasyonu: Üstte pembe renkli, ince lamine lı, çörtlü mikritik kireçtaşları ve alta gri renkli, kristalize kireçtaşı başlangıç Çaltepe formasyonu: Gri renkli kalın tabakalı dolomit, bej/pembe renkli, orta kalın tabakalı kireçtaşı ile sonlanma
<b>Hacıshaklı Formasyonu (Eh) Hü dai</b>		Hacıshaklı formasyonu: En üstte beyazımsı pembe renkli, çok kalın tabakalı, çok sert, iri taneli kuvarsitler alta ince lamine lı silt taşlarından ve en altta pembe renkli, çapraz tabakalı kuvarsitler. Hü dai formasyonu: Üst seviyede meta-şeyl arakatkı lı kuvarsitler, alt seviyede kuvars kumtaşlarının egemen oldu ğu meta kumtaşı, şeyli ar dalanması ve tabanda konglomeratik seviye
<b>Sipahili (Es)</b>	600	Kalkşist, metakonglomera, fillat, metaşeyl ar dalanması

Çizelge B1. Mersin Bölgesi'nin Jeolojik Stratigrafisi ve formasyonların genel özellikleri (Uğuz, 1989, s. 71) (devam)

ALLOKTON KAYALARIN GENELLEŞTİRİLMİŞ STRATİGRAFİK KESİTİ		
Formasyon	Kalınlık (m)	Formasyon Özellikleri
Derinçay		Kötü boylanmalı, yeşil-kırmızı renkli, çakıllı kumlu killi şeyl
		Diskordans
		Ofiyolitli karışık bindirme
Çavuşlar	400	Kanal dolgulu, çakıllı kumlu düzeyler içeren, kömürlü kil, mil, marn
		Kül renkli ince tabakalı, laminalı kil, mil, marn
		Konglomera, kumtaşı, miltası, killi kireçtaşı, kum, çakıl, mil ardalanması
		Polijenik konglomera
		Yersel diskordans
Ofiyolitli Karışık		Ofiyolitli karışık bindirme
Mezarlıkgediği	350	Orta kalın tabakalı makro fosilli kireçtaşı
		Orta tabakalı, sarımsı/boz renkli kil, marn, kumlu kireçtaşı, mercanlı kireçtaşı ardalanması
		Orta ince tabakalı sarımsı/boz renkli kum, mil, iri kum, çakıl ardalanması ve bitki kırıntısı ile kömürlü cepler
		Orta tabakalı, beyaz renkli mercanlı kireçtaşı
		Sarımsı beyaz renkli kalın tabakalı kırıntılı kireçtaşı
		Kırmızı sarı renkli kaba kırıntılarla kireçtaşı ardalanması
Hayvandağı	200	Beyaz kül renkli orta kalın tabakalı kireçtaşı
Tokmar	700	Orta kalın tabakalı kül renkli kireçtaşı
		Kalın tabakalı kül renkli dolomit
		Orta kalın tabakalı kül renkli kireçtaşı
		Orta kalın tabakalı kül renkli dolomit
		İnce orta tabakalı kül renkli makro fosilli, killi kireçtaşı, tutturulmamış milli killerle yanal geçişli kireçtaşı
		Boksit
		Taban konglomerası diskordans
Yanışlı	300	Kırmızı renkli, demirli kumtaşı ve konglomera içeren kül renkli kalın tabakalı kumlu ve çakıllı kireçtaşı
		Diskordans
Mutçukuru	1200	Açık kül renkli tutturulmamış kil, marn
		Bitki kırıntılı, kömürlü kirli sarı renkli, çapraz tabakalanmalı kumtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı ardalanması
		Kum, çakıl ve az şeyl ardalanması, Karbonifer ve Permian yaşlı bloklu, volkanik tuf katkılı
Çevlikkaya	50	Alacalı renkli ince tabakalı kum, kil, mil, marn, kiltası, çamurtaşı pelajik kireçtaşı ardalanması
		İnce tabakalı boz renkli kireçtaşı ve killi kireçtaşı
Kırtıldağı	350	Orta kalın tabakalı, kül renkli yer yer dolomitleşmiş kireçtaşı, siyah renkli şeyl
		Sarımsı beyaz, pembe kireçtaşı ara tabakalı kuvarslu kumtaşı
		Orta kalın tabakalı, kül renkli kireçtaşı
		Koyu kül renkli, bitümlü, mil kil ardalanması
		Kızıl renkli çapraz tabakalanmalı, çakıllı iri kum, kum
Korucuk	355	Çört yumruğu kireçtaşı, şeyl
		Kül renkli ince tabakalı, düzgün tabaklanmalı, bitki kırıntılı kireçtaşı ve kumtaşı ara düzeyli, kil, mil, kum ardalanması
		Sarımsı kül renkli, ince tabakalı bitki kırıntılı, kiltası, killi kireçtaşı
		Trilobitli, milli, kumlu, kirli sarı renkli orta tabakalı kireçtaşı
Kargıldere	350	Orta kalın tabakalı, koyu kül renkli, kumlu ara tabakalı kireçtaşı, orta kalın tabakalı çapraz tabakalanmalı kumtaşı ardalanması
		Orta kalın tabakalı, koyu kül renkli, kavkılı, kumlu kireçtaşı ara katkılı, siyahımsı/kahverengili, ince orta tabakalı, laminalı şeyl ve çamurtaşı

Çizelge B2. Taş ve taş tessera örneklemeleri

Yapı		Örnekler
Kiliseler	Kilise I	
	Kilise II	MBA-T27, MBA-Ts2**
	Kilise III	
	Kilise IV	
	Kilise V	MBA-T3, MBA-T4, MBA-T6, MBA-T7, MBA-T8
	Kilise VI	MBA-T12, MBA-T13, MBA-T14, MBA-T15, MBA-T16, MBA-T17, MBA-T22, MBA-T28, MBA-T29, MBA T35, MBA-T36, MBA-Ts1**
Sarnıç	MBA-T1*, MBA-T2*, MBA-T11, MBA-T31, MBA-T32	
Sur Duvarı	MBA-T25, MBA-T26	
Konut	MBA-T5, MBA-T18, MBA-T19, MBA-T20, MBA-T23, MBA-T24, MBA-T33, MBA-T34	
Mezarlık		
Ana Kaya	MBA-T2, MBA-T21, MBA-T30	
Bilinmeyen	MBA-T9, MBA-T10	

(\*) Kilise V'in sarnıcı (\*\*) Tessera örnekler

Çizelge B3. Tuğla/Kiremit örneklemeleri

Yapı		Örnekler
Kiliseler	Kilise I	
	Kilise II	
	Kilise III	
	Kilise IV	
	Kilise V	MBA-B5, MBA-B6, MBA-B7
	Kilise VI	
Sarnıç	MBA-B1, MBA-B2, MBA-B3, MBA-B8*, MBA-B9*, MBA-B20*	
Sur Duvarı	MBA-B21	
Konut	MBA-B4, MBA-B10, MBA-B 11, MBA-B 12, MBA-B13, MBA-B14, MBA-B15, MBA-B16, MBA-B 17, MBA-B 18, MBA-B25, MBA-B26	
Mezarlık	MBA-B24*	
Bilinmeyen	MBA-B19*	

(\*) Tuğla örnekler

Çizelge B4. Harç örneklemeleri

Yapı		Örnekler
Kiliseler	Kilise I	MBA-H6
	Kilise II	MBA-H33, MBA-H77, MBA-H78a, MBA-H78b, MBA-H79a, MBA-H79b
	Kilise III	MBA-H75
	Kilise IV	MBA-H76
	Kilise V	MBA-H4, MBA-H5a, MBA-H5b, MBA-H12
	Kilise VI	MBA-H18, MBA-H19, MBA-H20a, MBA-H20b, MBA-H20c, MBA-H21, MBA-H35, MBA-H72, MBA-H73
Sarnıç	MBA-H1, MBA-H7, MBA-H14, MBA-H15, MBA-H22, MBA-H23, MBA-H24, MBA-H29, MBA-H42a, MBA-H42b, MBA-H43, MBA-H44, MBA-H57, MBA-H62, MBA-H63, MBA-H66, MBA-H67, MBA-H68	
Sur Duvarı	MBA-H30, MBA-H31, MBA-H45	
Konut	MBA-H2, MBA-H3, MBA-H8, MBA-H9, MBA-H10, MBA-H11, MBA-H13, MBA-H16, MBA-H17, MBA-H25, MBA-H26, MBA-H27, MBA-H28, MBA-H32, MBA-H34, MBA-H36, MBA-H37, MBA-H38, MBA-H39, MBA-H40, MBA-H41, MBA-H46, MBA-H47, MBA-H48, MBA-H49, MBA-H52, MBA-H53, MBA-H56, MBA-H58, MBA-H59, MBA-H60, MBA-H64, MBA-H65, MBA-H69, MBA-H70, MBA-H71, MBA-H74	
Mezarlık	MBA-H50, MBA-H51, MBA-H55	
Bilinmeyen		

(\*) Siyah: Moloz dolgu, Kırmızı: Mozaik harç/harç tabakaları, Mavi: Derz harcı, Yeşil: Künk çevresinden



Çizelge B5. Sıva örneklemeleri

Yapı		Örnekler
Kiliseler	Kilise I	
	Kilise II	
	Kilise III	
	Kilise IV	MBA-S25
	Kilise V	MBA-S2, MBA-S3, MBA-S29
	Kilise VI	
Sarnıç	MBA-S1a, MBA-S1b, MBA-S4, MBA-S5, MBA-S6, MBA-S7, MBA-S8, MBA-S9, MBA-S10, MBA-S11, MBA-S16, MBA-S 17, MBA-S18, MBA-S19, MBA-S21, MBA-S23a, MBA-S23b, MBA-S26, MBA-S27, MBA-S28	
Sur Duvarı		
Konut	MBA-S22, MBA-S24	
Mezarlık	MBA-S13, MBA-S14, MBA-S15	
Bilinmeyen		

Çizelge B6. Taş örnekleri açıklamalar

Örnekler	Açıklamalar	Uygulama / İşlev
MBA-T1	Kilise V'in sarnıcı batı duvardan (3)	Duvar örgü
MBA-T2	Kilise V'in sarnıcı batı duvar altından (4)	Ana kaya
MBA-T3	Kilise V'i çevreleyen kuzey güney yönlü duvardan (7)	Moloz dolgu
MBA-T4	Kilise V'i çevreleyen kuzey güney yönlü duvardan (8)	Duvar örgü
MBA-T5	Kilise V'in kuzeyinde uzun yapının batı duvarından (10)	Moloz dolgu
MBA-T6	Kilise V'in doğu duvarının güneyinden (20)	Moloz döküntü
MBA-T7	Kilise V doğu duvarı güneyinden (22)	Kaplama? Opus sektile?
MBA-T8	Kilise V doğu duvarın güneyinden (23)	Kaplama? Opus sectile?
MBA-T9	Adanın doğu kıyısından merdivenli yolun üst kotundan (31)	Moloz döküntü
MBA-T10	Merdivenin üst kotundan duvar örgüden (34)	Moloz dolgu
MBA-T11	Kilise V'in kuzey doğusundaki sarnıçtan (40)	Duvar örgü
MBA-T12	Kilise VI'nın duvar örgüsünden (45)	Duvar örgü
MBA-T13	Kilise VI'nın duvar örgüsünden (46)	Moloz dolgu
MBA-T14	Kilise VI'nın duvar örgüsünden (47)	Moloz dolgu
MBA-T15	Kilise VI'nın duvarının moloz döküntüsünden (50)	Moloz döküntü
MBA-T16	Kilise VI'nın güney nef duvarından (52)	Duvar örgü
MBA-T17	Kilise VI'nın moloz döküntüsünden (55)	Opus sektile
MBA-T18	Kilise VI batısındaki yapının duvar örgüsünden (56)	Duvar örgü
MBA-T19	Kilise VI batısındaki yapının duvar örgüsünden (59)	Duvar örgü
MBA-T20	Kilise VI batısındaki yapının duvar örgüsünden (60)	Moloz dolgu
MBA-T21	Adanın doğusunda üst kottan ana kayadan (64)	Ana kayadan
MBA-T22	Kilise VI'nın tabanından (114)	Opus sektile
MBA-T23	Hatıllı mekanın moloz döküntüsünden (70)	Moloz döküntü
MBA-T24	Adanın kuzeydoğusundaki sarnıç yakınından (72)	Moloz döküntü
MBA-T25	Adanın kuzeyindeki sur duvarından (78)	Duvar örgü
MBA-T26	Adanın kuzeyindeki sur duvarından (79)	Duvar örgü
MBA-T27	Kilise II'nin duvar örgüsünden (83)	Moloz dolgu
MBA-T28	Kilise VI'dan opus sektile (87a)	Duvar örgü
MBA-T29	Kilise VI'dan opus sektile (87b)	Duvar örgü
MBA-T30	Merdivenli yolun başlangıcındaki yapıdaki ana kayadan (90)	Ana kaya
MBA-T31	Adanın güneybatı ucundaki ST024 nolu sarnıçtan büyük blok (100)	Duvar örgü
MBA-T32	Adanın güneybatı ucundaki ST024 nolu sarnıçtan (101)	Duvar örgü
MBA-T33	Adanın güney ucundaki mekandan (109)	Duvar örgü
MBA-T34	Adanın güney ucundaki mekandan (110)	Moloz döküntü
MBA-T35	Kilise VI'nın apsis civarından döküntüden (273)	Moloz döküntü
MBA-T36	Kilise VI'dan döküntüden (275)	Moloz döküntü

Çizelge B7. Taş tessera örnekleri açıklamalar

Örnekler	Açıklamalar	İşlev
MBA-Ts1	Kilise VI'dan (53)	Tessera
MBA-Ts2	Kilise II, orta nef kuzey duvarının döküntüsünden (285)	Tessera

Çizelge B8. Toprak örnekleri açıklamalar

Örnekler	Açıklamalar	Malzeme Türü
MBA-D1	Kilise V'i çevreleyen kuzey güney yönlü duvarın kuzey ucundan (12)	Toprak
MBA-D2	Adanın kuzey ucundan (49)	Toprak
MBA-D3	Adanın kuzeydoğu ucundaki sarnıç yakınından (74)	Toprak
MBA-D4	Adanın güneybatı ucundaki ST024 nolu sarnıcın içinden (97)	Toprak

Çizelge B9. Kaynak suyu örnekleri açıklamalar

Örnekler	Açıklamalar	Malzeme Türü
MBA-W1	Boğsak köyünün doğusundaki doğal kaynaktan	Kaynak Suyu
MBA-W2	Boğsak köyü içindeki doğal kaynaktan	Kaynak Suyu

Çizelge B10. Tuğla/Kiremit örnekleri açıklamalar

Örnekler	Açıklamalar	Türü	Uygulama / İşlev
MBA-B1	Kilise V'in sarnıcının kuzey duvarının dış cephesinden (5)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B2	Kilise V'in sarnıcının kuzey duvarının dış cephesinden (5)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B3	Kilise V'in sarnıcının kuzey duvarının dış cephesinden (5)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B4	Kilise V'in kuzeyinde uzun yapının batı duvarından (11)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B5	Kilise V'in kuzey cephe tabanından (13)	Kiremit	Moloz döküntü
MBA-B6	Kilise V'in kuzey cephe tabanından (14)	Kiremit	Moloz döküntü
MBA-B7	Kilise V'in kuzey cephe tabanından (15)	Kiremit	Moloz döküntü
MBA-B8	Kilise I'in doğusundaki sarnıçtan (30 x ? x 4,5 cm) (25)	Tuğla	Duvar örgü
MBA-B9	Kilise I'in doğusundaki sarnıçtan kalın tuğla (30 x ? x 4,5 cm) (25)	Tuğla	Duvar örgü
MBA-B10	Merdivenin üst kotundan (32)	Kiremit	Moloz döküntü
MBA-B11	Kilise V'in kuzeydoğusundaki ST002 nolu sarnıcın alt kotundan (43)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B12	Kilise V'in kuzeydoğusundaki ST002 nolu sarnıcın alt kotundan (43)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B13	Kilise V'in kuzeydoğusundaki ST002 nolu sarnıcın alt kotundan (43)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B14	Kilise V'in kuzeydoğusundaki ST002 nolu sarnıcın alt kotundan (43)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B15	Kilise VI'nın doğusundaki yapının duvar örgüsünden (58)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B16	Kilise VI'nın doğusundaki yapının duvar örgüsünden (58)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B17	Kilise VI'nın doğusundaki yapının duvar örgüsünden (58)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B18	Kilise VI'nın doğusundaki yapının duvar örgüsünden (58)	Kiremit	Derz dolgusu
MBA-B19	Adanın kuzeydoğu ucundan (71)	Tuğla	Moloz döküntü
MBA-B20	Adanın güneybatı ucundaki ST024 nolu sarnıçtan (104)	Tuğla	Duvar örgü
MBA-B21	Adanın güney ucundaki mekandan (108)	Kiremit	Moloz dolgu
MBA-B24	Mezarın? batı duvarındaki tuğla örgüden (127)	Tuğla	Duvar örgü
MBA-B25	ST020 nolu sarnıç içinden (140)	Tuğla	Duvar örgü
MBA-B26	ST020 nolu sarnıç içinden (140)	Tuğla	Duvar örgü

Çizelge B11 Harç örnekleri açıklamalar

Örnekler	Açıklamalar	Uygulama / İşlev
MBA-H1	Kilise V'in sarnıcının batı duvarından (2)	Moloz dolgu
MBA-H2	Kilise V'i çevreleyen kuzey-güney yönlü duvardan (6)	Moloz dolgu
MBA-H3	Kilise V'in kuzeyinde uzun yapının batı duvarından (9)	Moloz dolgu
MBA-H4	Kilise V'in doğu duvarından (18)	Moloz dolgu
MBA-H5a	Kilise V'in doğu duvarın güneyinden yatak harcı (üst tabaka) (21)	Mozaik harcı
MBA-H5b	Kilise V'in doğu duvarın güneyinden yatak harcı (alt tabaka) (21)	Mozaik harcı
MBA-H6	Kilise I'in doğu duvarının iç apsisisden (24)	Moloz dolgu
MBA-H7	Kilise I'in doğusundaki sarnıçtan (26)	Moloz dolgu
MBA-H8	Kilise I'in alt kotundan (28)	Moloz dolgu
MBA-H9	Kilise I'in alt kotu yol tarafındaki duvardan (29)	Moloz dolgu
MBA-H10	Adanın doğu kıyısından merdivenli yolun üst kotundan (30)	Moloz dolgu
MBA-H11	Merdivenin üst kotundaki duvardan (33)	Moloz dolgu
MBA-H12	Kilise V'in kubbesinden (35)	Moloz dolgu
MBA-H13	Kilise V'in yamacındaki sarnıcın üst kotundan (36)	Moloz dolgu
MBA-H14	Kilise V'in alt kotundaki sarnıçtan (38)	Moloz dolgu
MBA-H15	Kilise V'in kuzey doğusundaki sarnıçtan (39)	Moloz dolgu
MBA-H16	Kilise V'in kuzey doğusundaki sarnıcın alt kotundan (42)	Moloz dolgu
MBA-H17	Kilise VI'daki mozaik tabandan ST002 nolu sarnıcın alt kotundan (44)	Moloz dolgu
MBA-H18	Kilise VI'nın duvar örgüsünden (48)	Moloz dolgu
MBA-H19	Kilise VI güney nef duvarından (51)	Moloz dolgu
MBA-H20a	Kilise VI'daki mozaik tabanın üst tabaka yatak harcı (54)	Mozaik harcı
MBA-H20b	Kilise VI'daki mozaik tabandan 4-6 cm kalınlıklı ara kat (nucleus) harcı (54)	Mozaik harcı
MBA-H20c	Kilise VI'daki mozaik tabandan 6-10 cm kalınlıklı alt kat (rudus) harcı (54)	Mozaik harcı
MBA-H21	Kilise VI'nın batısındaki duvar örgüden moloz dolgu harcı (57)	Moloz dolgu
MBA-H22	Adanın doğusu üst kattaki evin küçük sarnıcının güney duvarından (62)	Moloz dolgu
MBA-H23	Adanın doğusu üst kattaki evin küçük sarnıcının batı duvarından (63)	Moloz dolgu
MBA-H24	Adanın doğusu üst kattaki evin küçük sarnıcının güney duvarından (65)	Moloz dolgu
MBA-H25	Adanın doğu kıyısının üst kotundaki yapıdan (66)	Moloz dolgu
MBA-H26	Kilise VI'nın batısındaki yapıdan (67)	Moloz dolgu
MBA-H27	Kilise VI'nın kuzeyindeki hatıllı mekandan (68)	Moloz dolgu
MBA-H28	Kilise VI'nın kuzeyindeki hatıllı mekanın alt kotundan (69)	Moloz dolgu
MBA-H29	Adanın kuzey ucundaki sarnıçtan (76)	Moloz dolgu
MBA-H30	Adanın kuzeyindeki sur duvarından (80)	Moloz dolgu
MBA-H31	Adanın kuzeyindeki sur duvarından (81)	Moloz dolgu
MBA-H32	Adanın kuzeyindeki sur duvarının üst kotundan (82)	Moloz dolgu
MBA-H33	Kilise II'nin duvarından (84)	Moloz dolgu
MBA-H34	Kilise II'nin üst kotundaki mekandan (85)	Moloz dolgu
MBA-H35	Kilise VI'daki opus sectilenin yatak harcı (86)	Mozaik harcı
MBA-H36	ST001 nolu kemerli yapıdan (88)	Moloz dolgu
MBA-H37	Yolun başlangıcındaki yapıdan (89)	Moloz dolgu
MBA-H38	Yolun başlangıcındaki yapının alt kotundaki yapıdan (91)	Moloz dolgu
MBA-H39	Merdiven çıkışının sağ tarafındaki duvar örgüden (92)	Moloz dolgu
MBA-H40	Merdivenin sonundaki yapıdan (96)	Moloz dolgu
MBA-H41	Adanın güneybatı ucundaki ST024 nolu sarnıcın önündeki duvardan (98)	Moloz dolgu
MBA-H42a	Adanın güneybatı ucundaki ST024 nolu sarnıçtan (99)	Derz harcı?
MBA-H42b	Adanın güneybatı ucundaki ST024 nolu sarnıçtan (99)	Derz harcı?
MBA-H43	Adanın güneybatı ucundaki ST024 yapının üst kısımdaki tonozdan (103)	Moloz dolgu
MBA-H44	Adanın güneybatı ucundaki ST024 nolu yapının girişindeki döküntüden tuğla derz harcı (105)	Derz harcı
MBA-H45	Adanın güney ucundaki sur duvarından (107)	Moloz dolgu
MBA-H46	Adanın güney ucundaki yapıdan (111)	Moloz dolgu
MBA-H47	Adanın güneybatısındaki sarnıcın üst kotundaki yapıdan (112)	Moloz dolgu
MBA-H48	Adanın güneybatı ucunun en alt kotundaki duvardan (113)	Moloz dolgu
MBA-H49	ST002 nolu yapının dış cephesindeki künk çevresi dolgu harcı (44)	Dolgu harcı
MBA-H50	Mezarlıktaki yapının tonozu içinden (121)	Moloz dolgu
MBA-H51	TM090 nolu mezara ait tonoz içinden (122)	Moloz dolgu
MBA-H52	ST001 no'lu yapının U3 ve U4 birimlerine ait kuzeydoğu yönündeki duvarından ünitelerin birleştiği noktadan (123)	Moloz dolgu
MBA-H53	ST002 no'lu yapının U4 birimindeki güneybatı duvarından (124)	Moloz dolgu

Çizelge B11. Harç örnekleri açıklamalar (devam)

Örnekler	Açıklamalar	Uygulama / İşlev
MBA-H55	Mezarın? batı duvarındaki tuğla örgüden (126)	Moloz dolgu
MBA-H56	ST007 nolu yapının kuzeybatı duvarının dışından (128)	Moloz dolgu
MBA-H57	ST003 nolu sarnıcın duvarından (129)	Moloz dolgu
MBA-H58	Adanın kuzeydoğusundaki "hafifletme kemeri" olan yapının doğu duvarındaki kapatılmış pencerenin sağ üst köşesinden (132)	Moloz dolgu
MBA-H59	Adanın kuzeydoğusundaki "hafifletme kemeri" olan yapının kuzey duvarındaki kemerli pencerenin parapetinin altındaki duvardan (134)	Moloz dolgu
MBA-H60	Adanın kuzeydoğusundaki "hafifletme kemeri" olan yapının kuzey duvarında kemerin içinden (135)	Moloz dolgu
MBA-H62	ST017'nin güneydoğu duvarından (138)	Moloz dolgu
MBA-H63	ST020 nolu sarnıç içinden alınan tuğla arası derz harcı (140)	Derz harcı
MBA-H64	ST021 nolu yapının kuzeydoğu duvarından derz harcı (141)	Derz harcı
MBA-H65	ST024 nolu yapının batısındaki küçük birimlerin kuzeybatıdan ikinci mekanından (144b)	Taban döşeme harcı
MBA-H66	ST023 nolu sarnıcın güneydoğu duvarından (240)	Derz harcı
MBA-H67	ST023 nolu sarnıcın kuzeydoğu duvarından (241)	Moloz dolgu
MBA-H68	ST023 nolu sarnıcın güneydoğu duvarı düzgün kesme taş derzi (242)	Derz harcı
MBA-H69	ST029 nolu yapının duvarından kabarık derz harcı (257)	Kabarık derz harcı
MBA-H70	ST029 nolu yapının duvarından (258)	Moloz dolgu
MBA-H71	ST030 nolu yapıdan derz harcı (260)	Derz harcı
MBA-H72	Kilise VI'nın opus sectile yatak harcı (?) döküntüsü (274)	Mozaik harcı
MBA-H73	Kilise VI'nın doğu duvarı önünden taban harcı (rudus?) (276)	Mozaik harcı?
MBA-H74	Adanın doğusundaki merdivenin sona erdiği yerdeki yapıdan (278)	Moloz dolgu
MBA-H75	Kilise III'ün apsis duvarından (280)	Moloz dolgu
MBA-H76	Kilise IV'ün apsis duvarından (281)	Moloz dolgu
MBA-H77	Kilise II, orta nef kuzey duvarı önünden tessera yatak harcı (285)	Mozaik harcı
MBA-H78a	Kilise II, orta nef kuzey duvarı önünden tessera yatak harcı (286a)	Mozaik harcı
MBA-H78b	Kilise II, orta nef kuzey duvarı önünden mozaik harcı (nucleus) (286b)	Mozaik harcı
MBA-H79a	Kilise II, moloz döküntüden tessera yatak harcı (287a)	Mozaik harcı
MBA-H79b	Kilise II, moloz döküntüden mozaik harcı (nucleus) (287b)	Mozaik harcı

Çizelge B12. Sıva örnekleri açıklamalar

Örnekler	Açıklamalar	Uygulama / İşlev
MBA-S1a	Kilise V'in sarnıcının kuzey duvarından (1)	Duvar üst kat sıva
MBA-S1b	Kilise V'in sarnıcının kuzey duvarından (1)	Duvar alt kat sıva
MBA-S2	Kilise V'in kuzey köşesindeki niş üstünden (16)	Niş sıvası
MBA-S3	Kilise V'in kuzey köşe, niş içinden (17)	Niş sıvası
MBA-S4	Kilise I'in doğusundaki sarnıçtan (27)	Sarnıç sıvası
MBA-S5	Kilise V'in alt kotundaki sarnıçtan (37)	Sarnıç sıvası
MBA-S6	Kilise V'in kuzey doğusundaki sarnıcın içinden (41)	Sarnıç sıvası
MBA-S7	Adanın doğusu üst kottaki evin küçük sarnıcının güney duvarından (61)	Sarnıç sıvası
MBA-S8	Adanın kuzey ucundaki sarnıçtan (75)	Sarnıç sıvası
MBA-S9	Adanın kuzey ucundaki sarnıçtan (77)	Sarnıç sıvası
MBA-S10	Adanın güneybatı ucundaki ST024 nolu sarnıçtan (102)	Sarnıç sıvası
MBA-S11	Adanın güneybatı ucundaki ST024 nolu sarnıcın üst katından (106)	Sarnıç sıvası
MBA-S12	FSK13-03 nolu yapının kuzey duvarı dış cephesinden	Sıva
MBA-S13	TM083 nolu mezarın kuzey duvarı dış cephesinden (118)	Sıva
MBA-S14	TM038 nolu mezarın güneydoğu duvarı dış cephesinden (119)	Sıva
MBA-S15	TM041 nolu mezarın içinden (120)	Sıva
MBA-S16	ST003'e bağlı sarnıcın içinden (130)	Sarnıç sıvası
MBA-S17	ST005 ve ST006 nolu yapılar arasındaki sarnıcın iç duvarından (131)	Sarnıç sıvası
MBA-S18	ST005 ve ST006 nolu yapılar arasındaki sarnıç dış duvarından (133)	Sıva
MBA-S19	ST006'ya ait U1 kodlu mekanın alt katı içinden (136)	Sıva
MBA-S20	ST019 nolu kesme taş cepheli sarnıç içinden (139)	Sarnıç sıvası
MBA-S22	ST024 nolu sarnıcın batısındaki küçük birimlerin kuzeyden ikinci mekanının kuzeybatı duvarından (144a)	Sıva
MBA-S23a	ST023 nolu sarnıcın güneydoğu duvarından üst kat (238)	Sarnıç sıvası üst kat
MBA-S23b	ST023 nolu sarnıç yapısının güneydoğu duvarından alt kat (239)	Sarnıç sıvası alt kat
MBA-S24	ST030 nolu yapının kemer ayağı üzerinden (259)	Sıva
MBA-S25	Kilise IV'ün duvarından (261)	Sıva
MBA-S26	ST033 nolu sarnıcın doğu duvarından (262)	Sarnıç sıvası
MBA-S27	ST033 nolu sarnıcın kuzey duvarından (263)	Sarnıç sıvası
MBA-S28	ST034 nolu sarnıcın güneyden ikinci duvarından (264)	Sarnıç sıvası
MBA-S29	Kilise V'in batı tonozu içinden (279)	Tonoz içi sıva

Çizelge B13. Metal örnekleri açıklamalar

Örnekler	Açıklamalar	Türü
MBA-M1	Adanın kuzeydoğu ucundaki sarnıcın yakınından (73)	Metal curuf
MBA-M2	Kilise I'in doğusundan, yola düşmüş sütun parçası içinden (93)	Kenet
MBA-M3	ST025 nolu yapının doğu duvarı, niş altı derz arasından (243)	Çivi

Çizelge B14. Boğsak Adası taş örnekleri su emme kapasiteleri ve gözeneklilik verileri

Örnekler	BHA-Doygun (g/cm <sup>3</sup> )	BHA-Kuru (g/cm <sup>3</sup> )	SEK (%)	P (%)	SH	Kayaç Türü
MBA-T1	2,71	2,70	0,23	0,62	-	Mikritik Kireçtaşı
MBA-T2	2,72	2,71	0,13	0,37	26,8	Mikritik Kireçtaşı
MBA-T3	2,72	2,68	0,55	1,49	27,6	Mikritik Kireçtaşı
MBA-T4	2,26	2,24	0,50	1,13	-	Rekristalize Kireçtaşı
MBA-T5	2,50	1,76	16,82	29,62	-	Biyomikritik Kireçtaşı
MBA-T6	2,73	2,66	0,85	2,25	30,8	Mermer
MBA-T7	2,76	2,68	1,02	2,73	-	Rekristalize Kireçtaşı
MBA-T8	2,77	2,70	0,90	2,43	-	Mermer
MBA-T9	2,38	1,69	16,95	28,71	-	Biyosparitik Kireçtaşı
MBA-T10	2,72	2,65	0,87	2,32	-	Mikritik Kireçtaşı
MBA-T11	2,66	2,54	1,85	4,68	23,8	Mikritik Kireçtaşı
MBA-T12	2,97	2,88	1,01	2,90	-	Diabaz
MBA-T13	2,74	2,67	0,98	2,61	24,4	Biyosparitik Kireçtaşı
MBA-T14	2,54	1,94	12,30	23,83	-	Kumtaşı
MBA-T15	2,72	2,69	0,51	1,36	-	Mermer
MBA-T16	2,40	2,40	0,14	0,33	-	Skoria Bazalt
MBA-T17	2,54	2,35	3,15	7,42	22,4	Gösel Kireçtaşı
MBA-T18	2,72	2,71	0,01	0,02	-	Mermer
MBA-T19	2,76	2,74	0,24	0,65	21,8	Mikritik Kireçtaşı
MBA-T20	2,71	2,61	1,39	3,63	-	Olivin Bazalt
MBA-T21	2,69	2,67	0,33	0,88	26,2	Rekristalize Kireçtaşı
MBA-T22	2,68	2,58	1,43	3,69	-	Gösel Kireçtaşı
MBA-T23	2,68	2,58	1,43	3,69	-	Granodiyorit
MBA-T25	2,59	2,47	1,96	4,82	23,6	Sedimanter Kuvarsit
MBA-T26	2,59	2,51	1,28	3,21	-	Sedimanter Kuvarsit
MBA-T28	2,69	2,52	2,37	5,98	-	Biyosparitik Kireçtaşı
MBA-T29	2,70	2,66	0,61	1,62	-	Rekristalize Kireçtaşı
MBA-T30	2,71	2,69	0,18	0,48	24,0	Mikritik Kireçtaşı
MBA-T31	2,42	2,28	2,53	5,77	21,2	Mikritik Kireçtaşı
MBA-T32	2,58	2,48	1,58	3,92	-	Rekristalize Kireçtaşı
MBA-T33	2,65	2,59	0,78	2,03	26,2	Rekristalize Kireçtaşı
MBA-T34	2,72	2,70	0,26	0,69	29,6	Mermer
MBA-T35	2,69	2,66	0,43	1,15	-	Serpantinleşmiş Hajburzit
MBA-T36	2,26	1,95	7,05	13,72	-	Ojit Andezit
<b>Kireçtaşı Ort.</b>	<b>2,63</b>	<b>2,49</b>	<b>2,72</b>	<b>5,42</b>	<b>24,44</b>	<b>Kireçtaşı Ort.</b>
<b>Mermer Ort.</b>	<b>2,73</b>	<b>2,69</b>	<b>0,50</b>	<b>1,35</b>	<b>30,20</b>	<b>Mermer Ort.</b>

Çizelge B15. Taş ve taş tessera örneklerinde PED-XRF analizi sonuçları

Element	Conc.	MBA-Ts1	MBA-T1	MBA-T2	MBA-T4	MBA-T5	MBA-T6	MBA-T7	
Na <sub>2</sub> O	%	0,079	0,088	0,090	0,088	0,084	0,110	0,089	
MgO		0,021	0,025	0,025	0,027	0,692	0,028	0,029	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,117	0,140	0,091	0,592	0,904	0,031	1,04	
SiO <sub>2</sub>		0,292	0,430	0,271	1,57	3,37	0,177	1,63	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,050	0,060	0,005	0,007	0,045	0,005	0,007	
SO <sub>3</sub>		0,008	0,008	0,024	0,079	0,121	0,002	0,002	
Cl		0,027	0,027	0,045	0,030	0,021	0,019	0,012	
K <sub>2</sub> O		0,007	0,008	0,007	0,085	0,123	0,007	0,009	
CaO		53,67	59,74	58,29	57,17	55,12	54,01	58,73	
TiO <sub>2</sub>		0,002	0,009	0,002	0,044	0,056	0,002	0,059	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,002	0,002	0,002	0,026	0,004	0,002	0,002	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,002	0,004	0,002	0,006	0,016	0,001	0,005	
MnO		0,004	0,003	0,002	0,007	0,015	0,001	0,010	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,030	0,051	0,024	1,69	0,487	0,006	0,709	
LOI*		45,38	39,24	41,87	38,64	38,64	45,83	37,36	
Co		ppm	4,1	4,1	3,6	16	17,8	3	15,4
Ni			3,8	4,3	4,2	25,1	3,1	3,7	79,8
Cu	1,3		1,4	1,6	8	1,6	1,5	1,5	
Zn	2		6,5	3	164,5	6,5	1,1	8,3	
Ga	2,1		3,4	2,1	1,1	2	2,1	3	
Ge	0,6		0,7	0,7	0,8	0,8	0,6	0,7	
As	0,6		0,7	0,8	14,3	3,1	0,5	1,1	
Se	0,4		0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	
Br	2,5		1,6	1,4	2,6	11	0,7	1,3	
Rb	1		1	0,5	3,7	4,5	0,3	2,3	
Sr	79,3		142,7	136,1	182,8	926,1	133,8	162,3	
Y	2		0,7	0,7	1	6,8	0,7	3,1	
Zr	5,9		5,9	6	11,1	13,6	5,4	9,3	
Nb	3,5		3,7	3,8	3,7	4	3,4	3,4	
Mo	6,2		3,1	3,5	8,4	4,3	3,2	3,3	
Cd	0,6		0,5	1	0,8	1	0,9	1	
In	0,9		0,9	1	1	0,9	0,9	0,9	
Sn	1		0,9	2,2	1,2	1,1	1,5	1,1	
Sb	1		2,1	1,1	1,2	1	1,8	1,1	
Te	1,2		1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
I	2,8		3,7	1,9	2,4	14,3	2,2	2,2	
Cs	3,6		3,8	4	3,9	3,7	3,7	3,8	
Ba	11,8		5,5	12,7	22,5	28,8	5,4	15,8	
La	13,6		7,6	8,3	9,8	13,4	7,7	13,5	
Ce	9,8		17,5	26,2	11	10	10	10	
Hf	4,3		4,6	4,5	5,3	4,5	4,4	4,7	
Ta	3,4		3,2	3,5	5,1	3,8	3,3	4,7	
W	3,7		2,8	3,8	5,8	3,9	3,5	4,7	
Hg	1,1		1,2	1,3	1,6	1,4	1,1	1,4	
Tl	1		1,2	1,1	2,1	1,4	1,1	1,3	
Pb	4,3	6,7	7,2	118,8	5,8	2	7		
Bi	0,9	1	1	1,4	1,1	0,9	1		
Th	2	2,4	2	0,8	2,3	1,4	0,6		
U	8,7	11	12	11	14,7	8,9	11		

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

Çizelge B15. Taş örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-T8	MBA-T11	MBA-T12	MBA-T13	MBA-T15	MBA-T16
Na <sub>2</sub> O	%	0,100	0,078	1,17	0,050	0,100	1,10
MgO		1,10	0,020	7,40	0,228	0,032	2,77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2,36	0,154	12,50	4,31	0,048	12,43
SiO <sub>2</sub>		10,72	0,502	56,11	6,551	0,231	49,10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,051	0,019	0,103	0,045	0,005	0,148
SO <sub>3</sub>		0,002	0,069	0,099	0,051	0,007	0,001
Cl		0,020	0,023	0,063	0,163	0,054	0,017
K <sub>2</sub> O		0,464	0,007	0,200	0,375	0,007	3,44
CaO		48,62	59,92	11,10	51,49	54,92	0,547
TiO <sub>2</sub>		0,103	0,008	0,741	0,357	0,002	0,792
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,004	0,002	0,046	0,006	0,002	0,030
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,044	0,004	0,024	0,007	0,001	0,019
MnO		0,403	0,003	0,163	0,009	0,001	0,038
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		3,22	0,072	9,83	2,17	0,008	8,22
LOI*		32,75	39,45	0,73	34,77	44,83	21,85
Co	ppm	26	4,5	80	16,2	3,6	42,8
Ni		32,9	4,2	48,7	32,9	3,8	46,1
Cu		49,5	1,5	61,2	7,2	1,6	2,1
Zn		38,3	0,9	53,7	46,2	1,4	58,5
Ga		3,5	2,3	15,2	6,5	1,4	28,1
Ge		0,8	0,7	1,2	0,5	0,7	1,3
As		10,5	0,6	1	7,8	0,6	0,8
Se		0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,4
Br		0,5	1,5	0,8	6,3	1,3	0,4
Rb		15,1	0,8	1,1	21,5	0,4	144,2
Sr		467,5	53,6	122,8	90,8	216,5	60,2
Y		10,3	0,8	19,4	19,1	0,7	35
Zr		18,9	4,9	60	56,6	6,7	244,8
Nb		3,8	3,4	4	8,3	3,5	18,2
Mo		8,3	4,4	3,5	4	3,2	3,3
Cd		1,1	1	1	2,5	1	1
In		1	0,9	0,9	1	1	1
Sn		1	1,1	1	1,6	1	5,6
Sb		1,1	1	0,9	1	1	1,1
Te		1,4	1,3	1,2	1,3	2	1,6
I		2,3	3,5	1,9	2,1	2,3	2,7
Cs		3,9	3,7	3,7	3,6	3,8	9,9
Ba		57,2	5,4	47,4	37,9	7,8	384,4
La		29,4	10,8	8,2	35,3	7,7	55,6
Ce		19,4	12,2	10	38,4	10	118,8
Hf		7	4,6	4	3	4,3	4,5
Ta		8	3,8	5,5	3,1	3,5	3,8
W		4,8	3,2	2,8	2,8	3,5	4,3
Hg	1,8	1,3	0,9	0,9	1,2	1,3	
Tl	1,8	1,2	0,9	0,5	1,2	1,5	
Pb	11,5	2,3	2,5	12,8	2,7	5,8	
Bi	1,2	1	0,6	0,7	1	1	
Th	2,9	2	0,8	5,5	1,5	14,7	
U	11	9,5	33,1	14,9	10	8,7	

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



Çizelge B15. Taş örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-T17	MBA-T18	MBA-T20	MBA-T21	MBA-T22	MBA-T23
Na <sub>2</sub> O	%	0,079	0,110	1,27	0,088	0,081	1,75
MgO		0,021	0,050	4,60	0,026	0,02	1,68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,187	0,043	12,59	0,405	1,08	9,02
SiO <sub>2</sub>		0,518	0,247	35,60	0,860	2,42	42,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,080	0,047	0,404	0,027	0,073	0,446
SO <sub>3</sub>		0,016	0,002	0,079	0,006	0,017	0,043
Cl		0,023	0,023	0,024	0,026	0,022	0,038
K <sub>2</sub> O		0,007	0,007	0,893	0,066	0,136	2,77
CaO		60,13	54,96	12,48	53,81	59,35	3,46
TiO <sub>2</sub>		0,003	0,002	1,66	0,025	0,077	0,439
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,003	0,002	0,033	0,002	0,002	0,013
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,005	0,001	0,037	0,003	0,004	0,008
MnO		0,005	0,004	0,146	0,004	0,006	0,075
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,123	0,017	11,08	0,217	0,612	3,78
LOI*		38,56	44,63	19,74	44,88	36,77	34,77
Co		ppm	5,4	3,4	101	8,9	10
Ni	4,1		4	141,1	3,7	6,6	18,9
Cu	1,6		1,5	51,3	1,3	1,1	50,2
Zn	4		19,4	68,2	22	7,2	39,5
Ga	2,4		1,8	18,7	2	2,4	19,3
Ge	0,7		0,6	0,5	0,6	0,7	0,7
As	0,5		0,6	0,7	0,9	1,1	1,5
Se	0,5		0,4	0,5	0,5	0,5	0,4
Br	3,3		0,9	0,9	1,1	2,9	0,4
Rb	0,7		0,7	7,6	2,7	6,7	142,7
Sr	62,1		233,3	576,5	161,3	36,8	577,6
Y	1,7		7,2	15,9	0,7	8,5	17,8
Zr	5,4		6,9	132,6	6	14	370,9
Nb	3,7		4	16,7	3,3	4,2	19,5
Mo	3,4		3,3	3,2	3,2	3,4	5
Cd	1		1	1	1	1,1	0,8
In	1		1	0,9	0,9	1	0,9
Sn	1		1	1,1	1,1	1,1	2,6
Sb	1		1,1	1	1	1,1	0,9
Te	1,2		1,4	1,4	1,3	1,4	1,4
I	2,3		5,2	2	2,2	8,4	2,5
Cs	4,7		9,1	4,6	3,6	4,6	4,3
Ba	12,8		16,7	182,2	10,4	13,4	900,9
La	7,6		7,7	24,7	7,5	7,8	81,9
Ce	10		10,9	51,1	10	12,4	155,8
Hf	4,7		4,3	7,1	4,6	5,2	4,8
Ta	3,7		3,5	8,3	3,6	4,4	6,2
W	4		3,6	5,7	3,7	3,9	3,4
Hg	1,2		1,2	1,6	1,2	1,3	1,1
Tl	1,3		0,8	1,7	1,3	1,3	0,9
Pb	4,8	3,2	2,7	11,2	5,1	37,2	
Bi	1	1	1,1	1	1,1	0,9	
Th	1,9	1,6	1,5	0,8	1,8	25,6	
U	18,5	15,2	10	9,8	11	7,2	

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

Çizelge B15. Taş örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-T25	MBA-T27	MBA-T28	MBA-T29	MBA-T30	MBA-T32	
Na <sub>2</sub> O	%	0,094	0,130	0,045	0,055	0,170	0,083	
MgO		0,363	0,153	0,012	0,335	0,050	0,025	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		3,72	0,011	0,170	0,260	0,681	0,101	
SiO <sub>2</sub>		63,16	0,489	0,510	1,09	1,42	0,612	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,002	0,005	0,012	0,003	0,009	0,039	
SO <sub>3</sub>		0,071	0,002	0,003	0,004	0,016	0,129	
Cl		0,103	0,032	0,029	0,020	0,041	0,052	
K <sub>2</sub> O		3,03	0,007	0,004	0,005	0,016	0,007	
CaO		0,275	60,32	63,23	58,40	45,40	57,34	
TiO <sub>2</sub>		0,157	0,003	0,005	0,008	0,061	0,005	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,023	0,002	0,001	0,001	0,005	0,002	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,194	0,005	0,001	0,002	0,001	0,001	
MnO		0,003	0,009	0,005	0,003	0,001	0,003	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,977	0,033	0,154	0,051	0,001	0,037	
LOI*		27,74	38,70	35,82	39,82	52,59	41,75	
Co		ppm	8,8	6,5	6,5	2,7	3	3,7
Ni			7,9	4,4	2,3	2,3	1	3,7
Cu	4,9		1,5	0,9	1	1	1,4	
Zn	14,2		3,3	0,5	0,9	1	0,8	
Ga	4,5		1,4	2,3	0,7	1	1,2	
Ge	0,8		0,7	0,5	0,4	1	0,4	
As	0,6		0,7	0,4	0,4	1	0,8	
Se	0,3		0,5	0,3	0,3	1	0,4	
Br	0,6		0,4	1,2	1,1	1	4,7	
Rb	26,4		0,9	0,9	1,5	1	1	
Sr	44,2		179,6	50	495,4	24	110,2	
Y	6,1		2	0,7	0,4	1	0,7	
Zr	131,5		6,3	5,3	7,3	11	6,3	
Nb	6,6		3,7	3,9	3,2	7,5	4	
Mo	7,2		3,9	3,4	4,4	7,1	3,7	
Cd	0,8		1	1,1	0,8	1,8	0,7	
In	0,8		1	0,9	0,9	1,8	1	
Sn	1,1		1	1,1	0,9	2,1	1,1	
Sb	0,9		1	2,1	1	2	1,1	
Te	1,4		1,3	1,2	1,1	2,4	1,4	
I	2		2,3	2	2,8	4,1	2,4	
Cs	4		3,7	3,4	5,8	6,4	3,8	
Ba	290,6		5,6	10,9	24,8	10,2	5,6	
La	16,2		13,8	19,3	19,8	20,9	12,4	
Ce	24		10	10	9,9	23	16,2	
Hf	2,4		4,7	2,8	2,9	3	3,6	
Ta	2,8		3,6	2,4	2,1	3	3,6	
W	2,5		3	2,3	2,1	2	3,7	
Hg	0,9		1,8	1,8	0,8	2	1,1	
Tl	0,8		1	1,1	1,4	2	1,4	
Pb	7	6,2	2,9	1,4	2	2,4		
Bi	0,7	1	0,7	0,7	2	1		
Th	2,2	2,2	1,6	1,7	2	1		
U	6,8	10	10,7	10	21	10		

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

Çizelge B15. Taş örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-T33	MBA-T34	MBA-T35	MBA-T36	Kireçtaşı Ort.	Mermer Ort.	
Na <sub>2</sub> O	%	0,085	0,110	0,040	1,880	<b>0,095</b>	<b>0,108</b>	
MgO		0,022	0,495	29,88	1,798	<b>0,087</b>	<b>0,151</b>	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,133	0,130	0,006	12,36	<b>0,351</b>	<b>0,063</b>	
SiO <sub>2</sub>		0,360	0,423	33,16	57,52	<b>0,947</b>	<b>0,269</b>	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,020	0,005	0,002	0,205	<b>0,029</b>	<b>0,015</b>	
SO <sub>3</sub>		0,122	0,002	0,117	0,028	<b>0,046</b>	<b>0,003</b>	
Cl		0,042	0,034	0,099	0,060	<b>0,031</b>	<b>0,033</b>	
K <sub>2</sub> O		0,007	0,008	0,131	3,296	<b>0,027</b>	<b>0,007</b>	
CaO		56,91	57,60	0,792	4,33	<b>56,66</b>	<b>55,37</b>	
TiO <sub>2</sub>		0,006	0,008	0,013	0,451	<b>0,022</b>	<b>0,003</b>	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,002	0,002	0,001	0,013	<b>0,004</b>	<b>0,002</b>	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,004	0,004	0,337	0,004	<b>0,005</b>	<b>0,002</b>	
MnO		0,004	0,002	0,123	0,066	<b>0,005</b>	<b>0,002</b>	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,034	0,034	9,19	4,18	<b>0,270</b>	<b>0,016</b>	
LOI*		42,85	41,46	26,22	13,83	<b>41,53</b>	<b>44,19</b>	
Co		ppm	6,7	7,4	136	31,9	<b>7,7</b>	<b>4,4</b>
Ni			4,1	3,7	1923	12,5	<b>11,2</b>	<b>3,8</b>
Cu	1,1		1,3	48,6	14,7	<b>1,9</b>	<b>1,5</b>	
Zn	3,1		1,7	38,7	46,8	<b>17,4</b>	<b>5,9</b>	
Ga	2,1		2	0,5	20,4	<b>2,0</b>	<b>1,8</b>	
Ge	0,6		0,7	0,8	0,4	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	
As	0,6		0,6	0,3	8,3	<b>2,0</b>	<b>0,6</b>	
Se	0,4		0,5	0,2	0,3	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	
Br	2,3		0,8	2,6	2,3	<b>2,7</b>	<b>0,9</b>	
Rb	0,7		1,4	0,2	106,5	<b>1,6</b>	<b>0,7</b>	
Sr	82,8		256,4	5,4	434,7	<b>177,1</b>	<b>210,0</b>	
Y	1,3		0,7	0,4	18,6	<b>1,7</b>	<b>2,3</b>	
Zr	5,4		6,9	3,5	176,9	<b>7,5</b>	<b>6,5</b>	
Nb	3,7		3,5	2,6	8,5	<b>4,0</b>	<b>3,6</b>	
Mo	5,9		2,7	3	3,6	<b>4,6</b>	<b>3,1</b>	
Cd	1		1	0,8	0,8	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	
In	1		1	0,8	0,8	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	
Sn	1,5		1,1	1,1	1,5	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	
Sb	1,1		1,2	1,1	0,9	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	
Te	1,3		1,4	1,1	1,2	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	
I	2,2		3	1,9	2,2	<b>3,6</b>	<b>3,2</b>	
Cs	7,8		3,9	5,1	3,9	<b>4,3</b>	<b>5,1</b>	
Ba	14,5		5,8	5,1	876,4	<b>12,4</b>	<b>8,9</b>	
La	10,3		8,1	7,4	37,9	<b>11,5</b>	<b>7,8</b>	
Ce	10		11	10	68,9	<b>13,5</b>	<b>10,5</b>	
Hf	4,2		3,5	3,6	6,2	<b>4,4</b>	<b>4,1</b>	
Ta	3,4		3,2	7,3	1,9	<b>3,7</b>	<b>3,4</b>	
W	3,1	3,3	8	4,1	<b>3,6</b>	<b>3,5</b>		
Hg	1,1	1,2	0,5	0,7	<b>1,4</b>	<b>1,2</b>		
Tl	1,1	0,8	0,6	0,5	<b>1,3</b>	<b>1,0</b>		
Pb	4,2	4,7	0,4	30,1	<b>14,1</b>	<b>3,2</b>		
Bi	1	1	0,5	0,6	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>		
Th	1,2	1,6	0,7	16,4	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>		
U	10	10	6,9	7,7	<b>12,1</b>	<b>11,0</b>		

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

Çizelge B16. Toprak örneklerde PED-XRF analizi sonuçları

Element	Conc.	MBA-D1	MBA-D2	MBA-D3	MBA-D4	MBG-D1	Toprak Ort.**
Na <sub>2</sub> O	%	0,063	0,084	0,064	0,670	0,037	0,070
MgO		0,935	1,022	1,173	3,020	35,68	1,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		9,49	4,41	8,21	2,92	0,006	7,37
SiO <sub>2</sub>		37,04	14,53	27,73	15,29	42,41	26,43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,476	0,395	0,879	0,743	0,001	0,583
SO <sub>3</sub>		0,358	0,367	0,413	4,61	0,023	0,379
Cl		0,028	0,135	0,034	1,675	0,071	0,066
K <sub>2</sub> O		1,99	0,893	1,62	0,696	0,166	1,50
CaO		2,13	29,72	6,35	34,49	1,20	12,74
TiO <sub>2</sub>		0,708	0,343	0,609	0,256	0,014	0,553
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,018	0,006	0,018	0,006	0,009	0,014
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,030	0,018	0,026	0,015	3,29	0,025
MnO		0,10	0,04	0,09	0,03	0,115	0,076
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		5,36	2,76	5,30	1,87	7,26	4,47
LOI*		41,58	45,38	47,83	33,85	9,73	44,93
Co	ppm	28,9	18	29,6	16	116	25,5
Ni		60,4	27,9	62,9	26,2	2481	50,4
Cu		32,1	22,1	46,5	41	6,3	33,6
Zn		129	46,4	207,9	58,4	26,4	127,8
Ga		15	7,2	12,4	7,1	1,8	11,5
Ge		0,9	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
As		6,9	6,7	10	7	0,6	7,9
Se		0,4	0,6	0,5	0,4	0,2	0,5
Br		26,8	99,2	93,6	128,1	2,9	73,2
Rb		76,1	36,3	66,7	22,1	0,2	59,7
Sr		79,9	183,1	120,9	245,3	9,6	128,0
Y		29,5	12,6	24,1	8,4	0,6	22,1
Zr		366	103,3	256,7	92,6	3,9	242,0
Nb		20,2	5,9	16,6	4,1	2,7	14,2
Mo		7,5	3	4,3	3,7	1,8	4,9
Cd		1,1	0,9	0,6	1,1	0,7	0,9
In		0,7	0,9	0,8	1	0,7	0,8
Sn		2,5	5,3	6,2	6,8	0,8	4,7
Sb		0,7	1,1	0,9	1,1	0,8	0,9
Te		1,3	1,3	1,3	1,4	1,1	1,3
I		14,5	12,2	12,7	9,5	1,9	13,1
Cs		9,5	3,9	3,7	4,9	3,3	5,7
Ba		294,8	120,5	218,6	105,7	4,8	211,3
La		37,5	23,3	40,5	23,2	7,1	33,8
Ce		86,3	29,3	73,2	32,5	12,9	62,9
Hf		7,8	7,2	5,3	5,7	2,7	6,8
Ta		5,4	5,3	6,3	6,6	7,4	5,7
W	4,6	4	5,3	4	8,9	4,6	
Hg	1,1	1,2	1,2	1,3	0,6	1,2	
Tl	1,3	1	1,8	1,7	0,6	1,4	
Pb	45,6	65,9	114,2	132,2	0,6	75,2	
Bi	0,9	1,1	1,1	1,4	0,5	1,0	
Th	10	6	9,6	6	0,6	8,5	
U	6,7	8,3	7,2	11	6,6	7,4	

(\*) LOI: 950°C'de Kızdırma ile Ağırlık Kaybı (Loss on Ignition) (\*\*) MBA-D4 örneği hariç

Çizelge B17. Tuğla ve kiremit örneklerde PED-XRF analizi sonuçları

Element	Conc.	MBA-B1	MBA-B2	MBA-B3	MBA-B5	MBA-B6	MBA-B7	MBA-B8
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	%	0,082	0,320	0,250	0,210	0,089	0,075	0,073
<b>MgO</b>		4,97	4,58	2,86	2,99	1,76	1,46	1,62
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		9,79	9,94	15,92	17,01	11,32	10,10	12,36
<b>SiO<sub>2</sub></b>		38,97	41,92	48,88	62,57	33,62	28,56	36,62
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,153	0,223	0,194	0,282	0,281	0,331	0,198
<b>SO<sub>3</sub></b>		0,168	0,046	0,140	0,073	0,231	0,211	0,193
<b>Cl</b>		0,043	0,031	0,044	0,042	0,080	0,076	0,063
<b>K<sub>2</sub>O</b>		1,86	1,35	3,10	3,46	1,44	1,86	2,52
<b>CaO</b>		14,99	14,22	6,89	3,77	25,73	22,69	15,08
<b>TiO<sub>2</sub></b>		0,582	0,594	0,942	0,989	0,713	0,698	0,765
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,023	0,020	0,025	0,031	0,018	0,016	0,019
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		0,061	0,047	0,018	0,015	0,011	0,009	0,007
<b>MnO</b>		0,109	0,107	0,060	0,068	0,058	0,051	0,053
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		7,00	6,89	7,37	7,85	5,72	5,33	5,59
<b>LOI*</b>		21,85	19,75	13,75	0,74	18,57	28,85	24,86
<b>Co</b>	ppm	30,8	41,6	59,3	42,6	44,5	25	24,3
<b>Ni</b>		293,6	265,8	55,8	56,2	44	41,6	48,1
<b>Cu</b>		41,8	38,2	42,9	41,5	27,3	20,8	20
<b>Zn</b>		82,5	85,8	98,4	120,7	43	42,8	57,2
<b>Ga</b>		14,8	13,8	26,3	27,6	17,6	15,8	17,8
<b>Ge</b>		1,1	1,2	1,5	1,5	0,8	0,8	0,7
<b>As</b>		12	8	8	7,5	7,5	6,4	11
<b>Se</b>		0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4
<b>Br</b>		1,5	1	2,7	4,3	7	9,9	5,1
<b>Rb</b>		71,6	65,6	148,4	140,5	42	49,5	84
<b>Sr</b>		259,9	298,4	202,8	193,3	204	182,3	207,9
<b>Y</b>		17,2	19,7	29,4	34	30,1	25,7	27,4
<b>Zr</b>		106,6	109	204,7	259,1	245,1	233,4	199,9
<b>Nb</b>		10,6	10,2	22,8	28,3	22,1	20	18,8
<b>Mo</b>		3,4	2,4	2,2	3,5	5,5	3,5	3,3
<b>Cd</b>		1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>In</b>		0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Sn</b>		1,3	1,3	3,7	4,4	4,2	3,9	1,1
<b>Sb</b>		1	1	1,2	1,6	2	1,7	1,4
<b>Te</b>		1,5	0,8	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3
<b>I</b>		2,6	2,3	2,3	2,1	2,3	1,8	2,3
<b>Cs</b>		4,5	5,4	7,5	3,8	3,8	3,6	5,9
<b>Ba</b>		328,1	373	278,6	355,9	192,3	225,3	252,2
<b>La</b>		25	22,7	37,5	53,2	35,5	32,5	35,8
<b>Ce</b>		45,2	51,6	75,9	100,7	76,4	68,6	85,2
<b>Hf</b>	6,1	5,8	5,9	4,8	8,1	5,1	5,4	
<b>Ta</b>	8,3	7,6	6,6	3,9	6,1	5,6	5,2	
<b>W</b>	6,9	6,6	4,6	2,8	4,4	4,1	4,2	
<b>Hg</b>	1,7	1,4	1,4	0,8	1,4	1,4	1,4	
<b>Tl</b>	1,8	1,5	1	0,9	1,7	1,6	1,5	
<b>Pb</b>	26,4	13,3	24,6	27,4	18,1	43,2	18,3	
<b>Bi</b>	1,1	1	1,1	0,9	1,1	1,2	0,7	
<b>Th</b>	6,2	7,5	14,5	15,4	13,9	11,8	11,9	
<b>U</b>	6,7	7	7,3	8,3	11,8	8	10,2	

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

Çizelge B17. Tuğla ve kiremit örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-B9	MBA-B10	MBA-B11	MBA-B12	MBA-B13	MBA-B14	
Na <sub>2</sub> O	%	0,470	0,270	0,079	0,083	0,077	0,180	
MgO		4,93	2,97	1,17	2,58	3,44	3,37	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		15,58	14,57	17,32	13,25	6,39	15,03	
SiO <sub>2</sub>		46,82	45,42	36,98	39,36	25,99	47,46	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,190	0,207	0,238	0,338	0,165	0,151	
SO <sub>3</sub>		0,160	0,070	0,137	0,223	0,224	0,238	
Cl		0,060	0,042	0,059	0,166	0,052	0,048	
K <sub>2</sub> O		3,33	2,61	2,36	2,233	1,28	2,94	
CaO		5,50	6,31	4,91	15,59	21,66	8,04	
TiO <sub>2</sub>		0,838	0,915	0,906	0,886	0,459	0,888	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,023	0,024	0,032	0,020	0,016	0,019	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,023	0,022	0,030	0,014	0,073	0,010	
MnO		0,124	0,086	0,034	0,080	0,107	0,060	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		7,69	7,56	7,43	6,49	5,37	7,09	
LOI*		14,68	17,95	28,48	18,48	34,53	14,00	
Co		ppm	55,7	40,2	39,9	36	32,6	32
Ni			103,9	56,4	56,5	52,2	145,6	50,8
Cu	47		39	30,6	33,7	37,3	37	
Zn	104,6		99,2	114	71,2	62,1	94,2	
Ga	22,6		23,3	33,5	18,6	11,5	20,7	
Ge	1,5		1,4	1,4	0,5	0,9	1	
As	7,7		9	13,6	16,2	6,4	7,3	
Se	0,5		0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	
Br	3,9		2	1,6	14,7	12,3	8,8	
Rb	123,6		122	100,1	89,6	43,3	140,4	
Sr	193,2		197,7	192,3	194,6	338	223,8	
Y	32,5		30,3	44,6	35,3	14,9	26,4	
Zr	213,3		222,5	242,6	234,9	122,4	212,6	
Nb	16,5		23,5	24,8	17,7	7	29,5	
Mo	3,8		3,6	7,5	4,8	5,5	7,1	
Cd	0,7		0,8	1	0,9	1	1,4	
In	0,8		0,9	1	0,9	0,6	1	
Sn	4,5		4,2	6,4	3,6	0,9	6,1	
Sb	1		1	1,1	1	1	1,1	
Te	1,3		1,4	1,5	1,3	1,2	1,8	
I	2,3		2,4	2,6	2,5	2,3	5,6	
Cs	6,6		6,3	4,6	4,6	3,6	4,2	
Ba	502		276,3	489,7	363,2	229,6	254,8	
La	29,6		43,1	78,6	44,3	15,9	36,2	
Ce	62,6		98,2	151,1	93,5	39,9	77,6	
Hf	6,1		5,4	6,7	5,7	5,3	6,9	
Ta	7,3		6,6	5,9	6,3	6,9	6,6	
W	5,5		4,6	4,9	4,6	5,2	5,8	
Hg	1,4		1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	
Tl	1,6		1,7	1,7	1,7	1,5	1,8	
Pb	33,7	34,4	33,6	17,9	13,9	24,9		
Bi	1,1	0,4	1	1	1,1	1,3		
Th	11,7	13,8	20,6	13,8	3,1	13,8		
U	9,2	7,4	6,9	7,4	10	17,6		

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

Çizelge B18.Tuğla ve kiremit örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-B15	MBA-B16	MBA-B17	MBA-B18	MBA-B19	MBA-B20
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	%	0,086	0,089	0,076	0,920	0,098	0,050
<b>MgO</b>		4,71	4,95	1,83	4,89	3,25	5,831
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		9,38	9,56	21,26	10,09	10,14	14,770
<b>SiO<sub>2</sub></b>		37,74	38,42	45,99	47,27	46,64	39,360
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,175	0,190	0,379	0,241	0,245	0,136
<b>SO<sub>3</sub></b>		0,125	0,227	0,136	0,065	0,094	0,105
<b>Cl</b>		0,032	0,072	0,041	0,031	0,214	0,270
<b>K<sub>2</sub>O</b>		1,69	1,889	2,841	1,487	2,246	2,875
<b>CaO</b>		17,68	17,07	7,50	13,10	16,08	15,650
<b>TiO<sub>2</sub></b>		0,569	0,591	0,975	0,593	0,744	0,736
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,020	0,021	0,025	0,025	0,026	0,021
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		0,056	0,051	0,017	0,067	0,139	0,012
<b>MnO</b>		0,113	0,112	0,046	0,112	0,085	0,041
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		6,48	6,673	6,424	6,622	6,779	5,727
<b>LOI*</b>		21,82	19,74	22,55	14,85	13,58	14,75
<b>Co</b>	ppm	51,6	36,8	58,3	28,7	52,5	15,8
<b>Ni</b>		249,7	257,1	52,5	255,6	142,4	38,4
<b>Cu</b>		39,6	37,5	34,2	32,3	28,9	25,4
<b>Zn</b>		74,4	80,6	113,2	69,1	97,3	83,6
<b>Ga</b>		14,7	12,7	31,1	14,8	16,7	26,6
<b>Ge</b>		0,8	0,8	2	1,9	1	2,7
<b>As</b>		11,3	11,3	8	4	12	6,5
<b>Se</b>		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
<b>Br</b>		2,8	6,5	8,6	2,9	7,3	7,3
<b>Rb</b>		72,8	75	114,6	59,4	79,9	104,7
<b>Sr</b>		271,4	269,6	237,5	276,8	224,9	203,2
<b>Y</b>		18,5	18,4	43,7	19,8	30,1	27
<b>Zr</b>		122,4	133,5	242,3	139,7	299,8	181
<b>Nb</b>		10,5	11,2	30,4	8,6	22,7	15,1
<b>Mo</b>		3,8	3,5	6,4	2,3	7,1	3,4
<b>Cd</b>		0,9	1	0,8	0,9	1	1
<b>In</b>		0,5	0,9	1,3	0,8	1	0,9
<b>Sn</b>		1,1	1,5	5,6	1,7	5,2	3,8
<b>Sb</b>		1,4	1	1	1	1,1	0,9
<b>Te</b>		1,4	1,3	1,3	0,9	1,4	1,2
<b>I</b>		2,5	2,3	2,4	2,3	2,5	2
<b>Cs</b>		4,2	4	3,9	4	6,4	9,9
<b>Ba</b>		329	366	399,4	418,3	336,8	331,3
<b>La</b>		32,7	23,6	61,7	36	32,1	55,8
<b>Ce</b>		59	50,8	124,4	67,6	79,6	83,3
<b>Hf</b>		5,8	5,8	6,7	5,5	6,2	2,9
<b>Ta</b>		7,7	7,6	6,2	7,5	6,9	3,4
<b>W</b>		6,3	6,5	4,8	6,5	5,9	2,7
<b>Hg</b>		1,4	1,5	1,4	1,5	1,6	0,9
<b>Tl</b>		1,6	1,6	1,7	1,4	1,6	0,4
<b>Pb</b>		21,9	27,2	30,4	8,9	26,5	19,9
<b>Bi</b>		1,1	1,2	0,8	1	1,2	0,8
<b>Th</b>		7,3	6	24	6,6	12,4	16,1
<b>U</b>	7,3	9,5	12,7	9	11	8,5	

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

Çizelge B18. Tuğla ve kiremit örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-B21	MBA-B25	MBA-B26	Tuğla Ort.	Kiremit Ort.
Na <sub>2</sub> O	%	0,081	0,045	0,049	<b>0,131</b>	<b>0,179</b>
MgO		6,14	1,803	1,76	<b>3,20</b>	<b>3,33</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		7,06	10,81	9,88	<b>12,26</b>	<b>12,01</b>
SiO <sub>2</sub>		30,78	38,16	28,47	<b>39,35</b>	<b>39,90</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,137	0,220	0,192	<b>0,197</b>	<b>0,224</b>
SO <sub>3</sub>		0,119	0,592	0,466	<b>0,268</b>	<b>0,165</b>
Cl		0,038	0,018	0,077	<b>0,117</b>	<b>0,064</b>
K <sub>2</sub> O		1,122	1,124	0,944	<b>2,17</b>	<b>2,06</b>
CaO		20,97	27,68	30,06	<b>18,34</b>	<b>14,61</b>
TiO <sub>2</sub>		0,471	0,539	0,527	<b>0,691</b>	<b>0,713</b>
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,014	0,025	0,015	<b>0,021</b>	<b>0,021</b>
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,089	0,011	0,013	<b>0,034</b>	<b>0,035</b>
MnO		0,094	0,045	0,041	<b>0,065</b>	<b>0,078</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		6,096	4,06	3,88	<b>5,62</b>	<b>6,44</b>
LOI*		26,75	14,39	23,63	<b>17,65</b>	<b>20,78</b>
Co		ppm	54,5	27,5	35,6	<b>35,2</b>
Ni	382,7		92,7	82,3	<b>84,6</b>	<b>138,1</b>
Cu	29,9		32,1	29,1	<b>30,4</b>	<b>34,3</b>
Zn	60,6		65	61	<b>78,1</b>	<b>79,6</b>
Ga	10,9		17,5	16,4	<b>19,6</b>	<b>18,6</b>
Ge	0,7		1,3	0,6	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>
As	7		9,7	10,2	<b>9,5</b>	<b>8,8</b>
Se	0,4		0,3	0,3	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>
Br	3		3,9	7,1	<b>5,8</b>	<b>6,2</b>
Rb	31,2		40	38,8	<b>78,5</b>	<b>83,5</b>
Sr	248,7		401,2	507,4	<b>289,6</b>	<b>253,8</b>
Y	13,9		22,3	21,8	<b>26,9</b>	<b>25,5</b>
Zr	82,6		121,9	124	<b>190,0</b>	<b>175,8</b>
Nb	10,9		14,6	12,7	<b>16,7</b>	<b>17,5</b>
Mo	3,4		3,4	2,9	<b>4,0</b>	<b>4,2</b>
Cd	0,9		0,5	0,9	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>
In	0,9		0,8	0,8	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>
Sn	1,9		2,2	1	<b>3,0</b>	<b>3,2</b>
Sb	0,7		0,9	0,9	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>
Te	1,3		1,2	1,1	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>
I	2,2		2	2	<b>2,2</b>	<b>3,1</b>
Cs	3,9		3,3	4,8	<b>6,2</b>	<b>4,6</b>
Ba	153,4		200,6	229,1	<b>308,7</b>	<b>306,0</b>
La	14,5		37,4	42,3	<b>38,8</b>	<b>36,3</b>
Ce	29,7		60,5	63,3	<b>72,4</b>	<b>74,2</b>
Hf	4,8		5	3,2	<b>4,8</b>	<b>5,9</b>
Ta	7,6		3,9	3,9	<b>5,1</b>	<b>6,6</b>
W	7,2		3	3	<b>4,1</b>	<b>5,3</b>
Hg	1,5		0,9	0,9	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>
Tl	1,5		1,1	0,5	<b>1,1</b>	<b>1,5</b>
Pb	15,9	21,5	23,4	<b>23,9</b>	<b>23,0</b>	
Bi	1	0,7	0,7	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	
Th	0,9	11,2	11,2	<b>12,4</b>	<b>10,9</b>	
U	8,6	10,4	8,4	<b>9,6</b>	<b>9,1</b>	

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



Çizelge B19. Harç örneklerde PED-XRF analizi sonuçları

Element	Conc.	MBA-H1	MBA-H2	MBA-H3	MBA-H4	MBA-H5a	MBA-H5b	MBA-H6
Na <sub>2</sub> O	%	0,081	0,079	0,083	0,080	0,079	0,074	0,046
MgO		0,181	0,201	0,027	0,711	0,551	0,023	0,283
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1,30	1,76	1,56	1,31	3,21	0,414	2,38
SiO <sub>2</sub>		3,99	5,14	4,65	5,04	8,28	2,14	7,68
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,081	0,159	0,280	0,106	0,050	0,044	0,232
SO <sub>3</sub>		0,078	0,169	0,163	0,213	0,401	0,077	0,259
Cl		0,066	0,063	0,093	0,072	0,027	0,033	0,063
K <sub>2</sub> O		0,230	0,275	0,339	0,243	0,243	0,115	0,508
CaO		51,27	51,40	52,18	50,05	48,18	52,73	46,35
TiO <sub>2</sub>		0,133	0,146	0,145	0,123	0,183	0,044	0,217
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,002	0,005
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,004	0,004	0,010	0,003	0,005	0,011	0,017
MnO		0,021	0,017	0,018	0,016	0,020	0,013	0,031
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1,10	1,18	1,14	0,954	1,36	0,629	1,96
LOI*		41,75	39,46	39,76	41,85	37,64	42,70	40,04
Co	ppm	15,4	13	13	17,7	23	19,2	10
Ni		6,9	3,8	7,1	3,2	14	3,3	13,3
Cu		5	5,7	10,6	6,8	7,5	2,5	9,9
Zn		17,5	19,7	28,5	16,7	14,5	5	27,9
Ga		3,3	4,9	4,8	4,3	5	1,1	6,3
Ge		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4
As		5	5,4	4,2	3,1	3	6,9	7,1
Se		0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3
Br		5,6	7	12	9,7	8,2	8,6	5,7
Rb		12,6	11,7	13,6	10	4,7	6,5	26,3
Sr		93,9	114	126,1	131	134,8	217,1	178,6
Y		6,3	5,2	6,9	4,2	6,4	4,4	13,3
Zr		59	38	58,5	30,4	34,2	36,8	104
Nb		3,6	7,3	3,7	3,6	3,7	4,4	15,6
Mo		3,7	3,4	4,7	3,3	5,6	3,7	4,3
Cd		1	0,9	0,9	1	0,9	0,5	1
In		0,8	0,9	1	1	0,9	1	1,1
Sn		1,1	1,6	2,9	0,5	1,5	1,1	1,2
Sb		1	1	1	1,1	1	1,1	0,5
Te		1,2	1,3	0,7	1,3	1,3	1,2	1,2
I		4,3	6,3	2,4	6,3	1,5	2,3	3
Cs		3,7	5,8	3,8	3,4	3,6	3,7	5,4
Ba		48,2	60,5	51,8	46,8	57,1	44,4	93,4
La		7,6	13,8	13	7,8	12,5	16,4	21,5
Ce		19,5	10	10	19,7	22	21,1	31
Hf		5	4,8	4,7	4,9	4,5	4,4	2,7
Ta		4,4	4,3	4,8	4,4	4,3	3,3	2,9
W		3,9	3,9	3,9	3,8	3,6	4	2,5
Hg		1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	0,9
Tl		1,5	1,4	1,5	1,3	1,4	0,5	0,9
Pb	11,3	24,3	30,4	13,3	26,5	7,1	13,2	
Bi	1,1	1,1	1,1	1	1,1	0,6	0,5	
Th	2,4	3,1	2,9	1,8	2,9	1,4	4,3	
U	9	10	10	9,4	9,6	10	25,3	

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

Çizelge B19. Harç örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-H8	MBA-H9	MBA-H10	MBA-H12	MBA-H13	MBA-H15	MBA-H18
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	%	0,042	0,079	0,076	0,045	0,078	0,077	3,05
<b>MgO</b>		0,067	0,141	0,438	0,030	0,115	0,024	4,50
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		0,911	2,22	3,78	0,729	2,27	1,01	2,75
<b>SiO<sub>2</sub></b>		3,05	5,98	19,36	4,36	6,43	3,36	27,00
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,096	0,628	0,117	0,036	0,160	0,101	0,084
<b>SO<sub>3</sub></b>		0,088	0,234	0,210	0,109	0,139	0,085	2,73
<b>Cl</b>		0,033	0,057	0,025	0,098	0,057	0,040	2,66
<b>K<sub>2</sub>O</b>		0,216	0,379	0,681	0,222	0,363	0,185	0,658
<b>CaO</b>		56,61	48,55	40,77	51,08	48,94	53,40	27,67
<b>TiO<sub>2</sub></b>		0,086	0,196	0,186	0,075	0,214	0,094	0,152
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,002	0,005	0,003	0,004	0,003	0,002	0,007
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		0,002	0,007	0,003	0,006	0,012	0,004	0,001
<b>MnO</b>		0,014	0,023	0,023	0,018	0,022	0,013	0,020
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		0,833	1,41	1,65	0,964	1,56	0,731	1,39
<b>LOI*</b>		37,82	40,64	32,75	42,95	39,88	40,64	27,65
<b>Co</b>		ppm	7,1	16,7	16,4	20,2	19,5	11,7
<b>Ni</b>	4,4		17,1	6,1	5,4	16,4	5,1	6,9
<b>Cu</b>	0,7		22,7	4,1	6,2	37,5	6	5,6
<b>Zn</b>	15,4		48,5	24,8	6,5	30,8	12	30,3
<b>Ga</b>	2,2		5,4	5,1	4,7	4,9	5,2	4,2
<b>Ge</b>	0,4		0,7	0,7	0,4	0,7	0,7	0,6
<b>As</b>	1,6		6,8	4,2	9,7	4,9	3,4	3,8
<b>Se</b>	0,3		0,5	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4
<b>Br</b>	5,3		15,8	7,4	4,3	7,4	5	85,1
<b>Rb</b>	9,5		15,3	16,7	8,8	18,1	8,2	13,6
<b>Sr</b>	101,1		89,6	95,1	225,6	100,1	115,2	152,2
<b>Y</b>	4,5		7,4	9,8	6,7	6,5	4,7	7,6
<b>Zr</b>	32,8		55,4	66,9	69,5	58,5	53,7	70,3
<b>Nb</b>	3,8		8,1	5,7	3,3	4,1	6,4	3,1
<b>Mo</b>	3,4		3,3	3,2	3,4	3,3	3,6	3,5
<b>Cd</b>	1		1	0,9	1	0,9	1	0,8
<b>In</b>	0,9		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
<b>Sn</b>	1		2,2	1	3,6	3,1	1,1	0,6
<b>Sb</b>	1		1	1	0,9	1	1,1	0,7
<b>Te</b>	1,2		1,3	1,3	1,1	1,3	1,3	1,2
<b>I</b>	2		2,3	2,5	6,1	5,6	2,3	2,1
<b>Cs</b>	3,5		3,6	3,3	5,9	3,6	3,7	3,8
<b>Ba</b>	41,9		60,5	80,2	48,3	58,3	42	62,1
<b>La</b>	7,1		13,6	9,7	12,6	15	7,5	12,8
<b>Ce</b>	18,7		10,5	19,3	27	28,4	10	23
<b>Hf</b>	4,3		5,2	3,9	2,8	6,2	4,7	3,7
<b>Ta</b>	2,5		5,7	3,8	2,7	6,8	4,1	3,5
<b>W</b>	2,3		4,2	3,5	2,1	4	3,3	3,3
<b>Hg</b>	0,8		1,3	1,2	0,8	1,9	1,3	1,1
<b>Tl</b>	0,8		1,4	1	0,9	1,5	1,5	1,1
<b>Pb</b>	6,4		21,1	11,8	38,6	29,8	8,1	16,9
<b>Bi</b>	0,7		1,1	1	0,7	1,2	1	1
<b>Th</b>	2,9	3,2	4,8	1,7	4,2	1,7	3,9	
<b>U</b>	14,4	10	9,2	9,1	9,8	9,6	7,5	

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

Çizelge B19. Harç örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-H19	MBA-H20a	MBA-H20b	MBA-H20c	MBA-H27	MBA-H29	
Na <sub>2</sub> O	%	0,042	0,081	0,081	0,086	0,074	0,130	
MgO		0,047	0,025	0,039	0,026	0,023	1,510	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,837	1,04	0,940	1,15	0,851	0,639	
SiO <sub>2</sub>		2,60	3,16	2,81	2,78	2,11	4,04	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,146	0,124	0,107	0,161	0,049	0,137	
SO <sub>3</sub>		0,109	0,156	0,091	0,139	0,143	0,541	
Cl		0,051	0,090	0,111	0,170	0,017	0,963	
K <sub>2</sub> O		0,200	0,202	0,122	0,184	0,092	0,150	
CaO		54,95	53,39	55,38	53,85	58,45	53,21	
TiO <sub>2</sub>		0,087	0,068	0,085	0,099	0,059	0,064	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,003	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,003	0,006	0,004	0,005	0,003	0,009	
MnO		0,015	0,013	0,018	0,013	0,011	0,011	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,642	0,650	0,732	0,720	0,549	0,511	
LOI*		40,85	40,64	39,55	40,64	37,65	38,53	
Co		ppm	7,9	11,3	16,1	9,5	15,9	21
Ni			3,3	3,4	3,9	4	3,9	4
Cu	1,1		3,2	3,6	3,2	2,6	3,9	
Zn	18		18,6	28,7	40,2	6,5	10,5	
Ga	2,9		2,7	3,2	2,6	4,2	3	
Ge	0,4		0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	
As	1,9		4,6	3,5	3	2,4	1,8	
Se	0,6		0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	
Br	16,6		20,6	18,9	14,3	4	52,7	
Rb	9,4		6,7	5,7	5,3	5,7	4,7	
Sr	129,9		135,5	136	124,4	62	315,1	
Y	6,9		5,2	4,6	3,8	7,3	2	
Zr	32		20,4	15,8	71,1	23,1	30,7	
Nb	3,5		3,3	3,6	5,1	3,6	3,5	
Mo	6,1		5,3	3,5	4,7	3,5	4,4	
Cd	0,9		0,9	1	1	0,9	1	
In	0,9		0,9	0,9	0,9	1	0,9	
Sn	1,5		1	1,1	1,1	1,3	1,1	
Sb	0,9		1	1	1	0,4	1	
Te	1,1		1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	
I	2		2,2	3,2	4,2	2,2	5,8	
Cs	4,7		3,7	3,7	6,1	3,6	4	
Ba	50,1		35	38,8	34,5	38	38,4	
La	7,2		17,8	13,9	7,6	14	11,6	
Ce	16,9		11,2	23,4	10	10	10	
Hf	4,7		4,8	4,2	4,7	4,9	4,8	
Ta	3,2		4,1	4,1	3,9	4,3	4,1	
W	2,2		3,6	3,4	3,8	4	3,5	
Hg	0,8		1,3	1,2	0,7	1,4	1,1	
Tl	1,3		1,3	1,3	1,1	1,4	1,3	
Pb	10,6	9,3	15,4	14,7	7,9	11,3		
Bi	0,7	0,6	1,1	1	1,1	1,6		
Th	3,3	2,8	3,3	2,5	2,2	1,2		
U	10,5	10	10	10	9,5	10		

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

Çizelge B19. Harç örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-H30	MBA-H31	MBA-H33	MBA-H35	MBA-H37	MBA-H46	MBA-H47
Na <sub>2</sub> O	%	0,054	0,094	0,045	0,045	0,077	0,085	0,080
MgO		1,45	1,61	0,032	0,344	0,126	0,825	0,130
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,915	1,34	1,19	1,69	0,991	1,57	1,51
SiO <sub>2</sub>		6,11	6,93	5,17	6,17	6,37	5,22	4,31
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,092	0,126	0,099	0,186	0,253	0,151	0,150
SO <sub>3</sub>		0,217	0,487	0,095	0,175	0,154	0,259	0,355
Cl		0,383	0,374	0,045	0,073	0,060	0,107	0,078
K <sub>2</sub> O		0,223	0,244	0,309	0,379	0,235	0,270	0,258
CaO		51,58	48,51	52,44	52,53	49,46	53,45	51,72
TiO <sub>2</sub>		0,084	0,106	0,140	0,128	0,105	0,113	0,139
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,002	0,003	0,005	0,007	0,003	0,003	0,004
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,003	0,002	0,002	0,012	0,009	0,006	0,003
MnO		0,019	0,017	0,022	0,021	0,017	0,015	0,019
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,878	0,967	1,15	1,29	1,01	0,877	1,61
LOI*		37,54	39,43	39,32	36,92	41,56	37,56	39,55
Co		ppm	7,3	11,9	13,8	8,7	12	16
Ni	1,3		2,9	5,6	31,9	5,5	2,6	7,1
Cu	0,5		5,1	3,4	4,6	7,4	6,9	10,7
Zn	10,4		18,3	16,6	28	15,1	25,9	16,5
Ga	1,4		2,6	4,3	4,7	4,1	4,4	4,8
Ge	0,4		0,7	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7
As	2		3,7	2,3	5,9	4,2	4,8	6,2
Se	0,3		0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,6
Br	21,8		26,6	8,5	17,2	10	22,1	11,5
Rb	5,8		9,5	15,7	10,9	9	9,5	11,2
Sr	174,5		109,7	102,7	168,7	117,5	163,5	54,1
Y	5,2		6,4	7,4	6	6,6	3	5
Zr	49,2		38,9	64,4	29,8	58	32,3	30,2
Nb	4,5		3,6	10,1	3,5	3,2	4	3,3
Mo	4,1		3,3	3,8	3,3	4,2	3,9	3,7
Cd	1,5		0,9	0,8	0,9	1	1,2	1
In	1		0,9	0,9	0,9	0,8	1	1
Sn	0,8		1,6	2,7	0,4	1	1,1	1,1
Sb	1,1		1	1,8	0,9	1	1,1	1,1
Te	1,3		1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3
I	2,2		7,7	2,8	3,4	5,7	4,1	2,4
Cs	6,8		3,6	3,5	3,9	3,8	3,7	4,5
Ba	50,1		43,4	61,5	87,4	64,5	39,5	51,9
La	22,3		7,4	17,2	23,8	10,9	7,6	15,1
Ce	10		20,9	15,7	18,2	19,5	17,8	19,5
Hf	2,3		4	2,8	3	4,8	4,5	4,9
Ta	2,4		4,3	2,6	3	4,6	4,5	4,7
W	2,4		3,8	2,1	2,7	3,8	3,7	3,5
Hg	0,8		1,2	0,8	0,8	1,2	1,4	1,4
Tl	0,5		0,6	1,9	0,9	1,3	1,1	1,4
Pb	13,6		14,1	9,5	5,9	8,4	54,2	9,4
Bi	0,7		1	0,7	0,6	1	1,3	1
Th	2,4	3,5	4,4	3,3	3,1	1,8	3	
U	29,4	11,4	20	9,7	9,6	12,8	10	

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

Çizelge B19. Harç örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-H53	MBA-H55	MBA-H56	MBA-H57	MBA-H58	MBA-H59	MBA-H60
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	%	0,047	0,045	0,048	0,047	0,047	0,042	0,045
<b>MgO</b>		0,449	0,233	0,341	0,432	0,344	0,206	0,355
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		1,13	1,46	1,40	2,18	1,58	1,70	2,40
<b>SiO<sub>2</sub></b>		5,43	5,45	5,16	12,71	9,48	5,64	7,51
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,114	0,126	0,381	0,151	0,184	0,154	0,076
<b>SO<sub>3</sub></b>		0,174	0,138	0,246	0,307	0,212	0,181	0,150
<b>Cl</b>		0,071	0,082	0,129	0,025	0,062	0,033	0,094
<b>K<sub>2</sub>O</b>		0,283	0,301	0,310	0,485	0,390	0,346	0,534
<b>CaO</b>		52,91	52,66	53,30	44,87	49,94	53,25	50,23
<b>TiO<sub>2</sub></b>		0,093	0,123	0,125	0,191	0,137	0,144	0,211
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,004	0,006	0,006	0,008	0,004	0,002	0,002
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		0,003	0,012	0,009	0,024	0,003	0,002	0,004
<b>MnO</b>		0,016	0,020	0,023	0,028	0,018	0,019	0,024
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		1,12	1,32	1,19	2,04	1,02	1,12	1,40
<b>LOI*</b>		38,82	38,88	37,81	36,99	36,38	37,22	36,92
<b>Co</b>		ppm	16,2	13,4	19,2	20,2	7,6	8,2
<b>Ni</b>	1,9		32,5	1,9	7,3	11,1	5,9	4,2
<b>Cu</b>	0,4		5,6	1,4	9,2	2,0	1,2	4,5
<b>Zn</b>	9,0		20,8	17,1	24,0	14,9	24,1	24,7
<b>Ga</b>	2,2		3,4	3,5	3,9	2,7	4,3	5,3
<b>Ge</b>	0,4		0,5	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4
<b>As</b>	3,4		4,4	2,3	4,6	4,7	1,4	4,0
<b>Se</b>	0,3		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Br</b>	7,8		12,0	16,2	4,0	5,5	11,2	5,5
<b>Rb</b>	9,3		14,4	12,8	17,7	11,5	14,8	20,7
<b>Sr</b>	181,0		166,9	102,6	150,9	186,3	82,3	92,5
<b>Y</b>	9,2		6,3	6,4	12,1	5,7	7,0	8,6
<b>Zr</b>	44,6		44,3	29,6	93,7	48,3	50,6	58,1
<b>Nb</b>	3,6		4,0	3,9	4,3	3,6	8,2	8,9
<b>Mo</b>	3,4		3,5	3,6	3,9	3,3	3,8	3,7
<b>Cd</b>	1,0		1,0	1,0	1,1	0,9	1,0	1,7
<b>In</b>	0,9		0,8	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9
<b>Sn</b>	1,5		2,1	0,9	2,2	0,4	2,3	1,8
<b>Sb</b>	1,0		1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9
<b>Te</b>	1,4		1,2	1,2	1,2	1,1	1,3	1,2
<b>I</b>	6,3		4,5	7,5	2,1	5,4	4,2	5,2
<b>Cs</b>	3,5		3,5	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4
<b>Ba</b>	47,8		73,3	59,4	99,7	76,2	61,1	78,4
<b>La</b>	13,1		16,9	7,4	22,9	24,3	20,6	18,1
<b>Ce</b>	18,2		19,1	15,4	23,0	21,8	20,7	18,4
<b>Hf</b>	2,8		2,9	2,8	2,9	2,8	3,0	2,8
<b>Ta</b>	2,2		3,0	2,4	2,8	2,5	2,6	2,6
<b>W</b>	2,3		2,7	2,4	2,3	2,5	2,5	2,4
<b>Hg</b>	0,8		0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
<b>Tl</b>	0,8		0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9
<b>Pb</b>	7,1		7,2	9,2	16,4	8,3	9,3	9,0
<b>Bi</b>	0,7		0,4	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6
<b>Th</b>	3,2	2,3	4,1	3,5	1,0	2,5	4,9	
<b>U</b>	11,0	15,2	11,0	21,0	9,5	9,4	20,9	

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

Çizelge B19. Harç örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-H62	MBA-H63	MBA-H64	MBA-H65	MBA-H66	MBA-H67	MBA-H68
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	%	0,045	0,045	0,044	0,049	0,061	1,27	1,16
<b>MgO</b>		0,169	0,527	0,142	3,80	2,06	4,88	4,35
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		1,94	3,63	1,08	5,17	1,58	2,01	3,49
<b>SiO<sub>2</sub></b>		6,62	13,29	3,73	19,46	14,89	23,73	17,35
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,175	0,331	0,134	0,150	0,050	0,114	0,107
<b>SO<sub>3</sub></b>		0,350	1,01	0,134	0,859	0,325	0,625	0,239
<b>Cl</b>		0,034	0,024	0,070	0,161	0,423	2,33	1,86
<b>K<sub>2</sub>O</b>		0,438	0,346	0,234	0,706	0,360	0,508	0,533
<b>CaO</b>		50,17	44,88	55,98	34,65	46,72	35,14	35,42
<b>TiO<sub>2</sub></b>		0,184	0,290	0,099	0,294	0,150	0,169	0,235
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,004	0,009	0,002	0,008	0,004	0,002	0,004
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		0,005	0,009	0,003	0,020	0,004	0,003	0,020
<b>MnO</b>		0,024	0,041	0,018	0,037	0,016	0,025	0,030
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		1,40	2,35	0,853	2,46	1,49	1,40	1,77
<b>LOI*</b>		37,66	33,93	37,82	32,95	31,94	26,88	33,85
<b>Co</b>		ppm	20,9	21,6	17,8	21,2	12,2	20,6
<b>Ni</b>	8,7		32,4	2	47,7	2,1	6,9	36,5
<b>Cu</b>	6,5		16,6	4	36,4	1	2,3	13,7
<b>Zn</b>	28,6		31,3	13,9	29,7	11	13	21,5
<b>Ga</b>	4,2		9,1	4	7,3	5,1	3,8	6,1
<b>Ge</b>	0,4		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
<b>As</b>	2,9		4,9	2,4	19,1	1,9	3,4	8,6
<b>Se</b>	0,3		0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Br</b>	6,6		8,1	9	27,3	18,1	94,4	61,6
<b>Rb</b>	18,7		18,7	10,7	11,6	8,4	7,4	6,1
<b>Sr</b>	89		149	107,2	164,9	202,4	135,6	115,4
<b>Y</b>	7,9		11,2	6,2	9,7	9,4	9,1	7,4
<b>Zr</b>	52,2		82,7	24,9	71,4	98,5	91	51
<b>Nb</b>	4,2		6,6	3,5	6,9	3,7	3,1	3,6
<b>Mo</b>	3,2		3,8	3,2	3,1	3,4	2,9	3,2
<b>Cd</b>	0,9		0,4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>In</b>	0,9		0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8
<b>Sn</b>	0,5		1,1	1	1,8	1	0,9	0,9
<b>Sb</b>	1,4		1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Te</b>	2,3		1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	0,5
<b>I</b>	2,1		2	1,5	2	2,1	2,8	4
<b>Cs</b>	5,2		3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,3
<b>Ba</b>	80,7		111,1	54,3	89,9	90,2	47,5	36,6
<b>La</b>	19,7		24,6	17,7	21,9	7,4	12,8	20,7
<b>Ce</b>	18,4		22,4	9,9	10	22,2	19,2	22,7
<b>Hf</b>	2,8		3,1	2,9	2,7	2,4	2	2,9
<b>Ta</b>	2,8		3,2	2,8	4	1,7	2,3	5,1
<b>W</b>	2,5		2,7	2,4	2,6	2,3	2,2	2,3
<b>Hg</b>	0,8		0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8
<b>Tl</b>	0,8		0,9	0,4	1	0,9	0,7	0,8
<b>Pb</b>	11,8		8	8,4	66,4	9,3	7	8,4
<b>Bi</b>	0,7		0,6	0,7	1,6	0,6	0,5	0,6
<b>Th</b>	2,6	6,4	2,8	3,3	4	4,5	4,2	
<b>U</b>	9,6	9,2	9,6	8,2	8,6	8,5	13,8	

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

Çizelge B19. Harç örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-H69	MBA-H70	MBA-H71	MBA-H72	MBA-H73	MBA-H74	MBA-H75
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	%	0,048	0,048	0,046	0,046	0,057	0,047	0,047
<b>MgO</b>		1,12	0,607	0,308	1,01	0,946	0,415	0,151
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		3,48	1,96	2,15	2,24	2,25	2,06	1,13
<b>SiO<sub>2</sub></b>		31,07	7,73	9,01	9,13	9,68	5,79	3,47
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,052	0,805	0,084	0,137	0,207	0,217	0,073
<b>SO<sub>3</sub></b>		0,143	0,255	0,139	0,208	0,267	0,216	0,229
<b>Cl</b>		0,062	0,065	0,066	0,059	0,393	0,131	0,119
<b>K<sub>2</sub>O</b>		0,537	0,428	0,407	0,501	0,523	0,426	0,242
<b>CaO</b>		32,67	47,06	49,47	47,22	48,63	52,82	55,63
<b>TiO<sub>2</sub></b>		0,241	0,161	0,201	0,191	0,189	0,181	0,106
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,008	0,004	0,002	0,008	0,004	0,006	0,002
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		0,005	0,010	0,011	0,011	0,018	0,006	0,002
<b>MnO</b>		0,029	0,023	0,026	0,031	0,018	0,020	0,012
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		2,30	1,65	1,85	1,83	1,57	1,41	0,874
<b>LOI*</b>		28,76	39,33	36,22	37,65	35,92	37,01	37,92
<b>Co</b>		ppm	13,3	19,9	22,4	16	10,3	17,9
<b>Ni</b>	21,8		10,2	4,9	41,4	6,4	15	2,7
<b>Cu</b>	8,3		18,3	2,9	9,8	10,7	13,7	2,7
<b>Zn</b>	30		29,6	19,5	27	18,1	34,7	14,7
<b>Ga</b>	7,2		4,5	4,6	5,9	4,4	5	2,9
<b>Ge</b>	0,4		0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
<b>As</b>	4,8		5,5	2,3	6	10,9	3,7	2,9
<b>Se</b>	0,3		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Br</b>	7,8		10	10,6	13,7	21,4	11,3	9,8
<b>Rb</b>	17,2		17,9	19,5	17	16,3	16,4	12,1
<b>Sr</b>	123,9		145,4	101,2	214,8	201,9	112	92,6
<b>Y</b>	10,6		9,2	9,6	8	5,1	8,3	6,1
<b>Zr</b>	80		77,1	84,4	61,4	43,3	55,3	25,7
<b>Nb</b>	7,2		6,2	4,1	8,3	4,1	3,5	3,3
<b>Mo</b>	3,1		3,4	3,8	3,2	3,8	3,1	3,2
<b>Cd</b>	0,9		0,9	1	0,5	1,6	0,9	0,9
<b>In</b>	0,8		0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9
<b>Sn</b>	1		1	1	2,1	1,1	0,5	0,9
<b>Sb</b>	1		1	1	0,9	1	0,9	0,9
<b>Te</b>	1,3		1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2
<b>I</b>	2,1		6	2,1	2	2,1	7,9	5,2
<b>Cs</b>	8,5		4,1	5	3,4	3,6	5,4	7,1
<b>Ba</b>	107,8		84,7	78,3	92,7	98,7	53,8	50,6
<b>La</b>	8,6		26	15,3	23,1	23,3	16,6	7,3
<b>Ce</b>	38		20,4	23,8	9,8	21,8	15,1	9,8
<b>Hf</b>	2,6		3,2	2,9	3,1	3,5	3,1	3
<b>Ta</b>	2,8		3,3	2,6	3	3	3,3	2,5
<b>W</b>	2,5		2,4	2,4	2,7	2,5	2,8	2,2
<b>Hg</b>	0,8		0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8
<b>Tl</b>	0,8		0,9	0,9	0,9	0,9	1	1,5
<b>Pb</b>	13,6		10,3	10,9	8,8	41,4	22,7	7,5
<b>Bi</b>	0,6		0,6	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6
<b>Th</b>	5,4	4,3	5,4	4,1	3,8	3,8	2,8	
<b>U</b>	8,4	11	23,4	12,3	21,7	15	9,7	

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

Çizelge B19. Harç örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-H76	MBA-H77	MBA-H78a	MBA-H78b	MBA-H79a	MBA-H79b	Harç Ort.	
Na <sub>2</sub> O	%	0,046	0,046	0,049	0,044	0,046	0,044	<b>0,181</b>	
MgO		0,097	0,539	0,384	0,013	0,174	0,032	<b>0,753</b>	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1,27	3,24	2,18	1,43	1,55	1,39	<b>1,81</b>	
SiO <sub>2</sub>		4,72	9,38	6,94	8,94	3,80	4,87	<b>8,11</b>	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,093	0,152	0,124	0,100	0,058	0,104	<b>0,155</b>	
SO <sub>3</sub>		0,115	0,194	0,269	0,126	0,202	0,187	<b>0,290</b>	
Cl		0,079	0,062	0,073	0,061	0,066	0,033	<b>0,257</b>	
K <sub>2</sub> O		0,313	0,554	0,401	0,377	0,227	0,295	<b>0,346</b>	
CaO		53,78	46,70	50,74	47,32	56,87	53,47	<b>49,29</b>	
TiO <sub>2</sub>		0,131	0,274	0,180	0,166	0,126	0,132	<b>0,149</b>	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,002	0,005	0,005	0,006	0,004	0,004	<b>0,004</b>	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,003	0,009	0,019	0,002	0,004	0,008	<b>0,007</b>	
MnO		0,016	0,034	0,027	0,017	0,015	0,026	<b>0,021</b>	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1,05	2,29	1,65	1,07	0,991	1,12	<b>1,28</b>	
LOI*		38,21	36,39	36,23	40,88	35,88	38,87	<b>37,52</b>	
Co		ppm	10,3	11	14,5	7,5	11	23,7	<b>14,9</b>
Ni			4,2	43,4	32,9	4,9	15,5	10,6	<b>11,3</b>
Cu	3,1		9,7	6,6	1,2	5,3	4,4	<b>7,2</b>	
Zn	16,8		22,2	18,3	13,3	10,5	18,3	<b>20,6</b>	
Ga	3,4		7	4,2	4,4	3,8	4,4	<b>4,3</b>	
Ge	0,4		0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	<b>0,5</b>	
As	3,9		6,1	6,8	3,9	3,5	2,7	<b>4,6</b>	
Se	0,3		0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	<b>0,4</b>	
Br	5,1		16,9	17,8	13,6	19,9	15,8	<b>17,3</b>	
Rb	14,7		18,7	14	18	6,5	13,8	<b>12,4</b>	
Sr	118,4		136,2	135,4	83,3	98,6	108,6	<b>135,5</b>	
Y	5,8		11,8	8,6	10,4	4,9	8,4	<b>7,1</b>	
Zr	55,2		79,9	42,6	128,5	32,7	43,6	<b>54,2</b>	
Nb	3,5		5,1	5,3	5,9	8,6	3,4	<b>4,9</b>	
Mo	3,4		3,4	3,3	3,6	3,5	3,4	<b>3,7</b>	
Cd	0,9		0,9	1	0,9	1	0,9	<b>0,9</b>	
In	0,9		0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	<b>0,9</b>	
Sn	1		1	1,1	1,1	1	1,2	<b>1,3</b>	
Sb	0,9		0,9	1	0,9	1,1	0,9	<b>1,0</b>	
Te	1,1		1,1	2,2	1,2	0,6	1,2	<b>1,2</b>	
I	2		2,1	2,1	2	7,4	2,6	<b>3,6</b>	
Cs	3,4		6,2	3,7	4,3	3,5	6,5	<b>4,2</b>	
Ba	55,2		129,2	94,1	91,6	57,2	68,6	<b>64,4</b>	
La	19		19,4	17,3	22	10,8	18,3	<b>15,3</b>	
Ce	9,7		10	10	22	18,2	19,7	<b>17,7</b>	
Hf	2,7		3,1	3,1	2,6	3,2	8,2	<b>3,6</b>	
Ta	2,4		3,1	2,9	2,5	2,9	1,9	<b>3,4</b>	
W	2,7	2,7	2,7	2,1	2,7	2	<b>2,9</b>		
Hg	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	<b>1,0</b>		
Tl	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	1,6	<b>1,0</b>		
Pb	9,5	9,2	10,4	8,7	8,5	12,3	<b>14,7</b>		
Bi	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	1,3	<b>0,8</b>		
Th	3,3	5,3	3,5	5,8	2,1	3,4	<b>3,3</b>		
U	9,3	8,6	8,6	8,3	11	9,8	<b>12,0</b>		

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



Çizelge B20. Sıva örneklerde PED-XRF analizi sonuçları

Element	Conc.	MBA-S1a	MBA-S1b	MBA-S2	MBA-S3	MBA-S5	MBA-S7	MBA-S13
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	%	0,110	0,100	0,087	0,047	0,077	0,077	0,045
<b>MgO</b>		1,52	1,36	0,209	0,528	1,00	1,11	0,470
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		4,33	5,54	0,462	0,584	5,02	3,55	1,70
<b>SiO<sub>2</sub></b>		18,08	14,80	1,78	3,19	18,62	10,71	4,86
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,078	0,075	0,058	0,080	0,117	0,164	0,065
<b>SO<sub>3</sub></b>		0,295	0,278	0,533	0,337	0,649	0,196	0,202
<b>Cl</b>		0,679	0,510	0,081	0,042	0,017	0,071	0,050
<b>K<sub>2</sub>O</b>		0,710	0,691	0,103	0,164	0,433	0,548	0,330
<b>CaO</b>		37,00	38,14	57,70	56,41	41,73	44,13	50,60
<b>TiO<sub>2</sub></b>		0,273	0,350	0,040	0,039	0,245	0,272	0,147
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,011	0,007	0,002	0,001	0,003	0,008	0,004
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		0,012	0,010	0,004	0,001	0,006	0,011	0,008
<b>MnO</b>		0,030	0,024	0,008	0,009	0,026	0,032	0,024
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		2,354	2,424	0,257	0,360	1,916	2,013	1,27
<b>LOI*</b>		34,85	35,85	38,65	38,95	30,88	37,52	40,73
<b>Co</b>		ppm	18	24,3	10,7	22,5	16	20
<b>Ni</b>	45,9		23,4	3,8	1,9	27,2	32,9	10,0
<b>Cu</b>	9,4		17,6	2,4	1,8	8,7	10,9	3,9
<b>Zn</b>	43		33	9,9	7,3	23,7	37	18,6
<b>Ga</b>	6,8		11,6	2,4	3,4	6,6	5,9	5,1
<b>Ge</b>	0,6		0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	0,4
<b>As</b>	5		4,6	1,9	3,5	6,7	5,9	4,1
<b>Se</b>	0,4		0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5
<b>Br</b>	23,5		14,3	6,6	11	6,3	15,9	20,5
<b>Rb</b>	20,3		20,9	3	4,6	12,7	20,2	12,5
<b>Sr</b>	184,4		241,1	164,1	266,4	170,8	155,9	403,1
<b>Y</b>	9,3		12,4	2,9	1,1	11	8	5,9
<b>Zr</b>	55,8		76,3	6,3	13,3	50,1	46,9	34,6
<b>Nb</b>	3,7		6,2	3,7	3,2	5	6,6	5,8
<b>Mo</b>	3,7		5,2	5,3	3,2	3,3	4,9	3,2
<b>Cd</b>	1		1	0,9	1	0,9	0,9	0,9
<b>In</b>	0,9		0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8
<b>Sn</b>	1,4		0,7	1,1	1	1,8	1	1,0
<b>Sb</b>	1		1	0,9	1	0,9	1,1	1,0
<b>Te</b>	1,3		1,3	1,4	1,1	1,2	1,3	1,2
<b>I</b>	3,3		2,3	7,7	2,2	5,8	8,2	11,7
<b>Cs</b>	3,7		3,8	6,7	3,4	3,6	3,8	6,2
<b>Ba</b>	108,8		133,4	24,1	28,2	66,5	86,5	49,1
<b>La</b>	15,1		20,2	7,6	15,9	10,3	21,9	7,3
<b>Ce</b>	25,2		43,7	10	12,1	24	21,5	17,1
<b>Hf</b>	3,8		4,7	4,7	2,8	5,3	4,7	2,9
<b>Ta</b>	4,7		5,2	4,3	2,4	4,5	5	2,6
<b>W</b>	4,2		4	3,7	2,2	3,9	4,2	2,4
<b>Hg</b>	1,3		1,4	1,3	0,8	1,3	1,5	0,9
<b>Tl</b>	0,8		1,5	1,2	0,8	0,8	1,5	0,9
<b>Pb</b>	14,8		18,5	9,3	6,6	12,6	17,7	8,9
<b>Bi</b>	1		1,1	1	0,6	1	1,1	0,6
<b>Th</b>	5	7,9	0,9	1,4	4,8	4,3	4,0	
<b>U</b>	9,3	10	11	12,6	9,6	9,5	10,3	

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

Çizelge B20. Sıva örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-S14	MBA-S15	MBA-S16	MBA-S17	MBA-S18	MBA-S19	
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	%	0,045	0,045	0,045	0,044	0,053	0,062	
<b>MgO</b>		0,815	0,113	0,790	0,672	0,484	1,10	
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		3,60	1,21	4,31	4,14	2,29	4,36	
<b>SiO<sub>2</sub></b>		10,32	4,21	14,92	14,25	8,42	14,88	
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,215	0,142	0,223	0,137	0,157	0,194	
<b>SO<sub>3</sub></b>		0,265	0,199	0,358	0,226	0,317	0,688	
<b>Cl</b>		0,080	0,099	0,063	0,055	0,226	0,616	
<b>K<sub>2</sub>O</b>		0,604	0,292	0,449	0,513	0,532	0,788	
<b>CaO</b>		44,81	55,16	44,09	44,76	49,80	41,90	
<b>TiO<sub>2</sub></b>		0,306	0,102	0,251	0,274	0,191	0,274	
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,003	0,003	0,004	0,003	0,007	0,011	
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		0,022	0,003	0,005	0,004	0,005	0,006	
<b>MnO</b>		0,037	0,014	0,022	0,028	0,024	0,027	
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		2,44	0,84	1,82	2,09	1,59	2,19	
<b>LOI*</b>		36,99	37,44	32,85	32,78	34,86	32,54	
<b>Co</b>		ppm	11,5	7,0	9,8	11,0	9,4	11,0
<b>Ni</b>			44,0	3,6	21,5	23,5	20,0	23,8
<b>Cu</b>	17,5		10,1	14,7	11,4	17,7	11,3	
<b>Zn</b>	30,9		17,0	26,7	31,9	26,7	30,5	
<b>Ga</b>	7,5		2,1	7,4	7,8	5,4	8,1	
<b>Ge</b>	0,4		0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	
<b>As</b>	8,1		2,4	3,4	4,2	2,6	4,6	
<b>Se</b>	0,4		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
<b>Br</b>	19,8		7,2	22,0	15,6	18,9	32,0	
<b>Rb</b>	21,5		9,2	9,4	10,9	21,3	15,9	
<b>Sr</b>	152,9		138,5	209,9	131,5	148,0	215,5	
<b>Y</b>	9,6		4,9	9,3	8,7	7,5	8,8	
<b>Zr</b>	62,5		30,5	46,4	62,5	44,1	65,4	
<b>Nb</b>	7,0		3,6	7,5	4,5	3,6	3,4	
<b>Mo</b>	4,0		3,3	3,3	3,7	3,5	3,0	
<b>Cd</b>	1,0		0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	
<b>In</b>	0,9		0,9	0,9	1,0	0,9	0,8	
<b>Sn</b>	2,9		1,3	1,0	1,1	0,9	1,0	
<b>Sb</b>	1,0		1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	
<b>Te</b>	1,2		0,7	1,2	1,2	1,2	1,1	
<b>I</b>	7,1		3,9	5,8	10,2	2,2	2,1	
<b>Cs</b>	3,7		3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
<b>Ba</b>	121,1		49,2	126,4	94,5	86,2	174,2	
<b>La</b>	13,5		21,5	20,9	24,1	17,7	27,3	
<b>Ce</b>	10,0		14,6	24,8	26,3	19,8	19,3	
<b>Hf</b>	3,2		3,0	3,0	2,9	3,3	2,9	
<b>Ta</b>	3,4		3,1	3,2	3,0	3,4	3,1	
<b>W</b>	2,7		2,4	2,5	2,6	2,5	2,5	
<b>Hg</b>	0,9		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
<b>Tl</b>	0,9		0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	
<b>Pb</b>	15,9	13,4	23,0	11,4	10,1	10,8		
<b>Bi</b>	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7		
<b>Th</b>	5,3	2,5	5,1	5,1	4,2	5,3		
<b>U</b>	9,2	18,7	10,1	30,4	11,0	8,0		

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

Çizelge B20. Sıva örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-S20	MBA-S21	MBA-S22	MBA-S23a	MBA-S23b	MBA-S24
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	%	0,048	0,050	0,053	0,790	1,040	0,045
<b>MgO</b>		0,915	3,05	1,12	0,853	1,79	0,014
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		3,84	4,95	4,74	2,46	3,72	1,13
<b>SiO<sub>2</sub></b>		12,21	19,90	16,92	10,54	17,91	3,22
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,197	0,172	0,134	0,051	0,071	0,234
<b>SO<sub>3</sub></b>		0,418	0,830	0,727	0,742	1,151	0,172
<b>Cl</b>		0,030	0,074	0,172	4,229	2,534	0,073
<b>K<sub>2</sub>O</b>		0,691	0,773	0,677	0,190	0,377	0,196
<b>CaO</b>		44,34	35,59	41,01	45,08	41,84	57,68
<b>TiO<sub>2</sub></b>		0,294	0,308	0,307	0,148	0,210	0,078
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0,007	0,009	0,007	0,004	0,008	0,002
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		0,014	0,013	0,018	0,013	0,009	0,007
<b>MnO</b>		0,040	0,038	0,038	0,017	0,021	0,011
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		2,56	2,52	2,49	1,09	1,50	0,494
<b>LOI*</b>		35,06	31,22	32,04	33,73	27,93	36,98
<b>Co</b>		ppm	23,1	11	12	15,6	9,4
<b>Ni</b>	59,8		34,1	44,3	21,5	24,7	2,2
<b>Cu</b>	11,7		14,4	12,3	9,8	14,2	1,9
<b>Zn</b>	31,3		36,2	34,8	12,1	17,9	11,7
<b>Ga</b>	7,3		8,1	8,2	8,2	4,9	0,7
<b>Ge</b>	0,4		0,7	0,4	0,4	0,4	0,4
<b>As</b>	7		6,9	22,9	1,9	3	0,7
<b>Se</b>	0,3		0,3	0,3	0,6	0,3	0,3
<b>Br</b>	7,9		17,5	25,2	177,2	114,7	20
<b>Rb</b>	22,2		15,4	17,3	3,4	6,3	5,3
<b>Sr</b>	170,5		213,7	292,6	246,7	119,7	89,5
<b>Y</b>	9,6		10,5	9,7	3,8	8,7	2,2
<b>Zr</b>	63,6		85,2	72,5	31,4	46,5	15,2
<b>Nb</b>	10,2		14,2	3,7	5,8	3,7	4,2
<b>Mo</b>	3,6		3,5	3,5	3,6	3,3	4
<b>Cd</b>	1		1	0,9	1	0,9	1,1
<b>In</b>	0,9		0,9	0,8	0,9	0,8	0,9
<b>Sn</b>	2,2		2	0,7	2	1,9	1,1
<b>Sb</b>	0,9		1	1	0,8	0,9	1
<b>Te</b>	1,2		1,2	1,2	1,4	1,1	1,2
<b>I</b>	5,1		5,7	2	4	2	4,6
<b>Cs</b>	5,9		3,7	3,5	3,1	3,5	3,4
<b>Ba</b>	129,3		172,4	128	86,9	61	33,6
<b>La</b>	24,3		18,5	24,7	8,3	21	17,6
<b>Ce</b>	42,9		19,9	23,2	18,7	19,3	17,5
<b>Hf</b>	3,1		4,3	3	2,9	3,1	2,9
<b>Ta</b>	3,3	3,1	3,3	2,9	3,2	3,3	
<b>W</b>	3	2,6	2,7	2,3	2,5	2,4	
<b>Hg</b>	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	
<b>Tl</b>	0,5	0,9	1	0,9	0,9	0,8	
<b>Pb</b>	12,8	14,8	39,9	18,4	12,9	6,6	
<b>Bi</b>	0,7	0,6	0,9	0,6	0,6	0,6	
<b>Th</b>	4,3	5,7	3,3	6	2,9	3,5	
<b>U</b>	10	17,4	12,5	11	8	11	

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

Çizelge B20. Sıva örneklerde PED-XRF analizi sonuçları (devam)

Element	Conc.	MBA-S25	MBA-S26	MBA-S27	MBA-S28	MBA-S29	Sıva Ort.
Na <sub>2</sub> O	%	0,047	0,047	0,048	0,053	0,051	<b>0,130</b>
MgO		0,045	0,606	0,724	1,61	0,130	<b>0,876</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,867	2,76	2,80	4,18	0,655	<b>3,05</b>
SiO <sub>2</sub>		2,26	9,44	7,96	15,08	2,30	<b>10,70</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,160	0,172	0,181	0,090	0,073	<b>0,135</b>
SO <sub>3</sub>		0,283	0,588	0,360	0,701	0,819	<b>0,472</b>
Cl		0,064	0,091	0,091	0,102	0,158	<b>0,425</b>
K <sub>2</sub> O		0,168	0,509	0,507	0,662	0,159	<b>0,461</b>
CaO		59,02	49,68	48,42	43,98	58,31	<b>47,13</b>
TiO <sub>2</sub>		0,063	0,150	0,223	0,210	0,048	<b>0,200</b>
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,001	0,002	0,008	0,005	0,001	<b>0,005</b>
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,002	0,006	0,007	0,008	0,006	<b>0,008</b>
MnO		0,009	0,017	0,025	0,021	0,010	<b>0,023</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,392	1,15	1,69	1,64	0,31	<b>1,56</b>
LOI*		36,53	35,03	36,52	31,84	36,73	<b>34,94</b>
Co	ppm	11,3	12,7	21,3	17,6	14,8	<b>14,6</b>
Ni		2,2	15,7	19,3	20,9	2	<b>22,0</b>
Cu		3,9	7,1	10,6	9	1	<b>9,7</b>
Zn		7,7	19,2	24,7	24,4	12,2	<b>23,7</b>
Ga		2,7	4,1	5,5	5,6	1,7	<b>5,7</b>
Ge		0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	<b>0,5</b>
As		1,8	4,3	4,4	5,7	2,4	<b>4,9</b>
Se		0,3	0,9	0,3	0,3	0,3	<b>0,4</b>
Br		13	25,1	13,4	15,9	6	<b>27,1</b>
Rb		3,9	9,3	15,6	7,9	3,3	<b>12,2</b>
Sr		112,4	215,6	153,9	259,8	138,8	<b>191,5</b>
Y		0,5	3,9	7,7	6,7	2,1	<b>6,9</b>
Zr		19,5	26,9	50,2	45,1	13	<b>44,3</b>
Nb		3,8	3,5	6,6	5,7	3,8	<b>5,4</b>
Mo		4,6	3,2	4,3	3	3,5	<b>3,7</b>
Cd		0,7	0,9	0,9	0,9	1,1	<b>0,9</b>
In		0,9	0,9	0,9	0,9	1	<b>0,9</b>
Sn		1	1,1	1	20,7	1,1	<b>2,1</b>
Sb		1	0,9	1	1,6	1,7	<b>1,0</b>
Te		0,7	1,2	1,2	1,2	1,4	<b>1,2</b>
I		2,1	3,7	4,8	2,3	10,4	<b>5,0</b>
Cs		3,4	3,4	4,2	4,5	7,2	<b>4,1</b>
Ba		26,4	96,8	108,2	83,7	30,9	<b>87,7</b>
La		7,1	12,2	23,3	20,7	15,3	<b>17,3</b>
Ce		13,9	22,5	29,2	11	25,1	<b>21,3</b>
Hf		3,1	2,8	3	2,8	4	<b>3,4</b>
Ta		2,7	2,9	3	3	2,6	<b>3,4</b>
W		2,3	2,5	2,6	2,5	2,3	<b>2,8</b>
Hg		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	<b>0,9</b>
Tl		0,8	0,9	0,8	0,4	1,5	<b>0,9</b>
Pb	5,9	13,4	14,7	107,4	9	<b>17,9</b>	
Bi	0,6	0,7	0,6	0,9	0,7	<b>0,7</b>	
Th	2,1	3,1	4,2	4,5	1,5	<b>4,0</b>	
U	15,9	8,6	9,9	8,9	21,8	<b>12,3</b>	

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

Çizelge B21. Harç örneklerde agrega/bağlayıcı ve granülometrik analiz

Örnekler	TB (%)	TA (%)	<63 µm	63-125 µm	125-250 µm	250-500 µm	500-1000 µm	>1000 µm
MBA-H1	73,78	26,22	0,83	2,71	11,16	22,71	32,56	30,03
MBA-H2	85,80	14,20	4,27	3,57	8,25	23,98	22,12	37,81
MBA-H3	84,81	15,19	4,33	0,19	6,02	34,36	23,40	31,70
MBA-H4	84,05	15,95	11,35	5,81	20,84	25,59	18,94	17,47
MBA-H5a	87,44	12,56	2,64	0,08	2,66	21,49	24,95	48,18
MBA-H5b	72,95	27,05	0,89	0,03	2,35	38,85	18,49	39,41
MBA-H6	63,75	36,25	1,31	0,03	5,34	43,64	27,94	21,74
MBA-H7	71,78	28,22	1,18	0,20	4,99	43,50	28,42	21,71
MBA-H8	84,26	15,74	3,72	3,62	10,78	27,23	23,11	31,54
MBA-H9	88,87	11,13	3,99	0,85	9,99	41,02	27,85	16,30
MBA-H10	73,91	26,09	6,20	0,24	5,32	40,72	27,09	20,43
MBA-H11	85,22	14,78	2,42	0,29	9,83	45,90	11,44	30,12
MBA-H12	67,68	32,32	0,98	0,19	3,05	43,07	13,52	39,20
MBA-H13	82,52	17,48	5,58	1,72	12,63	37,07	24,84	18,17
MBA-H14	74,36	25,64	2,07	0,21	6,00	38,28	28,37	25,07
MBA-H15	77,81	22,19	2,81	0,11	3,98	26,60	15,16	51,34
MBA-H16	81,24	18,76	2,25	0,11	4,22	44,44	17,88	31,10
MBA-H17	87,06	12,94	5,36	0,13	9,50	36,63	27,19	21,20
MBA-H18	67,89	32,11	5,12	0,23	10,31	36,24	21,42	26,69
MBA-H19	75,45	24,55	5,20	5,06	15,46	23,48	17,74	33,05
MBA-H20a	66,70	33,30	1,26	1,71	10,34	13,36	10,63	62,70
MBA-H20b	86,88	13,12	1,53	2,49	9,37	14,91	18,59	53,10
MBA-H20c	83,68	16,32	3,94	2,81	12,83	10,83	9,93	59,65
MBA-H21	83,89	16,11	6,26	8,03	12,77	19,17	24,67	29,09
MBA-H22	79,35	20,65	3,53	3,64	10,67	9,64	15,84	56,69
MBA-H23	80,52	19,48	2,82	4,51	9,06	19,96	25,66	37,99
MBA-H24	67,20	32,80	2,16	2,62	5,86	33,32	40,17	15,88
MBA-H25	68,00	32,00	2,08	2,78	9,24	15,02	24,62	46,26
MBA-H26	78,25	21,75	2,92	4,41	10,61	23,60	36,51	21,96
MBA-H27	78,07	21,93	3,88	6,45	10,68	13,12	27,51	38,36
MBA-H28	85,39	14,61	7,60	4,77	6,19	19,31	52,13	10,00
MBA-H29	90,85	9,15	6,78	4,83	14,15	19,58	21,92	32,74
MBA-H30	72,32	27,68	1,86	2,31	4,28	6,95	10,86	73,75
MBA-H31	71,38	28,62	2,94	3,83	5,76	5,49	11,76	70,21
MBA-H32	78,35	21,65	2,47	2,82	7,65	32,00	37,01	18,05
MBA-H33	78,03	21,97	2,09	3,50	11,91	27,61	39,05	15,84
MBA-H34	72,22	27,78	3,16	4,32	7,07	19,88	36,89	28,68
MBA-H35	67,28	32,72	2,76	5,32	9,65	12,11	20,66	49,49
MBA-H36	45,70	54,30	2,93	1,61	3,96	8,28	8,99	74,23
MBA-H37	69,89	30,11	2,19	3,61	6,74	7,33	14,56	65,57
MBA-H38	71,62	28,38	4,08	4,97	17,70	30,23	20,77	22,25
MBA-H39	83,16	16,84	5,69	4,09	14,37	28,08	21,74	26,02
MBA-H40	66,93	33,07	3,12	4,42	13,62	15,36	16,57	46,91
MBA-H41	81,64	18,36	4,15	5,08	10,43	21,37	29,60	29,37
MBA-H42a	86,46	13,54	5,80	9,82	14,85	23,45	25,54	20,54
MBA-H42b	75,17	24,83	19,08	4,90	9,74	16,27	16,67	33,33
MBA-H43	75,97	24,03	2,57	4,86	7,85	12,82	23,34	48,57
MBA-H44	77,00	23,00	7,49	6,38	14,67	20,35	22,56	28,55

Çizelge B21. Harç örneklerde agrega/bağlayıcı ve granülometrik analiz (devam)

Örnekler	TB (%)	TA (%)	<63 µm	63-125 µm	125-250 µm	250-500 µm	500-1000 µm	>1000 µm
MBA-H45	72,90	27,10	1,76	2,04	7,48	11,64	16,94	60,15
MBA-H46	86,89	13,11	11,83	5,20	20,55	25,53	23,09	13,80
MBA-H47	81,70	18,30	4,76	6,04	12,04	31,26	38,19	7,72
MBA-H48	62,91	37,09	2,36	3,57	10,95	19,95	25,56	37,61
MBA-H49	74,98	25,02	8,08	7,08	14,56	17,16	26,11	27,02
MBA-H50	81,93	18,07	3,66	4,00	10,22	19,12	25,79	37,20
MBA-H51	57,20	42,80	2,19	4,47	9,56	16,04	29,02	38,72
MBA-H52	67,62	32,38	2,25	2,64	5,97	11,20	28,04	49,90
MBA-H53	76,13	23,87	2,83	2,63	18,85	24,70	16,67	34,32
MBA-H55	57,89	42,11	1,82	2,57	5,54	7,83	11,85	70,40
MBA-H56	77,27	22,73	2,68	2,06	5,43	27,23	49,06	13,54
MBA-H57	66,21	33,79	3,50	3,08	8,17	16,24	24,46	44,54
MBA-H58	70,96	29,04	5,42	1,50	6,10	4,65	10,76	71,57
MBA-H59	69,35	30,65	2,32	2,69	6,94	15,67	29,45	42,93
MBA-H60	75,68	24,32	2,64	3,70	8,51	17,39	35,54	32,21
MBA-H62	70,07	29,93	4,20	2,02	7,21	13,41	22,59	50,57
MBA-H63	77,53	22,47	2,91	4,07	6,20	9,24	16,15	61,43
MBA-H64	76,15	23,85	1,71	2,20	8,92	21,92	32,81	32,45
MBA-H65	63,91	36,09	2,61	3,94	7,14	12,45	21,32	52,54
MBA-H66	84,60	15,40	7,33	5,59	7,24	10,89	17,58	51,38
MBA-H67	70,93	29,07	1,48	3,77	5,53	7,33	10,50	71,38
MBA-H68	78,13	21,87	5,76	5,91	10,86	19,66	30,60	27,21
MBA-H69	63,53	36,47	2,64	5,38	9,58	15,54	29,23	37,62
MBA-H70	64,91	35,09	1,50	2,50	7,32	15,36	25,53	47,79
MBA-H71	77,11	22,89	2,05	4,13	11,18	21,71	26,21	34,72
MBA-H72	68,46	31,54	2,14	3,58	11,96	24,81	24,71	32,79
MBA-H73	81,22	18,78	2,94	5,06	11,51	20,55	23,95	35,99
MBA-H74	69,83	30,17	2,60	4,19	6,52	8,19	12,61	65,89
MBA-H75	83,33	16,67	2,90	3,07	13,37	40,93	26,45	13,29
MBA-H76	74,65	25,35	3,31	2,70	10,01	22,75	33,18	28,06
MBA-H77	73,81	26,19	5,10	6,05	10,69	16,99	29,38	31,78
MBA-H78a	77,14	22,86	5,26	4,46	9,09	16,47	26,10	38,63
MBA-H78b	74,44	25,56	2,29	2,43	8,42	29,91	30,21	26,74
MBA-H79a	88,92	11,08	5,94	8,48	14,25	21,48	27,19	22,65
MBA-H79b	71,17	28,83	3,05	2,87	7,21	17,36	25,54	43,97
<b>Ortalama</b>	<b>75,56</b>	<b>24,44</b>	<b>3,90</b>	<b>3,46</b>	<b>9,51</b>	<b>21,99</b>	<b>24,04</b>	<b>37,10</b>

Çizelge B22. Harç örneklerde Gravimetrik analiz sonuçları

Örnekler	Nem (105°C, %)	Organik İçerik (450°C, %)	Karbonat (%)
MBA-H1	0,60	1,78	59,54
MBA-H2	0,71	1,62	67,27
MBA-H3	0,79	2,72	67,64
MBA-H4	0,57	1,44	69,53
MBA-H5a	1,05	3,23	68,33
MBA-H5b	0,49	1,96	62,26
MBA-H6	0,91	3,93	51,41
MBA-H7	2,79	2,43	59,85
MBA-H8	0,64	2,56	69,67
MBA-H10	0,94	5,51	61,14
MBA-H11	3,61	3,03	72,14
MBA-H12	0,38	2,15	57,22
MBA-H15	1,57	1,34	53,80
MBA-H16	2,57	2,26	66,34
MBA-H17	3,25	2,84	67,18
MBA-H18	1,66	9,47	52,75
MBA-H19	0,63	4,18	67,04
MBA-H20a	0,37	2,74	58,23
MBA-H20b	0,50	2,78	71,01
MBA-H20c	0,80	2,04	63,33
MBA-H21	5,14	4,58	72,16
MBA-H24	4,12	3,70	56,47
MBA-H26	2,16	1,92	52,03
MBA-H30	0,42	3,32	68,40
MBA-H31	0,35	2,97	59,47
MBA-H33	0,30	2,24	59,59
MBA-H35	1,09	6,86	41,74
MBA-H36	1,79	1,61	69,56
MBA-H37	2,41	2,11	60,36
MBA-H41	2,94	2,66	64,65
MBA-H43	3,13	2,34	64,71
MBA-H44	6,06	4,83	56,59
MBA-H45	2,66	2,41	68,97
MBA-H49	24,29	4,24	65,63
MBA-H50	2,18	1,87	68,86
MBA-H51	3,85	3,25	49,26
MBA-H55	3,19	3,01	58,44
MBA-H56	2,35	2,18	73,64
MBA-H58	1,42	1,51	50,89
MBA-H59	3,59	3,62	60,54
MBA-H60	2,44	2,52	59,57
MBA-H63	5,00	4,97	70,21
MBA-H64	2,55	2,67	58,30
MBA-H65	9,34	8,59	49,91
MBA-H66	4,03	4,12	72,82
MBA-H67	2,86	2,01	65,63
MBA-H68	7,81	4,07	56,49
MBA-H69	5,99	5,85	58,37
MBA-H70	6,47	6,63	54,98
MBA-H73	3,84	3,06	68,32

Çizelge B22. Harç örneklerde Gravimetrik analiz sonuçları (devam)

Örnekler	Nem (105°C, %)	Organik İçerik (450°C, %)	Karbonat (%)
MBA-H70	6,47	6,63	54,98
MBA-H73	3,84	3,06	68,32
MBA-H74	3,18	3,02	69,14
MBA-H75	2,15	2,06	62,12
MBA-H76	5,15	5,02	67,68
MBA-H77	8,65	8,42	61,24
MBA-H78a	8,40	8,16	64,24
MBA-H78b	2,48	2,28	50,80
Ortalama	3,25	3,56	61,91

Çizelge B23. Sıva örneklerde Gravimetrik analiz sonuçları

Örnekler	Nem (105°C, %)	Organik İçerik (450°C, %)	Karbonat (%)
MBA-S1a	0,82	4,66	54,20
MBA-S1b	1,95	6,77	44,42
MBA-S2	0,36	2,95	77,47
MBA-S3	0,68	4,06	77,22
MBA-S5	1,25	7,56	58,73
MBA-S13	0,62	5,64	76,76
MBA-S14	0,67	5,13	61,14
MBA-S15	0,31	3,04	68,89
MBA-S17	1,37	9,52	58,22
MBA-S18	0,34	4,07	60,86
MBA-S19	2,32	11,92	54,31
MBA-S21	1,54	10,97	53,48
MBA-S22	1,63	10,99	49,37
MBA-S23a	9,46	15,82	64,55
MBA-S23b	3,07	14,26	65,88
MBA-S25	0,34	4,44	79,46
MBA-S26	0,40	6,32	66,07
MBA-S27	0,44	5,19	65,11
MBA-S28	0,93	8,95	63,03
MBA-S29	0,53	5,57	60,63
Ortalama	1,45	7,39	62,99



Çizelge B24. Taş, toprak, su kaynakları ve harç örneklerinin pH değerleri

Örnekler	pH
MBA-T2	8,29
MBA-T5	8,25
MBA-T9	8,23
MBA-T25	8,25
MBA-T26	8,20
MBA-T31	8,18
MBA-T32	8,27
MBA-T33	8,27
<b>Ortalama</b>	<b>8,24</b>

Örnekler	pH
MBA-D1	8,17
MBA-D2	8,20
MBA-D3	8,20
MBA-D4	8,09
<b>Ortalama</b>	<b>8,17</b>

Örnekler	pH
MBA-W1	8,00
MBA-W2	7,50
<b>Ortalama</b>	<b>7,75</b>

Örnekler	pH
MBA-H5a	8,23
MBA-H18	8,13
MBA-H29	8,12
MBA-H30	8,22
MBA-H31	8,23
MBA-H32	8,25
MBA-H47	8,19
MBA-H62	8,17
MBA-H63	8,23
MBA-H65	8,21
MBA-H67	8,17
MBA-H68	8,20
MBA-H73	8,25
MBA-H74	8,32
MBA-H75	8,28
MBA-H76	8,24
MBA-H77	8,33
<b>Ortalama</b>	<b>8,22</b>

Çizelge B25. Taş, tuğla/kiremit ve toprak örneklerinde tuz testi değerleri

Örnekler	SS (%)
MBA-T1	0,51
MBA-T2	0,50
MBA-T3	0,50
MBA-T4	0,51
MBA-T5	0,50
MBA-T6	0,52
MBA-T7	0,51
MBA-T8	0,51
MBA-T9	0,51
MBA-T10	0,50
MBA-T11	0,50
MBA-T12	0,49
MBA-T13	0,43
MBA-T14	0,43
MBA-T15	0,48
MBA-T16	0,51
MBA-T17	0,48
MBA-T18	0,52
MBA-T19	0,51
MBA-T20	0,50
MBA-T21	0,51
MBA-T23	0,51
MBA-T25	0,39
MBA-T26	0,31
MBA-T28	0,47
MBA-T29	0,49
MBA-T30	0,51
MBA-T31	1,84
MBA-T32	0,41
MBA-T33	0,50
MBA-T34	0,51
MBA-T35	0,95
MBA-T36	0,95
<b>Ortalama</b>	<b>0,55</b>

Örnekler	SS (%)
MBA-B1	0,46
MBA-B2	0,50
MBA-B3	0,49
MBA-B4	0,49
MBA-B5	0,51
MBA-B6	0,49
MBA-B7	0,50
MBA-B8	0,48
MBA-B9	0,47
MBA-B10	0,48
MBA-B11	0,50
MBA-B12	0,46
MBA-B13	0,50
MBA-B14	0,51
MBA-B15	0,51
MBA-B16	0,44
MBA-B17	0,49
MBA-B18	0,45
MBA-B19	0,51
MBA-B20	0,39
MBA-B21	0,40
MBA-B24	0,51
MBA-B25	0,51
MBA-B26	0,51
<b>Ortalama</b>	<b>0,48</b>

Örnekler	SS (%)
MBA-D1	0,44
MBA-D2	0,36
MBA-D3	2,56
MBA-D4	6,78
<b>Ortalama</b>	<b>2,53</b>

Çizelge B26. Harç örneklerde Cementation Index değerleri

Örnek	CI	Kireç Türü
-------	----	------------

Örnek	CI	Kireç Türü
-------	----	------------

MBA-H1	0,27	YK
MBA-H2	0,34	ZHK
MBA-H3	0,30	YK
MBA-H4	0,32	ZHK
MBA-H5a	0,57	OHK
MBA-H5b	0,13	YK
MBA-H6	0,56	OHK
MBA-H8	0,18	YK
MBA-H9	0,42	ZHK
MBA-H10	1,45	DÇ
MBA-H12	0,27	YK
MBA-H13	0,45	ZHK
MBA-H15	0,21	ZHK
MBA-H18	2,36	DÇ/Ç
MBA-H19	0,16	YK
MBA-H20a	0,20	YK
MBA-H20b	0,17	YK
MBA-H20c	0,18	YK
MBA-H27	0,13	YK
MBA-H29	0,23	YK
MBA-H30	0,35	ZHK
MBA-H31	0,43	ZHK
MBA-H33	0,32	ZHK
MBA-H35	0,39	ZHK
MBA-H37	0,40	ZHK
MBA-H46	0,32	ZHK
MBA-H47	0,30	YK
MBA-H53	0,33	ZHK

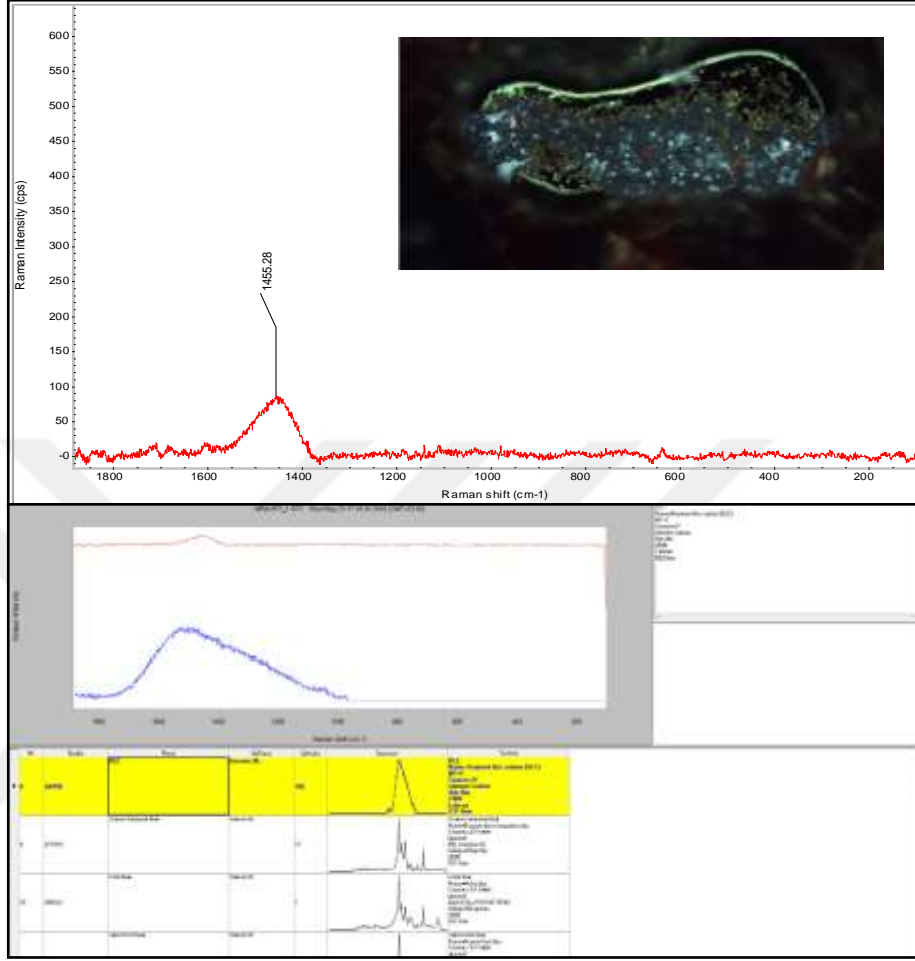
MBA-H55	0,34	ZHK
MBA-H56	0,32	ZHK
MBA-H57	0,88	HK
MBA-H58	0,58	OHK
MBA-H59	0,35	ZHK
MBA-H60	0,49	ZHK
MBA-H62	0,44	ZHK
MBA-H63	0,95	HK
MBA-H64	0,22	YK
MBA-H65	1,57	DÇ
MBA-H66	0,91	HK
MBA-H67	1,67	DÇ
MBA-H68	1,31	DÇ
MBA-H69	2,72	DÇ/Ç
MBA-H70	0,53	OHK
MBA-H71	0,59	OHK
MBA-H72	0,61	OHK
MBA-H73	0,62	OHK
MBA-H74	0,37	ZHK
MBA-H75	0,21	YK
MBA-H76	0,29	YK
MBA-H77	0,68	HK
MBA-H78a	0,46	ZHK
MBA-H78b	0,58	OHK
MBA-H79a	0,23	YK
MBA-H79b	0,30	YK
<b>Ortalama</b>	<b>0,56</b>	<b>OHK</b>

Çizelge B27. Sıva örneklerde Cementation İndeksi

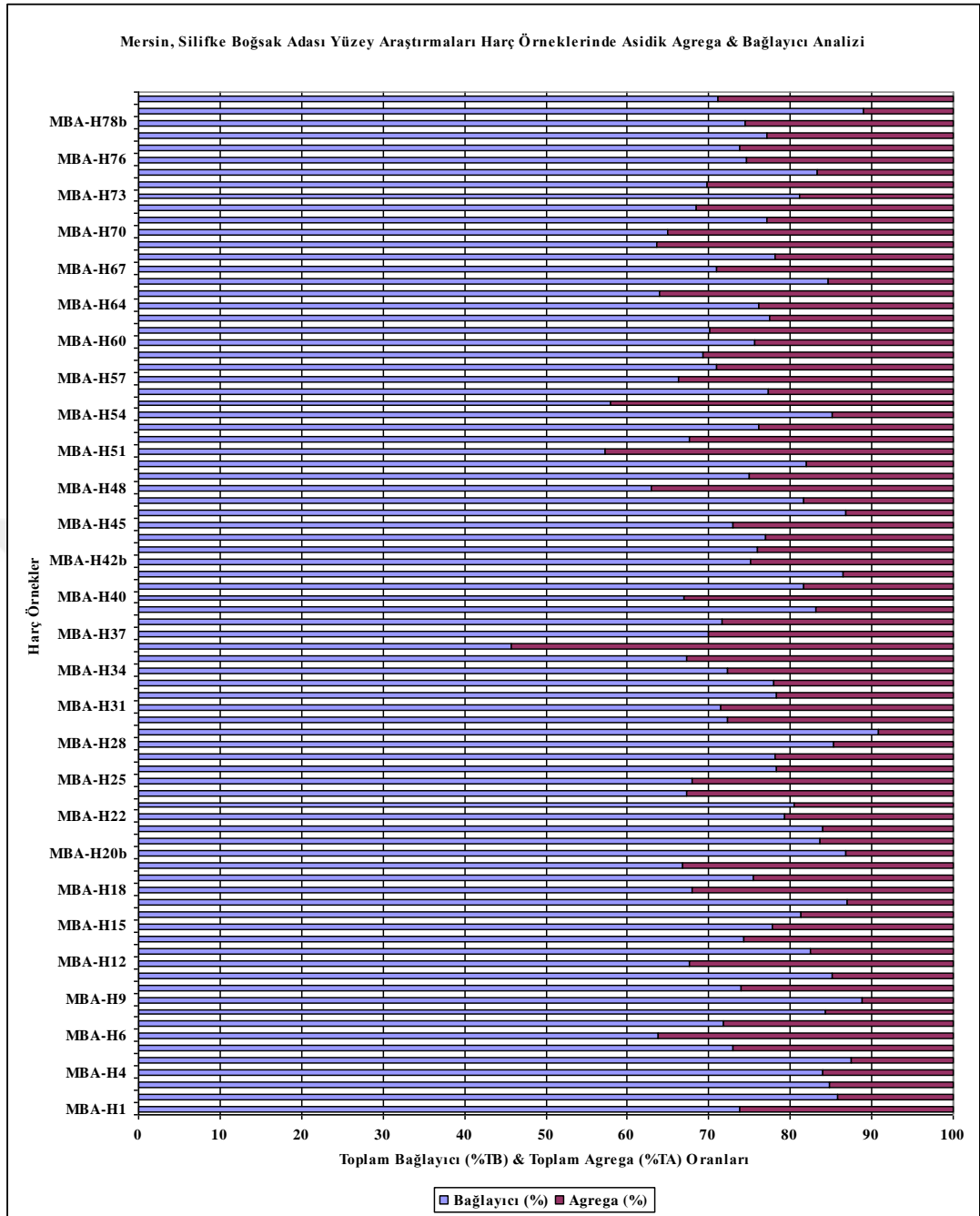
Örnek	CI	Kireç Türü
MBA-S1a	1,48	DÇ
MBA-S1b	1,25	DÇ
MBA-S2	0,10	YK
MBA-S3	0,17	YK
MBA-S5	1,38	DÇ
MBA-S7	0,79	HK
MBA-S13	0,33	ZHK
MBA-S14	0,77	HK
MBA-S15	0,25	YK
MBA-S16	1,07	HK
MBA-S17	1,02	HK
MBA-S18	0,55	OHK

Örnek	CI	Kireç Türü
MBA-S19	1,12	DÇ
MBA-S20	0,90	HK
MBA-S21	1,60	DÇ
MBA-S22	1,29	DÇ
MBA-S23a	0,72	HK
MBA-S23b	1,26	DÇ
MBA-S24	0,19	YK
MBA-S25	0,13	YK
MBA-S26	0,61	OHK
MBA-S27	0,55	OHK
MBA-S28	1,05	DÇ
MBA-S29	0,13	YK
<b>Ortalama</b>	<b>0,78</b>	<b>HK</b>

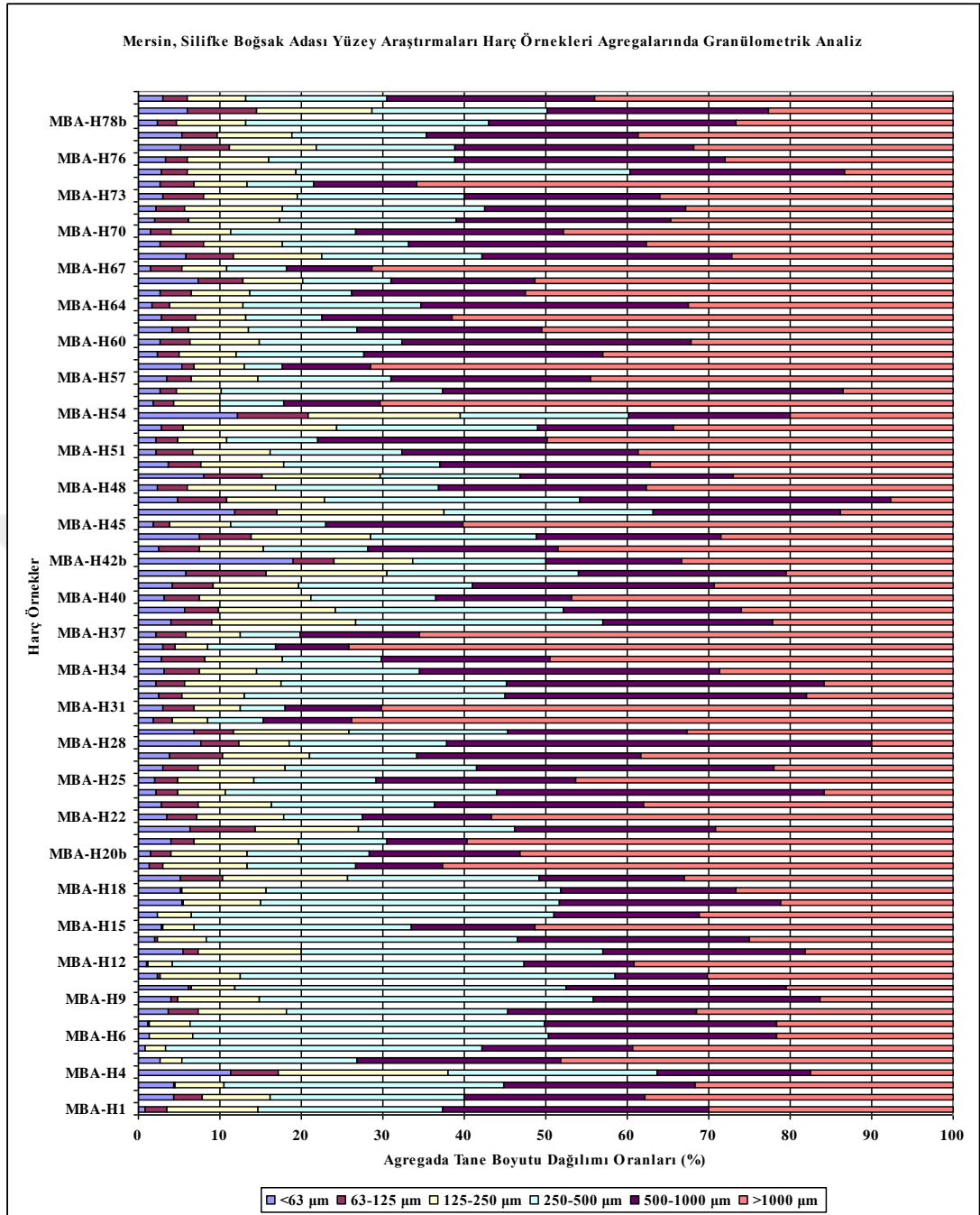
### EK-3. Şekiller



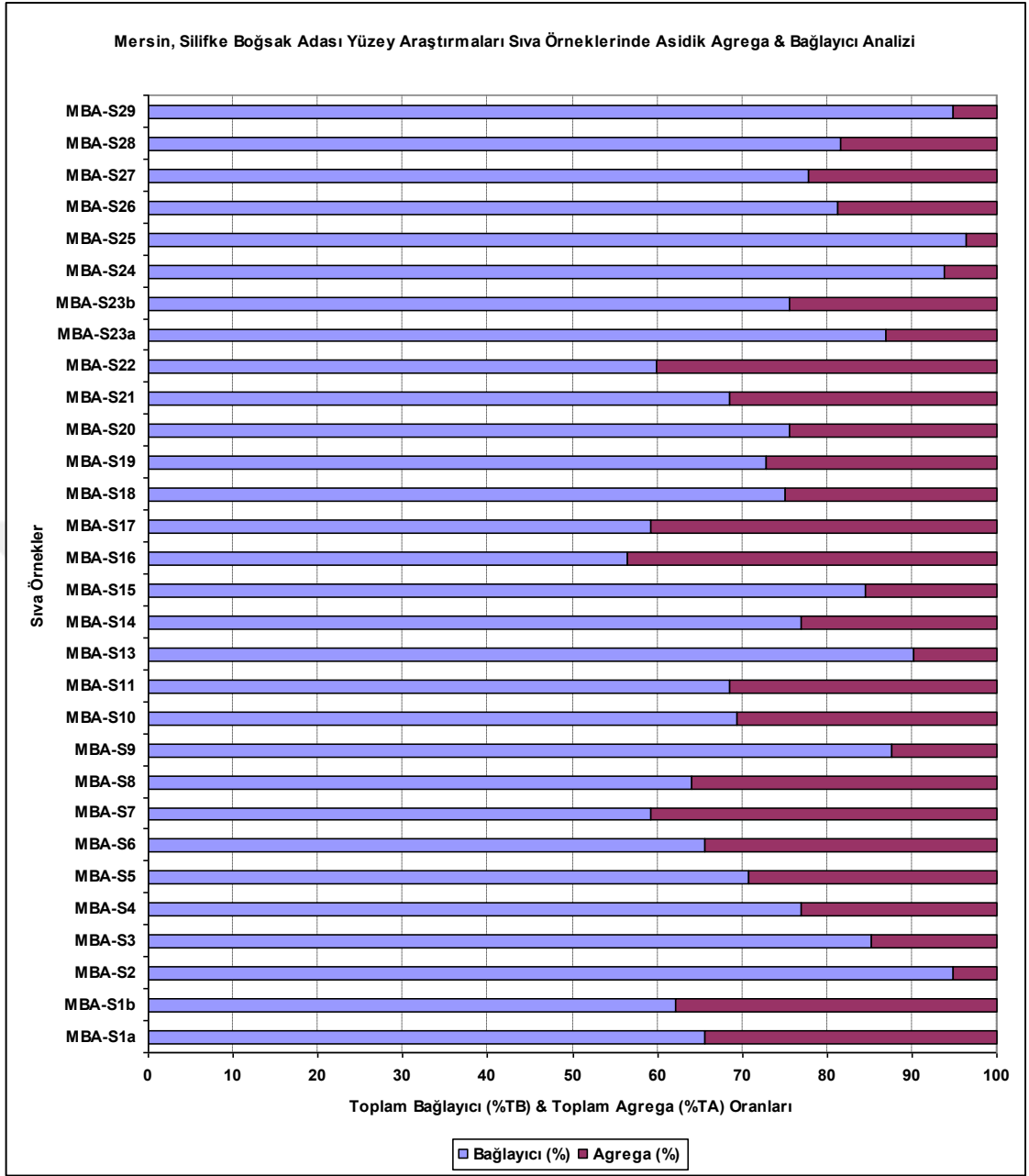
Şekil C1. Boğsak Adası yerleşimi yapıları MBA-H73 harç örneği Raman analizi



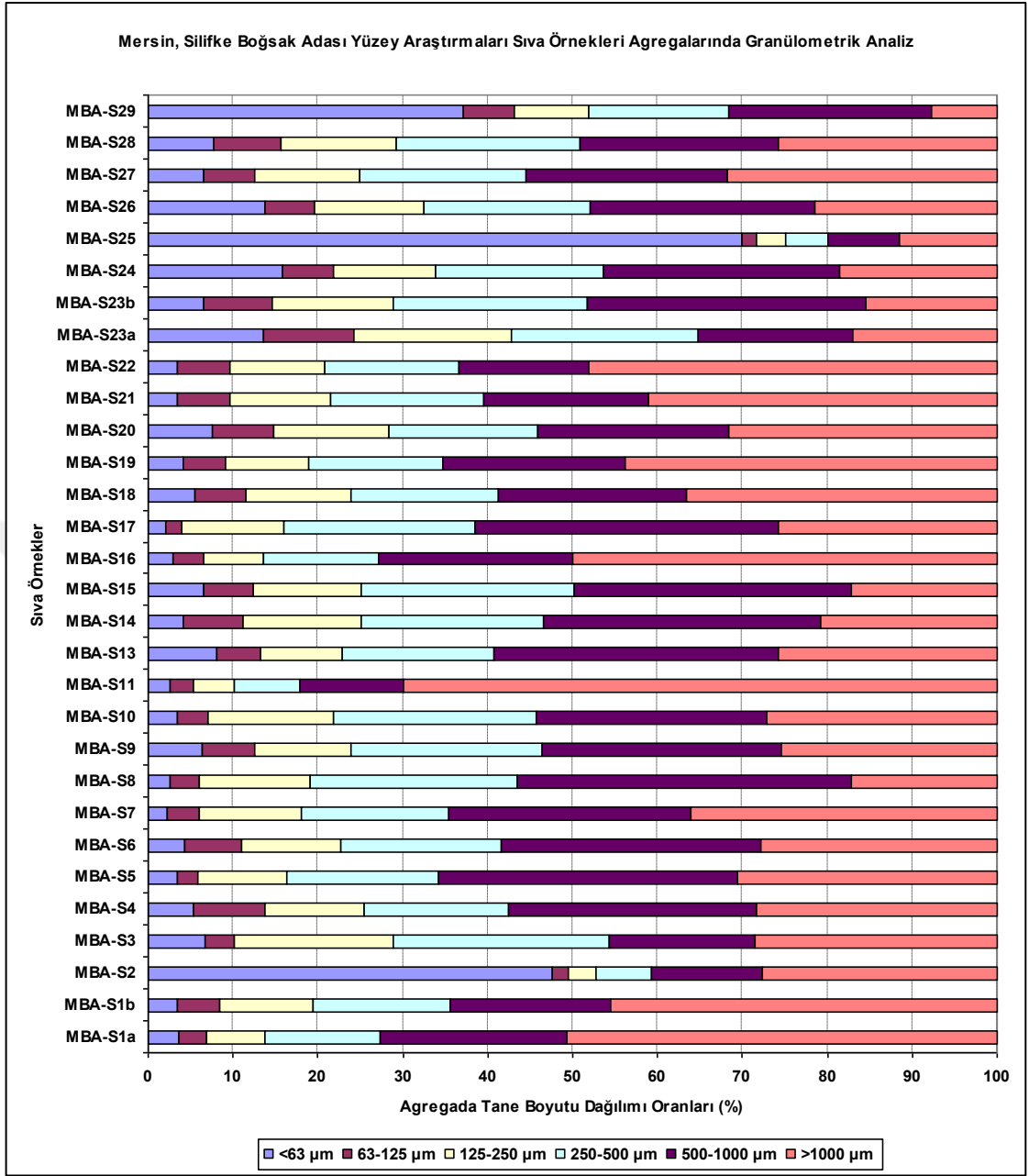
Şekil C2. Boğsak Adası yerleşimi harç örneklerinde asidik agrega/bağlayıcı analiz sonuçları



Şekil C3. Boğsak Adası yerleşimi harç örneklerinde asidik agregalarında granülometrik analiz sonuçları



Şekil C4. Boğsak Adası yerleşimi sıva örneklerinde asidik agrega/bağlayıcı analiz sonuçları



Şekil C5. Boğsak Adası yerleşimi sıva örneklerinde asidik agregalarında granülometrik analiz sonuçları

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı :Murat Eroğlu  
Uyruğu :T.C.  
Doğum tarihi ve yeri :1974 - Ankara  
Medeni hali :Evli  
Telefon :  
E-mail : m\_eroglu74@yahoo.com



### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü	Devam ediyor
Yüksek Lisans	Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tarih Anabilim Dalı	2011
Lisans	Hacettepe Üniversitesi Protohistorya ve Önasya Arkeolojisi Ana Bilim	2002

### İş Deneyimi:

1999-2014 yılları arasında Kilis, İskenderun, Çorum, Diyarbakır, Mardin, Antalya'daki antik yerleşmelerde kazı eki üyeliği.

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

**Akyol, A. A. , Eroğlu, M. (2017).** Boğsak Adası Yerleşimi Yapılarında Arkeometrik Çalışmalar. T.C. Kültür Ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 38. Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu 23-27 Mayıs 2016, Trakya Üniversitesi, Balkan Kongre Merkezi, Edirne.

**Eroğlu, M., Akyol, A. A. (2017).** Antik Yapı Malzemesi Olarak Tuğla Ve Kiremit: Boğsak Adası Bizans Yerleşimi Örnekleme. *Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, STD Aralık s. 141-163.

**Tuba Ökse, Eroğlu, M. Ve Diğ. (2018).** *Ilisu Barajı inşaat sahası kurtarma kazıları III: Roma İmparatorluk Dönemi ve orta-yakın çağ yerleşmeleri / Salvage Project of the Construction Area of the Ilisu Dam III: Roman Empire Period and Middle-New Age Sites.* Mardin, Mardin Müze Müdürlüğü. ISBN 978 605 149 945 1





*GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..*