

169132

**EFES YAMAÇEVLER 2'DE,
1, 2 VE 4 NOLU EVLER ÖRNEĞİNDE
ROMA DÖNEMİ HARÇLARI ARAŞTIRMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Doktora Tezi
Mimarlık Bölümü, Restorasyon Ana Bilim Dalı**

A. Esin KULELİ

Nisan, 2005

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

A. Esin KULELİ tarafından 1. danışman Prof. Dr. Eti AKYÜZ LEVİ ve 2. danışman Prof. Dr. Emine CANER SALTİK yönetiminde hazırlanan “Efes Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 nolu Evler Örneğinde Roma Dönemi Harçları Araştırması” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Eti Akyüz Levi
E

Emine N. Caner-Saltık
Emine

Şahinole Demirel
SD

Prof. Dr. Özgür Gümüş
Özgür Gümüş

Yrd. Doç. Dr. Nezir Kır
Nezir Kır

Doç. Dr. Dr. Akın Ersoy
Akın Ersoy

Ted. Doç. Dr. Neslihan Günel
Neslihan Günel


Prof. Dr. Cahit HELVACI
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

Babam M. Hayri KULELİ'nin Anısına...



TEŞEKKÜR

Tezimle ilgili çalışmalarımın her aşamasında, laboratuvar analizleri ve değerlendirilmesinde önerileri, yönlendirmeleri ve katkılarından dolayı tez 1. danışmanım Prof. Dr. Eti AKYÜZ LEVİ'ye ve tez 2. danışmanım Prof. Dr. Emine CANER SALTİK'a gönülden teşekkürlerimi sunarım.

İncelediğim harç örneklerinin ince kesitlerinin hazırlanması ve değerlendirilmesinde değerli katkılarını esirgemeyen tez izleme jürisi üyesi Yrd. Doç. Dr. Nejat KUN'a ve tez izleme toplantılarında yaptığı katkılardan dolayı Yrd. Doç. Dr. Akın ERSOY'a teşekkür ederim.

Tezimin araştırma ve yazım sürecinde bilgisi, deneyimi ile tezimin ilerlemesine verdiği katkılardan dolayı Prof. Dr. Şahinde DEMİRCİ'ye, tezimle ilgili araştırma safhasında tanıştığım, tezime yönlendirici katkısı olan Yrd. Doç. Dr. Lale ÖZGENEL'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Efes Yamaçevler 2'de tezimle ilgili araştırma yapmam için izin veren, araştırma sürecinde yapılan toplantılarda sonuçları izleyen ve araştırmalarla ilgili Efes Kazı Ekibinden uzmanlarla Viyana'da çalışma yapmam için destek veren Efes Kazı Başkanı Ord. Prof. Dr. Fritz KRINZINGER'e ve yardımcısı Dr. Şule PFEIFFER TAŞ'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Viyana'da laboratuvar çalışmaları ile tezimin ilerlemesi için yaptığı katkılardan dolayı Prof. Dr. Johannes WEBER'e çok teşekkür ederim. Efes, Yamaçevler 2'de çalışma konusu evlerden alınacak örneklerin tespit edilmesinde yardımcı olan, kronolojik çalışma sonuçlarını tarafıma aktaran, Efes Kazı Ekibi uzmanları Doç. Dr. Hilke THÜR, Dr. Sabine LADSTÄTTER, Dr. Elisabeth RATHMAYR, Y. Mimar Ingrid ADENSTEDT ve Dr. Norbert ZIMMERMAN'a teşekkür etmek isterim.

Araştırma sürecinde Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Malzeme Koruma Laboratuvarında yaptığım analizler sırasındaki yardımları için araştırma

görevlisi Alp Bilge GÜNEY ile restorasyon doktora öğrencileri Evin CANER ve Göze AKOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Beni çalışmalarımnda destekleyen, yüreklendiren burada adlarını tek tek sayamayacağım arkadaşlarıma, Işıl TAN'a, Yusuf KÖKSAL'a yürekten teşekkürler...

Son olarak aileme, sevgili yeğenlerim Tuğba ile Sena'ya ve zaman zaman yoğun stres yaşadığım araştırma ve yazım sürecinde sabrından ve desteğinden ötürü sevgili kızım Pınar'a, gönülden teşekkür ederim...



EFES YAMAÇEVLER 2'DE, 1, 2 VE 4 NOLU EVLER ÖRNEĞİNDE

ROMA DÖNEMİ HARÇLARI ARAŞTIRMASI

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Efes Yamaçevler 2'de, 1, 2 ve 4 nolu evlerden alınan harçların temel fiziksel, mekanik ve hammadde özelliklerinin belirlenmesi ve sonuçların evlere ve yapı evrelerine göre değerlendirilmesidir.

Harçların temel fiziksel özellikleri olarak, birim hacim ağırlığı ve gözeneklilik değerleri elde edilmiştir. Mekanik özellikler ultrasonik hız değerleri kullanılarak hesaplanan esneklik modülü (E_{mod}) ile belirlenmiştir. Harçların hammadde özelliklerinin anlaşılabilmesi için çeşitli analizlerin sonuçları birlikte değerlendirilmiştir. Bu analizler, bağlayıcı ve agrega oranlarının bulunması, agrega tane boyutu dağılımı, hazırlanan ince kesitlerin optik mikroskopla petrografik analizi, uygun kesitlerin tarama elektron mikroskopuyla incelenmesi ve belirlenen bölgelerde X-ışınları enerji dağılımı analizi ile element miktarlarının bulunması ve mineral fazlarının X-ışınları toz difraksiyonu ile analizi gibi çeşitli analizlerdir.

Sonuçlar harçların düşük birim hacim ağırlığında ve yüksek gözenekli malzemeler olduğunu göstermiştir. Esneklik modülü (E_{mod}) 524- 2513 MPa olarak bulunmuş, bu değerlerin daha önce bazı tarihi yapılara yönelik araştırmalarda elde edilen sonuçlara yakın değerlerde olduğu anlaşılmıştır. Harçlarda bağlayıcının saf kireç olduğu ve $CaCO_3$ olarak % 49,3- 79,1 oranında bulunduğu anlaşılmıştır. Agregalar tane boyutu bakımından kaba agrega grubuna girmektedir. Harç içinde agrega olarak doğal ve yapay agregalar kullanılmıştır. Agregaların bileşiminde temel mineraller kuvars, mika, epidot feldspat ve Opal-CT olarak bulunmuştur. Ayrıca harç içinde kuvars şist, mika şist, albit şist, amfibolit, serpantin gibi metamorfik kaya kırıntıları ve tuğla kırıkları da gözlenmiştir. 125 mikrondan küçük agregaların puzolanik aktiviteleri oldukça yüksek bulunmuştur.

Yaklaşık iki yüz elli senelik süreyi içeren yapı evrelerinde Roma evlerinin yapı konstrüksiyonunda kullanılan harçların temel fiziksel, mekanik ve hammadde özelliklerinde belirgin bir değişiklik olmaması, Romalıların yapı malzemesi kullanımında bir gelenek oluşturarak, bunu sürdürdükleri gerçeğini düşündürmektedir. Diğer taraftan çalışılan az sayıdaki Hellenistik yapı evresi harçları Roma harçlarından bazı farklılıklar göstermektedir.

Anahtar sözcükler: Efes Yamaçevler 2, Roma Dönemi konutları, Roma Dönemi harçları, puzolanik kireç harcı, puzolanik aktivite, doğal agrega, yapay agrega, harçlarda tuğla kırığı kullanımı, SEM- EDX analizi, ince kesit analizi.



INVESTIGATION OF ROMAN MORTARS OBTAINED FROM THE HOUSES NUMBERED 1, 2 AND 4 OF EPHEBUS, TERRACE HOUSE 2

ABSTRACT

The aim of the study was to investigate mortars obtained from the housing units numbered 1, 2 and 4 of Ephesus, Terrace House 2 to get information about basic physical, mechanical and raw material characteristics of them and to evaluate the results of analysis in terms of the houses and construction periods.

In a series of examination basic physical properties of the mortars as bulk density and porosity were obtained. Mechanical properties of the mortars were expressed by the modulus of elasticity (E_{mod}) values which were calculated from ultrasonic pulse velocity measurements and density values. Raw material composition and mineralogical properties of mortars were determined by combined interpretation of several types of analyses such as binder- aggregate ratio, particle size distribution of aggregates, petrographic analyses of thin sections by optical microscopy, scanning electron microscopic analyses of cross sections coupled with EDX for image analyses and quantitative elemental analyses, X- ray powder diffraction analyses for the determination of mineral phases in aggregates.

The results indicated that mortars are low dense and high porous materials. The values of E_{mod} of the mortars being in the range of 524 to 2513 MPa shows that they are comparable with the mortars of some monuments investigated before. Binder used in all mortars was found to be pure lime with the amount in the range of 49,3 – 79,1 % as $CaCO_3$. The main minerals of aggregate were are quartz, mica, epidote, feldspat and Opal- CT. In addition, metamorphic rock fragments such as quartz schist, mica schist, albite schist and serpentine and brick pieces were also observed. Regarding particle size distribution of aggregates it is possible to classify them as coarse aggregates. It was found that the natural and artificial aggregates have rather high pozzolanicity.

The mortars obtained from three different houses have similar properties with some differentiation in basic physical, mechanical and raw material properties. This may indicate that Romans reached a traditional construction habit and continued it along two hundred fifty years of thesis working period. Whereas a few mortars of Hellenistic construction period studied had found to be considerably different from that of Roman mortars.

Key words: Ephesus Terracehouse 2, Roman Period Houses, mortars of Roman Period, pozzolanic lime mortar, pozzolanic activity, natural aggregate, artificial aggregate, brick pieces in mortars, SEM- EDX analysis, thin section analysis.



İÇİNDEKİLER

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii

1. BÖLÜM- GİRİŞ 1

1. 1. Çalışma Konusuna İlişkin Genel Bilgiler	1
1. 1. 1 Çalışmanın Amacı	1
1. 1. 2 Çalışmanın Kapsamı	2
1. 1. 3 Araştırma Yöntemi	2
1. 1. 4 Çalışmanın İlgili Literatür İçindeki Yeri	4
1. 2 Harç Kullanımının Tarihi Sürecine Genel Bakış	5
1. 3 Roma Dönemi Yapılarında Harçlar	9
1. 4 Kireç Harçlarının Bileşenleri	11
1. 4. 1 Bağlayıcı: Kireç	11
1. 4. 2 Dolgu Malzemeleri: Agregalar	13
1. 4. 3. Katkı Maddeleri	16

2. BÖLÜM- ROMA DÖNEMİ KONUT MİMARİSİ VE

EFES YAMAÇEVLER 2 ÖRNEĞİ 17

2. 1 Roma Dönemi Konut Mimarisi	17
2. 1. 1 Domus	20
2. 1. 1. 1 Atriumlu Evler	20
2. 1. 1. 2 Peristylli Evler	21
2. 1. 1. 3 Atriumlu ve Peristylli Evler	22
2. 1. 2 Domuslarda Kullanılan Başlıca Mekanlar ve Yapı Öğeleri	24
2. 1. 2. 1 Atrium (Impluvium, Compluvium, Lararium)	24
2. 1. 2. 1. 1 İlişkili Mekanlar (Vestibulum/ Fauces, Tablinum, Cubiculum, Alae	26
2. 1. 2. 2 Peristyl (Arkad, Eksedra, Nymphaeum)	29
2. 1. 2. 2. 1 İlişkili Mekanlar (Triclinium, Cubiculum)	31
2. 1. 2. 3 Islak Mekanlar (Culina, Latrina, Balneum)	32
2. 2 Çalışma Alanı; “Efes Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 Nolu Evler”	33
2. 2. 1 Efes Yamaçevler 2’nin Genel Mimari Özellikleri	33
2. 2. 2 Kronolojiye Yönelik Çalışmalar	35
2. 2. 3 (1) Nolu Ev	37
2. 2. 3. 1 (1.) Yapı Evresi	37
2. 2. 3. 2 (2.) Yapı Evresi	38
2. 2. 3. 3 (4.) Yapı Evresi	39
2. 2. 3. 4 (4’.) Yapı Evresi, Yıkım ve Terkediliş	42
2. 2. 4 (2) Nolu Ev	44
2. 2. 4. 1 (1.) Yapı Evresi	44
2. 2. 4. 2 (2.) Yapı Evresi	46
2. 2. 4. 3 (4.) Yapı Evresi	47
2. 2. 4. 4 (4’.) Yapı Evresi ve Yıkım	50
2. 2. 4. 5 Daha Sonraki Kullanım Evreleri	51

2. 2. 5 (4) Nolu Ev	51
2. 2. 5. 1 Hellenistik Yapı Evresi	51
2. 2. 5. 2 (1.) Yapı Evresi	52
2. 2. 5. 3 (2.) Yapı Evresi	53
2. 2. 5. 4 (3.) Yapı Evresi	55
2. 2. 5. 5 (4.) Yapı Evresi	60
2. 2. 5. 6 (4') Yapı Evresi	62
 3. BÖLÜM - HARÇ ANALİZLERİ VE AMAÇLARI	63
 3. 1 Örnek Alınması ve Kodlanması	66
3. 2 Temel Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi	69
3. 2. 1 Birim Hacim Ağırlığı, Gözeneklilik Tayini	69
3. 3 Temel Mekanik Özelliklerin Esneklik Modülü ile Belirlenmesi	70
3. 4 Hammadde Özelliklerinin Belirlenmesi	71
3. 4. 1 Bağlayıcı ve Agrega Oranının Saptanması	71
3. 4. 2 Puzolanik Aktivite Tayini	72
3. 4. 2. 1 İletkenlik Ölçümü ile Puzolanik Aktivite Tayini	72
3. 4. 2. 2 Titrasyon ile Puzolanik Aktivite Tayini	72
3. 4. 3 Agregada Tane Boyutu Dağılımının Belirlenmesi	73
3. 4. 4 Mineralojik ve Petrografik Özelliklerin Belirlenmesi	74
3. 4. 4. 1 İnce Kesit Analizleri	74
3. 4. 4. 2 X Işınları Toz Diffraksiyonu (XRD) Analizleri	74
3. 4. 4. 3 Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) ve Buna Bağlı X Işınları Analizörü ile Analizler (EDX)	75

4. BÖLÜM - DENEY SONUÇLARI 76

4. 1 Temel Fiziksel Özellikler	76
4. 1. 1 Birim Hacim Ağırlığı ve Gözeneklilik	76
4. 2 Temel Mekanik Özellikler	82
4. 2. 1 Esneklik Modülü	82
4. 3 Harçların Hammadde Özellikleri	86
4. 3. 1 Bağlayıcı ve Agregat Oranları	86
4. 3. 2 Puzolanik Aktivite	90
4. 3. 3 Agregada Tane Boyutu Dağılımı	91
4. 3. 4 Kaba Agregaların (> 1000µm) Görsel İncelemesi	95
4. 3. 5 Harçların Mineralojik Özellikleri	97
4. 3. 5. 1 X Işınları Toz Difraksiyonu (XRD) Analizleri	97
4. 3. 5. 2 İnce Kesit Analizleri	98
4. 3. 5. 2. 1 Bağlayıcının Analizi	98
4. 3. 5. 2. 2 Agreganın Analizi	100
4. 3. 5. 3 Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) ve Buna Bağlı X ışınları (EDX) Analizörü ile Yapılan Analizler	103
4. 3. 5. 3. 1 Bağlayıcının Analizi	103
4. 3. 5. 3. 2 Agreganın Analizi	107
4. 3. 5. 3. 3 Kalsiyum Silikat Hidrat (C- S- H) Oluşumlarının Analizi	108

5. BÖLÜM - DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ 111

5. 1 Hammadde Özellikleri	111
5. 1. 1 Bağlayıcının Karakteristik Özellikleri	111
5. 1. 2 Agreganın Karakteristik Özellikleri	113
5. 1. 3 Puzolanik Katkı Maddelerinin Karakteristik Özellikleri	117

5. 2 Temel Fiziksel ve Mekanik Özellikler	117
5.2.1 Temel Fiziksel Özellikler	118
5.2.2 Temel Mekanik Özellikler	119
 6. BÖLÜM - SONUÇ	121
 KAYNAKLAR	124
 EKLER	133
Ek: 1 Taş ve Tuğla Duvar Harçlarının Temel Fiziksel Özellikleri	133
Ek: 2 Taş ve Tuğla Duvar Harçlarının Temel Mekanik Özelliklerinin Esneklik Modülü ile Belirlenmesi	139
Ek: 3 Taş ve Tuğla Duvar Harçlarının Temel Hammadde Özellikleri	144
Ek: 3A Taş ve Tuğla Duvar Harçlarının Agregat ve Bağlayıcı Oranları	144
Ek: 3B Taş ve Tuğla Duvar Harçlarının Puzolanik Aktivite Değerleri	149
Ek: 3C Taş ve Tuğla Duvar Harçlarının Agregat Tane Boyutu Dağılımı	152
Ek: 4 (1), (2) ve (4) nolu evlerin harçlarına ait agrega fotoğrafları (>1000 µm)	157
Ek: 5 Terimler Sözlüğü	174
Ek: 6 Kısaltmalar	180

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1. 1 Çalışma Konusuna İlişkin Genel Bilgiler

1. 1. 1 Çalışmanın Amacı

Tarihi yapılar ve yapı malzemeleri, yapım teknolojisi ve tasarım tarihinin önemli belgeleridir. Belgesel anlamda çok değerli olan bu kültür varlıklarının incelenmesine, araştırılmasına yönelik çalışmalar, yapıların inşa edildikleri dönemlerin yapım teknolojisi hakkında çok önemli bilgiler edinilmesine olanak sağlamaktadır (Caner- Saltık, 2003).

Bu bağlamda öncelikli olarak incelenmesi gereken önemli geleneksel yapı malzemelerinden birisi olan tarihi harçlar, tarihi süreçte kullanılan eski teknolojiye ilişkin bilgi kaynakları olmalarının yanı sıra, bakım ve onarım çalışmaları için gerekli olan, özgün malzeme ve strüktürle uyumluluk ve dayanıklılık özelliklerinin tanımlanması açısından da önemli bilgi kaynaklarıdır. Tarihi yapıların özgün niteliklerinin onarım çalışmaları sırasında korunabilmesi için, onarım başlamadan önce bakım ve onarıma yönelik müdahalelerin belirlenmesini amaçlayan çeşitli malzeme inceleme ve araştırmalarının yapılması gerekmektedir (Caner- Saltık, 2003).

Tarihi harçların analizlerinden gelen veriler, yukarıda belirtilen amaçlara ek olarak, arkeolojik kalıntılar ve tarihi yapıların kronolojik analizlerinde de yararlı bir kriter olarak kullanılabilir (Ersen ve diğer., 1994; Jedrejewska, 1981; Vendrell ve diğer., 1996).

Avusturya Kazı Ekibi tarafından disiplinlerarası çalışmalarla, Efes Yamaçevler 2 yapı adasında yer alan 1, 2 ve 4 nolu evlerde bulunan yapı evrelerinin tanımlanmasına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmada; Efes, Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 nolu evlerde kullanılan harçların bazı teknolojik

özelliklerinin tanımlanması ve elde edilen sonuçların anılan evlere ait duvarların kronolojik analizinde veri olarak kullanılması amaçlanmıştır.

1. 1. 2 Çalışmanın Kapsamı

Tarihi harçlar, gerek yapıların inşa edildikleri dönemde, gerekse sonraki süreçte önemli görevler üstlenmişlerdir (Güleç, 1992). Antik dönemde mimar, mühendis, yapı ustası gibi yapı üretiminde çalışan kişiler, harç hazırlanırken puzolanik malzemeler, organik ve inorganik katkı maddeleri kullanarak harcın dayanıklılığının artırılması, fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi gibi gayretlerle daha üstün nitelikli, yapı içinde bulunduğu yere göre hizmet verecek, tasarımlarını gerçekleştirmeye olanak sağlayabilecek ürünler elde etmişlerdir (Livingston, 1993; Sickels, 1981).

Bu tez çalışmasında Efes Antik Kenti, Yamaçevler 2’de yer alan Roma Dönemi konutlarında kullanılan harçların bazı teknolojik özellikleri incelenmiştir. İncelenen karakteristik kireç harç örneklerinin yerleri, Avusturya kazı ekibinde çalışan uzmanlarla birlikte daha önce aynı ekip tarafından yapı evreleri tanımlanmış olan 1, 2 ve 4 nolu evlere ait duvarlar üzerinde tespit edilmiştir. Harç örneklerinin temel fiziksel, temel mekanik ve hammadde özelliklerinin tanımlanması ve kronolojik değerlendirmelere katkısının tartışılması amaçlanmıştır. Çalışmalar kapsamında Roma Dönemi konut mimarisi ve araştırma konusu evlerin mimarisi de incelenmiştir.

1. 1. 3 Araştırma Yöntemi

Teze ilişkin araştırma çalışmaları sürecinde, tarihsel yöntem, deneysel yöntem, karşılaştırma yöntemi, diyalektik yöntem, işlevselci yöntem ve yapısalcı yöntem kullanılmıştır.

- Tarihsel yöntem ile, Roma Dönemi konut mimarisi ve yapı malzemesinin (özellikle puzolanik kireç harçlarının) niteliklerinin anlaşılabilmesine yönelik, o dönemde yaşayan mimarların, yazarların kitaplarında, mektuplarında yer alan bilgilerden yararlanılmaya çalışılmıştır. Ayrıca başka araştırmacıların tarihi

süreçte, özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından sonra sayısı artan, günümüzde de devam etmekte olan tarihi harçlara ilişkin kendi araştırmalarında buldukları dolaylı veriler de tez çalışması kapsamında değerlendirilmiştir.

- Deneysel yöntem, araştırmanın amacına yönelik olarak belirlenen yerlerden alınan karakteristik harç örneklerinin görsel olarak incelenmesinden sonra, temel fiziksel, temel mekanik ve hammadde özelliklerinin tanımlanmasına ilişkin analizlerin yapılması sürecinde kullanılmıştır. Deneylerin yapımında uygulanan işlemler, “Harç Analizleri ve Amaçları” başlığı altında, üçüncü bölümde aktarılmaktadır.
- Karşılaştırma yönteminde, Roma Dönemi yapı harçlarının incelenmesi sürecinde kullanılan deneysel yöntemlerde elde edilen verilerin benzerlik ve farklılıklarının irdelenmesi hedeflenmiştir. Varsa bu benzerliklerin ve farklılıkların belirlenmesi, harcın yapıda kullanıldığı tarihi süreç içinde, yapısal- işlevsel açıdan değişme ve gelişme gösterip, göstermediğinin anlaşılması, son aşamada ise mümkün olduğunca genelleme yapılarak, sonuçlara gidilmesi amaçlanmıştır.
- Diyalektik yöntem ile, Roma Dönemi kireç harçlarına yönelik doğru bilgilerin bulunması hedeflenmiştir. Aristo ve Platon’un diyalektik kavramında birleştikleri şekilde (Armağan, 1983) bu yöntem, doğru bilgileri bulmak için bir soruşturma tekniği olarak kullanılmıştır.
- İşlevselci yöntem kullanılarak yapılan çalışmalarda, bir ögenin işlevinin olmasının onun bir gereksinime yanıt vermesinden kaynaklandığı görüşü (Armağan, 1983) benimsenmiştir. Bu bağlamda araştırma sürecinde, yapı öğelerini bağlayıcı niteliği olan yapı harçlarının yapı içindeki işlevleri ve harcın içeriğinde yer alan bileşenlerin işlevleri araştırılmıştır.
- Yapısalcı yöntem ile bütünü oluşturan öğelerin, bütün içindeki konumlarına göre anlam kazandığı düşüncesiyle (Armağan, 1983), tarihi yapıların inşasında kullanılan yapı malzemeleri, aralarındaki uyum ve denge incelenmiştir. Yapının

sahip olduğu dengenin yapının sağlıklı bir şekilde varlığını sŸrdŸrebilmesine katkısının araştırılması amaçlanmıştır.

1. 1. 4 Çalışmanın İlgili LiteratŸr İçindeki Yeri

Tarihi yapıların mimarileri, stilistik özellikleri, yapım teknikleri gibi konularla ilgili çalışmaların yanında, tarihi yapılarda kullanılan harç ve sıva gibi yapı malzemelerinin karakteristikleri ve teknolojileriyle ilgili çalışmalarda da özellikle son on yılda artış olmuştur. Tarihi sŸrete taş, tuğla ve kerpiç gibi yapı öğelerini birbirine bağlayarak, inşa edilen pek çok yapının yŸzyıllardır bir bŸtŸn olarak ayakta kalmalarını sağlayan harçların tanımlanmasına yönelik bilimsel araştırmalara özel bir önem verilmesi gerekmektedir (Tunçoku, 2001).

Son yıllarda Ÿlkemizde ve dŸnyada değişik birçok Ÿlkede, tarihi yapı harçlarının incelenmesine yönelik araştırmaların ve yayınların sayısında artış grŸlmektedir. Bu yayınlar genelde tarihi yapılarda kullanılan harcın bileşenlerinin niteliklerine, hazırlama şekil ve sŸrelerine (Ashurst, 1984; Davey, 1961; Holmes ve Wingate, 1997), fiziksel, mekanik ve hammadde zelliklerine (Akman ve diğerleri, 1986; GŸdŸcŸ, 2004; GŸle, 1992; Livingston, 1993; Middendorf ve Knöfel, 1994; Moropoulou ve diğer., 2000; Moropoulou ve diğer., 2004; Tuncoku, 2001) ilişkin araştırma sonuçlarını vermektedir. Yapılan bazı yayınlarda da, tarihi yapıların zgŸn harçlarıyla uyumlu olacak biçimde geliştirilen onarım harcı önerilerine ilişkin çalışmalar aktarılmaktadır (Degryse ve diğer., 2002; Teutonico ve diğer., b.t.). Bazı yayınlar ise araştırma sonucunda elde edilen verilerin, tarihi yapıların kronolojik değerlendirilmesinde kullanımına ilişkindir (Ersen ve diğerleri, 1994; Jedrejewska, 1981; Vendrell ve diğer., 1996; Viaene ve diğer., 1997).

Değişik dönemlere ait yapılardan alınan harçların karakteristik özelliklerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar, elde edilen verilerin ve sonuçların birbiriyle karşılaştırılması gibi olanaklar sağlaması açısından da çok önemlidir. Bu nedenle çalışma konusu olan, Roma Dönemi konutlarında kullanılan harçların, Efes Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 nolu evler örneğinde incelenmesinin ve araştırma

sonucunda elde edilen verilerin, hem anılan yapılarda kullanılan kireç harçlarının temel fiziksel, temel mekanik ve hammadde özelliklerini göstermesi, hem de gelecekte yapılması olası aynı dönem harç araştırmalarında karşılaştırmaya olanak vermesi, onarım harcı önerisi geliştirilmesi gibi çalışmalar için yararlı olabileceği düşünülmektedir.

1. 2 Harç Kullanımının Tarihi Sürecine Genel Bakış

Harçlar, bağlayıcı, dolgu malzemesi ve katkı maddesi bileşenlerinden oluşur. Harçların sınıflandırılması genellikle içerdiği bağlayıcıya göre yapılmaktadır. Tarihi süreçte dünyanın değişik bölgelerinde, farklı uygarlıklar tarafından inşa edilmiş yapılarda en sık kullanılan bağlayıcılar kil, jips ve kireçtir. Bu bağlayıcıların bulunduğu harçlar, kerpiç, jips ve kireç harçları olarak adlandırılmaktadır. Karışımların içine doğal kum, kırma taş, tuğla parçaları gibi agregalar dolgu malzemesi olarak eklenmiştir (Davey, 1961). Harcın istenen fiziksel ve mekanik özelliklerinin oluşması, bağlayıcı, dolgu malzemeleri, organik ve/ veya inorganik katkı maddeleri ile ilgilidir (Sickels, 1981).

Doğada bulunduğu şekliyle seçme ve kullanım olanağından dolayı, tarihi süreçte en erken kullanılmaya başlanan bağlayıcı, kil olmuştur (Davey, 1961; Gündücü, 2004). Belirli bir işlem dizisinden geçtikten sonra bağlayıcı niteliği kazanan malzemelerden olan alçı ve kireç, yapı harcı üretiminde daha sonra kullanılmaya başlanmıştır. Bu bağlayıcıların kullanımı günümüzde de devam etmektedir.

- **Kerpiç**

Uygun oranlarda kil, silt ve kum içeren topraktan üretilen kerpiç tuğla, harç ve sıvalar kullanılarak inşa edilen en eski yerleşimler neolitik döneme tarihlendirilmektedir (Davey, 1961; Houben ve Guillaud, 1994). Kudüs'te yapılan arkeolojik kazılarda elde edilen buluntular, M.Ö. 8000 yıllarına ait yapılarda temellerin taş, üst bölümlerin ise elle biçimlendirilmiş kerpiç tuğlalar ile inşa edilmiş olduğunu göstermiştir (Houben ve Guillaud, 1994).

Kerpiç üretimi sırasında, karışıma kuru ot, saman gibi lifli malzemeler ile kan, gübre, idrar gibi katkı maddelerinin ilave edildiği anlaşılmıştır (Brown ve Clifton, 1978; Davey, 1961; French, 1987; Houben ve Guillaud, 1994).

- **Jips Harçlar**

Jips, M.Ö. 3000 yıllarında Mısır'da bağlayıcı olarak harç ve sıva yapımında kullanılmaya başlanmıştır. Mezopotamya'da da birçok tarihi yapıda jipsin yapı malzemesi olarak kullanıldığı görülmektedir (Davey, 1961; Torracca, 1982).

Sıva veya harcın içeriğindeki jips, jips içeren kayaçların ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 130°C 'de veya $200-400^\circ\text{C}$ 'de ısıtılmasına bağlı olarak, hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) veya anhidrat (CaSO_4) halinde elde edilmektedir (Davey, 1961). Jips, hemihidrat veya anhidrat su ile karıştırıldığında priz reaksiyonları sonucu oluşmaktadır. Hemihidratın jips kayacından çok düşük sıcaklıklarda ($\sim 130^\circ\text{C}$) kolayca üretilmesi, kullanımını da çok eski tarihlere götürmektedir.

Jips suda yüksek oranda çözünebilen bir madde olmasına rağmen, tarihi süreçte yapıların kemerlerinde, tonozlarında, kubbelerinde yaygın biçimde kullanılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda, tarihi jips harçlarının suda çözünürlüğünün, jips minerallerine oranla çok daha az olduğu anlaşılmıştır. Jipsin suda çözünürlük özelliğinin harç içinde organik ve/veya inorganik katkı maddeleri kullanılarak giderilmeye çalışıldığı düşünülmektedir (Middendorf and Knöfel, 1994).

- **Kireç Harçlar**

Irak, Khafaje'de bulunan antik kireç fırını kalıntısı, Mezopotamya'da M.Ö. 2450 yıllarında kireç taşlarının (CaCO_3) kalsinasyon işleminin başladığını ve kireç harcı üretilerek, kullanıldığını göstermiştir (Davey, 1961).

Kireç harcının hidrolik özelliğini geliştirmek amacıyla karışıma puzolanik malzemelerin eklenmesi işlemi, ilk olarak doğal puzolanların bulunduğu bölgelerde ortaya çıkmaktadır. Yunanlıların bazı yapılarda Santorin kumu kullanmaları, puzolanik özellik taşıyan harç ve sıva üretiminin var olduğunu ve dolayısıyla Romalılar öncesi dönemlerde de puzolanik kireç harçlarının bilindiğini gösterebilir. Delos Adası'nda M.Ö. 2. yüzyıla tarihlenen yapıların ve Rodos, Kameiros'daki M.Ö. 500'lü yıllara ait bir sarnıcın duvarlarının puzolanik özellik taşıyan sıvaları, bu görüşü desteklemektedir (Davidovits, 1993; Moropoulou ve diğer., 2004).

Romalılar, puzolanik kireç harçlarının inşaat çalışmalarında kullanımını, İmparatorluk sınırları içinde Avrupa, kuzey Afrika ve batı Asya'da yaygın hale getirmişlerdir. Bu dönemde Vitruvius'un aralarında en önemlisi olduğu bilimsel araştırmacılar, kireç harcı içinde tuğla kırığı kullanımını tariflemişler ve harçlara puzolanik malzeme ekleme tekniği yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Moropoulou ve diğer., 2004).

Doğu Roma İmparatorluğunun son dönemlerinde özellikle yük taşıyan duvarlarda tuğla kırığı kullanımı daha sıklıkla karşılaşılabilecek hale gelmiş, yatay derzlerin kalınlığı 10 - 15 mm'den, 60 - 70 mm'ye yükseltilmiştir. Bizans Döneminde Aya Sofya'da (M.S. 532 - 537) derzlerin kalınlığı (50 - 70 mm), tuğlalarla karşılaştırılabilir kalınlığa ulaşmıştır. Aslında bu yapıda harç, tuğla ile birlikte çalışan ana bileşenlerden biri olarak kullanılmıştır. İçerdiği iri tuğla kırığı parçacıkları yaklaşık 1 cm civarında olan bu malzeme, modern terminolojiye göre harç değil, bir tür beton olarak da adlandırılabilir. Yapıda yüklendiği görevi açısından betona benzer şekilde çalışan ve betonun ön uygulamaları olarak nitelendirilen bu harçlar, Bizans Döneminde yoğun şekilde kullanılmıştır (Livingston, 1993).

Anadolu Selçuklu ve Beylikler Dönemine ait bazı anıt eserlerde yapılan araştırmalarda, harç içeriğinde doğal ve/ veya yapay puzolan kullanımının oldukça yaygın olduğu belirlenmiştir. Konya, Beyşehir ve Akşehir'de Selçuklu Dönemine ait 13. yüzyıla tarihlenen yapılarda daha çok doğal puzolanların kullanıldığı anlaşılmıştır (Tunçoku, 2001). 14. yüzyıl Saruhanoğulları Beyliği Dönemi yapısı

olan Manisa Çukur Hamamda ise, doğal ve yapay puzolanlar birarada kullanılmıştır (Esen ve diğer., 2004).

15. yüzyıl ve sonrası Osmanlı Dönemi eserlerinden Rumeli Hisarı (Boğazkesen Kalesi- 1452), Süleymaniye Camii (1550- 1557), Yeni Camii (1597- 1664), Belgrad yolu köprüleri (1500- 1600) ve Sultan Ahmet Külliyesi inşaatlarında tuğla ve/ veya kiremit kırıkları ve tozu içeren horasan harcı kullanılmıştır. Bu dönemde harcın içeriğinin nasıl olacağı, horasan harcında kireç yanında hangi tür tuğla kullanılması gerektiği, sertleşmenin hangi sürede tamamlanabileceği hakkında önceleri babadan oğula geçen bilgiler, sonraları şartnamelerle yasal hale getirilmiştir. Horasan harçlarının mekanik özelliklerinin, kireç harcına oranla daha iyi olduğunun Osmanlı yapı ustaları tarafından bilindiği anlaşılmaktadır (Akman ve diğer., 1986).

18. ve 19. yüzyılda horasan harcı dışında arayışlara da gidilmiş, İtalya kökenli puzolanlar ile “has harç” adı verilen kireç harçları üretilmiştir. Bu harçlar İstanbul Haliç Tersanesinde iki havuzun inşaatında (1796- 1799; 1821- 1825) kullanılmıştır. O dönemde Osmanlı İmparatorluğu sınırları içinde bulunan Santorin Adasından gelen puzolanik malzemeler ile üretilen harçlar da, liman inşaatlarında başarı ile kullanılmıştır (Akman ve diğer., 1986).

Rönesans Döneminde araştırmacılar, Vitruvius’dan öğrendikleri tarzda hammaddelerle kireç harcı hazırlanmasını, karışım oranlarındaki ve uygulama tekniklerindeki küçük farklılıklarla yeniden önermişlerdir (Moropoulou, 2004).

1756- 1830 yılları arasında İngiltere’de Smeathon ve Parker isimli mühendisler, kil içeren kalker taşlarından hidrolik kireç elde edilebileceğini ortaya koymuşlardır. 1818’de Vicat adlı bir Fransız mühendis, killi taşları kontrollu bir şekilde kalker taşları ile karıştırıp, hidrolik kireci yapay olarak elde etmiştir (Baradan, 2000).

1824’de İngiltere’de Joseph Aspdin sönmemiş kireç ile kil karışımının 1000-1200°C’de kalsinasyonu sonucu hazırlanan ürüne, Portland adalarının doğal taşlarına benzer bir malzeme olduğundan, Portland çimentosu adını vermiştir. 1835’de Isaac

Charles Johnson öğütmeye önem vererek ve pişirme sıcaklığını yükselterek, günümüzdeki çimentoyu üretmiştir. İleri teknolojiye sahip fırınların geliştirilmesiyle bugünkü portland çimentosu geliştirilmiştir (Baradan, 2000; Neville, 1975).

19. yüzyılda çimento keşfedilmiş olmasına rağmen, o dönemde profesyonellere kireç harçlarının bileşiminin nasıl olması gerektiği detaylı biçimde tarif edilmekte, önerilmekte ve geleneksel kireç harcı kullanımına devam edilmekteydi (Moropoulou ve diğer., 2004).

1. 3. Roma Dönemi Yapılarında Harçlar

Roma Döneminde mimari devrim olarak nitelendirilebilecek yeni ve Romalılara özgü mimarinin doğuşu, o dönem için yeni bir yapı ögesi olan kemerin, puzolanik kireç harçları kullanılarak inşa edilmesiyle olmuştur. Bu harçlarla örülen tonozların, kesme taş tonozlara oranla daha hafif olması nedeniyle daha küçük boyutlarda taşıyıcı elemanlara ihtiyaç duyulmuş, taş tonozlara oranla daha geniş açıklıklar aşılabilmektedir. Bu özelliklerinin yanı sıra kullanımındaki çeşitlilik nedeniyle harçlı üretim, taş, ahşap gibi yapı malzemelerine tercih edilmiştir. İki buluşun birleşimi mimaride yeni yaklaşımları cesaretlendirmiş, mimarları kendilerinden önceki meslektaşlarını zorlayan sınırlamalardan kurtarmıştır. Roma Dönemi yapılarından Pantheon, Bazilika Nova ve Caracalla Hamamları bu duruma en iyi örneklerdir (Thorpe, 2002).

Roma betonu olarak da adlandırılan puzolanik kireç harçları M.Ö. 160'lı yıllarda geliştirilmiş olup, yapılarda taş ve tuğla duvar örgü harçları, moloz dolgu harçları ve sıva olarak kullanılmıştır (Davey, 1961). Bu dönemde puzolanik harç karışımı hazırlanırken, içine doğal ve yapay puzolanlar ilave edilmiştir. Yapay puzolan olarak harç içine eklenen tuğla kırıkları boyutlarına göre yapıda farklı görevler üstlenmişlerdir. Boyutu küçük tuğla taneciklerinin (tuğla tozu) miktarının artması, puzolanik tepkime ürünlerini arttırmakta etkili olduğundan, sıvalarda ve döşemelerin üst tabakalarında kullanılmışlardır. Daha iri boyuttaki tuğla kırıklarının ise puzolanik

agregalar olarak taş duvarlarda, kemerlerde, yüksek nem ve su içeren yerlerde ve yapının değişik bölümlerinde kullanıldığı belirlenmiştir (Moropoulou, 2004).

Romalıların harçlı duvar örgüsünde kullandıkları en eski tekniklerden birisi “Opus Caementicium” tekniğidir. Bu teknikte duvar aşamalı olarak yükseltilmekteydi. Önce belirli bir yüksekliğe kadar duvarların kesme taş ile yüzey kaplaması yapılır, ardından dolgu malzemesi aynı düzeye kadar doldurulur ve en son işlem olarak da kireç harcı eklenirdi. Bu işlem tekrar edilerek duvar yükseltilir, kireç harcının dolgu ve kaplama malzemelerinin aralarındaki boşlukları doldurmasına özen gösterilirdi. Böylece puzolanik kireç harcının prizini almasından sonra harç, duvar kaplamasını, dolgu malzemesini birbirine bağlar, dayanıklı yapı elemanlarının oluşması sağlanırdı (Davey, 1961).

Roma Döneminde duvarların yüzey kaplamasında kullanılan malzeme ve teknik, zaman içinde bazı değişiklikler, gelişmeler göstermiştir. M.Ö. 2. ve 1. yüzyılda kullanılan “Opus Incertum”, küçük, düzensizce yerleştirilmiş, moloz taşlarla yapılan yüzey kaplamasını ifade etmekteydi. Daha sonra “Opus Reticulatum” adı verilen ağ gibi diyagonal yerleştirilmiş taşlarla yüzey kaplaması yapılmış, bu teknik M.Ö. 1. yüzyıldan, M.S. 2. yüzyıla kadar kullanılmıştır. Pişirilmiş tuğlaların yatay sıralar halinde duvar yüzeyine kaplandığı “Opus Testaceum” tekniği ise, M.Ö. 1. yüzyıldan başlayarak, Batı Roma İmparatorluğunun çöküşüne kadar Roma yapılarında yoğun şekilde kullanılmıştır (Davey, 1961; Thorpe, 2002). M.S. 3. yüzyıldan itibaren Romalıların “Opus Mixtum” adını verdiği, yapı öğelerinde taş ve tuğlanın birlikte kullanıldığı bir örgü sistemi geliştirilmiştir (Davey, 1961).

Roma betonu kullanılarak inşa edilen kubbe, tonoz, köprü, su kemeri, sarnıç gibi pek çok yapı, 2000 yılı aşkın süredir varlığını sürdürmektedir. Yapıların bu başarısında yapım sürecinde bilinçle seçilen ve hazırlanan taş, tuğla ve özellikle de bağlayıcı görevi olan puzolanik kireç harçlarının rolü büyüktür. Harcın, yapı öğelerini bağlayıcı görevi yanında yapısal görevi de vardır (Holmes ve Wingate, 1997; Tunçoku, 2001).

Taşıdığı nitelikleriyle, yapısal tasarım kolaylığı sağlayan, statik ve dinamik açıdan yapının dayanımında etkili olan Roma betonunun başarılı örneklerinden birisi de, Roma'da bulunan ünlü Pantheon Tapınağı'dır (Holmes ve Wingate, 1997). Pantheon Tapınağı'nın kubbesi, ölçüleri ve tekniği açısından mimarlık tarihinin ilk rekorudur (Ünsal, 1967). Bu tapınakta oldukça geniş kubbe çapı olmasına rağmen, Romalıların ulaştıkları teknolojik birikim sonucu, temel, duvar ve kubbeler için kullandıkları yapı malzemeleri böyle bir tasarımın gerçekleşmesini mümkün kılmıştır (Davey, 1961). Yapım çalışmaları sırasında tapınakta bulunduğu yere göre altı farklı türde harç üretilmiştir. Ağırlığı nedeniyle sadece yapının temelinde ve duvarların alt kotunda traverten kullanılmış, üst kotlarda ise yapısal elemanların kurgusunda puzolanik kireç harcıyla birlikte, tuf, süngertaşı gibi volkanik kaynaklı taşlar, tuğla ve içi boş seramik kaplar kullanılarak, yapı hafifletilmeye çalışılmıştır (Holmes ve Wingate, 1997).

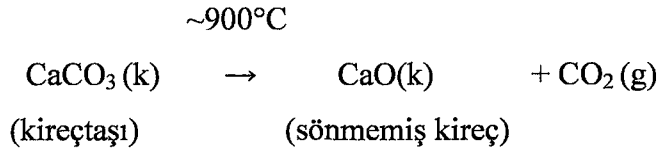
Vitruvius'un "res admiranda" (hayran olunacak şey) diye tanımladığı, puzolanik malzemelerin ilave edilmesiyle üretilen hidrolik nitelikli harçlar, suya dayanıklılığından dolayı su ile ilişkili rıhtım duvarları, köprü ayakları, su kemerleri, hamamlar, sarnıçlar gibi pek çok yapıda başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Kretzschmer, 2000).

1. 4 Kireç Harçlarının Bileşenleri

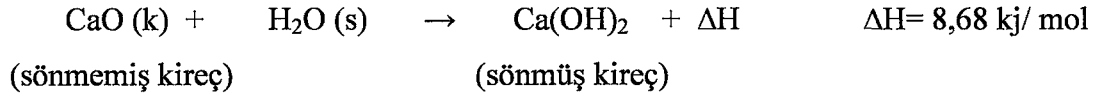
Kireç harçlarının hammadde özellikleri üç grupta incelenebilir; bağlayıcılar, dolgu malzemeleri ve katkı maddelerinin özellikleri.

1. 4. 1. Bağlayıcı: Kireç

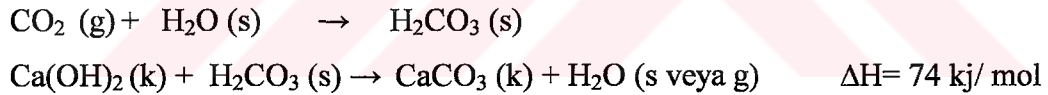
Çok eski çağlardan beri bağlayıcı olarak kullanılan kirecin hammaddesi kireçtaşıdır (CaCO_3). Kireci elde etmek için, kalsit yapısına sahip kireçtaşının $\sim 900^\circ\text{C}$ 'de kalsinasyonu gerekmektedir. Kalsinasyon sürecinde kireçtaşının içindeki CO_2 atılarak, CaO (sönmemiş kireç) elde edilir (Davey, 1961).



Bu tepkime sonucunda elde edilen CaO, su ile tepkimeye sokulduğunda Ca(OH)₂ (sönmüş kireç) elde edilir (Davey, 1961).



Sönmüş kireç, belirli oranlarda kum ile karıştırılarak, harç hazırlanır. Harç karışımı açık havada bırakıldığında bir tepkime başlar. Bu tepkimenin ilk aşamasında havada bulunan CO₂, Ca(OH)₂ parçacıklarını çevreleyen su filmi içinde tepkimeye girerek, karbonik asidi (H₂CO₃) oluşturur. İkinci aşamada Ca(OH)₂ karbonik asitle tepkimeye girerek, kalsiyum karbonata (CaCO₃) dönüşür. Tepkime sırasında bir miktar ısı çıkışı meydana gelir (74 kJ/ mol). Bu süreç karbonatlaşma veya sertleşme (priz) süreci olarak da adlandırılabilir (Morehead, 1986).



Karbonatlaşma tepkimesini etkileyen faktörler arasında, ortamın sıcaklığı, bağıl nemi ve havadaki CO₂ oranı gibi çevre koşulları sayılabilir. Sıcaklığın yükselmesi CO₂'nin çözünürlüğünü azaltacağı için tepkimeyi olumsuz etkiler. Düşük sıcaklıkta ve yüksek bağıl nem ortamında harcın karbonatlaşma hızı ve oranı daha fazla olacaktır (Dheilly ve diğerleri, 2002). Ayrıca inşaat sırasında kullanılan yapım teknikleri örneğin derz kalınlığı, harcın derinliği ve gözenekliliği gibi etkenler de karbonatlaşmayı etkilemektedir (Morehead, 1986).

Kireçtaşı, ağırlıkça %56 CaO, %44 CO₂'den oluşur ve genel olarak kalsit minerali şeklinde bulunur. Saf kalsite doğada zor rastlanmaktadır. Kaya oluşumu sırasında ya da sonrasında MgO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve Na₂O, K₂O gibi alkali oksitler ve

kompleks silikatlar safsızlıklar olarak kireçtaşıda bulunabilir (Davey, 1961; Boynton, 1966).

Sönmüş kireçlerin içerdikleri bu safsızlıklar hidrolik oran olarak ifade edilmektedir. Hidrolik oran, SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 toplam miktarının, CaO ve MgO toplam miktarına oranıdır. Bu orana göre sönmüş kireçler; saf kireç, zayıf hidrolik kireç, orta hidrolik kireç, hidrolik kireç ve doğal çimento olarak sınıflandırılabilir. Hidrolik oran 0'a yakınsa saf kireç, ~0,3- 0,5 ise zayıf hidrolik kireç, ~0,5- 0,7 ise orta hidrolik kireç, ~0,7- 1,1 güçlü hidrolik kireç ve ~1,7 doğal çimento olarak adlandırılır (Tablo No: 1.1) (Holmes ve Wingate, 1997).

$$\text{Hidrolik oran} = \frac{2,8 (\% \text{ SiO}_2) + 1,1 (\% \text{ Al}_2\text{O}_3) + (\% \text{ Fe}_2\text{O}_3)}{\% \text{ CaO} + 1,4 (\% \text{ MgO})}$$

Tablo No: 1.1 Değişik türde kireçlerin hidrolik oranı (Holmes ve Wingate, 1997)

Kireç Türü	Hidrolik Oran	Aktif Silisli Bileşenler
Saf kireç	0'a yakın	Çok az
Zayıf hidrolik kireç	0,3- 0,5	~ 8 %
Orta hidrolik kireç	0,5- 0,7	~ 15 %
Hidrolik kireç	0,7- 1,1	~ 25 %
Doğal çimento	1,7	~ 45 %

Hidrolik kireçlerin saf kirece oranla, daha iyi mekanik özelliklere sahip olacağı düşünülürse de, saf kireç hidrolik kireçlere kıyasla daha geniş yüzey alanına sahip olduğu ve daha plastik özellikte bulunduğu için daha başarılı bir karbonatlaşma sağlayabilir (Canonge ve diğer., 2001).

1. 4. 2 Dolgu Malzemeleri: Agregalar

Agregalar harç içinde dolgu malzemesi olup, karbonatlaşma sürecinde harcın büzülmesini ve çatlamasını önlerler (Ashurst ve Dimes, 1990; Baradan, 2000).

Agregalar doğal veya yapay olabilir. Doğal agrega kaynakları, kum ocakları, nehir ve deniz yataklarıdır (Davey, 1961). Doğal agregaların yanısıra, taş, mermer, tuğla gibi malzemelerin öğütülmesiyle, yapay agregalar da elde edilebilir (Mora ve diğer., 1984).

Agregaların mineralojik içeriği, tane boyutu dağılımı, şekli, harcın fiziksel ve mekanik özelliklerini, işlenebilirliğini doğrudan etkileyen faktörlerdir (Tunçoku, 2001).

Agregaların tane boyutu dağılımı, tanelerin arasındaki boşlukların hacmini ve dolayısıyla bu hacmi dolduracak bağlayıcı miktarını belirler. Büyük tanelerin arasının küçük taneciklerle doldurulması istenen bir özelliktir (Mora ve diğerleri, 1984; Neville, 1975). Daha büyük oranda ince taneli agreganın kullanılması, yüzey alanını artıracığından, bağlayıcı ve su miktarının da artmasına neden olacaktır (Ashurst ve Dimes, 1990).

Pürüzlü yüzeyli agregalar uygulamada zorluk yaratsa da, daha geniş yüzeye sahip oldukları için, bağlayıcı ile daha iyi etkileşim sağlayarak, daha dayanımlı bir harç üretilmesine katkıda bulunurlar (Mora ve diğer., 1984).

Agregalar organik kalıntılar, kil, kireç ve suda çözünebilen tuzlar içeriyorsa, kullanılmadan önce mutlaka yıkanmalıdır (Davey, 1961; Mora ve diğer., 1984).

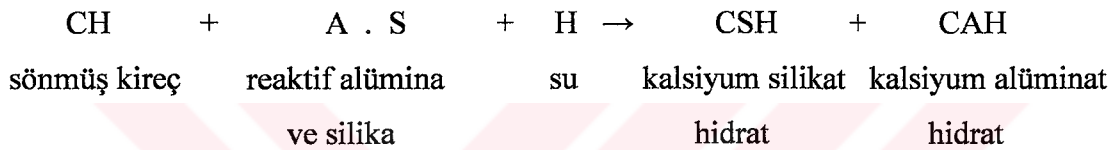
Agreganın harçtaki en önemli özelliklerinden birisi de puzolanik aktivite yaratmasıdır. Bu özellik bazı agregalarda daha belirgin olarak görülmektedir. Bunlara puzolanik agregalar adı verilir.

Puzolanik Agregalar

Puzolan kelimesi, köken olarak İtalya'da, Napoli yakınlarındaki Pozzuoli Kasabası civarında varolan ve tarihi süreçte harç üretiminde dolgu malzemesi olarak yoğun şekilde kullanılan, volkanik kökenli kumdan gelmektedir (Ashurst ve Dimes,

1990; Davey, 1961; Mora ve diğer., 1984). Puzolanlar bulundukları bölgelere göre farklı isimlerle adlandırılmışlardır. Örneğin; Santorin kumu, Alman trası, Kayseri trası gibi.

Puzolanik agregalar sönmüş kireçle tepkimeye girerler ve sönmüş kireçle tepkime sonucu çeşitli kalsiyum silikat ve alüminat bileşikleri oluştururlar (Holmes ve Wingate, 1997). Bu bileşikler, bağlayıcı özelliğe sahip olan ve suda çözünmeyen bileşiklerdir. Harcın dayanımını arttırlar (Ashurst ve Dimes, 1990; Davey, 1961; Torraca, 1988). Oluşan tepkime ve tepkime ürünleri aşağıdaki şekilde gösterilebilir (Torraca, 1988).



Tepkimedeki;

CH= Kalsiyumhidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$),

A= Alümina (Al_2O_3),

S= Silika (SiO_2),

H= Su (H_2O),

CSH= Kalsiyum silikat hidrat ($\text{CaO SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$),

CAH= Kalsiyum alüminat hidrat ($\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), bileşiklerini göstermektedir.

Puzolanik agregaların tane boyutları küçüldükçe yüzey alanları büyüdüğünden, sönmüş kireçle tepkime oranı artar. Bu yüzden puzolanik katkı maddesi olarak etki ederler. Puzolanik dolgu malzemeleri veya katkı maddeleri doğal veya yapay kökenli olabilir;

Doğal puzolanlar genellikle volkanik kökenlidir. Biyolojik kökenli silisli kayalar, diatomlu topraklar, biyolojik ve/veya kimyasal kökenli çört, çakmaktaşı,

şeyller, kum taşları ve opaller doğal puzolanlardır (Drees ve diğer., 1995; Tunçoku, 2001).

Yapay puzolanlar, doğal haliyle puzolanik özellik taşımayan killerin 600-900°C'de pişirilmesiyle elde edilmektedir. Yukarıda belirtilen sıcaklık aralığında yapılan pişirme işleminden sonra, bağlayıcı ile temas edecek yüzeyin artırılması amacıyla malzeme ince taneli olacak şekilde öğütülerek, yapay puzolanlar elde edilmektedir (Baronio ve Binda, 1997).

1. 4. 3. Katkı Maddeleri

Tarihi kireç harçları bazı inorganik ve organik katkı maddeleri içerebilir (Tunçoku, 2001; Caner, 2003). Bu katkı maddeleri karbonatlaşmada, puzolanik tepkimelerde ve harcın özelliklerini geliştirmede etkili olabilir. Örneğin, sepiolit, metakaolin ve Opal-A gibi inorganik katkı maddelerinin, karbonatlaşma tepkimesini olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir (Güney, 2003; Martinez- Ramirez ve diğer., 1995).

Romalılar puzolanik özelliğe sahip malzeme kullanımının önemini keşfetmelerinin yanı sıra, harcın özelliklerini geliştirmek üzere başka katkı maddeleri arayışında da bulunmuşlardır. Tarihi belgelerden anlaşıldığına göre, organik katkı maddeleri harç içinde antik dönemden, geçen yüzyıla kadar yaygın şekilde kullanılmıştır. Kan, yumurta akı, kazein, incir sütü, çavdar hamuru, arap zamkı, domuz yağı, hayvan kılları vb. katkı maddelerinin harcın işlenebilirliğini artırmak, prizi hızlandırmak ya da yavaşlatmak, harcın dayanımını artırmak gibi amaçlarla kullanılmış olabileceği düşünülmektedir (Sickels, 1981).

Roma Döneminin ünlü mimarı Vitruvius'a göre, organik katkı maddelerinden, incir sütü, çavdar hamuru, domuz yağı, kesilmiş süt karbonatlaşmayı hızlandırmak, yumurta akı ve kan geciktirmek, malt ve üre de hava sürükleyici olarak karbonatlaşma sürecinden sonra, dayanımı artırmak için kullanılmışlardır (Güleç, 1992).

2. BÖLÜM

ROMA DÖNEMİ KONUT MİMARİSİ VE EFES YAMAÇEVLER 2 ÖRNEĞİ

Roma Dönemi mimarisi, başlangıcından bitimine dek, ritueller çevresinde mekan oluşturma sanatı olarak değerlendirilebilir. Bu yaklaşım tarzı, Roma tapınak ve forum mimarisinin yanısıra, Roma konutlarının tasarımında da etkili olmuştur (Clarke, 1991).

2. 1 Roma Dönemi Konut Mimarisi

Roma Dönemi konut mimarisine ilişkin araştırmalar konusunda Latin edebiyatından önemli bilgiler elde edilebilir. Yararlanılabilecek kaynaklar arasında ilk olarak, Roma Dönemi mimarı Vitruvius'un İtalya'da M.S. 2. yüzyılda yazmış olduğu "Mimarlık Üzerine On Kitap" adlı yapıtı gösterilebilir. Bu yapıtta yer alan 6. kitapta "Roma Konut Mimarisi", 2. kitapta malzeme ve duvar örgü sistemleri, 7. kitapta ise malzeme kullanımına ilişkin bilgiler verilmiştir (Vitruvius, 1993). Bu yapıt, hakkında bazı tartışmalar olsa da, çok önemli bir eserdir. İkinci olarak antik dönem yazarı Genç Plinius'un M.S. 2. yüzyılın başlarında yazdığı iki mektuptan sözedilebilir. Genç Plinius mektuplarında, İtalya'da bulunan iki evin betimlemesini yapmıştır. O dönem kullanılmakta olan iki evden bahsettiği için, Genç Plinius'un söylediklerinin Vitruvius'inkinden daha güvenilir olduğu düşünülebilir. Plinius, tanımlamalarını yaparken evin en etkileyici bölümlerini anlatmış, odaları tek tek ele almamıştır. Vitruvius ortalama gelir düzeyindeki insanların evini, Plinius ise önemli kişilerin evlerini anlatmayı tercih etmiştir. Roma Döneminde konutlardaki yaşam tarzını anlatan en önemli yazar ise, Petronius'tur. Yazar, Roma Döneminde yapılan keyifli akşam yemeği törenlerine ilişkin, abartılı da olsa önemli bilgiler vermiştir (Ellis, 2000).

Geç Cumhuriyet ve Erken İmparatorluk Dönemlerine ait edebi yapıtlara göre, Roma konutlarının kalitesi ve dekorasyonu sosyal statü ile yakından ilgilidir. Cato,

Varro, Cornelius Nepos, Büyük Plinius ve diğer bazı antik dönem yazarları konutlar için yapılan harcamaları lüks ve israf olarak görmekteydiler. Aslında lüks mekanlar yaratma gereksinimi anlamsız bir israf değil, varlıklı sınıflar arasında yoğun yarışın gözlendiği toplum yaşamında, sosyal bir gereklilik olarak algılanmıştır. Cicero bu konuda daha gerçekçi ve samimi davranmıştır. Ona göre kişiler sosyal statülerine göre düzenlenmiş konutlara gereksinim duymaktaydılar (Wallace- Hadrill, 1994).

Antik dönem edebiyatından elde edilen bilgiler, Roma Dönemi konutlarının hem iş, hem özel kullanımlar için tasarlandığını göstermektedir. Kırsal kesimdeki evler çiftlik evi olarak, kentte bulunan evler ise konut işlevinin yanı sıra politik görüşmeler ve ticari işlevler için de kullanılmaktaydı. Bir başka deyişle, kent evleri soylulara, varlıklı kişilere ait ise aynı zamanda işyeri olarak, daha az varlıklı kişilere ait ise evin bir odası dükkan ya da atölye olarak kullanılacak şekilde planlanmaktaydı (Ellis, 2000).

Roma Dönemi kentlerinde konut mimarisi incelendiğinde, avlu, salon ya da oda gibi ortak bir mekan ve etrafında bu mekana açılacak şekilde düzenlenmiş odalarla içe dönük bir tasarımlar yapıldığı görülmektedir. Evler gereken ışık ve havayı avludan alacak şekilde planlanmış, dış duvarlara az sayıda pencere açılmıştır. Bu durum daha serin, daha sessiz, şehrin karmaşasından uzak, hırsızlara ve diğer bazı tehlikelere karşı daha korunaklı konutlar üretilmesini sağlamıştır (Özgenel, 2000; Brothers, 1996). Tasarım sırasında odaların işlevine göre, hangi yöne bakmalarının daha iyi olacağına karar verilmiştir. Örneğin; Roma Döneminin ünlü mimarı Vitruvius, kütüphanelerin işlevinin sabah ışığını gerektirmesi ve kitapların korunması için doğu yönünde planlanmasının uygun olacağını düşünüp, önermiştir. Ona göre, kışlık yemek odaları güneşin akşamları odaya tatlı bir sıcaklık vermesinin sağlanması ve akşam ışığından yararlanılabilmesi amacıyla, güney batıya bakacak şekilde planlanmalıdır. Yazlık yemek odaları ise, kuzeye yönelmelidir. Kuzey yönünde oda her zaman serin kalacağından, yemek odası serin ve hoş olacaktır (Vitruvius, 1993).

Domus adı verilen konutların en iyi korunmuş örneklerini, M.S. 79'da Vezüv yanardağının patlaması ile yaşamın ani şekilde bitmiş olduğu Pompeii ve Herculaneum'da görmek mümkündür (Thorpe, 2002).

2. 1. 1 Domus

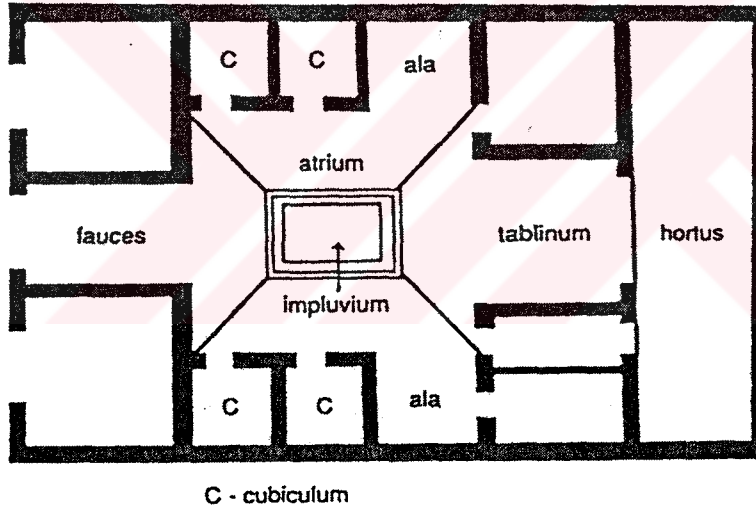
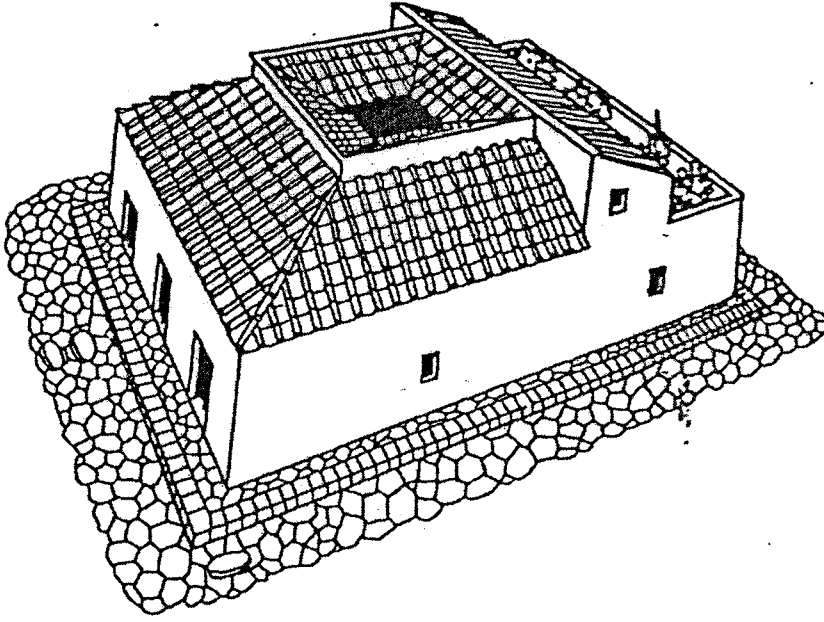
“Domus” olarak adlandırılan konutlarda varlıklı aristokrat kesimi ve orta sınıf aileler yaşamışlardır. Daha zengin olanların evleri, diğerlerine benzer bir planlama tarzı ile tasarlanmış, ancak daha özenli yaklaşımlarla inşa edilmiştir.

Roma Döneminde İtalya'da, özellikle de Pompeii ve Herculaneum'da, inşa edilen domuslar, dış dünyanın sıcaklık ve gürültüsünden uzak, sakin bir ortam yaratmak amacıyla, tek ya da iki katlı ve içe dönük olarak planlanmıştır (Şekil No: 2.1). Domusların en belirgin özelliği bağımsız aile konutu olması, yani tek aile tarafından kullanılmasıydı. Diğer belirleyici özellikler ise, tarihi devamlılık ve mekansal çeşitliliktir. Konut birimi olarak, Roma kentlerinin erken dönemlerinde geliştirilmiş ve daha sonraki yıllarda yapılan eklemelerle değiştirilmiştir. Yunanlı öncüllerinin konut planlamasında yaptıkları genellemenin tersine, Roma Dönemi boyunca kimliklendirmeye yardımcı olacak ayırt edici özellikleri ve mimari süsleme öğeleri kullanılmıştır (Özgenel, 2000).

Domus tasarımlarında avlular her zaman önemli olmuştur. Tasarımlar sırasında bir veya iki avlu ve etrafında düzenlenen yarı açık ve/ veya kapalı mekanlar ve kullanılan yapı öğeleri ile ailenin günlük yaşam mekanı oluşturulmuştur.

Domusların, İmparatorluk sınırları içinde en çok kullanılan tiplerinin, “Atriumlu Evler”, “Peristylli Evler” ile “Atriumlu ve Peristylli Evler” olduğu görülmektedir.

Domus tasarımlarında yer alan başlıca mekanlara ve yapı öğelerine ilişkin bilgiler, 2. 1. 2 başlığı altında verilmiştir.

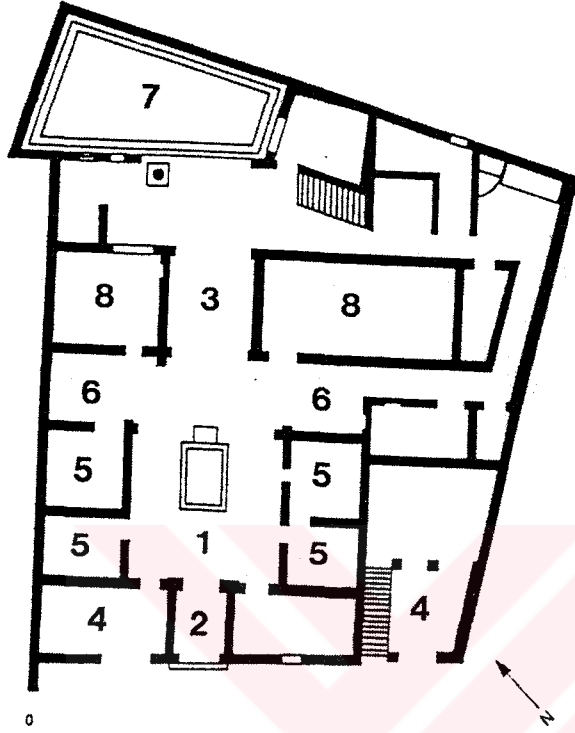


Şekil No: 2.1 Domusların şematik planı ve perspektif çizimi (Özgenel, 2000, s. 107).

2. 1. 1. 1 Atriumlu Evler

Atriumlu Evler M.Ö. 3. yüzyılda, Hellenistik etkilerden bağımsız olarak tasarlanan bir ev tipi olup, varlıklı aristokrat Romalı evlerinin öncüsü olarak nitelendirilebilir. Bu evler fauces, atrium ve atriuma açılan odalardan oluşmuştur.

(Ellis, 2000). Erken dönem Roma evleri olarak tanımlanabilecek “atriumlu evler”e örnek olarak, Pompeii’de Surgeon Evi verilebilir (Şekil No: 2.2).



Şekil No: 2.2, Pompeii’de Surgeon Evi (Brothers, 1996, s. 34).

(1. atrium, 2. fauces, 3. tablinum, 4. taberna, 5. cubiculum, 6. alae, 7. hortus, 8. triclinium)

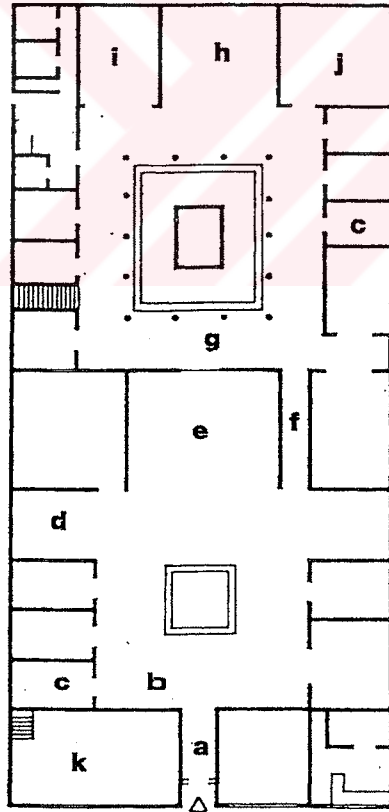
2. 1. 1. 2 Peristylli Evler

M.S. 1. yüzyılın sonlarından başlayarak atriumlar, peristyle karşı üstünlüğünü kaybetmiş, konutlarda karşılama için bağımsız avlu oluşturulması yerine, karşılama mekanları oluşturulmaya başlanmıştır. Atrium ve tablinumun özgün işlevini kaybetmesinin, kullanımlarının azalması nedeniyle olduğu düşünülebilir. Bu süreçte ya atrium ve tablinumun özgün kullanım tarzı devam etmemiş, ya da peristyl ve oecus/ tricliniumların yeni kullanım tarzları doğmuş olabilir. Wallace- Hadrill, bu tip konutlarda, atrium ve tablinum tasarımlarındaki azalmadan, örneğin Pompeii’de Vettii Evinde tablinum bulunmadığından, Herculaneum’da Stags Evinde atriumun daha çok bir vestibulumla dönüştürülmüş olduğundan söz etmektedir (Mckay, 1975).

İmparatorluğun İtalya dışındaki hem Doğu, hem de Batı bölgesinde, Hellenistik etkiler ve geleneklerle birlikte, peristylli ev yapma alışkanlığı sürmüştür (Mckay, 1975). Anadolu'da Efes, Afrodisyas, Side, Perge, Halikarnas vb. Roma kentlerinde yer alan pek çok konut, peristylli evlere örnek verilebilir. Efes, Yamaçevler 2'de yer alan evler de Hellenistik etki ile domus tarzında ve peristylli, eksedralı olarak planlanmıştır.

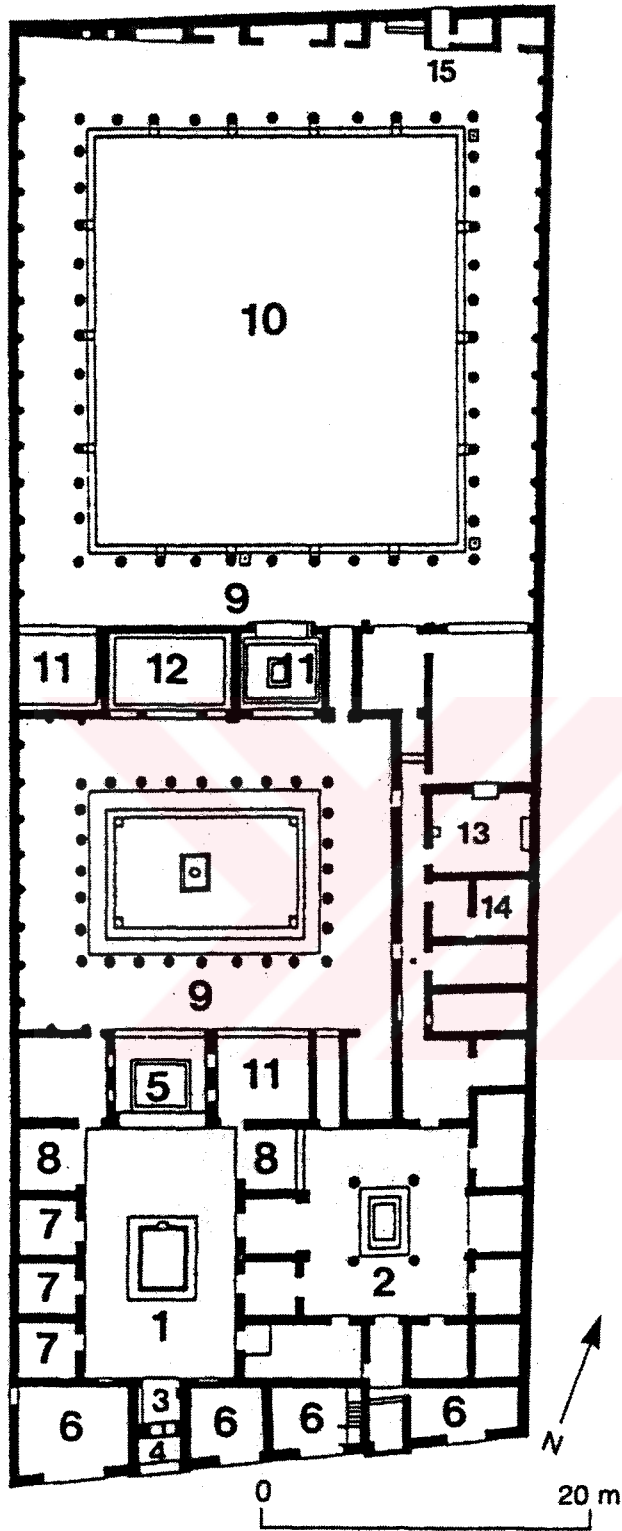
2. 1. 1. 3 Atriumlu ve Peristylli Evler

Roma Dönemi atriumlu evleri ve Hellenistik Dönem peristyllinin birlikte kullanılması ile, atriumlu ve peristylli ev plan tipleri doğmuştur (Şekil No: 2.3). Bu tarz konutlara örnek olarak Pompeii'de Faun Evi verilebilir (Şekil No: 2.4) (Brothers, 1996; Mckay, 1975).



Şekil No: 2.3 Atriumlu ve peristylli bir domusun şematik planı (Özgenel, 2000).

(a. vestibulum/ fauces, b. atrium, c. cubiculum, d. alae, e. tablinum, f. andron, g. peristyl, h..i. j. triclinium/ oecus, k. taberna)



Şekil No: 2.4 Pompeii'de Faun Evinin planı (Brothers, 1996, s. 36).

(1. Toskana atrium, 2. Tetrastil atrium, 3. fauces, 4. vestibulum, 5. tablinum, 6. taberna, 7. cubiculum, 8. alae, 9. peristyl, 10. bahçe, 11. triclinium, 12. eksedra, 13. culina, 14. balneum, 15. posticum)

2. 1. 2 Domuslarda Kullanılan Başlıca Mekanlar ve Yapı Öğeleri

2. 1. 2. 1 Atrium (Impluvium, Compluvium, Lararium)

Geniş ve ortası aydınlatılmış şekilde planlanmış olan atriumlar, bir görüşe göre erken dönemlerde, ailenin ana yaşama mekanı olarak değerlendirilmiştir (Brothers, 1996). Sonraki dönemlerde Roma sosyal yaşamındaki en önemli ritüellerden biri olan “salutatio”, yani ev sahibinin, yardım isteyen kişilerin isteklerini yerine getirme karşılığında kendilerinden beklentilerini ilettiği sabah görüşmeleri de, atriumda yapılmıştır (Brothers, 1996; Thür, 2004). Bu tip evlerde yaşayan Romalılar günümüzdeki tarzda işyerlerine nadiren sahip olmuşlardı. İşlerinin çoğunu evde yapmaktaydılar. Roma konutu, halka ait genel işlerin sürekli şekilde odaklandığı mekanlardı (Brothers, 1996). Atriumlar, evlilik törenleri, doğum günleri, cenaze törenleri ve özel aile törenleri gibi kutlamalar için de kullanılırdı. Cenaze törenlerinde giyilen atalara ait maskeler, ahşap dolaplarda korunurdu. Ayrıca atriumda duvara asılan aile büyüklerinin, ataların portreleri, büstleri, duvar resimleri vb. dekoratif elemanlar, mekanın ayrılmaz öğelerindendi. Hatta duvar resimlerinden bazıları, aile içi ilişkileri gösteren aile ağacı şeklinde de düzenlenmekteydi (Özgenel, 2000).

Vitruvius, atriumların beş değişik biçimde tasarlanabildiğini yazmış, Toskana, Korent, Tetrastil, Displuviate ve Testudinate adı verilen biçemlere ilişkin açıklamalarda, atrium tasarımlarına, çatı ve drenaj sistemlerinin oluşturulmasına ilişkin bilgiler vermiştir (Vitruvius, 1993).

Atriumu örten çatıların eğimi, iç kısma doğru verilerek, çatıların orta kısmında “compluvium” adı verilen geniş dikdörtgen açıklıklar oluşturulmuştur. Compluvium sayesinde atriuma ve atriumu çevreleyen odalara temiz hava ve gün ışığı girmesi sağlanmıştır (Brothers, 1996). Yapı adası üzerinde planlanan domusların çatılarında compluviumlar olmasaydı, konutların arasındaki duvarlar komşu evler tarafından

bölücü duvar olarak ortak kullanıldığı, bu nedenle pencere açılmadığı için, odaların çoğunluğu karanlık mekanlar durumuna gelirdi.

Döşemede atriumun ortasında, tam compluviumun altına gelen bölümde yağmur sularının toplanması için “impluvium” adı verilen dörtgen havuz yapılmıştır. Impluviumda toplanan su için iki çıkış bulunmaktaydı. Bunlardan biri suyun sarnıçta toplanmasını sağlamakta, diğeri ise sarnıç dolduktan sonra, fazla gelen suyu borularla döşemenin altından dışarıya, caddeye vermekteydi (Brothers, 1996; Thorpe, 2002).

“Lararium” Roma Dönemi evlerinde ibadete ayrılan kutsal köşe ya da küçük tapınma sunağına verilen isimdir (Saltuk, 1989). Evin en sık kullanılan bölümü olan atriumda oluşturulan larariumlar, niş formunda, altar olarak, duvar resmi veya diğer şekillerde düzenlenmekteydi (Şekil No: 2.5, 2.6). Özellikle varlıklı aileler için önemli olan lararium düzenlemesinin ve bu düzenlemede yer alan aile tanrılarına ait küçük figürlerin evi ve ev halkını koruduğuna inanılırdı (Özgenel, 2000).



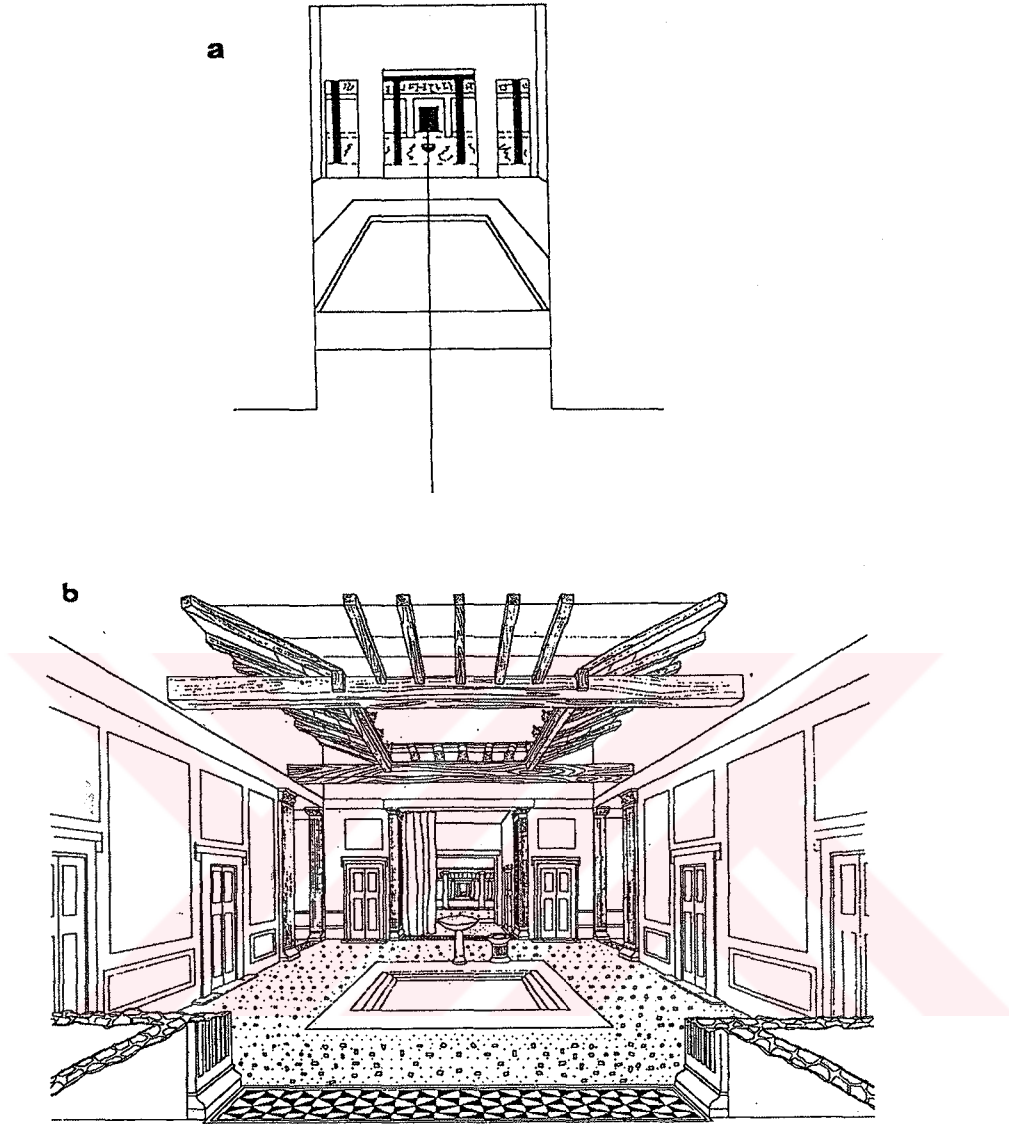
Şekil No: 2.5 Lararium (atriumun köşesinde altar şeklinde) (Clarke, 1991, s. 11).



Şekil No: 2.6 Lararium (mutfakta duvar resmi) (Clarke, 1991, s. 8).

2. 1. 2. 1. 1 İlişkili Mekanlar (Vestibulum/ Fauces, Tablinum, Cubiculum, Alae)

Roma Dönemi konutlarında fauces, atrium ve tablinumun aynı aks üzerinde tasarlanmasına özen gösterilmiştir (Şekil No: 2.7). Vitruvius ve diğer yazarlar, fauces, atrium ve tablinum aksının öneminden, olasılıkla bu tasarım tarzının zaten bütün evlerde aranan bir özellik olması nedeniyle, söz etmemişlerdir (Clarke, 1991). Faucesten geçen kişinin gözü doğal olarak, tablinumu ve geride kalan bahçeyi veya peristylli avluyu algılamaktadır (Brothers, 1996; Clarke, 1991). Faucesin bitiminde ulaşılan genişliği, yüksekliği ve tasarım öğeleri ile atrium, compluviumdan aldığı ışık hüzmeleri ile impluvium son derece çarpıcı ve etkileyici tarzda planlanmışlardır. Bütün bunlar olasılıkla ev sahibinin kamuya yönelik yüzünü göstermesi için gereken atmosferi yaratmakta yararlı olmaktadır (Brothers, 1996).



Şekil No: 2.7 Domuslarda fauces, atrium ve tablinum aksı (Özgenel, 2000, s. 149).

(a. faucesten bakış aksı, b. atriumun faucesten görünümü)

Konutun yer aldığı cadde ile giriş kapısı arasında genellikle vestibulum bölümü bulunmaktadır. Vestibulum aslında giriş holü olmakla beraber, “salutatio” için içeri davet edilmeyi bekleyen kişilerin, beklerken caddenin karmaşasından korunmaları için planlanmış bir bölüm olarak da nitelendirilebilir. Ön girişten sonraki bölüm “fauces” adını almakta ve “atrium” ya da “ana kabul salonu”na ulaşımı sağlamaktaydı (Şekil No: 2.8) (Mckay, 1975).



Şekil No: 2.8 Faucesten atriumun görünümü (Clarke, 1991, s. 5)

“Tablinum”lar genellikle ana aks üzerine yerleştirilmiş olup, evin en önemli bölümlerinden birisi olarak nitelendirilebilir. Mimari açıdan değerlendirildiğinde ise, atrium kompleksinin en etkileyici bölümü olduğu söylenebilir (Mckay, 1975). Tablinumlar ya üç yönü kapalı, ya da iki yönü kapalı, ön cephesi atriuma, arkası bahçeye açılan pencereli şekilde tasarlanmıştır. Tablinumlar, ev sahibinin ticari ve siyasi çalışmaları açısından büyük önem taşımaktadır. Vitruvius kitabında, yoksul kişilerin, başkalarını kendi evlerinde kabul etmek yerine, toplumsal görevlerini daha önemli yurttaşların evlerini ziyaret ederek yerine getirdiklerinden, gösterişli atrium ve tablinumlara gereksinim duymadıklarını açıklamaktadır. Bu yorum domus

tasarımının toplumsal işlevlerle ne kadar yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Vitruvius, 1993).

“Cubiculum”lar atriumun çevresinde, ev halkı ve/ veya misafirlerin özel kullanımı için tasarlanmış odalardır. Genellikle dinlenme odası, yatak odası gibi işlevlerle değerlendirilmişlerdir. Yatak odalarında yatağın konumu, mozaik kaplamalı döşemedeki dekorasyon değişikliği, tavandaki doku değişikliği, yatağın konulacağı platformun hafifçe yükseltilmesi gibi düzenlemelerle belirtilmekteydi (Brothers, 1996).

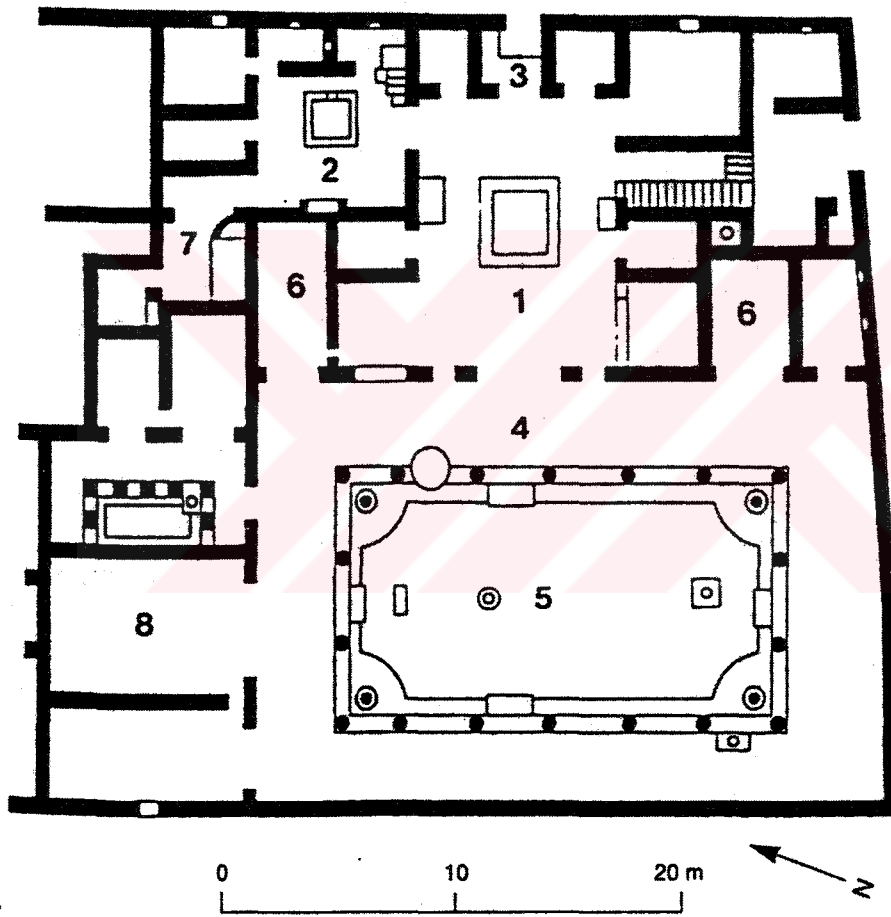
“Alae”ler, atriumun iki yanında ve atriuma açık olarak planlanmışlardır. Bu alanların ne amaçla kullanıldığı tam olarak bilinmemektedir. Aile büyüklerinin resimlerinin bulunduğu alanlar veya salutatio ritueli ile ilgili işlev üstlenmiş, örneğin bekleme amaçlı kullanılmış mekanlar olabileceği görüşleri vardır (Brothers, 1996).

2. 1. 2. 2 Peristyl (Arkad, Eksedra, Nymphaeum)

Roma Dönemi konutlarının temel plan şeması, zaman içinde Pompeii ve Herculanium’da bazı evlerde görüldüğü gibi, bahçelerin ya da peristyllerin, sütunlu avluların eklenmesiyle değişikliğe uğramıştır (Mckay, 1975). Ortada yer alan avlu, üç ya da dört yanda “arkadlarla” çevrilmiştir. Bahçeler, ağaç , bitki , havuz , çeşme ve heykeller gibi dekoratif öğelerle donatılmıştır. Bu konudaki en ünlü örneklerden biri Pompeii’deki Vettii evidir (Şekil No: 2.9) (Brothers, 1996). Roma Dönemi peristylleri ya da bahçeleri, Hellenistik Dönem konutlarının peristylli avlularından farklı yaklaşım tarzıyla planlanmıştır. Kullanım amaçları atriumlardan farklı olup, atriumlardan daha az kamusal faaliyetler yürütülen alanlardır. Bu bahçeler dinlenme, rekreasyon ve sanat eserlerinin sergilenmesi gibi amaçlarla düzenlenmiştir (Şekil No: 2.10) (Mckay, 1975).

“Eksedra”lar avluya veya bahçeye açılan dinlenme veya seyir amaçlı, dekoratif öğelerle bezenmiş birimler ve köşeler olarak nitelendirilebilir.

“Nymphaeum”lar bahçelerin, peristyllerin önemli öğelerinden olan su yapılarındandır (Mckay, 1975). Yunan ve Roma mimarisinde sıklıkla kullanılan nişli, sütun dizileri ve heykellerle süslenmiş olan nymphaeumlar, anıtsal çeşmeler olarak da adlandırılabilir (Saltuk, 1989).



Şekil No: 2.9 Pompeii’de Vettii Evi (Brothers, 1996, s. 37).

(1. atrium, 2. ikinci atrium, 3. fauces, 4. peristyl, 5. bahçe, 6. oecus, 7. culina, 8. triclinium)



Şekil No: 2.10 Pompeii’de Sacerdos Amandus Evinin peristyli (Wallace- Hadrill, 1994).

2. 1. 2. 2. 1 İlişkili Mekanlar (Triclinium, Cubiculum)

Roma evlerinde yemek odası olarak kullanılan mekanlar, “triclinium” olarak adlandırılmaktadır. Vitruvius “triclinium”ların dikdörtgen formu olarak ve uzunluğu genişliğinin iki katı olacak şekilde planlanmasını önermiştir (Vitruvius, 1993). Eğer evin bahçesi varsa, en az bir triclinium, bahçeye bakacak şekilde tasarlanmaktaydı. Aynı evde birden fazla triclinium bulunabiliyordu. Triclinium mekanlarında ağırlanan misafirlerin sosyal konumu, ev sahibine eşit olduğundan, tricliniumların yarı kamusal işlevi olduğu düşünülmektedir (Özgenel, 2000). Tricliniumlarda genellikle dekorasyon öğelerine önem verilmiş, duvarlarda duvar resimleri ve mozaikler, döşemelerde mermer ve mozaik kaplamalar kullanılmıştır. Varlıklı kesimin evlerinin yanısıra orta gelir düzeyine sahip kişilerin evlerinde de, dekorasyon öğelerinin kullanımına özen gösterilmiştir. Örneğin; Herculaneum’da basit bir Roma konutu olan, aynı zamanda şarap evi olarak kullanılan bir dükkanın da yer aldığı “Neptun Evinin” triclinium bölümünde, şaşırtıcı güzellikte büyük boyutlu bir duvar mozağı yer almaktadır (Mckay, 1975).

“Cubiculum”lar 2.1.3.1.1 bölümünde atriumla ilişkili mekanlarda anlatıldığı şekilde, sütunlu avlunun etrafında ev halkı ve/ veya misafirlerin dinlenme odası, yatak odası gibi özel gereksinimleri için kullanılmak üzere tasarlanmış odalardır (Brothers, 1996).

2. 1. 2. 3 Islak Mekanlar (Culina, Latrina, Balneum)

Mutfak işlevi ile değerlendirilen mekanlar olan “Culina”lar, genellikle ziyaretçilerin görüşünden uzak bir şekilde, evin ayrı bir kanadında konumlandırılmıştır. Şaşırtıcı derecede küçük mekanlar olarak tasarlanan bu mekanların ortasında yer alan dikdörtgen biçimli bir strüktürün üzerinde ateş yanmakta, altında yakıtın bulunduğu bir boşluk yer almaktaydı. Genellikle üst kotlarda dumanın çıkışı için küçük bir pencere açılmış, bazen buna ek olarak çatıda küçük bir delik de oluşturulmuştur. Bazı konutların mutfaklarında, fırınlarda kullanılan tarzda ocaklara da rastlanılmaktadır (Brothers, 1996).

Tuvalet olarak kullanılan ve “latrina” adı verilen mekanlar, Roma Dönemi konutlarının özel mekanlarındandır. Oldukça küçük mekanlar olan latrinalar, genellikle mutfığa yakın planlanmışlardır. Günümüzün hijyen anlayışıyla bakıldığında, bu planlama tarzı şaşırtıcı gelse de, Romalılar için önemli olan şehir suyunun evin bu bölümüne ulaştırılmasının sağlanmasıydı (Brothers, 1996). Tuvaletler, bir duvar boyunca yükseltilmiş seki üzerine açılmış deliklerden oluşturulmuştur. Latrinalarda çoğunlukla temiz suyun getirildiği ve pis suyun atıldığı altyapı sistemi de kurulmuştur (Saltuk, 1989).

“Balneum”lar Roma Dönemi konutlarında, küçük boyutlu özel ya da genel kullanıma hizmet veren hamamlardır (Saltuk, 1989). Bu mekanlar da aynen latrinalar gibi, mutfığa yakın planlanmaktaydı. Ancak balneum sadece büyük konutlarda planlanmakta, halk için şehir hamamları inşa edilmekteydi. Romalıların evlerinde yapılan balneumlar, şehir hamamlarında yer alan caldarium, tepidarium, frigidarium ve apoditerium mekanlarını ve ısıtma sistemini küçültülmüş bir ölçekte içermekteydi (Brothers, 1996).

2. 2 Çalışma Alanı; “Efes, Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 Nolu Evler”

Tez çalışması kapsamında Efes, Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 nolu evlerin harçları incelenmiş, bu evlerin genel mimari özellikleri ve kronolojisine ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir.*

2. 2. 1 Efes, Yamaçevler 2’nin Genel Mimari Özellikleri

Antik dönemin en önemli kentlerinden biri olan Efes, Roma İmparatorluğunun Doğu Akdeniz Bölgesi’nde yer almıştır. Efes’te varlıklı kesimin konut gereksinimi için yapılan evlerin yer aldığı, bölgenin en iyi korunmuş konut adası olan Yamaçevler 2, yerleşim şekli, plan şeması, kullanılan dekorasyon öğeleri ile Roma İmparatorluk Döneminde yaşayan varlıklı kesimin yaşam tarzı hakkında önemli bilgiler vermektedir (Krinzinger, 2000).

Şehir merkezinde agoranın yakınında yer alan Yamaçevler 2, kuzeyde şehir planına eğik olarak uzanan Kuretler Caddesi ile sınırlanmaktadır (Şekil No: 2.11). Kuzey güney doğrultusunda uzanan yapı adası yaklaşık 4000 m² büyüklüğünde olup, doğu ve batı yöndeki diğer konut adalarından, dik ve merdivenli yollarla ayrılmaktadır. Alanda yapım sırasında düzenlenmiş çok sayıda teras ve bu terasların üzerinde iki ya da üç katlı olarak inşa edilmiş, yedi konut birimi bulunmaktadır. Efes Yamaçevler 2’de konut olarak kullanılmak üzere tasarlanan bu evler, “domus” planlama tarzına örnek gösterilebilir. Adanın kuzeyinde ise, Kuretler Caddesi’ne cephele olacak şekilde inşa edilmiş tabernalar bulunmaktadır (Thür, 2005).

* Yamaçevler 2’de yer alan 1, 2 ve 4 nolu evlerle ilgili olarak metinde sunulan mekan tanımı ve kullanımı üzerine yapılan yorumlarda, evlerin kronolojisine ilişkin çalışma yapan, Efes kazı ekibinde çalışan uzmanların yayına hazırladıkları araştırmalardan yararlanılmıştır. Henüz yayınlanmayan raporlarını kullanmama olanak sağladıkları için kendilerine teşekkür ederim. Söz konusu raporların 2005 yılı içinde yayınlanacağı belirtilmiştir.

Österreichische Akademie der Wissenschaften
Institut für Kulturgeographie und Landschaftslehre

Şekil No: 2.11 Yamaçevler 2 konut adasının yerleşim planı (Adenstedt, 2005).

Roma İmparatorluk Döneminde Yamaçevler 2’de yer alan konut alanına, Kuretler Caddesi ve Mermer Caddeden bakıldığında olasılıkla, içe dönük şekilde planlanmış evler ve bu evlerin kiremit kaplı çatıları görülmekteydi. Duvarların yapımında, taş, tuğla, kerpiç gibi yapı malzemeleri ve bağlayıcı olarak kerpiç ve kireç harcı kullanılmıştır. Evlerin dış görünüşleri yalın olmakla birlikte, iç mekanlar zengin dekorasyon öğeleri ile süslenmiştir. Duvar yüzeyleri resimler ve farklı cinsten mermerlerle, döşeme yüzeyleri ise mozaikler ve mermerlerle kaplanmıştır. Duvar yüzeylerinde yer alan sıva ve duvar resimlerinde bozulmalar görüldüğünde ya da istendiğinde, sıvalar ve resimler yenilenmiştir. Yamaçevlerin bazı odalarında üstüste uygulanmış, yedi kat sıva tabakası sayılabilmektedir (Efes Müzesi Yayını, b.t.). Yapının sıvalarının dökülmüş olan bölümlerinin yakın geçmişte onarıldığı, duvarların üst kotlarının tamamlamalarla yer yer yükseltildiği görülmektedir. Halen konservasyon çalışmalarının sürdüğü alan 2000 yılında koruma çatısı ile kapatılmıştır (Şekil No: 2.12).



Şekil No: 2.12 Koruma çatısı altına alınan Yamaçevler 2 yapı adasının görünümü.

2. 2. 2 Kronolojiye Yönelik Çalışmalar

Konut alanı olarak bir dönem yoğun kullanım gören Yamaçevler 2’nin terkedilmesinden sonra, 1962- 1985 yılları arasında Avusturya Kazı Ekibi tarafından yürütülen kazılarla, yapı adası yeniden gün ışığına çıkarılmıştır. Üst terasta yer alan beş evin iç dekorasyonuna ilişkin çalışmalar, Stročka ve Jobst tarafından 1977

yılında yayınlanmıştır. Bu yayında, evlerin ilk olarak Augustus Döneminde inşa edildiği, M.S. 7. yüzyılın başlarına kadar kullanımın sürdüğü belirtilmektedir. Ancak sonraki yıllarda alanda yapılan kazı ve araştırma çalışmaları sırasında elde edilen verilerin değerlendirme sonuçlarına göre, yukarıda bahsedilen kullanım sürecinin tekrar gözden geçirilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Yeni verilere göre Yamaçevler 2, M.S. 3. yüzyılın 3. çeyreğinde, Gallienus zamanında meydana gelen bir deprem sonucunda zarar görmüş, depremden sonra dekorasyon öğeleri yenilenmemiştir (Thür, 2005).

Kazı ekibince kronoloji çalışmaları yapılırken, 1, 2 ve 4 nolu evlerde değişik yapı evrelerine ait yapı kalıntılarından duvar resimleri, mermer duvar kaplaması, mozaik ve mermer döşeme kaplamaları gibi yüzeydeki dekoratif kaplamaların yanı sıra, kazılar sırasında mekanlardan çıkarılan taşınabilir objeler de değerlendirilmiştir. Buluntular arasında mobilya olarak nitelendirilebilecek az sayıda ev eşyası ve süs eşyası yer almaktadır. Heykeller, sikkeler, terrakottalar, içecek servislerine ait cam buluntular, çok miktarda yemek ve kullanım kapları, mermer, kemik ve metal objeler, amphoralar, lambalar vb. incelenmiştir. Çalışmalar kapsamında, yukarıda bahsedilen yapı kalıntıları ve arkeolojik objelerin yanı sıra, evdeki bölümlerin kullanımı, etkinlikler, ticari faaliyetler, konutta yaşayanların günlük yaşamdaki görevleri ile ilgili çok değerli bilgiler veren graffitiler de incelenmiştir. Ayrıca yapı evreleri incelenen evler, yapı adasında bulunan diğer evlerle karşılaştırılmış, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir (Thür, 2005).

Kazı ekibince tespit edilen yapı evreleri için belirlenen süreçler aşağıdaki şekildedir (Ladstätter, 2005);

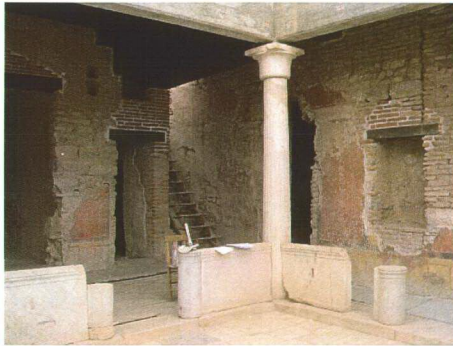
1. Yapı Evresi; M.S. 1. yüzyılın başları,
2. Yapı Evresi; M.S. 100 civarı,
3. Yapı Evresi; M.S. 2. yüzyılın ikinci yarısı,
4. Yapı Evresi; M.S. 230 civarı,
- 4'. Yapı Evresi; M.S. 260 (M.S. 3. yüzyılın üçüncü çeyreğinde olan depremin öncesine kadar).

Kazı ekibinde çalışan uzmanlar, 2 ve 4 nolu evlerde bulunan yapı evrelerinin net bir şekilde belirlendiğini, 1 nolu evin bazı bölümlerinde ise yapı evrelerine ilişkin çok küçük de olsa yanılma payı olabileceğini belirtmişlerdir (Adenstedt, 2005).

2. 2. 3 (1) Nolu Ev (Şekil No: 2.17), (Ladstätter ve Rathmayr, 2004)

2. 2. 3. 1 (1.) Yapı Evresi

1 nolu ev, geç Augustus ve Tiberius Döneminde, yapı adasında bulunan geç Hellenistik Döneme ait yapı kalıntıları üzerine inşa edilmiştir. Giriş doğu yöndeki merdivenli yoldan (STG1) verilmiştir. Evin merkezinde peristylli bir avlu ve etrafında kuzey, doğu ve batıda yerleştirilen odalar yer almaktadır. Kuzeydoğuda yer alan odalar servis amaçlı olarak kullanılmıştır. Üst kata çıkış merdiveni avlunun güneybatı köşesine yerleştirilmiştir (Şekil No: 2.13). Yamaçevler 2’de yer alan diğer evlerin aksine 1 nolu evde kuyu bulunmamakla birlikte, villanın inşa tarihinden itibaren bir kanal sisteminin var olduğu bilinmektedir. Duvarların ve döşemelerin özgün dekorasyonu, (SR1/6) ve (SR2) mekanlarında yer alan beyaz zeminli duvar resimleri korunmuştur. Bu yapı evresine ait diğer bütün dekorasyon öğeleri ya sökülüş, ya da daha sonraki yapı evrelerinde yeniden düzenleme ve onarım çalışmaları sırasında kaplanmıştır.

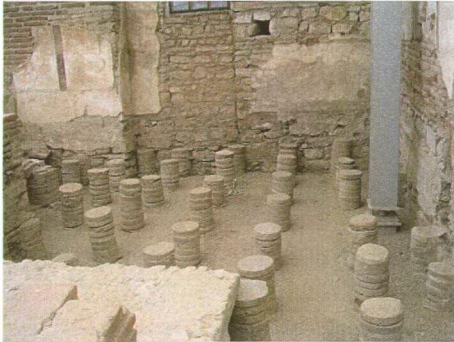


Şekil No: 2.13 Avludan (SR2), yukarı kata çıkış merdiveninin görünümü.

2. 2. 3. 2 (2.) Yapı Evresi

Flavius ve Traianus Döneminde, 1 nolu evin planında önemli değişiklikler yapılmıştır. Bu değişikliklerin kesin tarihlendirilmesi, yapıdan gelen bilgilerin ve arkeolojik objelerin değerlendirilmesiyle sağlanmıştır.

Peristylli avlu (SR2) ve (SR1/6) bozulmadan kalmış, güneyde GEW A, B, C, latrina (SR2a) ve yukarı kata çıkışı sağlayan merdiven (SR2b) inşa edilerek, bir dizi oda yaratılmıştır. Kuzeyde yer alan geniş oda (SR8/14) ikiye bölünmüş, uzun odalar (SR11/12) ve (SR15/18) ise dört küçük cubiculum'a dönüştürülmüştür. SR4 mekanından ısıtılmış olabileceği düşünülen balneum (SR3), evin kuzeydoğusunda yer almakta (Şekil No: 2.14) ve evin diğer bölümlerine bağlantı (SR7)'den sağlanmaktaydı. Ana giriş olasılıkla güneydoğudan olup, servis alanı için ikinci giriş (SR4)'den verilmişti. Bu evrede (SR8)'den verilen bir kapı ile 1 nolu ev, 4 nolu evin üst katına bağlanmıştır. Bu durumda mutfak, balneum gibi bazı mekanların, 4 nolu ev kullanıcıları ile ortaklaşa kullanılmış olabileceği düşünülmektedir. Bu evreye ait (SR18), (SR14), (GEW A) ve (GEW B)'de yer alan geometrik motifli mozaik kaplamalar korunmuştur. Mozaikler kesin olarak 1. yüzyılın sonlarına, 2. yüzyılın başlarına tarihlendirilmektedir. Bu evreye ait beyaz zeminli duvar resimleri küçük parçacıklar halinde bazı odalarda (SR1/6, SR2, SR11/12 ve SR14) hala varlığını sürdürmektedir. İnce mermer kaplama parçaları ve profilli bordürler balneum (SR3) duvarlarının mermer kaplı olduğunu göstermektedir.



Şekil No: 2.14 Balneumun (SR3) görünümü.

2. 2. 3. 3 (4.) Yapı Evresi

M.S. 3. yüzyıla tarihlendirilen bu yapı evresinde, avlu (SR2) ve odaların döşeme kotu yükseltilmiştir. Depremin getirdiği yıkımdan sonra, balneum tümüyle yeniden düzenlenmiştir. Geniş oda (SR1/6), triclinium (SR6) ve vestibulum (SR1) olarak ikiye bölünmüş, vestibulum (SR1) peristylli avluya (SR2) yönlendirilmiştir. Çalışmalar sırasında (SR1/6)'nın mozaik döşemesi onarılmıştır. Batı yöndeki peristylli avluya bakacak şekilde inşa edilen çeşme, ana giriş mekanında dekorasyon ögesi olarak kullanılmıştır (Şekil No: 2.15). Dört odanın (SR12, SR14, SR15, SR18) 2 nolu eve bağlanması, zemin kattaki yaşam alanlarını daraltmıştır. Büyük olasılıkla bu alan kaybı, avlunun kuzey geçişinin bölünmesiyle oluşturulan, iki küçük cubiculumla (SR10a, SR10b) giderilmeye çalışılmıştır (Şekil No: 2.16). Her iki cubiculumun da girişe bakan duvarlarında, geniş birer niş oluşturulmuştur.



Şekil No: 2.15 Avludan (SR2) evin girişinin ve çeşmenin görünümü.



Şekil No: 2.16 Avludan (SR2), kuzey yöndeki odaların (SR10a, SR10b) görünümü.

Doğu yönde yer alan triclinium (SR6) ve eksedra (GEW C) karşılama, kabul odası olarak kullanılmaya devam etmiştir.

Bu yapı evresinde üst kata çıkış için kullanılan diğer merdivene, (SR1)'deki ana girişten ulaşılabilmekte, (SR1)'in kapısı kilitlenerek, üst katın bağımsızca kullanılabilmesi veya kiralanması için olarak sağlanabilmekteydi. (SR8) ve 4 nolu evin arasında bağlantı sağlayan kapının kullanımı iptal edildiğinde bile, 1 nolu evin kuzey yönündeki servis odalarının (SR5a, SR5b, SR5c) ve banyonun (SR3) kullanımı, tali giriş (SR5a ve SR3 arasındaki kapı) kullanılarak sürdürülmüştür.

Yamaçevler 2'de yer alan diğer konut birimlerinden farklı olarak, avlu (SR2) dışında diğer duvar ve döşeme yüzeyleri mermer yerine mozaik ve duvar resimleri ile süslenmiştir. Üst kata ait buluntuların durumunun değerlendirilmesindeki güçlük nedeniyle, mozaik kaplamalar ve duvar resimleri belgelenememiştir.

Konut biriminde korunabilen mozaik döşemeler, duvar ve tavanlarda görülen duvar resimleri bu yapı evresine tarihlendirilmektedir. Mozaiklerde figüratif desenler bulunmayıp, çok renkli mozaiklerin ilk kez bu yapı evresinde kullanılmış olması dikkat çekicidir. Duvarlarda yer alan figürler ve mitolojik sahnelerden bazıları oldukça ilginç olup, Yamaçevler 2’de yalnızca bu evde görülmektedir. Balneumun (SR3), depremden sonra tümüyle yeniden yapıldığı, detayların incelenmesinden anlaşılmaktadır. Bu dönemde güney duvarındaki tubulinin yerine, basit bir akaç borusu yerleştirilmiş, duvarlardaki özgün mermer kaplama, alçı stuko ile taklit edilmiştir. Labrum nişi doğudan taşınmış, oda boyutundaki küvet ve alttaki praefurnium varolan haliyle bırakılmıştır.

Bu yapı evresine ait bazı buluntular, olasılıkla M.S. 230 dolayında, geç Severan Döneminde oluşan deprem öncesine aittir. Balneumdaki bazı izler, deprem sonrasında bir yangının oluştuğunu göstermektedir.

Yapıya ilişkin envanter çalışmalarındaki veriler, ev halkının kendileri ve yaşantıları hakkında depremden hemen öncesine ait değerli bilgiler içermektedir. SR5a ve SR5c odalarından elde edilen cam ve pişmiş toprak objeler, mutfak ve yemek gereçleri olarak kullanılmışlardır. Bulunan pişmiş toprak kaplar kırılmadan, sağlam durumda toprak altında kalabilmiştir.

M.S. 230 dolayındaki yıkımdan sonra, onarım çalışmaları hızla yapılmış, ancak bu dönemde nakit para kaynakları azalmıştır. Konut biriminden birkaç odanın ayrılarak, 2 nolu eve eklenmesi, peristylli avlunun kuzey bölümündeki değişiklikler, evde yapılan onarım çalışmalarının kalitesi ve üst katın kiralınması bu durumun göstergesidir. Ev sahibinin, özellikle balneumun bulunduğu alanı, dışarıdan kişilere kiralamış olabileceği düşünülmektedir. Mermer kaplamalar, figüratif mozaikler bu süreçte yok edilmiş, yeni yapılan balneum da özensiz bir şekilde inşa edilmiştir. Bununla birlikte iki odada (SR6 ve GEW C) yüksek dekorasyon kalitesi sürmüştür. GEW C mekanının bu yapı evresinde bir yaz tricliniumu olarak kullanılmış olabileceği düşünülmektedir.

2. 2. 3. 4 (4'.) Yapı Evresi, Yıkım ve Terkediliş

1 nolu ev, M.S. 3. yüzyılda bölgede gerçekleşen bir dizi depremden kaynaklanan küçük yıkımlar sonucu zarar görmüştür. Avlunun güneydoğu sütunu tavanın bir bölümüyle birlikte yıkılmış ve yerine yeni bir sütun yerleştirilmiştir. Çok renkli mozaik döşeme kaplaması bu olaydan zarar gördüğü için, yerine siyah ve beyaz renkli mozaik yapılmış olduğu düşünülmektedir.

En son yıkım ve 1 nolu evin terkedilişi, 3. yüzyılın 3. çeyreğinde meydana gelen güçlü depremden sonra olmuştur. Yıkımdan sonra kullanımın devam ettiğine ilişkin çok az buluntuya rastlanabilmiştir. Bazı odalar molozla dolduğu için kapatılırken, diğer odaların kullanımına devam edilmiştir. Buluntuların azlığı bu kullanım sürecinin ne kadar sürdüğü konusunda net bir şey söylenmesine olanak vermemektedir. M.S. 6. yüzyılın sonlarında 1 nolu evin kapladığı alan tümüyle yıkıntı dolmuş, yıkıntıların üzerine, doğu batı doğrultusunda planlanmış olan Bizans yapıları inşa edilmiştir.



Şekil No: 2.17 1 ve 2 nolu evlerin zemin kat planı (yapı evreleri) (Adenstedt, 2005).

2. 2. 4 (2) Nolu Ev (Şekil No: 2.18, 2.19), (Ladstätter ve Rathmayr, 2004)

2. 2. 4. 1 (1.) Yapı Evresi

Augustus ve Tiberius Döneminde Yamaçevler 2'nin güneybatı terasına yapılan bu peristylli ev, yapı adası üzerinde iki avlulu olacak şekilde tasarlanmış tek konut birimidir. Ana girişle peristylli avluya (SR27), oradan da sütunlu avluya (SR22/23, kabul avlusu) (Şekil No: 2.18) ulaşılmaktadır. Yaşama mekanlarının yanısıra kabul odaları da, avlunun çevresinde planlanmıştır. Batıda yer alan küçük odalar (SR25 ve SR26) cubiculum, kuzeydeki büyük odalar (SR24 ve SR28) ise triclinium olarak inşa edilmiştir (Şekil No: 2.19). Doğuda yer alan oldukça geniş girişe sahip olan odanın da (SR16/17) triclinium yani yemek odası olarak inşa edilmiş olabileceği düşünülmektedir. Küçük avlu (SR27) servis hizmeti veren odalarla çevrilmiştir. Üst kata, avlunun (SR22/23) güneybatı köşesinde yer alan bir merdivenle ulaşılmaktadır (Şekil No: 2.20). Üst kattan, 1 nolu evde de olduğu gibi, güney yöndeki adayı sınırlayan caddeye bağlantı verildiği düşünülmektedir. Avluda (SR22/23) bulunan kuyu olasılıkla Hellenistik Dönemden beri kullanılmaktaydı (Şekil No: 2.18). Ev temiz ve pis su sistemine de sahipti.

Mozaik döşemelerin küçük bir bölümünün, duvar resimlerinin ve mermer kaplamaların 1. yapı evresine ait olduğu kesin bir şekilde söylenebilir. Örneğin, (SR25)'te yer alan mozaik bu evreye aittir.



Şekil No: 2.18 Peristylli avlu (SR22/23)



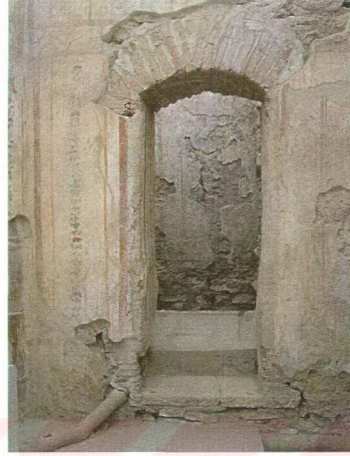
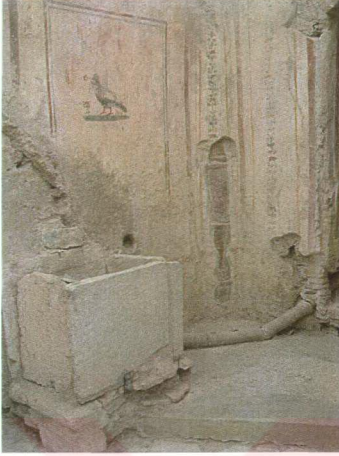
Şekil No: 2.19 Tricliniumdan (SR24), peristylli avlunun (SR22/23) görünümü.



Şekil No: 2. 20 Peristylli avludan üst kata çıkış (SR22/23).

2. 2. 4. 2 (2.) Yapı Evresi

Bu yapı evresinde küçük avlunun (SR27) kuzey geçişinde bir oda (SR27b) inşa edilmiştir. Ayrıca avluya (SR22/23) açılan geniş oda (SR16/17) ikiye bölünerek, ayrı girişleri olan iki ayrı mekan elde edilmiştir. Bu durum işlev değişikliğinden kaynaklanmış ve elde edilen mekanlar cubiculum olarak kullanılmaya başlanmış olabilir. Konuttaki bazı mimari öğeler bu evreye tarihlendirilmektedir. Örneğin birkaç sütunun, peristylli avlunun (SR22/23) kuzey bölümündeki mozaik döşemenin, latrinadaki (SR29) (Şekil No: 2.21a, 2.21b) ve avludaki (SR22/23) sarı zeminli duvar resimlerinin bu yapı evresinde yenilenmiş olabileceği düşünülmektedir. Latrinadaki graffitilerden anlaşıldığına göre, evin sahibi Efes'in tanınmış kişilerinden Vibius Salutaris olmalıdır. Vibius Salutaris tiyatroda bulunan bir yazıta göre, tiyatroyu yaptıran tanınmış bir aileden gelmektedir.

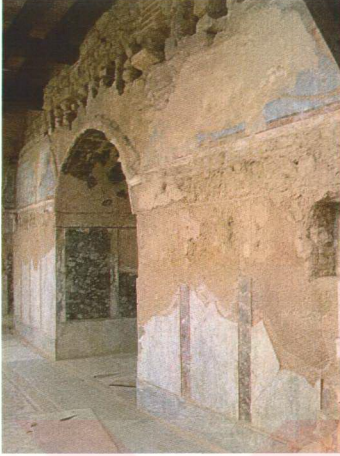


Şekil No: 2.21 a), b) Latrina.

2. 2. 4. 3 (4.) Yapı Evresi

Bu yapı evresinde evin duvar ve döşemelerinde geniş çaplı onarım, yeniden düzenleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Zemin katta plan şemasının temel olarak aynı kaldığı söylenebilir. 2 nolu eve, STG3'ten giriş için yeni bir vestibulum (SR27c) oluşturulmuştur. Vestibulümden geniş bir kapı ile küçük avluya (SR27) ulaşılmaktadır. Büyük avlunun (SR22/23), batı, güney ve doğu koridorlarının mozaik döşeme yüzeyleri bu yapı evresinde yenilenmiş, duvarlar mermer kaplanmıştır.

Avlunun güney geçişinden, kişilerde hayranlık uyandıran eksedraya (GEW D) ulaşılmaktadır (Şekil No: 2.22a). Eksedranın döşeme ve duvarları çok renkli mermer panolarla süslenmiştir. Tonoza kullanılan figüratif cam mozaikler muhteşem güzelliكتedir (Şekil No: 2.22b). Ayrıca avlunun güney geçişinin döşemesinde yer alan figüratif mozaik kaplamanın deseni, eksedraya doğru yönlendirilmiştir (Şekil No: 2.23).



Şekil No: 2.22a Eksedra.



Şekil No: 2.22b Eksedranın tavanındaki cam mozaik kaplamalar.



Şekil No: 2.23 Eksedraya yönlendirilmiş mozaik kaplamalı döşeme.

Diğer taraftan kuzey yöndeki triclinium (SR24) yeniden düzenlenmiştir. Duvarlar mermer kaplanmış, döşemeler klinelerin oda içindeki konumu da düşünülerek, geometrik desenli mozaiklerle kaplanmıştır. Odanın güney duvarının iki yanında üzeri cam mozaiklerle süslenmiş çeşme nişleri bulunmaktadır. Mermer paneller

üzerindeki metal kısımların, kuş kafesi ya da çiçek saksısı asmak amacıyla yerleştirilmiş olabileceği düşünülmektedir. Seramik buluntulara göre, avlunun (SR27) geçiş bölümlerindeki siyah ve beyaz renkli mozaik döşeme kaplaması, 4. yapı evresine aittir. Avlunun kuzey ve batı bölümlerinde bazı onarım çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalar kapsamında (SR15) ve (SR26)'da bulunan mozaik döşeme kaplamaları yenilenmiş, diğer odaların eski döşeme kaplamaları kullanılmaya devam edilmiştir. Döşemelerdeki durumun tersine evin neredeyse bütün duvarları tümüyle yeniden dekore edilmiştir.

Bu evrede üç odanın (SR17, SR24 ve SR28) triclinium işlevi ile kullanımının sürdüğü söylenebilir. Özgününde ayrı olarak planlanmış olan odalar (SR19 ve SR20) birleştirilerek, oluşturulan yeni odanın duvarları musaları gösteren resimlerle süslenmiştir. Bu yapı evresinde yandaki komşu üniteye, yani 1 nolu eve ait dört oda, bu eve eklenerek, önemli oranda mekan kazanımı sağlanmıştır. Yeni elde edilen odalar cubiculum ya da diğer ikincil aktiviteler için kullanılmıştır. Cubiculumda (SR 26), Isis- Fortuna- Tyche figürlerinin yer aldığı yeni duvar resimleri yapılmıştır.

Üst kata avludan (SR22/ 23) merdivenle ulaşılmaktadır. Üst katta az da olsa görülebilen, çok renkli mozaik döşeme, figüratif duvar resimleri, mermer kaplamalara ait izler, binanın üst katının yıkılmasından önce, üst kattaki odaların dekorasyon öğelerinin de zemin kattaki dekorasyon kalitesine sahip olduğunu göstermektedir.

Bu evde de 1 nolu evde olduğu gibi, kuzey yöndeki komşu konutla bağlantı sağlanmıştır. M.S. 2. yüzyılın ortalarında avlunun (SR27) kuzeyindeki odanın (SR27b) kuzey duvarındaki kapı ve bir merdivenle diğer evin bir odasına (16c) giriş verilmiştir. Olasılıkla her iki ev servis mekanlarını (SR27a ve SR30) birlikte kullanmaktaydılar.

2. 2. 4. 4 (4'.) Yapı Evresi ve Yıkım

Bu yapı evresinde küçük çaplı onarım çalışmaları yapılmıştır. (SR18) ve (SR19/20) kodlu odaların duvarlarında, içinde kitapların, kağıt rulolarının saklanmış olabileceği nişler oluşturulmuştur. Ayrıca küçük avlunun (SR27) güney geçişine bir mutfak inşa edilmiş (Şekil No: 2.24), mutfağa giriş avludan (SR22/ 23) verilmiştir. Bu çalışmaların M.S. 230'dan kısa bir süre sonra yapılmış olduğu ve kullanımın M.S. 3. yüzyılın 3. çeyreğine kadar sürdüğü düşünülmektedir. 4'. yapı evresi ve yıkımdan sonraki evrede başlayan onarım çalışmalarının bitirilemediği anlaşılmaktadır. Bu durum (SR12, SR17, SR19/ 20 ve SR26) mekanlarında görülebilmektedir.



Şekil No: 2.24 Mutfak (SR27a).

Deprem yarattığı yıkımdan sonra evin toprakla dolmasının ardından yeniden kullanılmaması, yapıda ev halkına ilişkin verilerin önemli ölçüde korunmasını sağlamıştır. Tricliniumda (SR24) mermer kaplamalı bir yemek masası ve bronz ayaklı ikinci bir masa (servis masası olabilir) ile diğer tricliniumda (SR28) evin sahipleri olduğu düşünülen, yaşlı bir adam, yaşlı bir kadın ve bir çocuğa ait portrelerin yer aldığı fildişi kabartmalar bulunmuştur.

Ayrıca envanterde fildişi odası olarak tanımlanan odada (SR18), ender rastlanabilecek nitelikte fildişi frizler bulunmuştur. Bu oda olasılıkla (SR18) kodlu oda değil, yukarı katta yer alan (SR18.1) kodlu odadır. Yamaçevler 2’de bu eserle karşılaştırılabilecek nitelikte, aynı yapı evresine ait başka objelere rastlanamamıştır.

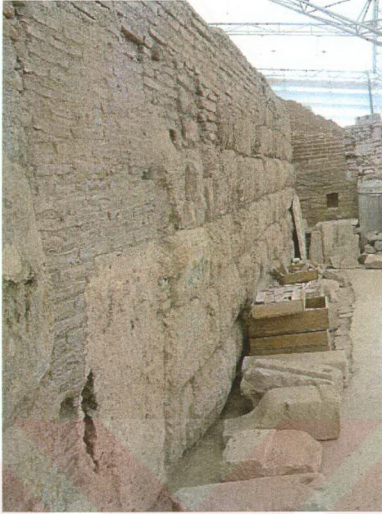
2. 2. 4. 5 Daha Sonraki Kullanım Evreleri

Depremden sonra konut biriminde bulunan yıkıntılar kaldırılarak, ya da daha yüksek seviyede yeni mekanlar inşa edilerek, evin bazı bölümleri kullanılmaya devam edilmiştir. (SR22/23)’ün güney kısmı, (SR25), (SR27)’nin batı ve güney kısmı, (SR30)’un kuzey kısmı, latrina (SR29) bu yapı evresinde kullanımın sürdüğü alanlardandır. Mutfağa (SR27a) bir çeşme eklenmiştir. (SR25)’te elde edilen buluntular, sonraki yapı evresi kullanımlarının yıkımdan kısa süre sonrasına tarihlenebileceğini göstermektedir. M. S. 4. yüzyılda eskiden lüks bir yaşam tarzı sürdürülen evler, el değiştirerek, molozlar toplanmadan ve yeni bir yapım, onarım çalışması yapılmadan, kullanımın sürdürüldüğü evler durumuna gelmiştir.

2. 2. 5 (4) Nolu Ev (Thür, 2004)

2. 2. 5. 1 Hellenistik Yapı Evresi

İncelenen diğer evlerden farklı olarak, 4 nolu evde Hellenistik yapı evresine ait az da olsa bazı izlere rastlanmaktadır. Zemin katta bir çukur, bir kanal, iki dikme deliği, iki kuyu çeşmesi, 1. kat seviyesinde ise blok taşlarla örülmüş bir duvar (Şekil No: 2.25) bulunmaktadır. Hellenistik yapı evresi M.Ö. 2. yüzyılın 2. yarısına tarihlendirilmektedir.



Şekil No: 2.25 Hellenistik duvarın görünümü.

2. 2. 5. 2 (1.) Yapı Evresi

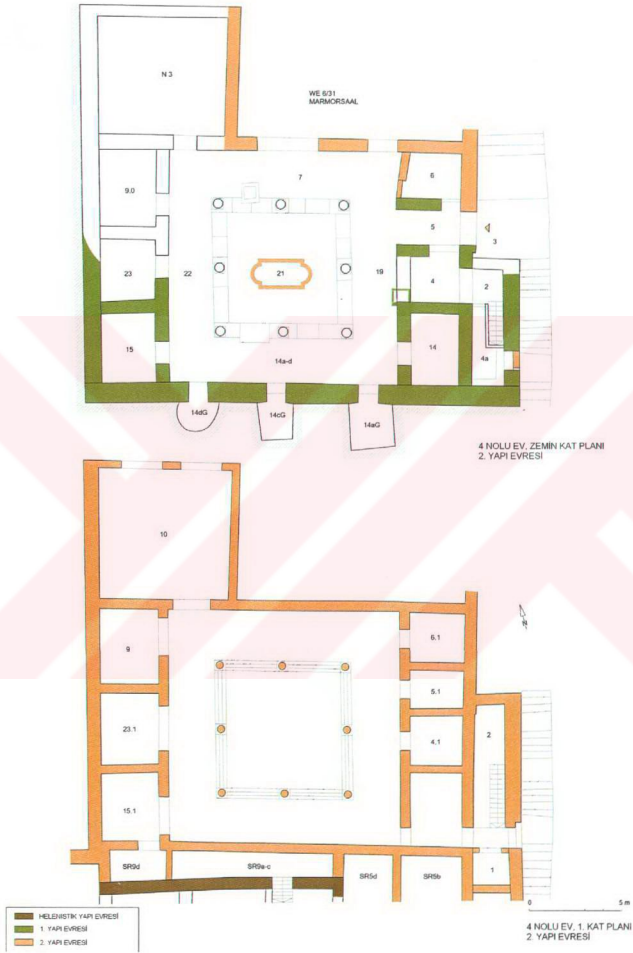
4 nolu ev, peristylli bir avlu ve çevresinde tasarlanmış mekanlardan oluşturulmuştur (Şekil No: 2.26). Giriş, yapı adasının doğu yönündeki merdivenli yoldan (STG1) verilmiştir. Avlunun (21) planının 1. yapı evresindeki durumu, avlu duvarları ve üç taraftaki stylobat izlerinden yararlanılarak anlaşılmaktadır. Kuzey yönünde üç odanın yer aldığı belirlenmiştir. Avlunun batısında yer alan oda (23), bu evrenin tek duvar dekorasyonu kalıntısı bulunan odası olup, beyaz yüzeyli, alçı benzeri kalın bir sıva tabakası ile kaplanmıştır. Konut biriminde büyük kuzey odalarının dışında, batı odaları da ana mekan olarak kullanılmıştır. (1. yapı evresinin Geç Augustus Dönemine tarihlendirilmesi, 6 ve 7 nolu mekanlarda bulunan keramiklerin değerlendirilmesiyle kesinleştirilebilmiştir. Buna göre 4 nolu ev, Yamaçevler 2'nin diğer konut birimleri ile aynı zamanda M.S. 1. yüzyılın ikinci on yılı içinde inşa edilmiştir.)



Şekil No: 2.26 4 nolu ev, zemin kat planı (1. yapı evresi) (Adenstedt, 2005).

2. 2. 5. 3 (2.) Yapı Evresi

6 nolu evin genişlemesi sonucunda, 4 nolu evin kuzey mekanlarından doğuda yer alan iki tanesi yıkılmış, sadece kuzeybatıdaki oda (N3) korunmuştur (Şekil No: 2.27a, 2.27b). Avluya (21) ideal oranlı kare biçimi verilmiştir. Hemen hemen tamamı mermer kaplamalı avlunun merkezine, sanatsal açıdan dikkat çekici nitelikte, bir zemin nymphaeum'u yapılmıştır. Dört taraflı peristylli galerileri, her cephede üst bölümlerde mitolojik sahneler içeren, kırmızı zeminli duvar resimleri (Sokrates, Urania) ile süslenmiştir. Batı mekanları kesme taş görüntüsünde biçimlendirilmiş, alçı kabartmalarla bezenmiştir. Aynı zamanda, kaybedilen alanı dengelemek için alt katın planı ile uyumlu bir üst kat inşa edilmiştir. Alt ve üst katların duvar resimlerinde misafirperverlikle ilgili çok sayıda epigram bulunmuştur. 4 nolu evin duvarlarındaki graffitilerin, mimari biçim ve yüksek kalitedeki resimlerin ortaya koyduğu gibi, evin ve peristylli avlunun işlevinin, alt ve üst katta toplantı/ davet ve misafirlerin ağırlandığına yönelik olduğu anlaşılmaktadır.



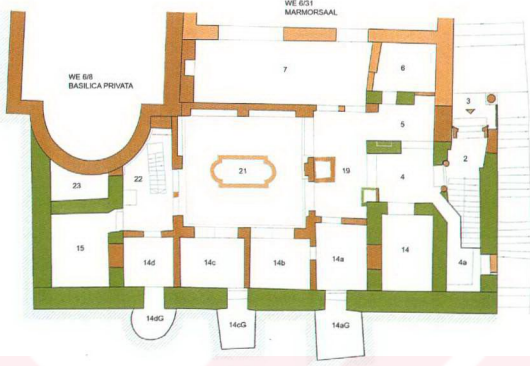
Şekil No: 2.27a, 2.27b 4 nolu ev, zemin ve 1. kat planları (2. yapı evresi) (Adenstedt, 2005).

2. 2. 5. 4 (3.) Yapı Evresi

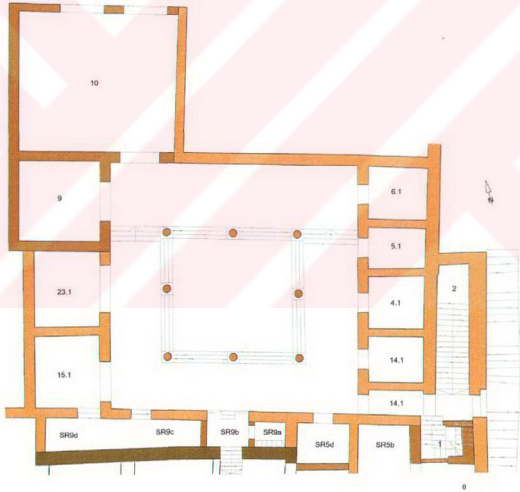
6 nolu evin sürekli genişlemesinin bir sonucu olarak, 6 nolu eve ait yapı elemanları (Bazilika 8), (Şekil No: 2.28), 4 nolu evin bir bölümünün üstüne inşa edilmiş ve bu durum geniş kapsamlı yenileme çalışmalarına neden olmuştur (Şekil No: 2.29a, 2. 29b, 2. 29c). Bazilika 8, galerilerin kuzeybatısını kestiğinden, dört taraftan galerilerle çevrili peristyl özelliğini kaybetmiş ve peristylin eski planı iptal edilmiştir. Daha sonra kısmen kapalı duvar dolgularından oluşan payeli bir avlu inşa edilmiş, güney ve batı geçişleri odalar (22, 14a, 14b, 14c, 14d) haline dönüştürülmüştür. Bu çalışmalar sırasında avlu döşemesi olduğu gibi kalmış, nymphaeum varlığını sürdürmüş ve bunlar yeni mekan anlayışıyla uyumlu şekilde kullanılmışlardır. Bu görkemli çeşme belki de mekan anlayışı için bir çıkış noktası olmuştur. Avlu, Yamaçevler 2’deki tek örnek olarak doğaya önem veren bir anlayışla bahçe resimleri ile dekore edilmiş (Şekil No: 2.30), eksedral biklinien (14b ve 14c) ile birlikte etkileyici bir yaz tricliniumuna dönüştürülmüştür.



Şekil No: 2.28 6 nolu eve ait yapı elemanlarından Bazilika 8’in görünümü.



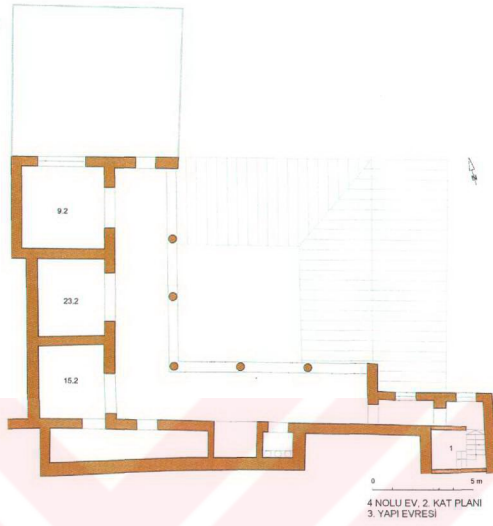
ZEMİN KAT PLANI
3. YAPI EVRESİ



4 NOLU EV, 1. KAT PLANI
3. YAPI EVRESİ

- HELENİSTİK YAPI EVRESİ
- 1. YAPI EVRESİ
- 2. YAPI EVRESİ
- 3. YAPI EVRESİ

Şekil No: 2.29a, 2.29b 4 nolu ev, zemin ve 1. kat planları (3. yapı evresi) (Adenstedt, 2005).

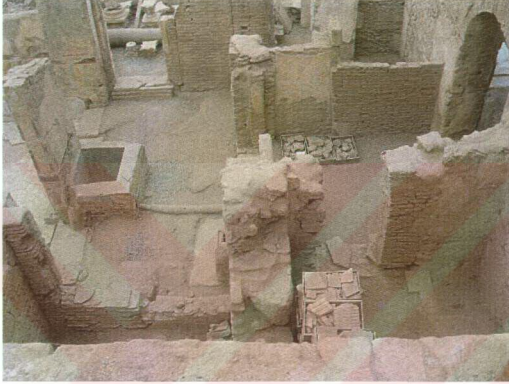


Şekil No: 2.29c 4 nolu ev, 2. kat planı (3. yapı evresi) (Adenstedt, 2005).



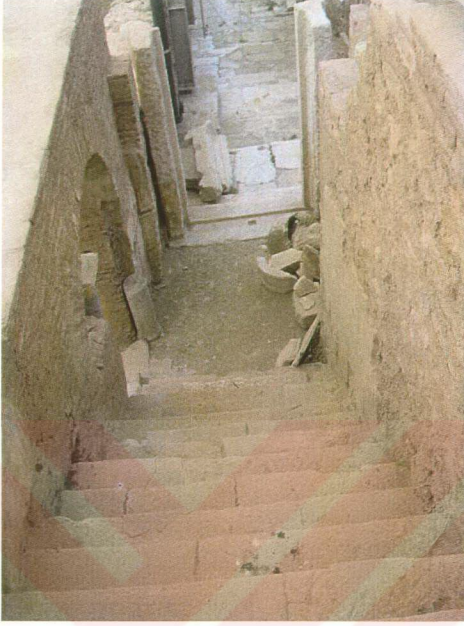
Şekil No: 2. 30 Avluda bahçe resimleri.

Bu yapı evresinde evin girişinin yeri değiştirilmiş ve kuzey duvarındaki mermer portaldan merdiven sahanlığına (2) giriş sağlanmıştır. Vestibulumdan (4) zemin kat avlusuna (Şekil No: 2.31) ve yenilenmiş geniş bir merdivenle ise üst kata ulaşım sağlanmıştır (Şekil No: 2.32). Zemin katın avlusu ile, misafirlerin karşılandığı, ağırlandığı bir merkez olarak kullanıldığı, graffitiler yardımıyla da anlaşılmıştır.



Şekil No: 2. 31 Evin girişi, 4 ve 19 nolu mekanların görünümü.

3. yapı evresinde, üst kata çıkan, özenli bir şekilde inşa edilmiş olan merdiven, üst katta da misafirleri ağırlama işlevinin arttığını göstermektedir. Mermer ve granit mimari yapı öğeleri kullanılarak, dekore edilen üst katın sütunlu galerileri, bu evrede filozof portreli resimlerle süslenmiştir. Alt kattaki peristylli galeriler artık var olmadığından, filozoflu/ müzlü galeri üst kata taşınmıştır. Bazilikanın üst kısmındaki tören salonu, zeminde opus sectile döşeme kaplaması ve mermer levha kaplamalı duvarları ile çok özenli bir şekilde dekore edilmiştir. Değerli mozaiklere sahip tricliniumu (9) ve mermer kaplamalı latrinası ile üst katın karşılama ve misafir ağırlama işlevi için de kullanıldığı anlaşılmaktadır.



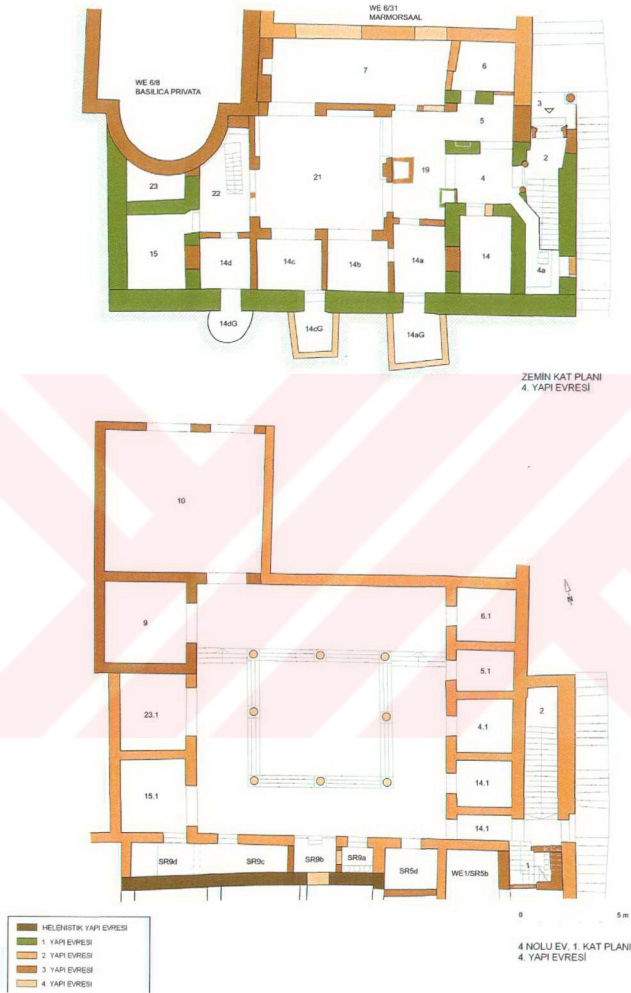
Şekil No: 2. 32 İkinci kata çıkış merdiveni.

Merdivenle yukarı çıkmaya devam edilerek, 4 nolu evin ikinci katına ulaşılmaktadır. İkinci kat kısmen peristylli ve iki galerili olarak planlanmıştır. Mozaikle kaplı en az bir odası bulunmaktadır. Dekorasyon öğelerinden bu katın da misafir karşılama ve ağırlama amaçlı olarak kullanıldığı anlaşılmaktadır.

4 nolu evin Yamaçevler 2'nin kullanımı ve işlevi açısından önemli olan yönlerinden birisi de, 2. ve 3. yapı evresinde 4 nolu evin üst katının, 1 nolu ev ile bağlantısının kurularak, ev halkının ve misafirlerin 1 nolu evde bulunan balneumu kullanmalarının sağlanmış olmasıdır (Bakınız Bölüm 2.2.3.2).

2. 2. 5. 5 (4.) Yapı Evresi

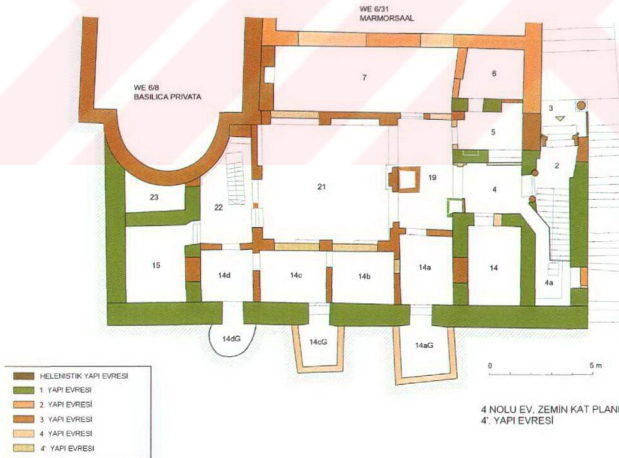
Yapılan değişiklikler avlunun (21) kuzeyindeki odanın (7), 6 nolu evin mermer salonuna açılan pencerelerinin kapatılması ile sınırlıdır (Şekil No: 2.33a, 2.33b). Dekorasyon yönünden ise hemen hemen duvarların tamamı yeniden dekore edilmiştir. Avlu ve (15) nolu odaya mermer taklidi resimler yapılmıştır. İşlevi servis ve büfe olan odanın (22) duvarları beyaz zemin üzerine avlanma sahneli manzara resimleri ile süslenmiştir. Zemin katta biklinien (14b ve 14c), avlu (21), müzlü oda (7) ve (15- 22) nolu odalar resepsiyon amaçlı kullanılmıştır. Duvarları çiçek resimli oda (14d) davetler için kullanılmıştır. Duvarlara işlenen graffitiler, hayır duaları, yemek davetlerine ilişkin bilgileri içermektedir. Üst katta ara terasın güneybatı mekanına (SR9d) büyük bir ocak inşa edilmiştir (Şekil No: 2.33b). Bu ocak, tören odası, değişik sayıdaki triclinium ve cubiculum ile davetlere yönelik mekan anlayışının ağırlıkta olduğu evin, mekan programı ile yakından ilişkilidir. 1 nolu evle bağlantı sağlanan geçiş bu yapı evresinde kapatılmış ve önüne bir nymphaeum yerleştirilmiştir.



Şekil No: 2.33a, 2.33b 4 nolu ev, zemin ve 1. kat planları (4. yapı evresi) (Adenstedt, 2005).

2. 2. 5. 6 (4'.) Yapı Evresi

Bu evrede avluya (21) açılan odalar (14b, 14c ve 7) ve avlu arasına duvar örülerek, avlu ile bağlantıları kesilmiştir (Şekil No: 2.34). Böylece toplantı ve davetlere yönelik alan büyük ölçüde daraltılmıştır. Zemin kat, en son kullanım evresinde de herşeye karşın toplantı ve davet alanı olarak kullanılmaya devam etmiştir. Mekanları avludan ayıran yeni duvar yüzeyleri mermer taklidi resimlerle dekore edilmiştir. Bu resimlerde refah ve saadet dilekleri dışında, Roma methiyeciliği de yer almıştır. Davetler için avlu dışında (7, 15, 22) nolu odalar da kullanılmaya devam edilmiştir. Kazı sırasında bulunan objelerin envanteri (14, 14a, 14aG ve 14cG) nolu odaların, depo ve servis amaçlı mekanlar olarak kullanıldığını göstermektedir. Mutfak ve fırına sahip olan zemin katın, kalabalık ve ihtişamlı yemek davetlerinin verilmesinde büyük öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil No: 2.34 4 nolu ev, zemin kat planı (4'. yapı evresi) (Adenstedt, 2005).

3. BÖLÜM

HARÇ ANALİZLERİ VE AMAÇLARI

Efes, Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 nolu evlerde, araştırmanın amacına yönelik olarak belirlenen yerlerden (Şekil No: 3.1, 3.2a, 3.2b) alınan karakteristik harç örnekleri, öncelikle görsel olarak incelenmiştir. Daha sonra harçların temel fiziksel, temel mekanik ve hammadde özelliklerinin tanımlanmasına ilişkin çalışmalar yapılmıştır.

Harçların temel fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için, birim hacim ağırlığı ve gözeneklilik analizleri yapılmıştır.

Temel mekanik özelliklerin belirlenmesi için, örneklerin ultrasonik hız ölçümleri alınmış ve esneklik modülü hesaplanmıştır.

Hammadde özelliklerinin belirlenmesi için, örneklerin bağlayıcı ve agregalar oranları tayini, agregalarda tane boyutu dağılımı analizi, ince agregaların puzolanik aktivite ölçümü, mineralojik ve petrografik analizler yapılmıştır. Mineral fazlarının belirlenmesi, bağlayıcı ve agregaların mikro yapısının tanımlanması, tane boyutları ve taneler arasındaki ilişkinin bulunması amacıyla, hazırlanan ince kesitler optik mikroskopla incelenmiş, X-ışınları toz diffraksiyonu (XRD) analizleri, tarama elektron mikroskobu (SEM) analizi ve buna bağlı EDX ile element analizleri yapılmıştır.

D7



Şekil No: 3.1 1 ve 2 nolu evlerde örnek yerleri

3. 1 Örnek Alınması ve Kodlanması

Araştırmanın başlangıcında, harç örneklerinin yerlerinin belirlenmesi için yapıda görsel inceleme yapılması gerekmektedir (Hughes ve Callebaut, 2002). Örnek alma işlemi sırasında yapıya zarar verilmemesi ya da en az zarar verilmesine özen gösterilmesi ve en az miktarda örnek alınması üzerinde durulması gereken diğer konulardır (Hughes ve Callebaut, 1999).

Bu bağlamda yapıda örnek alınmaya başlamadan önce, araştırma konusu evlerin duvarları görsel olarak incelenmiştir. Yamaçevler 2’de kullanılan Roma Dönemi harçlarının tanımlanmasına olanak sağlayabilecek şekilde, taş ve tuğla ile örülmüş duvarların görsel olarak sağlam olan ve onarım geçirmemiş bölümlerinde örnek yerleri, kazı ekibinin de desteği ile saptanmıştır (Şekil No: 3.1, 3.2a, 3.2b). Örneklerin çoğunun yerleri duvarların alt kotlarında tespit edilmiş olmakla birlikte, bir bölümü kemerlerin üst kotlarında bulunmaktadır (Tablo No: 3.1, 3.2, 3.3). En az miktarda örnek, keski ve çekiç yardımıyla özenli ve dikkatli bir şekilde alınmış, polietilen poşetlerin içine konulmuş ve analiz için saklanmıştır. Hazırlanan bir bilgi formu üzerinde, gerek yapıya, gerekse alınan örneğe ilişkin bilgiler (yapının adı, alındığı yapı ögesi vb.) kaydedilmiş ve örnekler aşağıdaki şekilde kodlanmıştır. Kodlama sistemine göre, çalışma yapılan alandan başlayarak, sırasıyla hangi evden örnek alındığı, örneğin alındığı duvara ilişkin alanda görevli uzmanların yapı evresi tahmini, malzeme cinsi ve örnek numarası belirtilmiştir. Kodlamada ilk harf çalışma yapılan alanı, ikinci harf evi, ilk rakam harç örneğinin hangi eve ait olduğunu, parantez içine alınan ikinci rakam kazı ekibi tarafından belirlenen yapı evresini, üçüncü, dördüncü ve beşinci harfler harcın türünü (Taş harcı; TaH, Tuğla harcı; TuH, Tuğla; Tu), son rakam ise örnek numarasını göstermektedir. Yapı evresi konusunda emin olunamayan örnekler, kodlamanın sonuna (?) işareti konularak belirtilmiştir.

Örneğin; YE1(4)TuH2, Yamaçevler 2’nin 1 nolu evinden alınan, 4. yapı evresine ait olduğu düşünülen 2 nolu tuğla harcı örneğini ifade etmektedir.

Tablo No: 3.1 (1) Nolu Ev Örnek Tanımları

örnek kodu	tanım	alındığı yer
YE1(4)TuH1- E1/1	tuğla- tuğla arası harç	SR1 mekanı iç duvarı
YE1(4)TuH2- E1/2	tuğla- tuğla arası harç	SR1 mekanı iç duvarı
YE1(4)TaH3 (?) - E1/3	taş- taş arası harç	SR6 mekanının avluya bakan duvarı (dış yüzey)
YE1(4)TaH4 (?) - E1/4	taş- taş arası harç	SR6 mekanı iç duvarı
YE1(1)TaH5 (?) - E1/5	taş- taş arası harç	SR6 mekanı dış duvarı (iç yüzey)
YE1(2)TaH6 (?) - E1/6	taş- taş arası harç	SR6 mekanı iç duvarı
YE1(1)TaH7- E1/7	taş- taş arası harç	GEWC'nin avluya bakan duvarı (dış yüzey)
YE1(2)TuH8 (?) - E1/8	tuğla- tuğla arası harç	SR2a'nın avluya bakan duvarı (dış yüzey)
YE1(2)TuH9 (?) - E1/9	tuğla- tuğla arası harç	SR2a merdiven duvarı (dış yüzey)
YE1(4)TuH10- E1/10	tuğla- tuğla arası harç	SR10b'nin avluya bakan duvarı (dış yüzey)
YE1(2)TaH11- E1/11	taş- taş arası harç	SR1 mekanı iç duvarı
YE1(1)TaH12- E1/12	taş- taş arası harç	SR1a mekanı iç duvarı
YE1(2)TaH13- E1/13	taş- taş arası harç	SR3 mekanı (balneum) iç duvarı
YE1(2)TuH14- E1/14	tuğla- tuğla arası harç	SR3 mekanı (balneum) iç duvarı
YE1(2)TaH15- E1/15	taş- taş arası harç	SR3 mekanı (balneum) dış duvarı (iç yüzey)
YE1(2)TuH16- E1/16	tuğla- tuğla arası harç	SR3 mekanı (balneum) dış duvarı (iç yüzey)
YE1(1)TaH17- E1/17	taş- taş arası harç	SR7 mekanı iç duvarı
YE1(4)TaH18- E1/18	taş- taş arası harç	SR5a mekanı iç duvarı
YE1(2)TaH19- E1/19	taş- taş arası harç	SR5a mekanı iç duvarı
YE1(2)TaH20- E1/20	taş- taş arası harç	SR5c mekanı iç duvarı
YE1(3)TuH21- E1/21	tuğla- tuğla arası harç	SR5b mekanı iç duvarı
YE1(4)TuH22 (?) - E1/22	tuğla- tuğla arası harç	SR1 mekanı iç duvarı
YE1(2)TuH23 (?) - E1/23	tuğla- tuğla arası harç	GEWA mekanının iç duvar kemeri
YE1(2)TuH24 (?) - E1/24	tuğla- tuğla arası harç	GEWB mekanının iç duvar kemeri
YE1(1)TuH25- E1/25	tuğla- tuğla arası harç	GEWC mekanının avlu duvarı kemeri
YE1(2)TuH26 (?) - E1/26	tuğla- tuğla arası harç	SR11 mekanının avlu duvarı kemeri

Tablo No: 3.2 (2) Nolu Ev Örnek Tanımları

örnek kodu	tanım	alındığı yer
YE2(2)TaH1- E2/1	taş- taş arası harç	SR27b'nin avluya bakan duvarı (iç yüzey)
YE2(4)TuH2- E2/2	tuğla- tuğla arası harç	SR27a'nın avluya bakan duvarı (dış yüzey)
YE2(1)TaH3- E2/3	taş- taş arası harç	SR30 mekanı dış duvarı (iç yüzey)
YE2(1)TaH4- E2/4	taş- taş arası harç	SR30 mekanı iç duvarı
YE2(1)TaH5- E2/5	taş- taş arası harç	SR30 mekanı iç duvarı
YE2(2)TuH6- E2/6	tuğla- tuğla arası harç	SR30 mekanı dış duvarı (iç yüzey)
YE2(1)TuH7- E2/7	tuğla- tuğla arası harç	SR28 mekanı dış duvarı (dış yüzey)
YE2(1)TaH8- E2/8	taş- taş arası harç	SR25 mekanı dış duvarı (iç yüzey)
YE2(?)TaH9- E2/9	taş- taş arası harç	GEWD mekanının avlu duvarı kemeri
YE2(1)TaH10- E2/10	taş- taş arası harç	SR16 mekanı iç duvarı
YE2(1)TuH11 (?) - E2/11	tuğla- tuğla arası harç	SR16 mekanı iç duvarı
YE2(2)TuH12- E2/12	tuğla- tuğla arası harç	SR16 mekanı avluya bakan duvar (iç yüzey)

Tablo No: 3.3 (4) Nolu Ev Örnek Tanımları

örnek kodu	tanım	ahldığı yer
YE4(1)TaH1- E4/1	taş- taş arası harç	5 mekanı iç duvarı
YE4(1)TaH2- E4/2	taş- taş arası harç	5 mekanı iç duvarı
YE4(1)TaH3- E4/3	taş- taş arası harç	5 mekanı iç duvarı
YE4(1)TuH4- E4/4	tuğla- tuğla arası harç	14dG mekanı duvarı
YE4(1)Tu5- E4/5	tuğla	14dG mekanı duvarı
YE4(1)TaH6- E4/6	taş- taş arası harç	14dG mekanı duvarı
YE4(1)TaH7- E4/7	taş- taş arası harç	2 mekanı merdiven dış duvarı (iç yüzey)
YE4(2)TaH8- E4/8	taş- taş arası harç	7 mekanı dış duvarı (iç yüzey)
YE4(2)TaH9- E4/9	taş- taş arası harç	6 mekanı dış duvarı (iç yüzey)
YE4(2)TuH10- E4/10	tuğla- tuğla arası harç	6 mekanı iç duvarı
YE4(2)TuH11- E4/11	tuğla- tuğla arası harç	6 mekanı iç duvarı
YE4(2)TuH12- E4/12	tuğla- tuğla arası harç	SR9d mekanı iç duvarı
YE4(2)Tu13- E4/13	tuğla	SR9d mekanı iç duvarı
YE4(3)TuH14- E4/14	tuğla- tuğla arası harç	7 mekanının avluya bakan duvarı (iç yüzey)
YE4(3)Tu15- E4/15	tuğla	7 mekanının avluya bakan duvarı (iç yüzey)
YE4(3)TaH16- E4/16	taş- taş arası harç	7 mekanı iç duvarı
YE4(3)TaH17- E4/17	taş- taş arası harç	7 mekanı iç duvarı
YE4(3)TuH18- E4/18	tuğla- tuğla arası harç	14c mekanı iç duvarı
YE4(3)Tu19- E4/19	tuğla	14c mekanı iç duvarı
YE4(4)TuH20- E4/20	tuğla- tuğla arası harç	7 mekanının avluya bakan duvarı (dış yüzey)
YE4(4)Tu21- E4/21	tuğla	7 mekanının avluya bakan duvarı (dış yüzey)
YE4(4)TaH22- E4/22	taş- taş arası harç	7 mekanı dış duvarı (iç yüzey)
YE4(4)TuH23- E4/23	tuğla- tuğla arası harç	4 mekanı iç duvarı
YE4(4)TuH24- E4/24	tuğla- tuğla arası harç	7 mekanının avluya bakan duvarı (iç yüzey)
YE4(4)Tu25- E4/25	tuğla	7 mekanının avluya bakan duvarı (iç yüzey)
YE4(4)TuH26- E4/26	tuğla- tuğla arası harç	14c mekanının avluya bakan duvarı (dış yüzey)
YE4(H)TaH27- E4/27	taş- taş arası harç	SR9a-c Hellenistik duvar (dış yüzey)
YE4(H)TaH28- E4/28	taş- taş arası harç	SR9a-c Hellenistik duvar (dış yüzey)

3. 2 Temel Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Harçların temel fiziksel özelliklerinden birim hacim ağırlığı ve gözenekliliğin belirlenmesine yönelik analizler, RILEM standart testlerine göre yapılmıştır (RILEM, 1980). Her örnekten üç ayrı analiz yapılmış ve sonuçların ortalamaları alınmıştır.

3. 2. 1 Birim Hacim Ağırlığı ve Gözeneklilik Tayini

Örnekler etüve konularak 35°C’de sabit tartıma getirilip, tartılmıştır (m_{kuru}). Daha sonra normal oda sıcaklığında (20°C) 24 saat süreyle damıtık suda bekletilen örnekler, yarım saat kadar vakumda (0,132 atm) tutularak, suya doygun ağırlıkları belirlenmiştir (m_{sda}). Suyu doygun örnekler su içinde tartılarak, Arşimed ağırlıkları bulunmuştur ($m_{arş}$) (RILEM, 1980; Teutonico, 1988). Bulunan değerler aşağıdaki eşitliklerde yerine konularak, birim hacim ağırlığı ve gözeneklilik değerleri hesaplanmıştır.

Birim hacim ağırlığı (D), kütle hacim oranı olup, aşağıdaki formülle ifade edilir (RILEM, 1990).

$$D \text{ (g/cm}^3\text{)} = (m_{kuru}) / (m_{sda} - m_{arş})$$

Burada,

m_{sda} = suya doygun ağırlık (g)

m_{kuru} = kuru ağırlık (g)

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

Gözeneklilik (P) ise, kütle içinde yer alan boşlukları gösterir ve hacimce yüzde olarak ifade edilir.

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

3. 3 Temel Mekanik Özelliklerin Esneklik Modülü ile Belirlenmesi

Esneklik modülü örneklerin ultrasonik hız değerleri ve birim hacim ağırlıkları kullanılarak hesaplanmıştır. Deneyde örneklerin ultrasonik ölçüm yapılacak yüzeyleri birbirine paralel hale getirilmiş, kalınlıkları (l) bulunmuş ve bu kalınlıktan ultrasonik dalgaların minimum geçiş zamanı ölçülmüştür. Hesaplanan ultrasonik hız (m/s) ve birim hacim ağırlığı (D) değerleri aşağıdaki eşitlikte yerine konularak, esneklik modülü (E_{mod}) hesaplanmıştır (ASTM 2845- 90; RILEM 1980). Ultrasonik hız ölçümünde, PUNDIT- plus aleti, 220 kHz'lik uçları ile kullanılmıştır.

$$V = l / t \text{ (m/ s)}$$

Burada;

$$V = \text{hız (m/ s)}$$

l= ultrasonik dalganın geçiş mesafesi (m)

t= geçiş zamanı (s)

$$E_{\text{mod}} = D \times V^2 (1 + \nu_{\text{dyn}}) (1 - 2\nu_{\text{dyn}}) (1 - \nu_{\text{dyn}})$$

Burada;

$$E_{\text{mod}} = \text{esneklik modülü (N/ m}^2\text{)}$$

D= örneklerin birim hacim ağırlığı (kg/m³)

V = dalga hızı (m/ s)

ν_{dyn} = Poisson oranı; Bu oran yatay değişimin, buna dik doğrultudaki değişime oranıdır.

Eşitlikte yer alan Poisson oranı 0,1'den, 0,5'e kadar değerler alabilir. Bu çalışmada, daha önceki benzer çalışmalar dikkate alınarak, Poisson oranının $\nu_{\text{dyn}} = 0,18$ olarak kullanılması uygun görülmüştür (Berger, 1989; Hidaka ve diğer., 1989; Aoki ve diğer., 1989; Topal, 1995; Tunçoku, 2001; Caner, 2003).

3. 4 Hammadde Özelliklerinin Belirlenmesi

Harcın hammadde özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak, bağlayıcı ve agregata oranı ve agregaların tane boyutu dağılımı belirlenmiş, ince agregaların pozolanik aktiviteleri ölçülmüştür. Buna ek olarak, ince kesit, XRD ve SEM- EDX analizleri ile mineralojik ve petrografik özelliklerin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

3. 4. 1 Bağlayıcı ve Agregata Oranının Saptanması

Örneklerin ana bileşenlerinden bağlayıcı ve agreganın oranlarının bulunmasına ilişkin analiz, asitle çözme yöntemiyle yapılmıştır (Teutonico, 1988). Bu yöntemde göre 40°C’de sabit tartıma getirilen ve ağırlığı 0,01 g duyarlılıkta tartılan örnek, 150 mL % 5’lik HCl’de tüm bağlayıcı kireç çözülünceye kadar (gaz çıkışı olmayıncaya kadar) bekletilmiştir. Harcın agregata kısmını oluşturan, çözünmeyen kısım uygun bir filtre kağıdı (siyah band) kullanılarak, süzölmüştür. Filtre kağıdında kalan madde (agregata), klorür iyonlarından temizleninceye kadar damıtık su ile yıkanmıştır. Süzöntüden alınan birkaç damla, bir kaç damla AgNO₃ ile işleme alınmıştır.

Ortamda klorür iyonu var ise,

$Cl^- + Ag^+ \rightarrow AgCl (k)$ tepkimesi sonucu beyaz renkli bir katı oluşturur. Bu tepkimede katı madde oluşmayıncaya yani süzöntüde Cl⁻ iyonu kalmayıncaya kadar damıtık su ile yıkamaya devam edilmiştir.

Daha sonra filtre kağıdı üzerindeki agregata, etüvde 40°C’de kurutulup, sabit tartıma getirilmiş ve tartılmıştır. Asitte çözünen bağlayıcı ($m_{\text{çöz}}$) ve çözünmeyen agregata ($m_{\text{çzm}}$) yüzdeleri aşağıda verilen eşitlik kullanılarak, hesaplanmıştır (Jedrejska, 1981).

$$\% \text{ çözünmeyen kısım} = [(m_{\text{örn}} - m_{\text{çzm}}) / (m_{\text{örn}})] \times 100$$

$$\% m_{\text{çöz}} = 100 - \% m_{\text{çzm}}$$

Burada;

m_{om} = örneğin kuru ağırlığı (g)

$m_{çzm}$ = örneğin çözünmeyen kısmının ağırlığı (g)

% $m_{çöz}$ = örneğin çözünen kısmının ağırlığı (g)

3. 4. 2 Puzolanik Aktivite Tayini

Puzolanik aktivite tayininde iki farklı yöntem kullanılmıştır. Luxan ve arkadaşları tarafından önerilen yöntemde, puzolanik agreganın eklenmesi ile doymuş $Ca(OH)_2$ çözeltisindeki elektriksel iletkenliğin iki dakika içinde azalma miktarı ölçülür (Luxan ve diğer., 1989). Diğer yöntemde ise, puzolanik agrega doymuş $Ca(OH)_2$ çözeltisine konularak, 10 gün bekletilir. Puzolanik tepkime nedeniyle $Ca(OH)_2$ miktarındaki azalma titrasyonla belirlenir (Caner, 2003; Luxan ve diğer., 1989; Suzuki ve diğer.,1985;).

3. 4. 2. 1 İletkenlik Ölçümü ile Puzolanik Aktivite Tayini

Puzolanik aktivite tayini için, tane boyutu 125 μm 'dan küçük olan en ince agregalar kullanılmıştır. Önce $Ca(OH)_2$ 'in iletkenliği belirlenmiştir. Daha sonra test için gereken örnek miktarı tartılmış, oda sıcaklığında doymuş $Ca(OH)_2$ çözeltisi içine konulmuştur. Böylece 5 g agrega/ 200 mL doymuş $Ca(OH)_2$ olacak şekilde karışım hazırlanmıştır. Karışım iyice karıştırıldıktan sonra, iki dakika beklenmiş ve elektriksel iletkenlik ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlikteki değişim, test edilen örneğin puzolanik aktivitesinin belirlenmesine yönelik olarak değerlendirilmiştir (Luxan ve diğer., 1989). İletkenlik ölçümü için Metrohm AG Kondoktometer E382 kullanılmıştır.

3. 4. 2. 2 Titrasyon ile Puzolanik Aktivite Tayini

3. 4. 2. 1'de verilen ve iki dakika içindeki iletkenlik azalmasına dayanan yöntemle, tepkimeye girmesi için zaman gerektiren puzolanik agregaların varlığının tespit edilememiş olabileceği düşüncesiyle, titrasyon yöntemi kullanılmıştır.

Bu deneyde tane boyutu 125 μm 'dan küçük agregalardan 0,05 g tartılmış ve 30 mL doymuş $\text{Ca}(\text{OH})_2$ çözeltisi ile doldurulmuş kaplara konularak, hava ile teması kesilmiştir. Bütün kapların içindeki çözeltiler 10 gün bekletildikten sonra, her kaptan 10 mL çözelti alınarak, 0,01 M EDTA (Etilendiyamintetraasetat) standart çözeltisi ile titre edilmiştir (Black, 1965). Çözeltinin pH'si % 10'luk NaOH çözeltisi kullanılarak, 12 - 13 dolayında tutulmuş ve indikatör olarak "calcon" kullanılmıştır. Titrasyon, çözeltinin rengi pembeden maviye dönüşünceye kadar sürdürülmüştür.

Önce, örnek içermeyen doymuş $\text{Ca}(\text{OH})_2$ çözeltisinin 0,01 M EDTA ile titrasyonu yapılmıştır. Sonra titrasyon örnek çözeltiler içeren $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile tekrarlanmıştır. Böylece örnek çözeltileri ve kör çözeltinin Ca^{2+} iyonlarının derişimindeki farklar elde edilmiştir. Aktif puzolanik agregalar Ca^{2+} iyonları ile tepkimeye girdiğinden, 10 günlük tepkime süreci sonunda Ca^{2+} iyonlarının derişimi agregaların puzolanik aktivite değerleri hakkında bilgi vermektedir (Caner, 2003). İkinci yöntemde elde edilen puzolanik aktivite değerlerinin literatürdeki değerlerle karşılaştırılabilmesi için, 25 g agrega örneğinin, 1 L $\text{Ca}(\text{OH})_2$ çözeltisi içindeki Ca^{2+} derişimi elektriksel iletkenlikteki düşüş olarak ifade edilmiştir (Luxan ve diğer., 1989).

Titrasyon sonucu elde edilen Ca^{2+} iyonu derişimi ile elektriksel iletkenlik arasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Black, 1965; Caner, 2003).

1 L'de toplam katyon derişimi (1 L'de milieşdeğer olarak)= 10X mmho cinsinden elektriksel iletkenlik

Toplam katyon derişimi, kullanılan Ca^{2+} iyonlarının derişimini ifade etmektedir.

3. 4. 3 Agregada Tane Boyutu Dağılımının Belirlenmesi

Agreganın tane boyutuna göre gruplandırılması standart elek analiziyle yapılmıştır. Agregalar DIN- 4188 elek düzeneği ile, 1000 μm , 500 μm , 250 μm , 125 μm , 125 μm 'nın altı olmak üzere beş gruba ayrılmıştır. Her grubun ağırlığı bulunarak, boyut dağılım yüzdesi belirlenmiştir.

3. 4. 4 Mineralojik ve Petrografik Özelliklerin Belirlenmesi

Çalışılan harçların mineralojik ve petrografik özellikleri, ince kesitlerin optik mikroskopla incelenmesi, XRD ve SEM- EDX analizleri ile elde edilmiştir.

3. 4. 4. 1 İnce Kesit Analizleri

İnce kesitlerinin hazırlanması için örnekler plastik kalıplara yerleştirilmiş, ARALDIT kullanılarak, sertleştirilmiştir. Sertleşen örneklerden elektrikli kesici ile 1 mm kalınlığında kesitler alınmış, kesitler mikroskop camı üzerinde aşındırıcı kullanılarak, 30 μm 'a kadar inceltirilip, optik mikroskopla gözlenmiştir. İnceleme Leitz HM-POL optik mikroskopla yapılmış ve uygun görülen bölümlerin Olympus Camedia C 400 ile fotoğrafları çekilmiştir.

İnce kesit analizinde bağlayıcının mineralojik ve morfolojik özellikleri, agreganın mineral türü ve şekli, bağlayıcı içindeki tane boyutu dağılımı, tanelerin birbirleriyle ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca kesitte görülen makro gözenekler ve dağılımı, gözeneklerde oluşan yeniden kristallenmeler de incelenmiştir.

3. 4. 4. 2 X-Işınları Toz Diffraksiyonu (XRD) Analizleri

X-ışınları toz diffraksiyonu analizleri ile, agregaların mineral türlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Agregatane boyutu dağılımı deneyinde, toplama kabında kalan en ince agregatanecekleri (<125 μm) doğrudan, (>500 μm) ile (>1000 μm) boyutundaki agregatanecekleri ise agat havanda öğütülüp toz haline getirilerek, XRD analizi ile incelenmiştir.

Analizde Philips, PW1352/ 20 X-ışınları diffraktometresi kullanılmıştır. Analiz 35 kV ve 14mA'de yapılmış, CoK α X-ışınları ve Ni filtre kullanılarak, XRD spektrumları elde edilmiştir. X-ışınları taraması (6- 75) $^{\circ}$ 2 θ değerinde yapılmıştır.

3. 4. 4. 3 Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) ve Buna Bağlı X Işınları Analizörü İle Analizler (EDX)

SEM analizleri, harcın bileşenlerinden bağlayıcı, agrega ve puzolanik tepkime ürünleri hakkında bilgi edinmek amacıyla yapılmıştır. Yaklaşık 1,5x 1,5 cm boyutundaki örnekler, vakumda karbonla kaplanarak incelenmiştir.

Analizde 20 kV'la çalışan Philips XL 30 Esem markalı, EDX sistemine sahip bir tarama elektron mikroskobu kullanılmıştır.



4. BÖLÜM

DENEY SONUÇLARI

Efes, Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 nolu evlerin taş ve tuğla duvarlarında kullanılan harçların temel fiziksel, temel mekanik ve hammadde özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar kapsamında, 1 nolu eve ait 13 adet taş duvar harcı, 13 adet tuğla duvar harcı, 2 nolu eve ait 7 adet taş duvar harcı, 5 adet tuğla duvar harcı, 4 nolu eve ait 12 adet taş duvar harcı, 10 adet tuğla duvar harcı ve 6 adet tuğla incelenmiştir (Şekil No: 3.1, 3.2a, 3.2b).

Analizlerde elde edilen sonuçlar, ilgili başlıklar altında, grafikler, açıklamalar ve ekler bölümünde tablolarla verilmiştir. Sonuçların değerlendirilmesi ise 5. bölümde yapılmıştır.

4. 1 Temel Fiziksel Özellikler

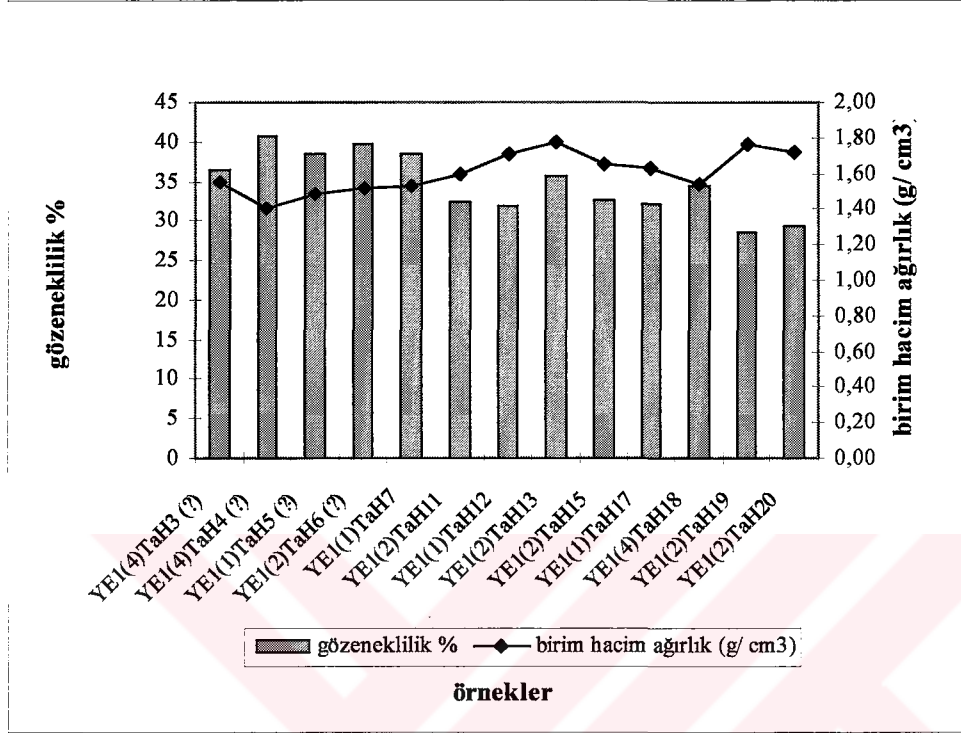
Harçların temel fiziksel özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları kapsamında, birim hacim ağırlığı ve yüzde gözeneklilik değerleri belirlenmiştir.

4. 1. 1 Birim Hacim Ağırlığı ve Gözeneklilik

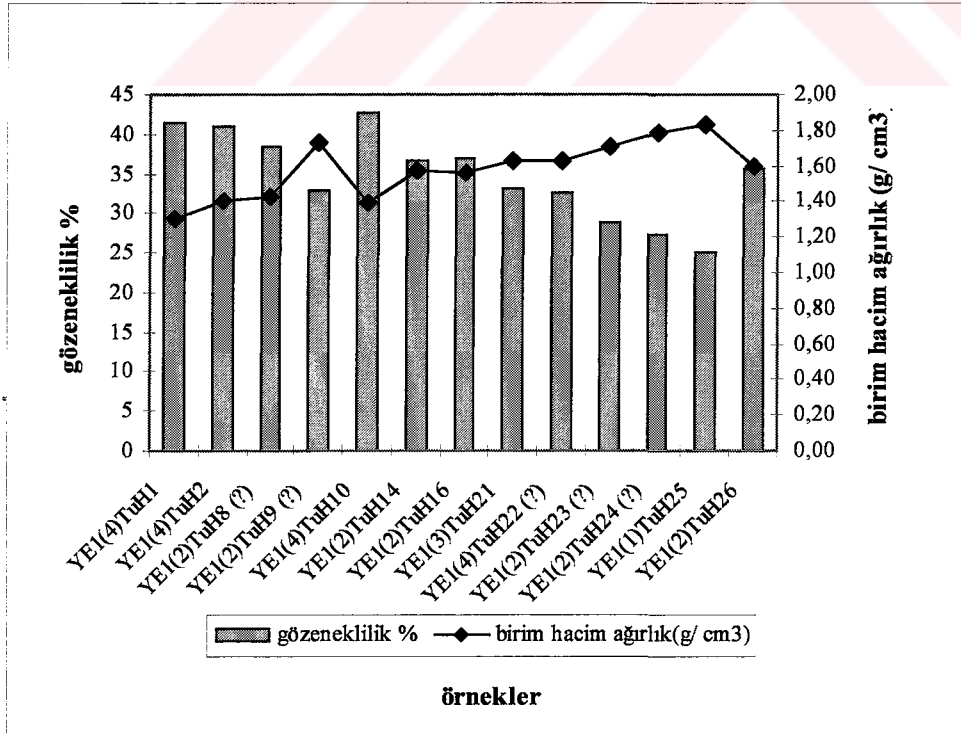
Aralarında birtakım farklılıklar olmakla birlikte, incelenen taş ve tuğla duvar harçlarının çoğu, düşük birim hacim ağırlığına ve yüksek gözenekliliğe sahiptir (Ek: 1, Tablo No: 1- 7).

1 nolu eve ait taş duvar harçlarının birim hacim ağırlığı $1,41 \text{ g/cm}^3$ - $1,78 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmekte olup, ortalama değer $1,60 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.1; Ek: 1, Tablo No: 1). Tuğla duvar harçlarının birim hacim ağırlığı ise $1,30 \text{ g/cm}^3$ - $1,83 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmekte olup, ortalama değer $1,58 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.2; Ek: 1, Tablo No: 2). Aynı örneklerden taş duvar harçlarının gözenekliliği % 28,60- % 40,69 arasında olup, ortalama değer % 34,64 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.1; Ek: 1, Tablo No: 1). Tuğla duvar harçlarının

gözenekliliği ise % 24,97- % 42,73 arasında değişmekte olup, ortalama değer % 32,59 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.2; Ek: 1, Tablo No: 2).

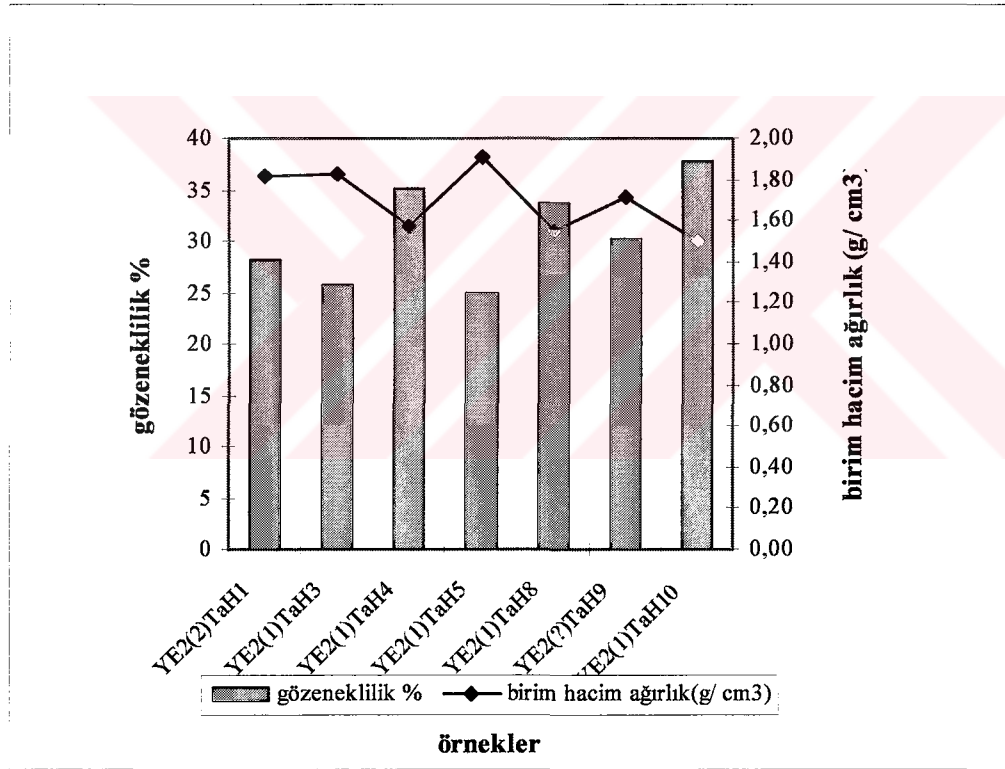


Şekil No: 4.1 (1) nolu evin taş duvar harçlarının birim hacim ağırlığı ve gözenekliliği

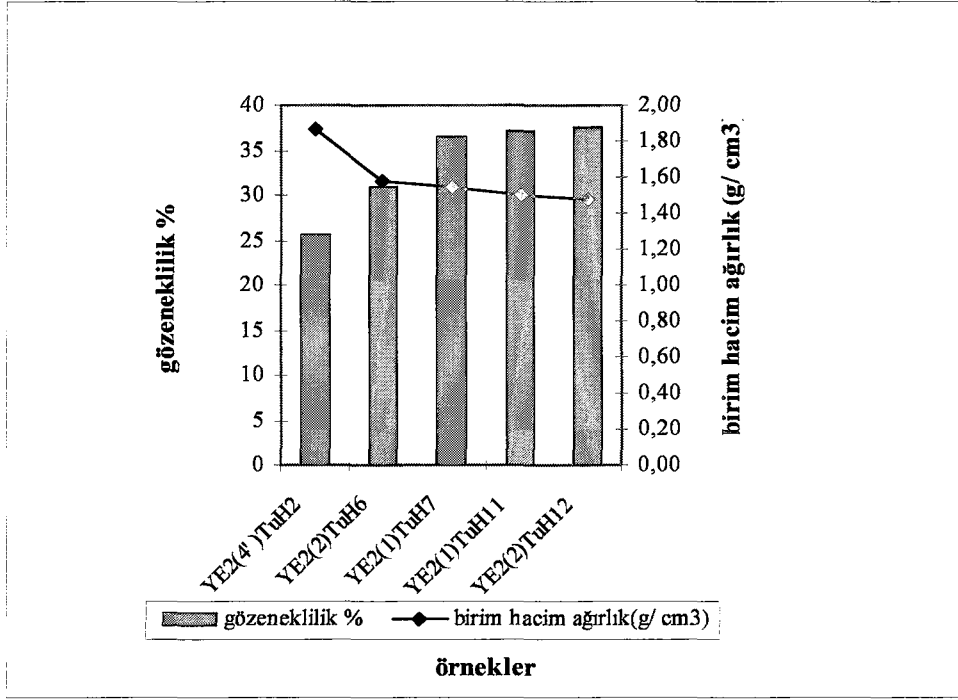


Şekil No: 4.2 (1) nolu evin tuğla duvar harçlarının birim hacim ağırlığı ve gözenekliliği

2 nolu eve ait taş duvar harçlarının birim hacim ağırlığı $1,50 \text{ g/cm}^3$ - $1,91 \text{ g/cm}^3$ arasında olup, ortalama değer $1,69 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.3; Ek: 1, Tablo No: 3). Tuğla duvar harçlarının birim hacim ağırlığı ise $1,48 \text{ g/cm}^3$ - $1,87 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmekte olup, ortalama değer $1,59 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.4; Ek: 1, Tablo No: 4). Aynı örneklerden taş duvar harçlarının gözenekliliği % 24,96 - % 37,70 arasında olup, ortalama değer % 30,79 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.3; Ek: 1, Tablo No: 3). Tuğla duvar harçlarının gözenekliliği ise % 25,48 - % 37,49 arasında değişmekte olup, ortalama değer % 33,44 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.4; Ek: 1, Tablo No: 4).



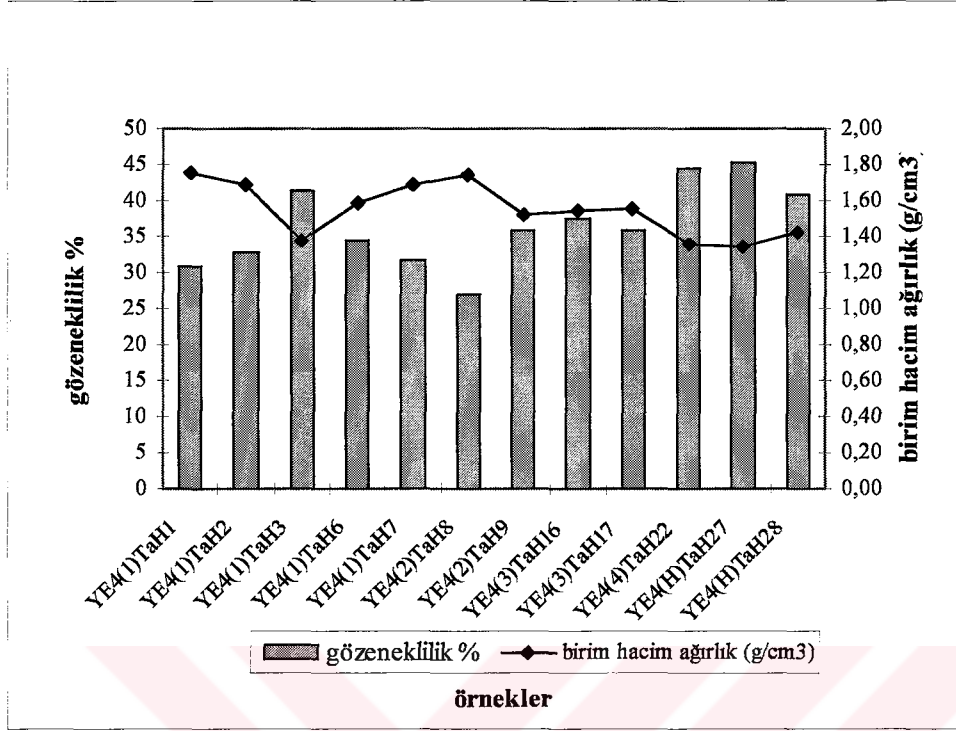
Şekil No: 4.3 (2) nolu evin taş duvar harçlarının birim hacim ağırlığı ve gözenekliliği



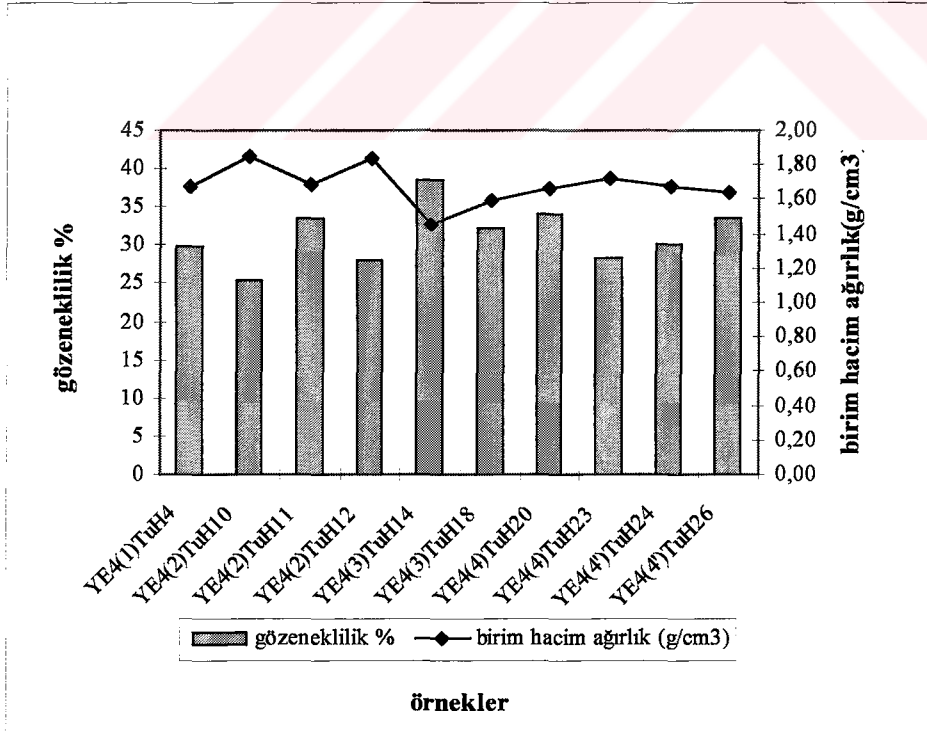
Şekil No: 4.4 (2) nolu evin tuğla duvar harçlarının birim hacim ağırlığı ve gözenekliliği

4 nolu eve ait taş duvar harçlarının birim hacim ağırlığı $1,34 \text{ g/cm}^3$ - $1,76 \text{ g/cm}^3$ arasında olup, ortalama değer $1,55 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.5; Ek: 1, Tablo No: 5). Tuğla duvar harçlarının birim hacim ağırlığı ise $1,46 \text{ g/cm}^3$ - $1,85 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmekte olup, ortalama değer $1,68 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.6; Ek: 1, Tablo No: 6). Aynı taş duvar harçlarının gözenekliliği % 30,78- % 45,18 arasında olup, ortalama değer % 36,48 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.5; Ek: 1, Tablo No: 5). Tuğla duvar harçlarının gözenekliliği ise % 25,29- % 38,56 arasında değişmekte olup, ortalama değer % 28,33 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.6; Ek: 1, Tablo No: 6).

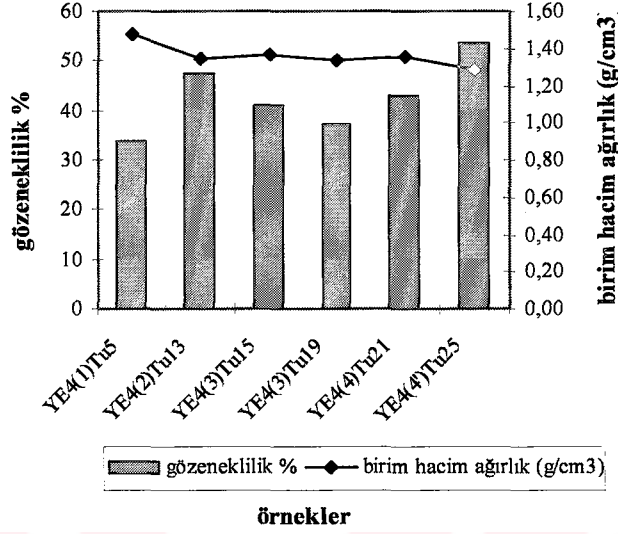
4 nolu evdeki tuğla duvarlardan alınan tuğla örneklerinin birim hacim ağırlığı $1,29 \text{ g/cm}^3$ - $1,48 \text{ g/cm}^3$ arasında olup, ortalama değer $1,36 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.7; Ek: 1, Tablo No: 7). Aynı örneklerin gözenekliliği ise % 33,66- % 53,58 arasında olup, ortalama değer $42,67 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir (Şekil No: 4.7; Ek: 1, Tablo No: 7).



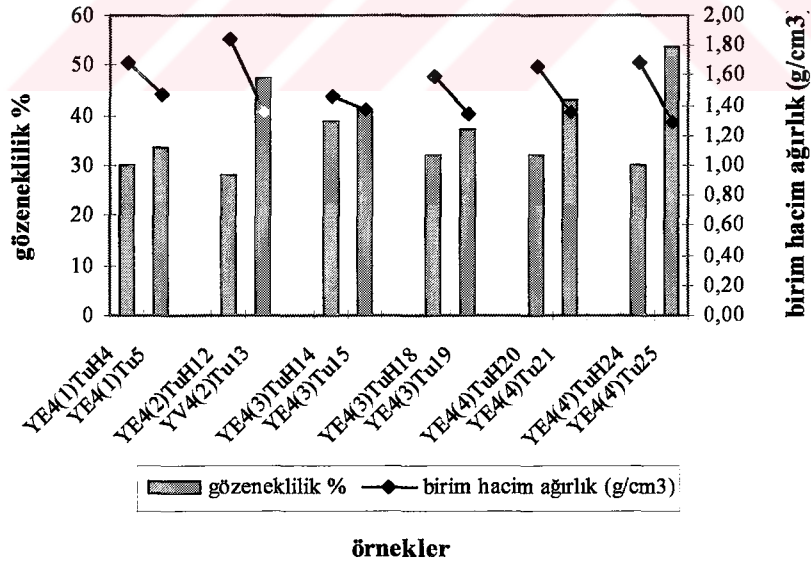
Şekil No: 4.5 (4) nolu evin taş duvar harçlarının birim hacim ağırlığı ve gözenekliliği



Şekil No: 4.6 (4) nolu evin tuğla duvar harçlarının birim hacim ağırlığı ve gözenekliliği



Şekil No: 4.7 (4) nolu evin tuğlalarının birim hacim ağırlığı ve gözenekliliği



Şekil No: 4.8 (4) nolu evin tuğla ve tuğla duvar harçlarının birim hacim ağırlığı ve gözeneklilikleri

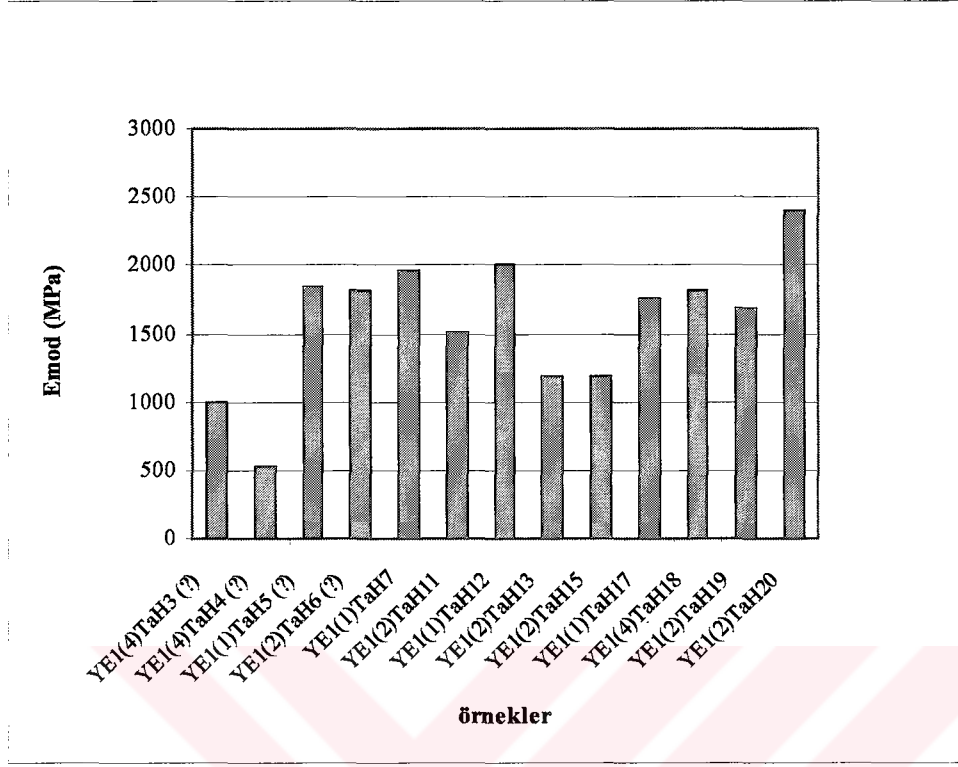
4 nolu eve ait 6 ayrı duvardan alınan tuğla ve tuğla duvar harçları, birim hacim ağırlığı ve gözeneklilikleri açısından birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil No: 4. 8; Ek: 1, Tablo No: 6- 7). Bu örneklerden dört tuğla ve tuğla harcının temel fiziksel özellikleri bakımından birbiriyle uyumlu olduğu, diğer örnekler arasında ise aynı uyumun bulunmadığı anlaşılmıştır.

4. 2 Temel Mekanik Özellikler

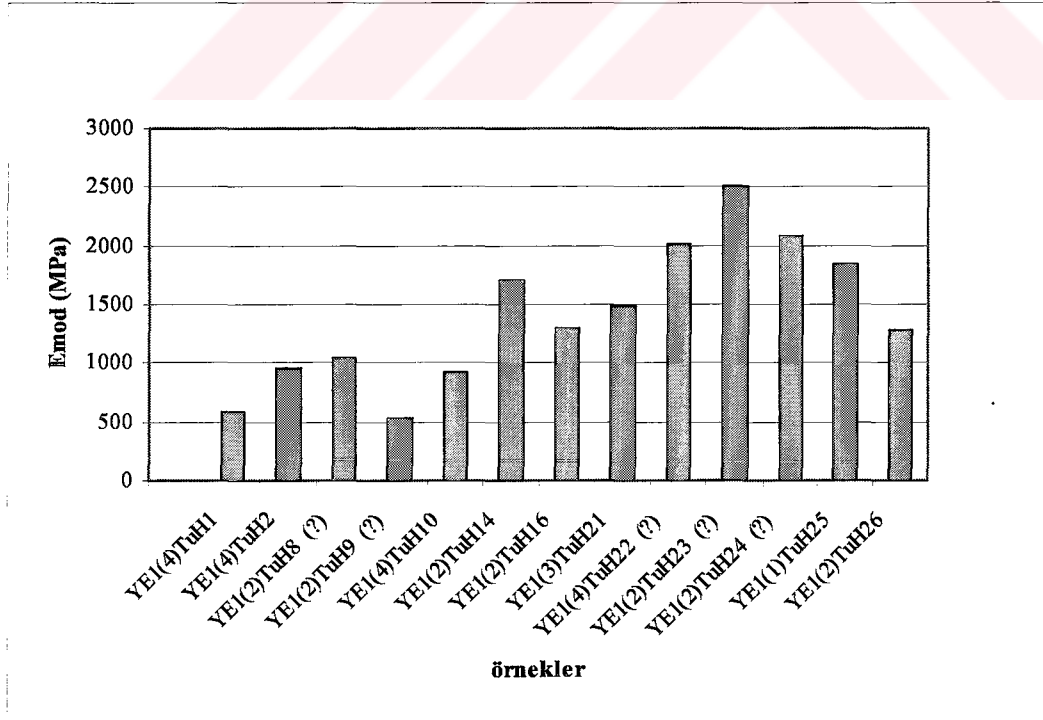
Yapılardan yeterli büyüklükte örnek alınamaması nedeniyle, büyük boyutta örnek gerektiren noktasal yükleme testleri ile tek eksenli basınç dayanımı testi gerçekleştirilememiştir. Temel mekanik özelliklerin anlaşılmasına yönelik testlerden ultrasonik hız ölçümü yapılarak, esneklik modülü (E_{mod}) hesaplanmıştır. Tarihi harçların mekanik özelliklerinin anlaşılmasına yönelik yapılan bazı araştırmalarda, esneklik modülü değerleri ile tek eksenli basınç dayanımı arasında doğru bir orantının bulunduğu belirtilmektedir (Tunçoku, 2001). Bu nedenle mekanik özellikler E_{mod} değerleri kullanılarak açıklanabilir.

4. 2. 1 Esneklik Modülü

1 nolu eve ait taş duvar harçlarında E_{mod} değerleri 524- 2401 MPa (Şekil No: 4.9, Ek: 2, Tablo No: 1) olup, ortalama değer 1591 MPa olarak belirlenmiştir. Tuğla duvar harçlarında E_{mod} değerleri ise 529- 2513 MPa arasında olup, ortalama değer 1400 MPa olarak belirlenmiştir (Şekil No: 4.10; Ek: 2, Tablo No: 2).

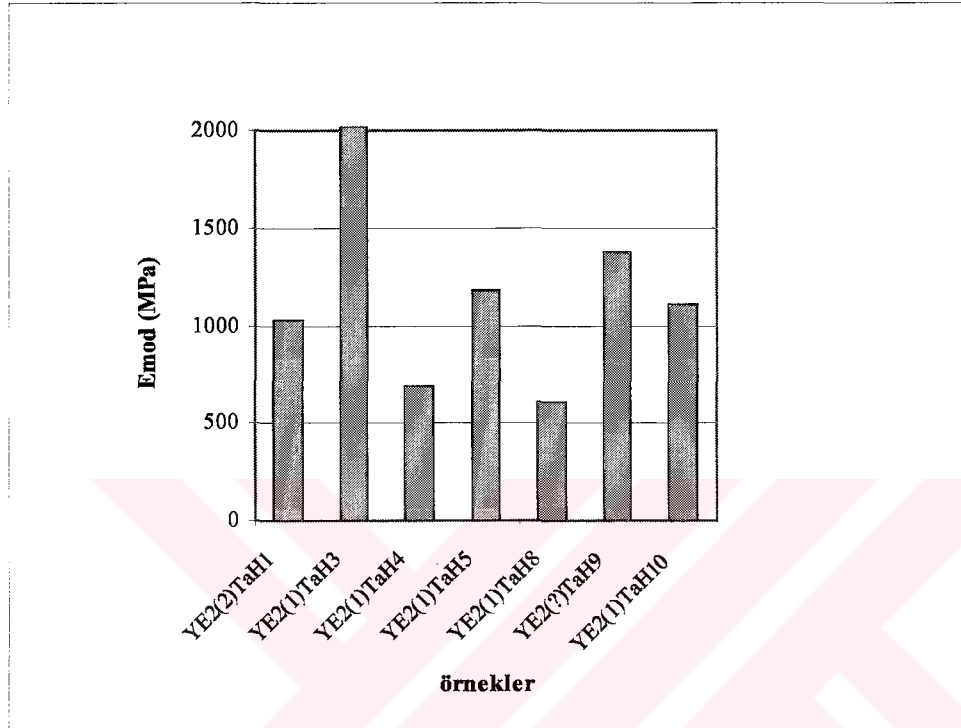


Şekil No: 4.9 (1) nolu evin taş duvar harçlarının esneklik modülü

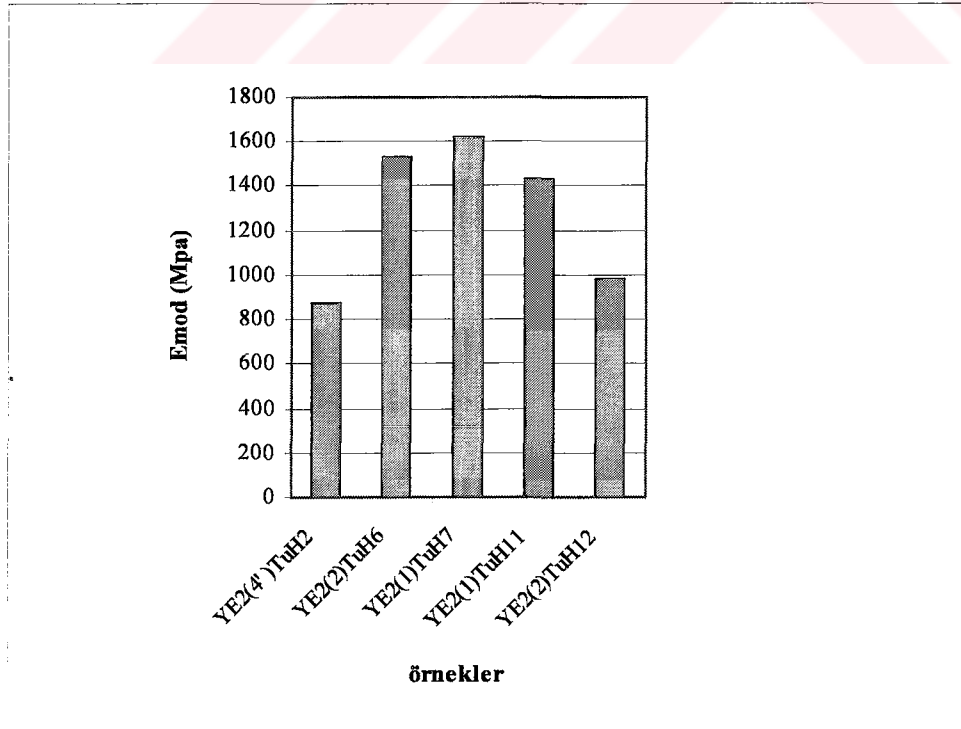


Şekil No: 4.10 (1) nolu evin tuğla duvar harçlarının esneklik modülü

2 nolu eve ait taş duvar harçlarında E_{mod} değerleri 607- 2055 MPa (Şekil No: 4.11, Ek: 2, Tablo No: 3) olup, ortalama değer 1147 MPa olarak belirlenmiştir. Tuğla duvar harçlarında ise 876- 1622 MPa arasında olup, ortalama değer 1288 MPa olarak belirlenmiştir (Şekil No: 4.12; Ek: 2, Tablo No: 4).

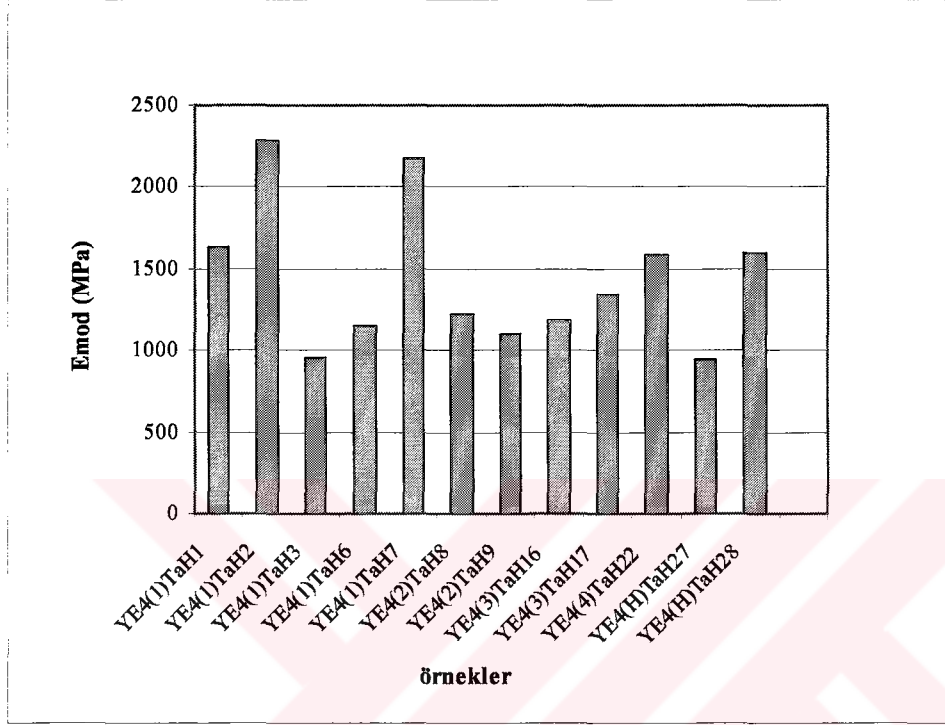


Şekil No: 4.11 (2) nolu evin taş duvar harçlarının esneklik modülü

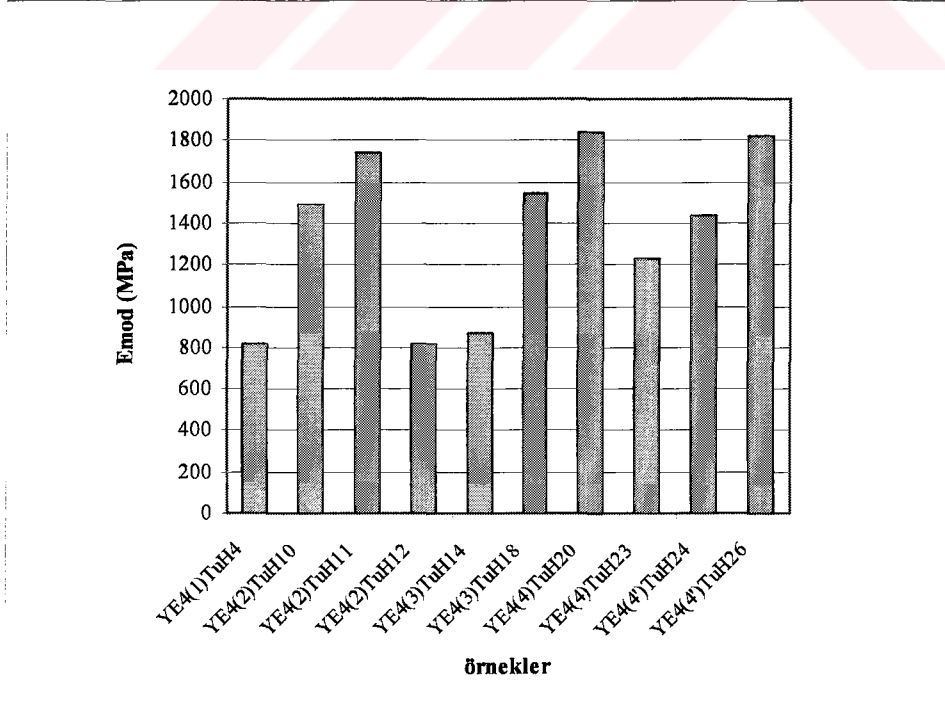


Şekil No: 4.12 (2) nolu evin tuğla duvar harçlarının esneklik modülü

4 nolu eve ait taş duvar harçlarında E_{mod} değerleri 946- 2289 MPa (Şekil No: 4.13; Ek: 2, Tablo No: 5) olup, ortalama değer 1431 MPa olarak belirlenmiştir. Tuğla duvar harçlarında 815- 1837 MPa arasında olup, ortalama değer 1360 MPa olarak belirlenmiştir (Şekil No: 4.14; Ek: 2, Tablo No: 6).



Şekil No: 4.13 (4) nolu evin taş duvar harçlarının esneklik modülü



Şekil No: 4.14 (4) nolu evin tuğla duvar harçlarının esneklik modülü

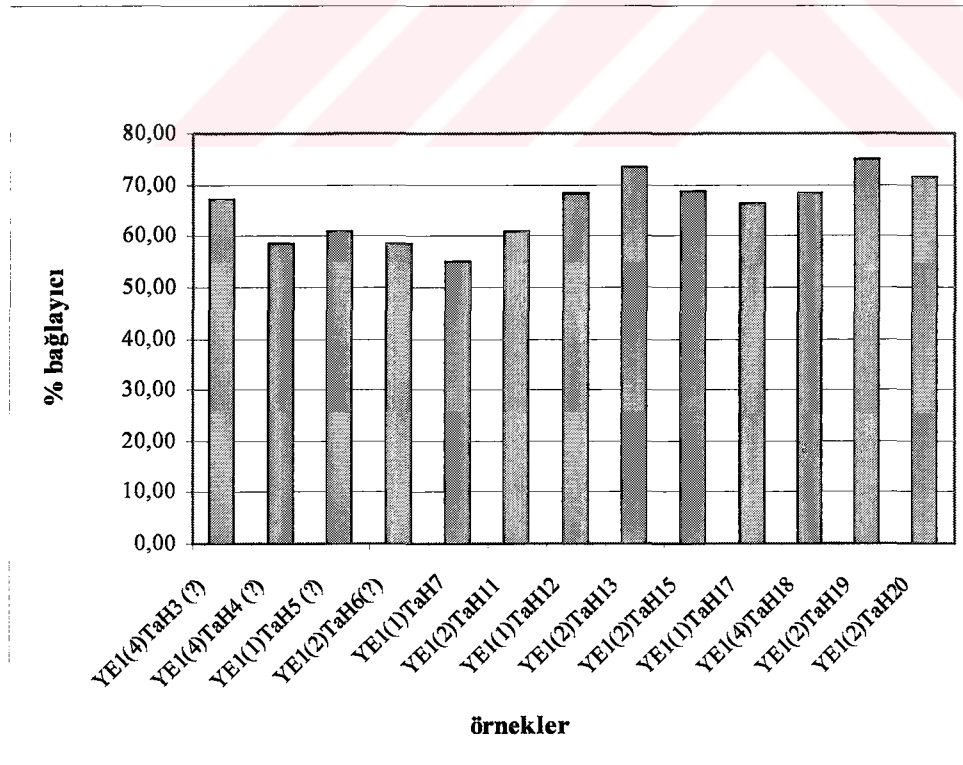
4. 3 Harçların Hammadde Özellikleri

Harçların hammadde özellikleri, bileşenlerin miktarlarının, agreganın tane boyutu dağılımının, puzolanik aktivitenin belirlenmesi deneylerini ve mineralojik özelliklerinin saptanması çalışmalarını içermektedir.

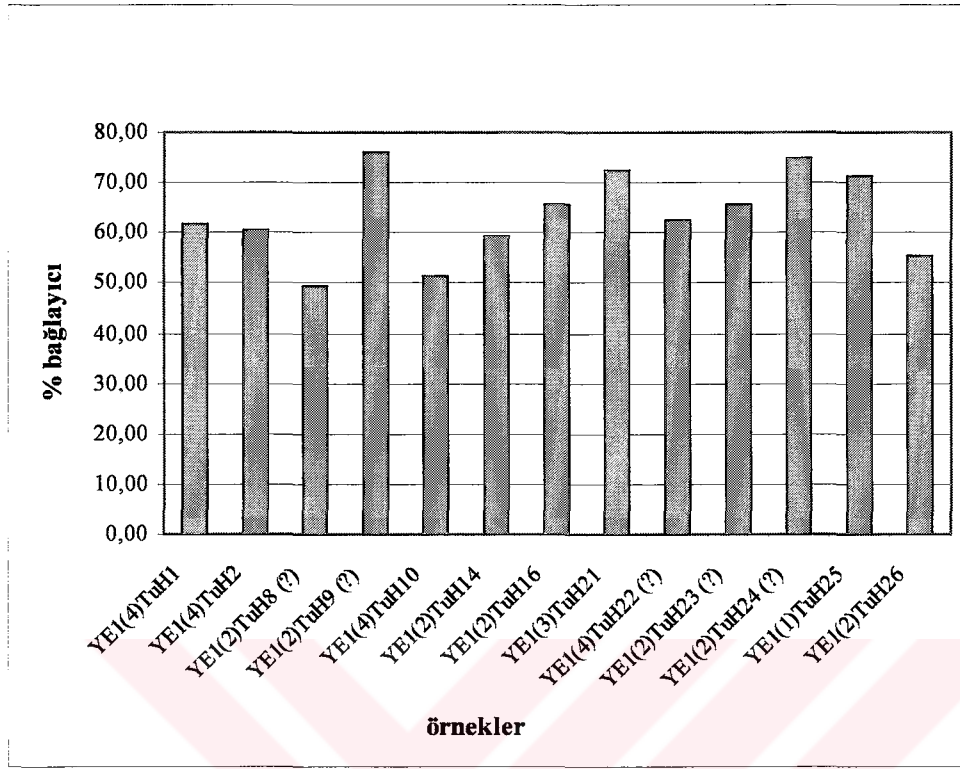
4. 3. 1 Bağlayıcı ve Agregat Oranları

Elde edilen sonuçlar, üzerinde çalışılan tüm harç örneklerinde yüksek oranda kireç kullanıldığını göstermektedir.

1 nolu eve ait taş duvar harçlarında CaCO_3 oranı % 55,0 ve % 74,8 arasında olup, ortalama değer % 65,5 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.15; Ek: 3A, Tablo No: 1). Tuğla duvar harçlarında ise bu oran % 49,3 ve % 76,1 arasında olup, ortalama değer % 63,5 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.16; Ek: 3A, Tablo No: 2).

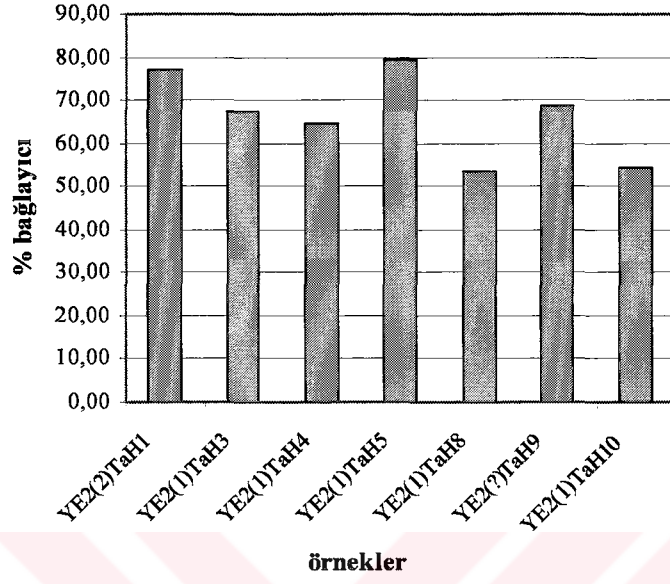


Şekil No: 4.15 (1) nolu evin taş duvar harçlarının bağlayıcı ve agregat oranları

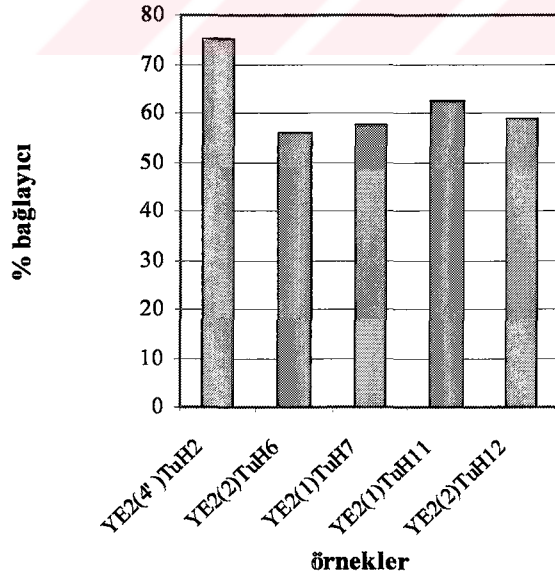


Şekil No: 4.16 (1) nolu evin tuğla duvar harçlarının bağlayıcı ve agrega oranları

2 nolu eve ait taş duvar harçlarında CaCO_3 oranı % 53,3 ve % 79,1 arasında olup, ortalama değer % 66,3 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.17; Ek: 3A, Tablo No: 3). Tuğla duvar harçlarında ise bu oran % 56,1 ve % 75,3 arasında olup, ortalama değer % 62,0 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.18; Ek: 3A, Tablo No: 4) .

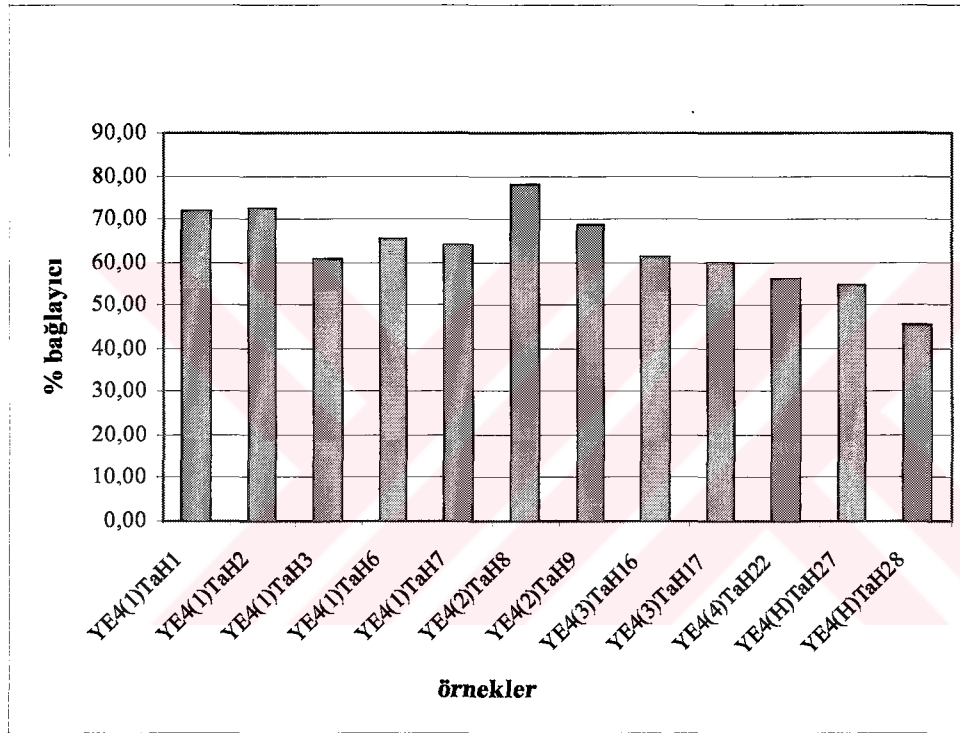


Şekil No: 4.17 (2) nolu evin taş duvar harçlarının bağlayıcı ve agrega oranları

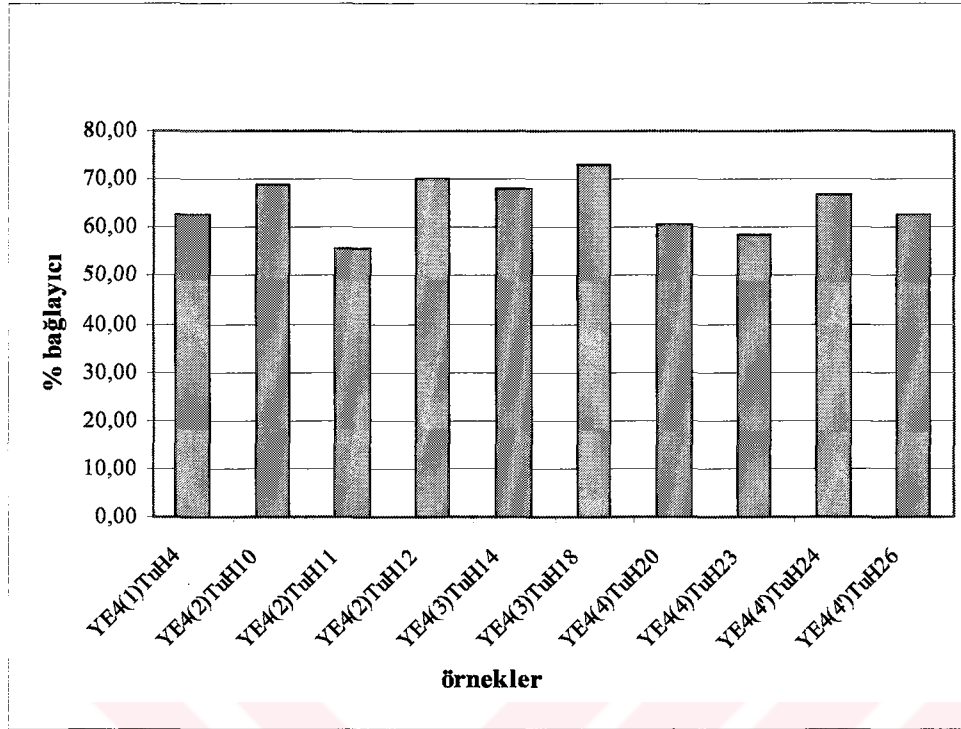


Şekil No: 4.18 (2) nolu evin tuğla duvar harçlarının bağlayıcı ve agrega oranları

4 nolu eve ait taş duvar harçlarında CaCO_3 oranları incelendiğinde, Hellenistik Döneme tarihlenen iki taş duvar harcında CaCO_3 oranı % 45,6 ve % 54,9 arasında olup, ortalama değer % 50,2 olarak bulunmuştur. Roma Dönemine tarihlenen diğer taş duvar harçlarında CaCO_3 oranı % 56,2 ve % 78,0 arasında olup, ortalama değer % 65,80 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.19; Ek: 3A, Tablo No: 5). Tuğla duvar harçlarında CaCO_3 oranı, % 55,5 ve % 72,9 arasında olup, ortalama değer % 64,6 olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.20; Ek: 3A, Tablo No: 6).



Şekil No: 4.19 (4) nolu evin taş duvar harçlarının bağlayıcı ve agrega oranları



Şekil No: 4.20 (4) nolu evin tuğla duvar harçlarının bağlayıcı ve agrega oranları

4. 3. 2 Puzolanik Aktivite

Bölüm 3. 4. 2’de belirtilen iki ayrı yöntemle puzolanik aktivite tayini yapılmıştır. Bu yöntemler Luxan ve titrasyon yöntemleridir.

Luxan yöntemi ile iletkenlik ölçümü yapılarak, puzolanik aktivite tayininde 1, 2 ve 4 nolu evlerden alınan örneklerin en ince agregaları (<125 μ m) kullanılmıştır. İletkenlik değerleri 1 nolu eve ait taş duvar harçlarında 1,90 mS/cm - 2,80 mS/cm, tuğla duvar harçlarında ise 1,45 mS/cm– 3,23 mS/cm arasında bulunmuştur. 2 nolu eve ait taş duvar harçlarında bu değerler 1,69 mS/cm- 3,93 mS/cm arasında olup, tuğla duvar harcında ise 3,03 mS/cm olarak bulunmuştur. 4 nolu eve ait taş duvar harçlarında iletkenlik değerleri 0,45 mS/cm- 2,52 mS/cm arasında bulunmuştur. (Ek: 3B, Tablo No: 1).

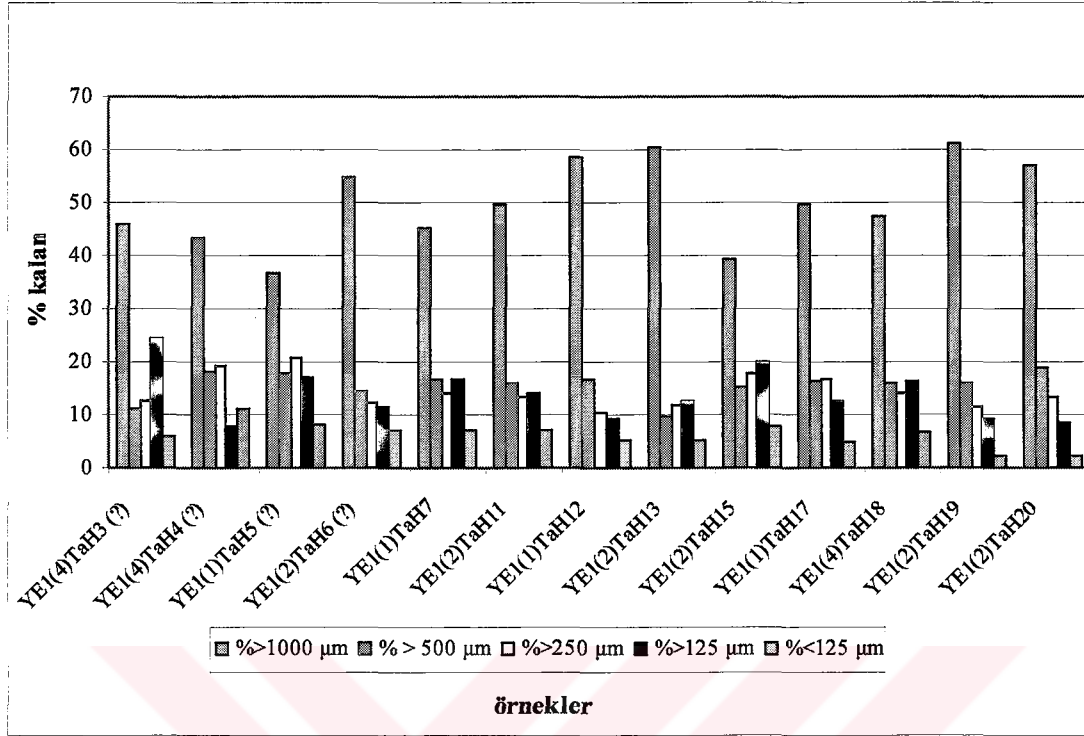
Görüldüğü gibi puzolanik aktivite tayinini amaçlayan analizler sırasında bulunan elektriksel iletkenlik değerleri 0,45 ile 3,93 mS/cm arasında değişmektedir. Luxan’a

göre çalışılan harç örneklerinin çoğu, iyi puzolanik özelliğe sahiptir. Çünkü analizlerde elde edilen elektriksel iletkenlik değerleri 1,2 mS/cm'den yüksektir.

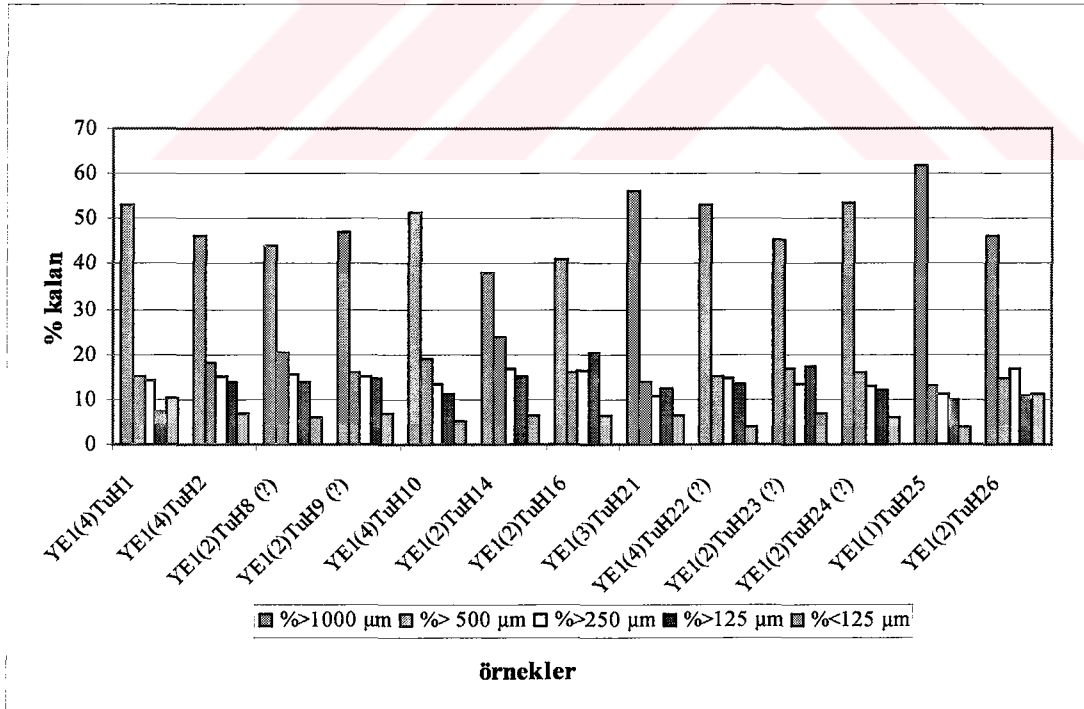
Kullanılan diğer yöntem olan titrasyon yöntemi ile agregaların puzolanik aktivite tayinine yönelik analiz çalışmalarında oldukça yüksek değerler bulunmuştur. Bulunan değerler 1 nolu eve ait taş duvar harçlarında 0,0 mS/cm– 48,0 mS/cm, tuğla duvar harçlarında ise 0,0 mS/cm– 42,8 mS/cm arasında değişmektedir. 2 nolu eve ait taş duvar harçlarında bu değerler 0,0 mS/c- 60,7 mS/cm arasında olup, tuğla duvar harçlarında ise 7,2 mS/cm- 36,1 mS/cm arasında bulunmuştur. 4 nolu eve ait taş duvar harçlarında iletkenlik değerleri 14,4 mS/cm- 47,2 mS/cm arasında olup, tuğla duvar harçlarında ise 0 mS/cm– 44,2 mS/cm bulunmuştur. (Ek: 3B, Tablo No: 2- 7).

4. 3. 3 Agregada Tane Boyutu Dağılımı

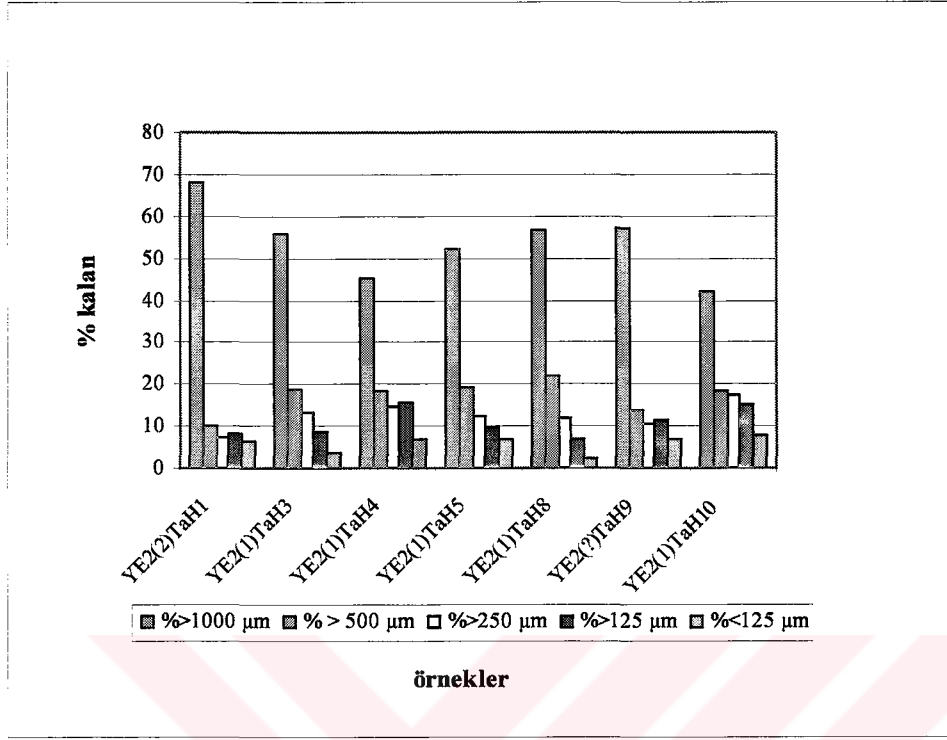
Agregaların tane boyutuna göre gruplandırılması için, paralel ikişer örnek üzerinde çalışılarak, sonuçların ortalaması alınmıştır. 3.4.3 bölümünde belirtilen yöntemle agregalar 1000 μm , 500 μm , 250 μm , 125 μm , 125 μm 'nın altı olmak üzere beş gruba ayrılmıştır. Çalışılan agregalar ince (<250 μm), orta (<250- 500 μm) ve kaba (>500 μm) büyüklükte agregalar olarak tanımlanabilir. En büyük yüzde 1000 mikronun üzerindeki tane boyutunda olduğundan, agregalar tane boyutu bakımından Wentworth boyut dağılımına göre kaba agrega grubuna girmektedir (Tucker, 1991) (Şekil No: 4.21- 4.26, Ek: 3C, Tablo No: 1- 6).



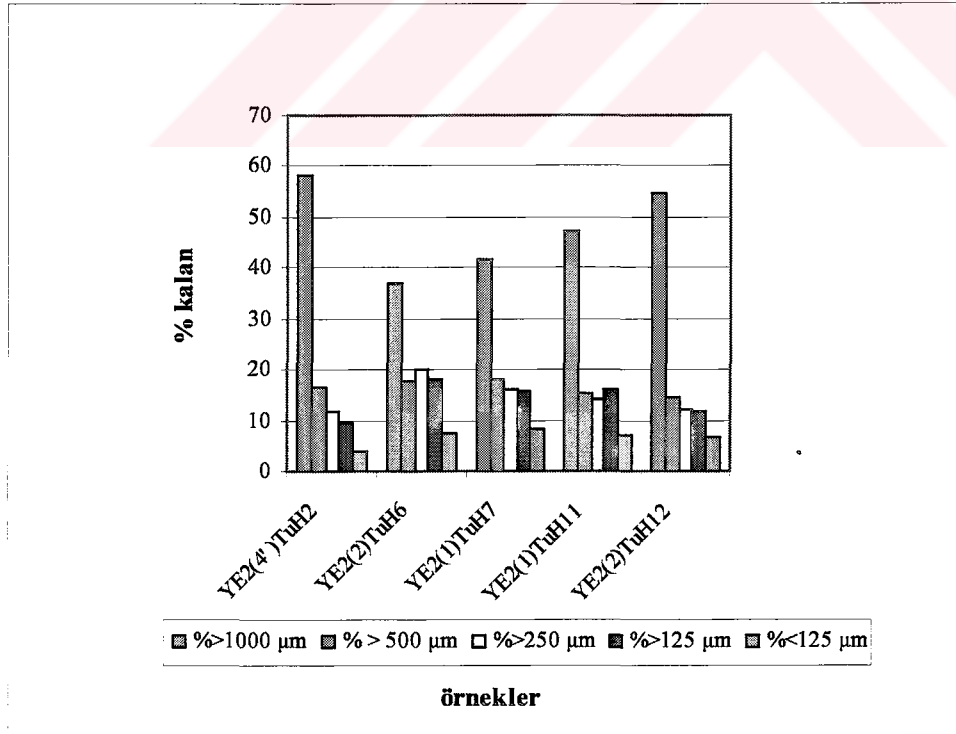
Şekil No: 4.21 (1) nolu evin taş duvar harçlarının agrega tane boyutu dağılımı



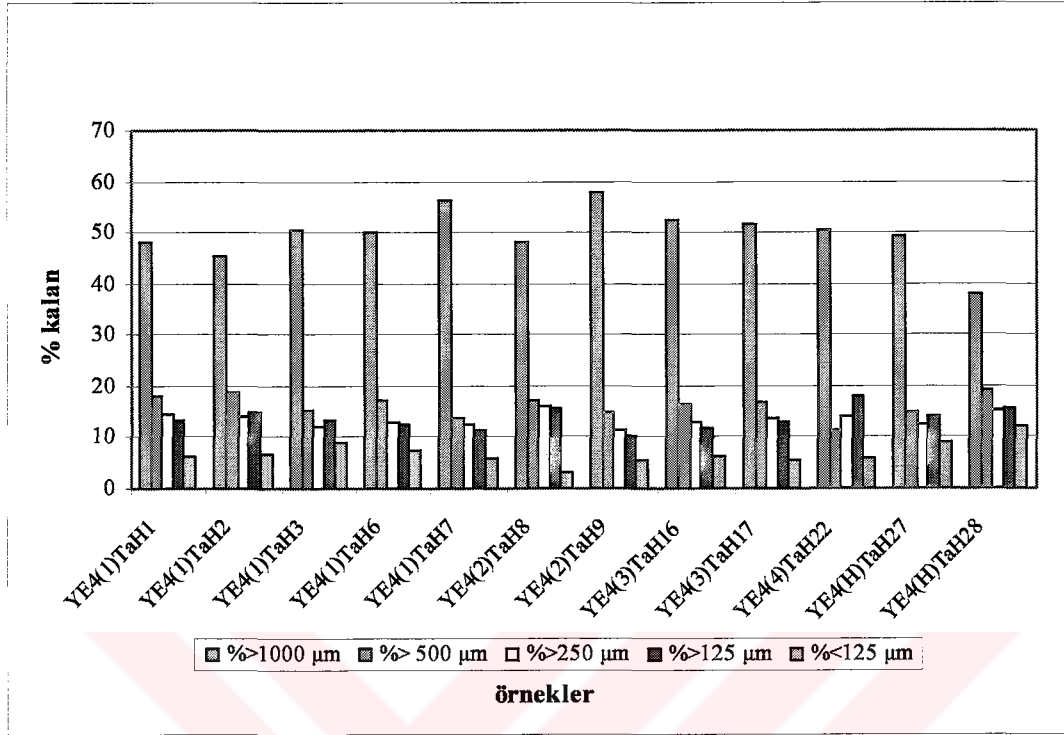
Şekil No: 4.22 (1) nolu evin tuğla duvar harçlarının agrega tane boyutu dağılımı



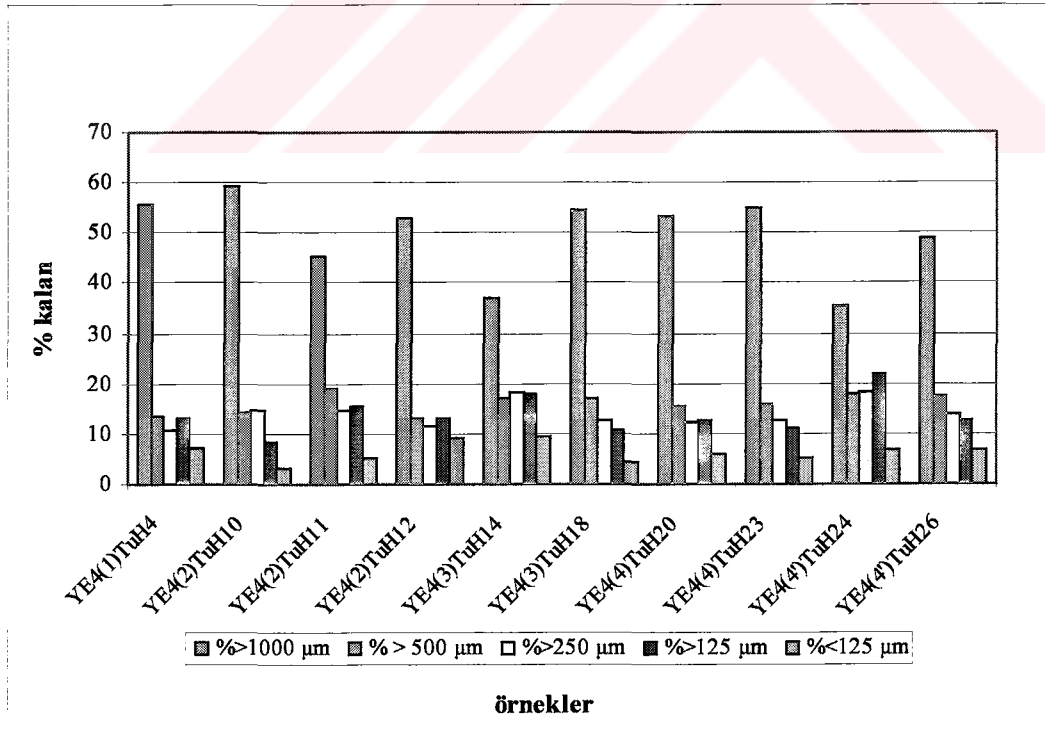
Şekil No: 4.23 (2) nolu evin taş duvar harçlarının agrega tane boyutu dağılımı



Şekil No: 4.24 (2) nolu evin tuğla duvar harçlarının agrega tane boyutu dağılımı



Şekil No: 4.25 (4) nolu evin taş duvar harçlarının agrega tane boyutu dağılımı



Şekil No: 4.26 (4) nolu evin tuğla duvar harçlarının agrega tane boyutu dağılımı

4. 3. 4 Kaba Agregaların (>1000 µm) Görsel İncelemesi

1, 2 ve 4 nolu evlerden alınan 60 harç örneğinin üzerinde çalışılmıştır. (Şekil No: 3.1, 3.2a, 3.2b). Bu örneklerin tane boyutu 1000 µm'nin üzerinde olan kaba agregası, alındıkları evlere göre değil, tahmin edilen yapı evrelerine göre gruplandırılarak, ayrı ayrı fotoğrafları çekilmiştir (Ek: 4, Tablo No: 1- 6). Görsel inceleme kapsamında, agregaların cinsine, şekillerine, boyutlarına ve bunların oranlarına ilişkin hammadde özellikleri hakkında ek bilgi edinilmeye çalışılmıştır.

Değişik yapı evrelerine ait agregaların genel değerlendirilmesi yapıldığında, örneklerin çoğunun farklı miktarlarda tuğla kırığı içerdiği anlaşılmıştır.

Hellenistik Yapı Evresine Ait Olan Örnekler:

Üzerinde çalışılan iki örneğin tuğla kırığı içerdiği ve tane boyutu dağılımının uygun olduğu söylenebilir (Ek: 4, Tablo No: 1).

1. Yapı Evresine Ait Olduğu Tahmin Edilen Örnekler:

1 nolu evden alınan 4 örneğin tümü, 2 nolu evden alınan 7 örneğin 3'ü, 4 nolu evden alınan 6 örneğin 4'ü tuğla kırığı içermektedir. 4 nolu evden alınan örneklerden YE4(1)TaH7, YE4(1)TuH4 ve YE4(1)TaH6 kodlu olanlar en iri tuğla parçalarını içermektedir. 1 nolu evden alınan, YE1(1)TaH7, YE1(1)TaH11 ve YE1(1)TaH12 kodlu örneklerin, iri doğal agregalar içerdiği anlaşılmıştır. 1. yapı evresine ait tüm örnekler genel olarak incelendiğinde, bunların tane boyutu dağılımı açısından en uygun olduğu ve en özenli seçimin 2 nolu ev için yapıldığı söylenebilir. 4 nolu eve ait örneklerden YE4(1)TaH1 ve YE4(1)TaH2 gerek agrega olarak kullanılan malzeme, gerekse tane boyutu dağılımı açısından 2 nolu evin harçlarında kullanılan agregalarla benzeşmektedir (Ek: 4, Tablo No: 2).

2. Yapı Evresine Ait Olduğu Tahmin Edilen Örnekler:

Kazı ekibi uzmanlarınca 2. yapı evresine ait olduğu tahmin edilen 20 örnekten 10 adeti tuğla kırığı içermekte, 10 adeti içermemektedir. Tuğla kırığı içerenlerin beşinde çok az, üçünde biraz daha fazla, ikisinde ise çok miktarda tuğla agrega kullanıldığı görülmektedir (Ek: 4, Tablo No: 3). Bu yapı evresine ait örneklerde tuğla kullanımının diğer yapı evreleri ile karşılaştırılması durumunda, kullanılan tuğla miktarının çok daha az olduğu gözlenmektedir. Yapı evresi konusunda kesin karar verilmiş olan YE1(2)TuH14, YE1(2)TaH15, YE2(2)TuH6, YE2(2)TuH12, YE4(2)TaH9 kodlu örnekler, çok az miktarda tuğla kırığı içermektedir. Balneum bölümünden alınan YE1(2)TaH13 kodlu örnek ise, tüm örnekler arasında en yoğun ve en iri tuğla kırığı içermesiyle dikkat çekmektedir. Ayrıca YE1(2)TaH6 (?), YE1(2)TuH8 (?) ve YE1(2)TuH26 kodlu örneklerin içeriğinde de iri doğal ve yapay agregaların (tuğla kırıkları) bulunduğu gözlenmektedir. YE1(2)TaH20 kodlu örnek iri doğal agrega içermekte olup, tane boyutu dağılımı uygun değildir (Ek: 4, Tablo No: 3).

Aynı yapı evresinde farklı evlerin harçlarında tuğla kullanımı irdelenirse, 2 ve 4 nolu evlerden alınan örneklerde, 1 nolu eve oranla daha az tuğla kırığı kullanıldığı ve agregaların tane boyutu dağılımının genel olarak uygun olduğu anlaşılmaktadır. YE2(2)TaH1, YE2(2)TuH12 ve YE4(2)TuH10 kodlu örneklerde iri doğal agregalar kullanılmıştır (Ek: 4, Tablo No: 3).

3. Yapı Evresine Ait Olan Örnekler:

Bu yapı evresine ait dört örneğin tümü tuğla kırığı içermektedir. Örneklerin içinde oldukça iri doğal ve yapay agrega taneleri bulunduğu ve tane boyutu dağılımının pek uygun olmadığı görülmektedir. Özellikle YE4(3)TaH16, YE4(3)TaH17 ve YE4(3)TuH18 kodlu örneklerin içerdiği iri doğal ve yapay agregalar (tuğla kırıkları) dikkat çekmektedir (Ek: 4, Tablo No: 4).

4. Yapı Evresine Ait Olduğu Tahmin Edilen Örnekler:

Bu yapı evresine ait onbir örneğin tümü tuğla kırığı içermektedir. YE1(4)TuH10 en yoğun tuğla kırığı kullanılan örnektir. Ayrıca YE1(4)TuH22 (?), YE1(4)TuH1, YE4(4)TaH22 ve YE4(4)TuH23 kodlu örneklerde de iri tuğla kırıkları yapay agrega olarak kullanılmıştır (Ek: 4, Tablo No: 5). Bunların dışında kalan örneklerin tane boyutu dağılımının daha uygun olduğu söylenebilir.

4'. Yapı Evresine Ait Olduğu Tahmin Edilen Örnekler:

Bu yapı evresine ait beş örnekten yalnızca biri (YE4(4')TuH24) tuğla kırığı içermemektedir. Örnekler genel olarak incelendiğinde, tane boyutu dağılımının uygun olduğu söylenebilir (Ek: 4, Tablo No: 6).

Yapı Evresi Tahmin Edilemeyen Örnekler:

YE2(?)TaH9 kodlu örnek az miktarda tuğla kırığı içermekte olup, tane boyutu dağılımının uygun olduğu söylenebilir.

4. 3. 5 Harçların Mineralojik Özellikleri

Çalışılan harçların mineralojik özellikleri, ince kesitlerinin optik mikroskopla incelenmesi, XRD ve SEM- EDX analizleri ile belirlenmiştir.

4. 3. 5. 1 X Işınları Toz Difraksiyonu (XRD) Analizleri

Agregaların XRD spektrumlarının incelenmesi sonucu temel minerallerin kuvars, feldspat, muskovit ve Opal CT olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca epidot, serpantin, amfibol minerallerine ait doruklar da belirlenmiştir. İnce agregaların (>125 µm) doğrudan ve iri agregaların (<500 µm ve <1000 µm) öğütülmesiyle elde edilen toz örneklerin XRD spektrumları arasında mineral türleri bakımından belirgin bir fark görülmemiştir.

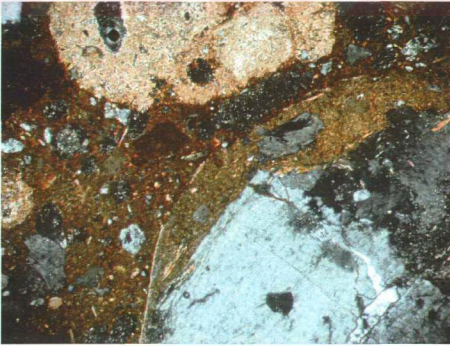
4. 3. 5. 2 İnce Kesit Analizleri

Çalışmalar kapsamında 1 nolu evin harç örneklerine ait 12 adet, 2 nolu evin harç örneklerine ait 11 adet ve 4 nolu evin harç örneklerine ait 10 adet ince kesit hazırlanarak, incelenmiştir.

Harç örneklerinin ince kesitleri, bağlayıcı, agregası ve katkı maddeleri açısından incelenmiş olup, değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

4. 3. 5. 2. 1 Bağlayıcının Analizi

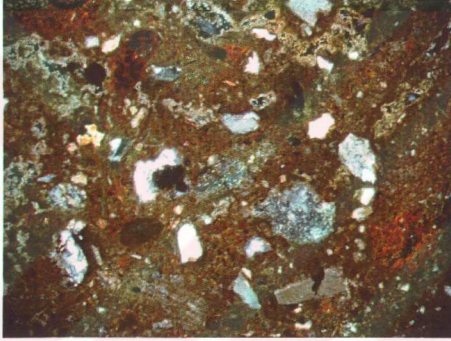
İncelenen harçlarda bağlayıcı olarak kullanılan sönmüş kireç, mikritik kalsit kristalleri şeklinde karbonatlaşmıştır. Örneklerin çoğunda bağlayıcının oluşturduğu hamurun ince taneli olduğu ve agregalarla iyi bir bağlantı sağladığı gözlenmiştir (Şekil No: 4.27). Örneğin, 4 nolu eve ait YE4(4)TaH22 kodlu örnekte mikritik kalsit kristalleri şeklinde karbonatlaşan bağlayıcının agregalarla bağlantısı oldukça iyi durumdadır (Şekil No: 4.28). Kalsit taneciklerinin agregası taneciklerini birbirine büyük gözenekler oluşturmadan bağladığı görülmektedir. Bazı örneklerde matris içinde büyük gözeneklere, çatlaklara rastlanmış ve bunlar içinde yeniden kristallenmiş kalsit mineralleri tespit edilmiştir (Şekil No: 4.29).



Şekil No: 4.27 YE2(1)TuH7 kodlu örnekte bağlayıcı ile agregası arasında oluşan bağlantı (Kun, 2003).



Şekil No: 4.28 YE4(4)TaH22 kodlu örnekte mikritik kalsit kristalleri şeklinde karbonatlaşan bağlayıcının agregalarla bağlantısı (Kun, 2003).



Şekil No: 4.29 YE2(1)TaH8 kodlu örnekte yeniden kristalizasyonun görünümü (Kun, 2003).

Matriks içinde yer yer eski harç ya da sıva parçacıkları olduğu tahmin edilen malzemenin kullanıldığı gözlenmiştir. Örneğin YE4(H)TaH28 kodlu harçta, bağlayıcısı, agregası ve dokusu açısından harcın geneli ile uyuşmayan bir parça harç ya da sıva parçası kullanıldığı anlaşılmıştır (Şekil No: 4.30).

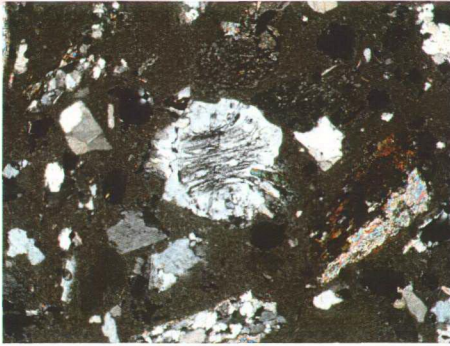


Şekil No: 4.30 YE4(H)TaH28 kodlu örnekte eski harç ya da sıva parçacıkları olduğu tahmin edilen parçanın harç içinde görünümü (Weber, 2005).

4. 3. 5. 2. 2 Agreganın Analizi

İnce kesit analizleri sırasında agregalar cinsine (doğal veya yapay), mineral türlerine, boyutuna ve şekline göre değerlendirilmiştir.

Harç içinde kullanılan agregalar, kaya kırıntıları, mineral kırıntıları gibi doğal agregalar (Şekil No: 4.31) ile tuğla tozu ve kırıntıları gibi yapay agregalardan oluşmaktadır.

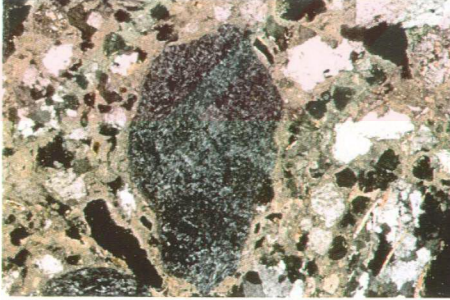


Şekil No: 4.31 YE1(2)TaH19 kodlu örnekte kullanılan doğal agregalar (Kun, 2003).

İnce kesitlerin optik mikroskopla incelenmesinde belirlenen mineraller, azalan çokluk sırasına göre, kuvars, mika, epidot ve feldspattır (Şekil No: 4.32). Metamorfik kaya kırıntıları, harç içinde kaba agrega olarak kullanılmıştır. Kuvars şist, mika şist, albit şist, amfibolit ve serpantin harç içinde en çok kullanılan kaya kırıntılarındandır (Şekil No: 4.33).

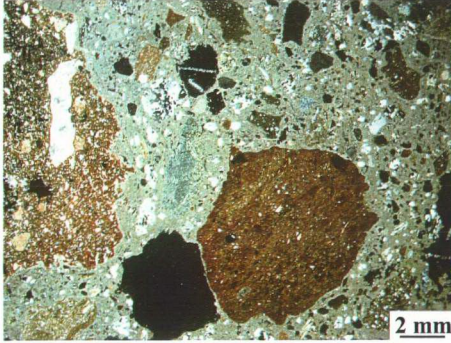


Şekil No: 4.32 YE1(2)TuH9 (?) kodlu örnekte epidot, feldspat mineralleri, mermer parçacığı (Kun, 2003).



Şekil No: 4.33 YE4(2)TaH8 kodlu örnekte agrega olarak kullanılan serpantin, kuvars (Kun, 2003).

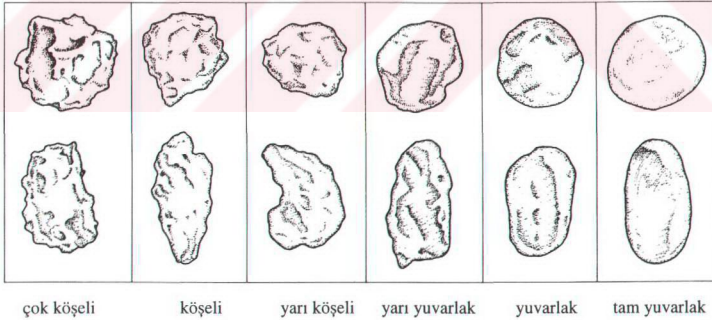
İnce kesitlerin çoğunda gözleendiği gibi, harç içinde doğal agregalara ek olarak ince, orta ve kaba agrega olarak tanımlanabilecek çeşitli büyüklüklerde tuğla kırıkları kullanılmıştır. Örneklerden bazılarında ise çok miktarda ve çeşitli boyutlarda tuğla kullanılmış olduğu görülmektedir (Şekil No: 4.34).



Şekil No: 4.34 YE1(1)TaH5 (?) kodlu örnekte çok yoğun tuğla kullanımı (Weber, 2005).

Agregaların harç içinde ince, orta ve iri taneli olarak kullanıldığı, en çok kullanılan agrega boyutunun 1000 mikronun üstünde olduğu belirlenmiştir.

Agregalar şekil gruplaması (Tucker, 1991) yönünden incelendiğinde, genel olarak doğal agregaların çok köşeli ya da köşeli, yapay agregaların ise yarı köşeli ya da yarı yuvarlak oldukları söylenebilir (Şekil No: 4.35).



Şekil No: 4.35 Agrega şekil gruplaması (Tucker, 1991, s. 16)

4. 3. 5. 3 Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) ve Buna Bağlı X Işımları (EDX) Analizörü İle Yapılan Analizler

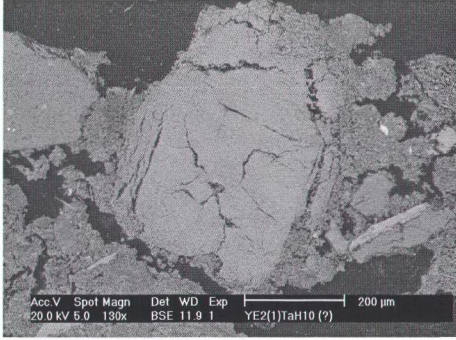
SEM ve EDX analizleri taş ve tuğla duvar harçlarına ait bağlayıcı, agrega ve puzolonik tepkime ürünlerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

4. 3. 5. 3. 1 Bağlayıcının Analizi

Yapılan incelemelerde, Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 nolu evlerden alınan harçlarda bağlayıcıların birbirinden farklı olduğu gözlenmiştir. Gözeneklerde, kılcal çatlaklarda, agrega türlerinde, hidrolik karakterde ve agrega çeperlerindeki silikat oluşumlarında bu farklılık kendini göstermektedir.

Tarama elektron mikroskobu ile bağlayıcı kirecin özelliklerine yönelik analiz çalışmaları sırasında bazı örneklerde tam yanmamış mermer parçacıkları gözlenmiştir (Şekil No: 4.36). Bu durum kireç üretiminde kireçtaşı değil de, mermer kullanılmış olabileceğini göstermektedir.

Bağlayıcının bileşimini belirlemek için örneklerin bazılarında gözlenen kireç yumrularında EDX ile element analizi yapılmış ve saf kireç kullanıldığı sonucuna varılmıştır. Örneğin YE1(2)TuH25 kodlu harçta yer alan kireç yumrusunun analizinde % 95,4 CaO, YE4(2)TaH8 kodlu harçta yer alan kireç yumrusunun analizinde ise % 98 CaO içerdiği anlaşılmıştır (Tablo No: 4. 1).



Şekil No: 4.36 YE2(1)TaH10 kodlu örnekte kireç üretimi sırasında yanmadan kalan mermer olduğu düşünülen parça (Weber, 2005).

Tablo No: 4.1 İki örnekteki kireç yumrularının EDX analizi

a) YE4(2)TaH8 kodlu harçtan alınan kireç

yumrusu

Na ₂ O	0,45893476
MgO	0,44105905
Al ₂ O ₃	0,29480392
SiO ₂	2,34900247
SO ₃	0,34487322
K ₂ O	0,2106582
CaO	95,4430044
TiO ₂	0,13947921
MnO	0,1599122
FeO	0,15827011

b) YE1(2)TuH25 kodlu harçtan alınan kireç

yumrusu

Na ₂ O	0,37009807
MgO	0,23244554
Al ₂ O ₃	0,08136613
SiO ₂	1,16047561
SO ₃	0,23513234
K ₂ O	0,10261193
CaO	98,0131626
TiO ₂	-0,17182461
MnO	1,22E-02
FeO	-3,57E-02

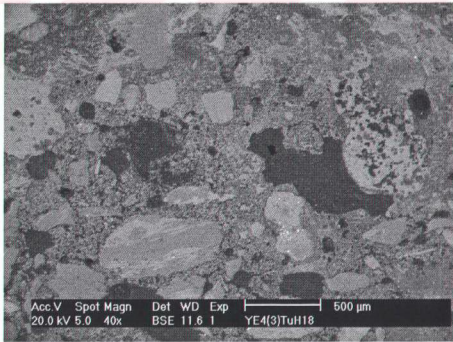
Hidrolik karakterin belirlenmesi, hidrolik oranın bulunmasıyla ilgili olduğundan, EDX analizi sonuçları bu amaçla kullanılmıştır. Bunun için bağlayıcıdaki SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO ve MgO miktarları bulunmuştur. Analiz sonuçlarından yararlanılarak, Bölüm 1’de verilen formül yardımıyla hidrolik oran hesaplanmıştır. Bu oran bağlayıcının üç farklı yerinde yapılan analiz sonuçlarının ortalaması alınarak tespit edilmiştir. Bulunan hidrolik oran değerlerinin, çalışılan on örneğin üçünde 0,3’ün altında (saf kireç), dördünde 0,3-0,5 arasında (zayıf hidrolik kireç), üçünde 0,7-1,3 arasında (hidrolik kireç) olduğu görülmüştür (Tablo No: 4.2). Sonuçlar,

Tablo No: 1.1'de verilen değerlerle karşılaştırıldığında, çalışılan on harç örneğinin yedi tanesinde puzolanik tepkimenin oluştuğu yani hidrolik oranın 0,3 ün üzerinde olduğu anlaşılmıştır.

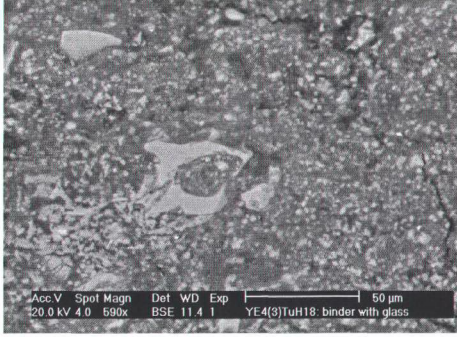
Tablo No: 4.2 Çalışılan örneklerin SEM- EDX analiz sonuçları ve hidrolik oranları

örnek no	örnek kodu	hidrolik oran	tuğla (kaba)	tuğla (ince)	volkanik cam	tam yanmayan mermer parçası	yeniden karbonatlaşma
7	YE4(H)TaH28	0,3	+	+	-	+	-
9	YE1(1)TaH5 (?)	0,5	++	+	+	+	-
1	YE2(1)TaH10	0,1	+	-	-	-	-
5	YE4(1)TuH4	0,2	++	+	-	-	+
4	YE1(1)TuH25	0,4	-	-	-	-	+
3	YE4(2)TaH8	0,2	-	-	-	-	-
2	YE4(3)TuH18	1,1	+-	+	+	-	-
10	YE4(4)TaH22	0,7	++	-	-	+	-
8	YE2(1)TuH7	1,3	+	-	-	-	-
6	YE4(4')TuH24	0,3	-	-	-	-	-

Hidrolik karakterde olan (hidrolik oran $> 0,3$) harçlarda, bağlayıcı ile ince agrega arasında çok iyi bir bağlantı olduğu gözlenmiştir. Örneğin, 4 nolu eve ait YE4(3)TuH18 kodlu örnekte agrega olarak kullanılan ve boyutu $< 50 \mu\text{m}$ 'dan küçük volkanik cam taneciklerinin bağlayıcı ile iyi bir yapı oluşturduğu ve çeperlerinin bağlayıcı ile sarıldığı görülmektedir (Şekil No: 4.37, 4.38).

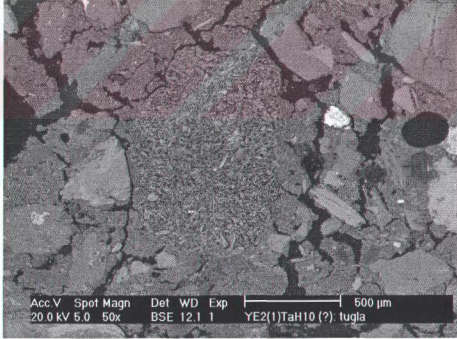


Şekil No: 4.37 YE4(3)TuH18 kodlu örnekte bağlayıcının genel görünümü (Weber, 2005).



Şekil No: 4.38 YE4(3)TuH18 kodlu örnekte bağlayıcı içinde yer alan volkanik cam parçacıkları (Weber, 2005).

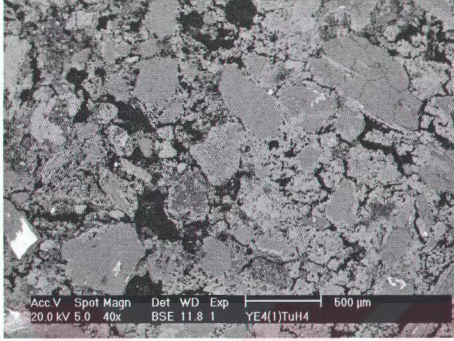
Bazı örneklerde fazla miktarda gözeneklilik ve kılcal çatlakların yer aldığı gözlenmiştir. Yoğun kılcal çatlakların bulunduğu 2 nolu eve ait YE2(1)TaH10 kodlu harcın bağlayıcısı bu duruma örnek verilebilir (Şekil No: 4.39). Bu tip örneklerde hidrolik oran düşük bulunmuştur. Örneğin bu örnek için hidrolik oran 0,1'dir (Tablo No: 4.2).



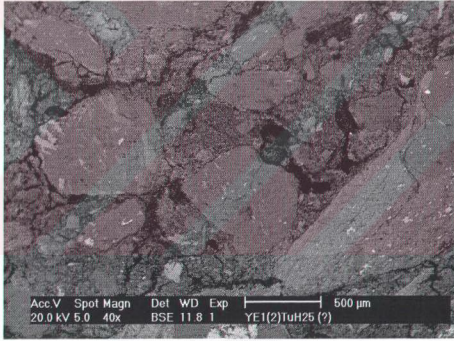
Şekil No: 4.39 YE2(1)TaH10 kodlu örnekte bulunan kılcal çatlaklar (Weber, 2005).

İncelenen bazı örneklerde gözenekler, çatlaklar ve bunlar içinde yeniden kristallenmiş mikritik kalsit mineralleri tespit edilmiştir. Örneğin YE4(1)TuH4 ve

YE1(2)TuH25 kodlu örneklerde yeniden karbonatlaşma açıkça görülmektedir (Şekil No: 4.40, 4.41).



Şekil No: 4.40 YE4(1)TuH4 kodlu örnekte yeniden karbonatlaşma (Weber, 2005).



Şekil No: 4.41 YE1(2)TuH25 kodlu örnekte yeniden karbonatlaşma (Weber, 2005).

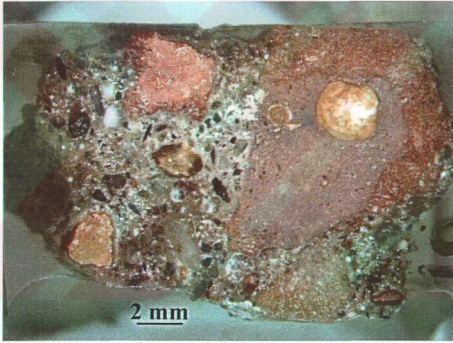
4. 3. 5. 3. 2 Agreganın Analizi

Agreganın analizi çalışmalarında, incelemeler farklı cins, boyut ve şekillerde doğal ve yapay agregaların kullanıldığını göstermiştir. Doğal agregayı oluşturan mineraller olarak kuvars, epidot, feldspat, serpantin, amfibolit, olivin vb. minerallerin, mermer parçacıklarının, kaya kırıntılarının kullanıldığı saptanmıştır. Yapay agrega olarak ise farklı boyutta tuğla kırıkları kullanılmıştır (Şekil No: 4.42).

Aynı örneklerin parlatılmış kesitlerinin optik mikroskopla incelenmesinde farklı boyut ve renkte tuğla kırıklarının kullanıldığı belirlenmiştir (Şekil No: 4.43).



Şekil No: 4.42 YE4(4)TaH22 kodlu örnekte görülen farklı boyutlu tuğlalar (Weber, 2005).



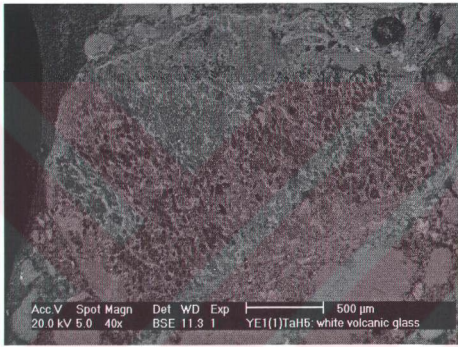
Şekil No: 4.43 YE4(4)TaH22 kodlu örnekte görülen farklı renk ve boyutlu tuğlalar (Weber, 2005).

4. 3. 5. 3. 3 Kalsiyum Silikat Hidrat (C- S- H) Oluşumlarının Analizi

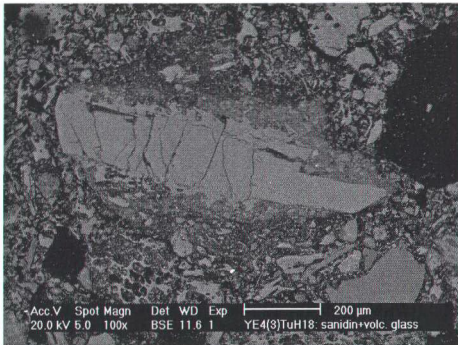
Puzolanik nitelikteki doğal ve yapay agregaların çeperleri ile bağlayıcı arasında oluşan tepkime ürünleri (C- S- H oluşumları), tarama elektron mikroskobu ile belirlenmiştir.

Harcın içinde doğal agrega olarak kullanılan çeşitli boyuttaki volkanik camların bağlayıcı ile teması olan çeperlerinde, puzolanik tepkime sonucu bir tabaka oluştuğu

ve bu tabakanın değişik kalınlıklarda olduğu görülmüştür ( ekil No: 4. 44- 4. 45). Bu kalınlık farkının tepkimenin derecesi ile ilişkili olduğu düşünülebilir. Örneğin 1 nolu eve ait YE1(1)TaH5 (?) kodlu örneğin agrega çeperinde 30- 40  m ( ekil No: 4.44), 4 nolu eve ait YE4(3)TuH18 kodlu örneğin agrega çeperinde ise 50- 60  m kalınlığında bir tabaka oluştuğu anlaşılmıştır ( ekil No: 4.45). 1.  rnekte hidrolik oran 0,5, 2.  rnekte ise 1,1'dir (Tablo No: 4. 2). Puzolanik tepkimenin oluşum yüzdesi 2.  rnekte daha yüksek olarak beklenmelidir ki, SEM mikrograflarında görülen tabaka kalınlığındaki artış bu durumu göstermektedir.



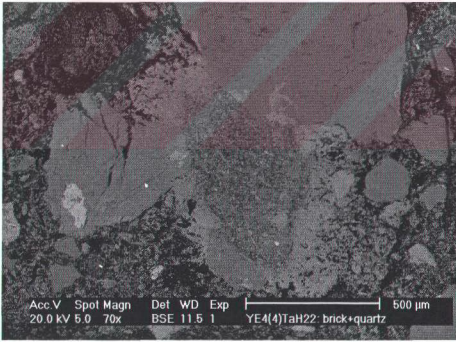
Şekil No: 4.44 YE1(1)TaH5 (?) kodlu örnekte volkanik cam agreganın çeperinde C-S-H oluşumu (Weber, 2005).



Şekil No: 4.45 YE4(3)TuH18 kodlu örnekte volkanik cam agreganın çevresinde C-S-H oluşumu (Weber, 2005).

Benzer C-S-H oluşumu yapay agregaların çevresinde de tespit edilmiştir (Şekil No: 4.42). Çalışılan örneklerden birisinde (YE4(4)TaH22 kodlu örnek) farklı nitelikteki tuğla kırıklarından birinde 200 µm kalınlığında C-S-H oluşumunun gerçekleştiği, diğer bir tuğla kırığı çevresinde ise C-S-H oluşumunun gerçekleşmediği gözlenmiştir. C-S-H oluşumunun gerçekleşmemesinin nedeninin kullanılan tuğlanın, 900°C'nin üzerinde pişirilmiş olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Yapay puzolanlar kil açısından zengin malzemelerin 600- 900°C'de pişirilmesiyle elde edilmektedir (Baronio ve Binda, 1997).

Bazı örneklerde doğal ve yapay agregaların çeperinde farklı kalınlıkta C- S- H oluşumuna rastlanmıştır. Örneğin, YE4(4)TaH22 kodlu örnekte doğal agrega olan kuvars çevresinde çok ince, yapay agrega olan tuğla kırığı çevresinde ise daha kalın bir C- S- H oluşumunun gerçekleştiği görülmüştür (Şekil No: 4.46). Bu farklılık kuvarsin puzolanik aktivitesinin düşük, tuğla kırığının ise daha yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir.



Şekil No: 4.46 YE4(4)TaH22 kodlu örnekte tuğla, kuvars agregalar ve çeperlerinde oluşan puzolanik tepkime (Weber, 2005).

5. BÖLÜM

DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde Efes, Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 nolu evlerin taş ve tuğla duvarlarında kullanılan harçların temel fiziksel, temel mekanik ve hammadde özelliklerinin tanımlanmasına ilişkin olarak yapılan laboratuvar analizleri ve araştırmalar sonucunda elde edilen veriler, harçların kullanıldıkları evler ve yapı evreleri gözönüne alınarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler “Hammadde Özellikleri” ve “Fiziksel ve Mekanik Özellikler” başlıkları altında yapılmıştır.

5. 1 Hammadde Özellikleri

Hammadde özellikleri bağlayıcının, agreganın ve puzolanik katkı maddelerinin karakteristik özellikleri kapsamında incelenmiştir.

5. 1. 1 Bağlayıcının Karakteristik Özellikleri

Bağlayıcı Kirecin Özellikleri:

İncelenen harç örneklerinde bağlayıcı olarak kullanılan sönmüş kireç, mikritik kalsit kristalleri şeklinde karbonatlaşmış olup, mikritik opak mineraller de içerdiği görülmüştür (Şekil No: 4.28). Örneklerin çoğunda bağlayıcı ile agregalar arasında iyi bağlantı sağlandığı gözlenmiştir (Şekil No: 4.27). Bazı örneklerde bağlayıcı içinde gözenekler, çatlaklar ve bunlar içinde yeniden kristallenmiş mikritik kalsit mineralleri tespit edilmiştir (Şekil No: 4.29, 4.40, 4. 41).

Hem ince kesit analizlerinde, hem de tarama elektron mikroskobu ile yapılan çalışmalarda, bazı örneklerde tam yanmamış mermer parçacıkları tespit edilmiş, bu durum sönmüş kireç üretiminde mermer kullanılmış olabileceğini düşündürmüştür (Şekil No: 4.36). Ayrıca orijinal bağlayıcı sönmüş kirecin bileşimine ilişkin veri bulmak amacıyla, örneklerin bazılarında gözlenen kireç yumrularında EDX analizleri

yapılmış ve bu örneklerde saf kireç kullanıldığı sonucuna varılmıştır. Örneğin, YE1(2)TuH25 kodlu harçta yer alan kireç yumrusunun analizinde % 95,4 CaO, YE4(2)TaH8 kodlu harçta yer alan kireç yumrusunun analizinde ise % 98,01 CaO bulunduğu tespit edilmiştir (Tablo No: 4.1).

Bazı örneklerde eski harç ya da sıva parçacıkları olduğu düşünülen malzemenin kullanıldığı gözlenmiştir. Örneğin, YE4(H)TaH28 kodlu harçta, bağlayıcısı, agregası ve dokusu açısından harcın geneli ile uyuşmayan bir harç ya da sıva parçası kullanıldığı anlaşılmıştır (Şekil No: 4.30). Efes'te başka yapılara ilişkin yapılan araştırmalarda da, eski sıva ve harç parçalarının öğütülerek bağlayıcı içine eklendiği anlaşılmıştır (J. Weber, kişisel iletişim, Ocak 2005).

Bağlayıcı Miktarı:

Örneklerin içerdiği bağlayıcı miktarı, harçların asitte (% 5 HCl) çözünen kısmının oranı olarak tespit edilmiştir. Asitte çözünen kısım hem karbonatlaşan sönmüş kireç bağlayıcıyı, hem de puzolanik tepkimeler sonucu oluşan kalsiyum ve alüminyum silikatları içermektedir. Diğer yandan harç içinde az da olsa mermer agregalar bulunmaktadır. Bu yüzden bağlayıcı kireç oranı asitte çözünen yüzdeden daha az olabilir. Bağlayıcı kireç oranı olarak ifade edilen değerler, yaklaşık değerler olarak kabul edilmelidir.

Yapılan analizlerden elde edilen veriler, Roma Dönemine ait tüm harç örneklerinin ortalama olarak % 60'ın üzerinde, yüksek oranda bağlayıcı kireç içerdiğini göstermektedir (Şekil No: 4.15- 4.20; Ek: 3A, Tablo No: 1- 6). İncelenen harçlarda kullanılan bağlayıcı oranları, yapılan başka araştırmalarda da görüldüğü gibi günümüzde harç üretiminde kullanılan bağlayıcı oranının çok üzerindedir (Ashurst ve Dimes, 1990).

Bağlayıcı oranları, yapı evrelerine göre incelenirse, 1. yapı evresinde taş duvar ve tuğla duvar harçlarında CaCO_3 ortalama oranları sırasıyla % 64,3 ve % 64,6 olarak bulunmuştur. 2. yapı evresinde taş duvar ve tuğla duvar harçlarında CaCO_3 ortalama

oranları sırasıyla % 72,7 ve % 61,9 olarak bulunmuştur. 3. yapı evresinde taş duvar ve tuğla duvar harçlarında CaCO_3 ortalama oranları sırasıyla % 60,5 ve % 71,4 olarak bulunmuştur. 4. yapı evresinde taş duvar ve tuğla duvar harçlarında CaCO_3 ortalama oranları sırasıyla % 60,4 ve % 60,5 olarak bulunmuştur. 4'. yapı evresinde ise tuğla duvar harçlarında CaCO_3 ortalama oranı % 70,0 olarak bulunmuştur. Dönemi tanımlanamayan YE2(?)TaH9 kodlu örneğin içerdiği CaCO_3 oranı % 68,70 olarak bulunmuştur. Hellenistik yapı evresinde ise taş duvar harçlarında ortalama CaCO_3 oranı % 50,3 olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak, 2. yapı evresine ait taş duvar harçlarının bağlayıcı yüzdesi (% 72,7), 1. yapı evresininkinden (% 64,3) daha yüksektir. Ancak tuğla duvar harçlarında ise 1. yapı evresi bağlayıcı yüzdesi (% 64,6), 2. yapı evresininkinden (% 61,9) biraz daha yüksektir. Diğer yapı evreleri ile ilgili olarak belirgin bir farklılık gözlenememiştir.

Hellenistik Döneme ait örnek sayısı az olsa da, kullanılan bağlayıcı oranı konusunda fikir vermektedir. İncelenen iki adet örneğin içerdiği bağlayıcı yüzdesi Roma Dönemi harçlarının bağlayıcı yüzdesinden daha düşük bulunmuştur (~% 50).

Yaklaşık ikiyüz elli senelik süreyi içeren değişik yapı evrelerinde Roma evlerinde yapı konstrüksiyonunda kullanılan harçların bağlayıcı yüzdesinde belirgin bir değişiklik olmaması, Romalıların yapı malzemesi kullanımında bir gelenek oluşturarak bunu sürdürdükleri gerçeğini düşündürmektedir.

5. 1. 2 Agreganın Karakteristik Özellikleri

Agregalar harç içeriğinin yaklaşık % 40'a yakın bölümünü oluşturmaktadır (Şekil No: 4.15- 4.20; Ek: 3A, Tablo No: 1- 6). Metamorfik kaya kırıntıları, mineral kırıntıları gibi doğal agregalar (Şekil No: 4.31- 4.33) ile tuğla kırıntıları ve tuğla tozu gibi yapay agregalar (Şekil No: 4.34) harç içinde dolgu malzemesi olarak kullanılmışlardır.

Tez çalışması kapsamında incelenen üç evden alınan harçların temel fiziksel, temel mekanik ve hammadde özelliklerinin araştırılması amacının yanı sıra, agregaların kullanıldıkları evlere ve yapı evlerine göre değişip, değişmediği sorusuna da cevap aranmış ve bazı yanıtlar bulunmuştur. Gözlenen en belirgin değişikliklerden birisi her üç ev için 2. yapı evresinde harçların çoğunda tuğla agregası kullanılmaması ya da çok az kullanılmasıdır. Yalnızca örneklerin birkaç tanesinde iri ve fazla miktarda tuğla kırığı kullanıldığı gözlenmiştir. Bu durum agregaların görsel incelenmesi, ince kesit incelemeleri, tarama elektron mikroskobu (SEM) ve buna bağlı X ışınları (EDX) analizlerinin birlikte değerlendirilmesiyle anlaşılmıştır.

İnce kesitlerin incelenmesi sırasında, harç içinde en çok gözlenen minerallerin sırasıyla, kuvars, mika, epidot ve feldspat olduğu görülmüştür (Şekil No: 4.32). Tarama elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerde, harç içinde kuvars, epidot, feldspat grubu mineralleri, serpantin, amfibolit, olivine, sanidin vb. minerallerin, mermer parçacıklarının, şistlerin kullanıldığı saptanmıştır (Şekil No: 4.45- 4.46). Efes antik kentinin yakın çevresinde metamorfik kayaç oluşumlarının bulunması (Şekil No: 5. 1) (Çetinkaplan, 2002), Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 nolu evlerde harç karışımının içinde agrega olarak kullanılan metamorfik kaya kırıntılarının, yerel hammadde kaynaklarından temin edildiğini göstermektedir (Kun, 2004).

Agregalar şekilleri açısından incelendiğinde, doğal agregaların genellikle çok köşeli ya da köşeli, yapay agregaların ise yarı köşeli ya da yarı yuvarlak oldukları belirlenmiştir (Şekil No: 4.35). Doğal agregaların çok köşeli ya da köşeli olması, agregaların yakındaki bir hammadde kaynağından alındığı görüşünü desteklemektedir.

Yapılan çeşitli incelemeler sonucunda, üç eve ait harç örnekleri içinde doğal agregalar yanında, orta ve kaba agrega olarak tanımlanabilecek çeşitli büyüklüklerde tuğla kırıkları kullanıldığı anlaşılmıştır.

Agrega tane boyutu analizi sonucu tane boyutu 1000 mikronun üzerinde olan agregaların en büyük yüzdeyi oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil No: 4.21-

4.26; Ek: 3C, Tablo No: 1- 6). Çalışılan tüm agregalar, kaba agrega grubuna (>1000 μm - >500 μm) girmektedir.

Roma Dönemi harçlarında yer alan kaba agrega yüzdesi yapı evrelerine göre incelenirse, 1. yapı evresinde taş duvar ve tuğla duvar harçlarında kaba agrega yüzdesi ortalama değerleri sırasıyla % 66,8 ve % 68,3 olarak bulunmuştur. 2. yapı evresinde taş duvar ve tuğla duvar harçlarında kaba agrega yüzdesi ortalama değerleri sırasıyla % 71,9 ve % 64,2 olarak bulunmuştur. 3. yapı evresinde taş duvar ve tuğla duvar harçlarında kaba agrega yüzdesi ortalama değerleri sırasıyla % 68,6 ve % 66,5 olarak bulunmuştur. 4. yapı evresinde taş duvar ve tuğla duvar harçlarında kaba agrega yüzdesi ortalama değerleri sırasıyla % 61,3 ve % 68,9 olarak bulunmuştur. 4'. yapı evresinde ise tuğla duvar harçlarında ortalama değer % 67,3 olarak bulunmuştur. Yapı evresi tanımlanamayan YE2(?)TaH9 kodlu örneğin kaba agrega yüzdesi % 71,2 olarak bulunmuştur. Hellenistik yapı evresinde ise çalışılan taş duvar harçlarında ortalama değer % 60,6 olarak bulunmuştur.

Sonuçlar incelendiğinde kaba agrega oranının yapı evrelerine göre çok belirgin bir fark göstermediği anlaşılmaktadır. Hellenistik yapı evresindeki oran, Roma Dönemi harçlarından bir miktar daha düşüktür (% 60,6).



Şekil No: 5. 1 Efes antik kentinin yakın çevresinde bulunan metamorfik kayaç oluşumlarını gösteren harita (kahverengi; şistler, koyu mavi; mermer, açık mavi; alüvyon, yeşil; serpantin, sarı; neojen tortullar, yeşilimsi sarı; amfibolit) (Çetinkaplan, 2002).

5. 1. 3 Puzolanik Katkı Maddelerinin Karakteristik Özellikleri

İncelenen harçlarda 125 mikrondan küçük olan agregaların puzolanik özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir (Ek: 3B, Tablo No: 1- 7). Bu ince agregalar veya katkı agregalarının bağlayıcının hidrolik özelliklerine etkisi, SEM- EDX analizleri ile değerlendirilmeye çalışılmıştır. Puzolanik aktiviteleri yüksek ince agregaların (veya katkı agregalarının), doğal ve yapay agregalar veya bunların karışımı olarak kullanıldığı düşünülmektedir. Doğal agregaların volkanik cam, Opal CT vb. mineraller, yapay agregaların ise tuğla tozundan oluştuğu düşünülebilir (Şekil No: 4.37, 4.38, 4.44, 4.45, 4.46).

Tarama elektron mikroskobu ile yapılan incelemede, doğal ve yapay agregaların çevresinde bağlayıcı ile temas durumundaki çeperlerde puzolanik tepkime sonucu kalsiyum silikat hidrat (C- S- H) ve kalsiyum aluminat hidrat içeren tabakalar oluştuğu anlaşılmıştır. Bu tabakanın kalınlığının tepkimenin derecesi ile ilgili olarak farklı değerlerde gerçekleştiği gözlenmiştir (Şekil No: 4.44- 4.46). Ayrıca bu örneklerde ince agregaların bağlayıcı ile çok iyi bir şekilde bütünleştiği görülmüştür (Şekil No: 4.37- 4.38).

C- S- H oluşumu yapay agregaların çoğunun çevresinde de saptanmıştır (Şekil No: 4.42, 4.46). YE4(4)TaH22 kodlu örnekte agrega olarak kullanılan farklı renkteki tuğlalardan birinin çevresinde puzolanik reaksiyonun gerçekleştiği, diğerinin çevresinde ise gerçekleşmediği görülmektedir. Reaksiyonun gerçekleşmemesinin, öğütülerek agrega olarak kullanılan tuğlanın, 900°C'nin üzerinde pişirilmiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Şekil No: 4.42- 4.43).

5. 2 Temel Fiziksel ve Mekanik Özellikler

Temel fiziksel ve temel mekanik özelliklere ilişkin sonuçlar iki başlık altında incelenmiştir.

5. 2. 1 Temel Fiziksel Özellikler

Aralarında birtakım farklılıklar bulunmakla birlikte, incelenen tüm taş ve tuğla duvar harçları düşük birim hacim ağırlığına ve yüksek gözenekliliğe sahiptir. Tüm evlerden alınan taş duvar ve tuğla duvar harçlarının birim hacim ağırlığı ve gözeneklilikleri sırasıyla ortalama ($\sim 1,6 \text{ g/cm}^3$), ($\sim 34,48$), ve ($\sim 1,49 \text{ g/cm}^3$), ($\sim 37,19$) olarak bulunmuştur (Şekil No: 4.1- 4.6, Ek: 1, Tablo No: 1- 6).

1 ve 2 nolu evlere ait taş duvar harçlarının ortalama birim hacim ağırlığı, tuğla duvar harçlarınınkinden bir miktar daha yüksek, gözeneklilikleri ise daha düşük değerlerde bulunmuştur.

4 nolu eve ait tuğla duvar harçlarının ise tersine ortalama birim hacim ağırlığı, taş duvar harçlarından bir miktar daha yüksek, gözeneklilikleri ise daha düşük değerlerde bulunmuştur. Bu durum çalışma konusu evlerde harçların, duvar malzemesine göre üretilmediği kanısını yaratmaktadır.

Ancak 1 nolu evden alınan örneklerden YE1(2)TuH25 ($\sim 1,83 \text{ g/cm}^3$) (~ 25), YE1(2)TuH24(?) ($\sim 1,79 \text{ g/cm}^3$) ($\sim 27,4$) ve YE1(2)TuH23(?) ($\sim 1,71 \text{ g/cm}^3$), ($\sim 28,9$), diğer örneklere oranla daha yüksek birim hacim ağırlığına ve daha düşük gözenekliliğe sahip olarak bulunmuştur. Üst katın yükünü zemin kata aktaran kemerlerden alınan bu harç örneklerinin birim hacim ağırlığının daha yüksek, gözenekliliğinin daha düşük bulunmuş olması, harcın yapıda üstleneceği göreve göre üretilmiş olduğunu düşündürmektedir (Şekil No: 4.1- 4.6, Tablo No: Ek: 1, Tablo No: 1- 6). Aynı örneklere ait esneklik modülleri de diğer örneklerinkine oranla daha yüksek bulunmuştur (Şekil No: 4.9- 4.14, Ek: 2, Tablo No: 1- 6).

4 nolu eve ait beş ayrı duvardan alınan tuğla ve tuğla duvar harçları, birbirleriyle birim hacim ağırlığı ve gözeneklilikleri açısından karşılaştırılmıştır. Bu örneklerden dört tuğla ve tuğla harcının uyumlu olduğu gözlenmekle birlikte, bir harç ve tuğla örneğinde ise (YE4(4')TuH24 ile YE4(4')Tu25) aynı uyumun bulunmadığı belirlenmiştir (Şekil No: 4.7, 4.8; Ek: 1, Tablo No: 6- 7).

İncelenen harçlar birim hacim ağırlığı ve gözeneklilik açısından yapı evrelerine göre incelendiğinde, 1. yapı evresine ait taş duvar ve tuğla duvar harçlarının ortalama birim hacim ağırlığı ortalaması sırasıyla $1,63 \text{ g/cm}^3$ ve $1,68 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur. 2. yapı evresine ait taş duvar ve tuğla duvar harçlarının ortalama birim hacim ağırlığı ortalaması sırasıyla $1,71 \text{ g/cm}^3$ ve $1,64 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur. 3. yapı evresine ait taş duvar ve tuğla duvar harçlarının ortalama birim hacim ağırlığı ortalaması sırasıyla $1,56 \text{ g/cm}^3$ ve $1,58 \text{ g/cm}^3$ olarak saptanmıştır. 4. yapı evresine ait taş duvar ve tuğla duvar harçlarının ortalama birim hacim ağırlığı ortalaması sırasıyla $1,43 \text{ g/cm}^3$ ve $1,59 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur. 4'. yapı evresine ait tuğla duvar harçlarının birim hacim ağırlığı $1,77 \text{ g/cm}^3$ olup, YE2(?)TaH9 kodlu örneğin birim hacim ağırlığı $1,71 \text{ g/cm}^3$ 'dir. Hellenistik yapı evresinde ise taş duvar harçlarında ortalama birim hacim ağırlığı $1,38 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur.

Sonuçlar incelendiğinde, Roma Dönemi harçları arasında yapı evrelerine göre belirgin bir fark görülmemekle birlikte, belirlenen bazı farklılıklar aşağıdaki gibidir;

4. yapı evresine ait taş duvar harçlarının birim hacim ağırlığı en düşük ($1,43 \text{ g/cm}^3$), 2. yapı evresine ait taş duvar harçlarının ise en yüksek değerdedir ($1,71 \text{ g/cm}^3$). Tuğla harçlarında ise 3. yapı evresinin birim hacim ağırlığı en düşük ($1,58 \text{ g/cm}^3$), 4'. yapı evresininki ise en yüksek değerdedir ($1,77 \text{ g/cm}^3$).

Hellenistik yapı evresine ait örneklerin birim hacim ağırlığının ($1,38 \text{ g/cm}^3$), Roma Dönemine ait harçların birim hacim ağırlığından daha düşük olduğu görülmüştür.

5. 2. 2 Temel Mekanik Özellikler

Mekanik özelliklerle ilgili bir parametre olan esneklik modülü değerlerine ilişkin sonuçlar incelendiğinde, bu değerlerin harcın yer aldığı duvarın malzemesine (taş ve tuğla) göre belirgin bir fark göstermediği anlaşılmaktadır (Şekil No: 4.9- 4.14; Ek: 2, Tablo No: 1- 6). Ancak 1 nolu evde, kemerlerden alınan örneklerin (YE1(2)TuH25, YE1(2)TuH24(?) ve YE1(2)TuH23(?)) esneklik modülü değerleri diğerlerine oranla

daha yüksek bulunmuştur (Şekil No: 4.10, Ek: 2, Tablo No: 2). Bu durum üst katın yükünü zemin kata aktaran kemerlerden alınan bu harçların, harcın yapıda üstleneceği göreve göre üretilmiş olduğunu desteklemektedir.

Çalışılan harçların esneklik modülü yapı evrelerine göre incelendiğinde, aşağıdaki karşılaştırmalar elde edilebilir. 1. yapı evresine ait taş ve tuğla duvar harçlarında ortalama E_{mod} değerleri sırasıyla 1556 MPa ve 1136 MPa olarak belirlenmiştir. 2. yapı evresine ait taş ve tuğla duvar harçlarında ortalama E_{mod} değerleri sırasıyla 1274 MPa ve 1314 MPa olarak belirlenmiştir. 3. yapı evresine ait taş ve tuğla duvar harçlarında ortalama E_{mod} değerleri sırasıyla 1265 MPa ve 1203 MPa olarak belirlenmiştir. 4. yapı evresine ait taş ve tuğla duvar harçlarında ortalama E_{mod} değerleri sırasıyla 1349 MPa ve 1323 MPa olarak belirlenmiştir. 4'. yapı evresine ait tuğla duvar harçlarının ortalama E_{mod} değeri 1156 MPa olarak bulunmuştur. YE2(?)TaH9 kodlu örneğin E_{mod} değeri ise 1372 MPa olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde 1. yapı evresine ait taş duvar harçlarının E_{mod} değeri en yüksek (1556 MPa), 3. yapı evresinininki ise en düşüktür (1265 MPa). Tuğla duvar harçlarında ise, durum daha farklıdır. E_{mod} değerinin en yüksek olduğu yapı evresi 4. evre olup (1323 MPa), en düşük olduğu yapı evresi ise 1. evredir (1136 MPa).

Hellenistik yapı evresi taş duvar harçlarının E_{mod} değerleri ise 1270 MPa olarak belirlenmiş olup, Roma Dönemi değerlerinden belirgin bir fark göstermemektedir.

Bu çalışmada ele alınan E_{mod} değerleri, örneklerin birim hacim ağırlığı ve ultrasonik hız değerleri kullanılarak, ilgili formülle (Bakınız Bölüm 3.3) hesaplanmıştır. Bu yüzden sonuçlar örneklerin yaklaşık E_{mod} değerleri olarak kabul edilmelidir. Ancak böyle bir hesaplama, benzer diğer araştırmalarla karşılaştırma olanağı vermektedir. Bulunan E_{mod} değerleri, daha önce Bizans anıtlarının tuğla örgü harçlarına yönelik araştırmalarda elde edilen sonuçlara yakın değerlerdedir (Moropoulou ve diğerleri, 2000).

6. BÖLÜM

SONUÇ

Bu çalışmada Efes Yamaçevler 2’de 1, 2 ve 4 nolu evlerin taş ve tuğla duvarlarından alınan harçların incelenmesinde elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Çalışılan tüm harçlar düşük birim hacim ağırlığına ve yüksek gözenekliliğe sahip yapı öğeleridir.
- Harçların mekanik özelliğinin bir ifadesi olan esneklik modülü (E_{mod}) değerleri, 524- 2513 MPa değerleri arasında değişmektedir. Bu değerler, daha önce Bizans anıtlarının tuğla duvar harçlarına yönelik araştırmalarda elde edilen sonuçlara yakın değerlerdedir.
- Esneklik modülü değerlerine ilişkin sonuçlar incelendiğinde, bu değerlerin harcın yer aldığı duvarın malzemesine (taş ve tuğla) göre belirgin bir fark göstermediği anlaşılmaktadır. Ancak kemerlerden alınan örneklerin esneklik modülü değerlerinin diğerlerine oranla daha yüksek bulunması, üst katın yükünü zemin kata aktaran kemerlerden alınan bu harçların, harcın yapıda üstleneceği göreve göre üretilmiş olduğu görüşünü desteklemektedir.
- Örneklerdeki bağlayıcı kireç oranı oldukça yüksek olup, yaklaşık % 60’dır.
- Harç örneklerinde bağlayıcı olarak kullanılan sönmüş kireç, mikritik kalsit kristalleri şeklinde karbonatlaşmıştır.
- Kireç yumrusu analizlerinde safsızlık oranının % 5’den düşük olduğu görülmüştür. Sönmüş kirecin saf (yağlı) kireç olduğu düşünülmektedir.

- Harç örneklerinin bazılarında tam yanmamış mermer parçacıkları saptanmış olup, bu durum kireç üretiminde kireçtaşı değil de, mermer kullanılmış olabileceğini göstermektedir.
- Bazı örneklerde bağlayıcı içinde görülen gözenekler ve çatlakların içinde yeniden kristallenmiş mikritik kalsit mineralleri tespit edilmiştir. Bu süreç kılcal çatlakların oranını azaltmakta ve harcın gözeneklilik dağılımı açısından dayanıklılığını yani zaman içindeki performansını artırmaktadır.
- Harçta kullanılan agregalar (doğal ve yapay) kaba agrega grubuna girmektedir. Kaba agregaların ($>500 \mu\text{m}$), ince ve orta büyüklükteki agregalara oranı daha yüksektir ($>\% 60$).
- Agregalarda belirlenen mineraller azalan çokluk sırasına göre kuvars, mika, epidot ve feldspat grubu minerallerdir. Kuvars şist, mika şist, albit şist, amfibolit, serpantin harç içinde en çok kullanılan kaya kırıntıları olarak belirlenmiştir. Bunların yanında değişik boyutlu tuğla kırıklarının yapay agrega olarak kullanıldığı belirlenmiştir.
- Efes antik kentinin yakın çevresinde metamorfik kayaç oluşumları bulunması, agrega olarak kullanılan malzemenin, yerel hammadde kaynaklarından sağlandığını göstermektedir.
- Harç örneklerinde ince agregaların ($<125 \mu\text{m}$) çoğu iyi puzolanik aktivite göstermektedir.
- 2. yapı evresinde harçların çoğunda tuğla agrega kullanılmamış, ya da çok az kullanılmıştır. Bu yapı evresine ait örneklerin sadece birkaç tanesinde iri ve fazla miktarda tuğla kırığı kullanıldığı gözlenmiştir.
- Harçların çoğunda bağlayıcılarla agregalar arasında iyi bağlantı sağlandığı gözlenmiştir.

- Puzolanik nitelik taşıyan doğal ve yapay agregaların çevresinde bağlayıcı ile temas eden çeperlerde puzolanik tepkime sonucu bir tabaka olduğu gözlenmiştir. Bu tabakanın kalınlığı tepkime derecesine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.
- Harçların önemli derecede hidrolik özelliklere sahip olduğu EDX analizleri ile saptanmıştır.
- Araştırma kapsamında incelenen Roma Dönemi harç örnekleri, temel fiziksel, temel mekanik ve hammadde özellikleri açısından aralarındaki bazı farklılıklara karşın, birbirine benzemektedir
- Hellenistik Dönem harçları, Roma Dönemi harçlarından bazı farklılıklar göstermektedir.

Tez çalışması kapsamında Efes, Yamaçevler 2’de, 1, 2 ve 4 nolu evlerin araştırmanın amacına yönelik olarak belirlenen yerlerinden alınan karakteristik harç örneklerinin temel fiziksel, temel mekanik ve hammadde özellikleri, kullanıldıkları evler ve yapı evreleri de dikkate alınarak, incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aralarında bazı farklılıklar bulunmakla birlikte, genel olarak birbirine benzemektedir. Gözlenen en belirgin değişiklik, agrega çeşidindedir. Örneğin, 2. yapı evresinde harçların çoğunda tuğla agrega yerine, doğal agrega kullanımı tercih edilmiştir.

Çalışma kapsamında Roma evlerinin yapı konstrüksiyonunda yaklaşık ikiyüz elli senelik süreyi içeren değişik yapı evrelerinde kullanılan harçlar arasında belirgin bir değişiklik görülmemesi, Romalıların yapı malzemesi kullanımında bir gelenek oluşturarak, sürdürmüş olabileceklerini düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

- Adenstedt, I. (2005). (Kişisel Görüşme ve Bilgi Belge Sağlanması). Viyana.
- Akman, M. S., Güner, A.ve Aksoy, İ. H. (1986). *Horasan Harcı ve Betonun Tarihi ve Teknik Özellikleri*. II. Uluslar arası Türk- İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongresi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Aoki, T. , Hidaka, K. & Kato, S. (1989). Structural Stability and Profile in the Dome of Santa Maria del Fiore, C. A. Brebbia, (Ed.), *Structural Repair and Maintenance of Historical Buildings* içinde (211- 220) Southhampton Boston: Computational Mechanics Publication.
- Armağan, İ. (1983). *Yöntembilim- 2, Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları.
- Ashurst, J., & Dimes, F. G. (1990). Mortars of Stone Buildings, *Conservation of Building and Decorative Stone*, Vol. 2, (78- 93). Butterworth, Heinemann.
- Ashurst, J. (1984). *Mortars, Plasters and Renders in Conservation*. London.
- ASTM D 2845- 90, (1990). American Society for Testing and Materials, Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants for Rock, 361- 365.
- Baradan, B. (2000). *Yapı Malzemesi II*. İzmir: DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi.
- Baronio, G., & Binda, L., (1997). Study of the Pozzolanicity of Some Bricks and Clays, *Construction and Building Materials*, (11), 41- 46.

- Berger, F. (1989). Assesment of Old Masonry by Means of Partially Destructive Methods, C. A. Brebbia, (Ed.), *Structural Repair and Maintenance of Historical Buildings* içinde (103- 117) (Southampton Boston: Computational Mechanics Publication.
- Black, C. A. (1965). Methods of Soil Analysis, Part 2, American Society of Agronomy, 999- 1010, Wisconsin: Publisher, Madison.
- Boynton, R. S. (1966). *Chemistry and Technology of Lime and Limestone*, John Wiley& Sons.
- Brothers, A. J. (1996). Urban Housing, I. M. Barton, (Ed.), *Roman Domestic Buildings* içinde (33- 63), Great Britain: University of Exeter Press.
- Brown, P. W. & Clifton, J. R. (1978). *Adobe I.: The Properties of Adobe, Studies in Conservation*.
- Caner, E. (2003). *Archaeometrical Investigation of Some Seljuk Plasters*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Caner- Saltık, E. (2003). Malzeme Koruma Laboratuvarlarının Koruma Uygulamalarındaki Yeri: ODTÜ Örneği, N. Şahin- Güçhan, (Ed.), *Her Dem Yeşil Yapraklı Bir Ağaç Cevat Erder'e Armağan* içinde (189-217). Ankara: ODTÜ Mimarlık Fak.
- Canonge, P., Autric, F., & Nourissier, G.(2001). *Techniques et Pratique de la Chaux*, Ecole D'Avignon, Eyrolles, Paris.
- Clarke, J. R. (1991). *The Houses of Roman Italy, 100 B. C.- A. D. 250, Ritual, Space and Decoration*, University of California Press.

- Çetinkaplan, M. (2002). *Tertiary High Pressure/ Low Temperature Metamorphism in the Mesozoic Cover Series of the Menderes Masif and Correlation with the Cycladic Crystalline Complex*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Davey, N. (1961). Gypsum Plaster- Limes and Cements-Stucco- Mortar and Concrete. *A History of Building Materials*. (82- 128). London: Phoenix House.
- Davidovits F. (1993). *Les Mortiers de Pouzzolanes Artificielles Chez Vitruve Evolution et Historique Architecturale*. Thèse de D.E.A. Paris, Université Paris X-Nanterre.
- Degryse, P., Elsen, J., & Waelkens, M. (2002). Study of Ancient Mortars from Sagalassos (Turkey) in View of Conservation. *Cement and Concrete Research*. 32, 1457- 1463.
- Dheilly, R., M., Tuda, J., Sebaı bi, Y., & Queneudec, M. (2002). Influence of Storage Conditions on the Carbonation of Powdered Ca(OH)_2 . *Construction and Building Materials*, 16, 155- 161.
- Drees, R. L., Wilding, L. P., Smeck, N. E., & Senkayi, A. L. (1995). *Silica in Soils: Quartz and Disordered Silica Polymorphs in; Minerals in Soil Environments*, SSSA Book Series: 1, Dixon J. B and Weed S. B., (Ed.) (913- 975), USA; Soil Society of America,
- Ellis, S. P. (2000). *Roman Housing*. Avon: Bookcraft Ltd.
- Efes Müzesi Müdürü ve Araştırmacıları. (b. t.). *Efes Yamaç Evleri*. İstanbul: Hitit Color Kartpostal Sanayi Ticaret ve Pazarlama Limited Şirketi.

- Ersen, A., Karagüler, M., & Güleç, A. (1994). The Restoration of the Sulukule Kapı (Porta Pempton): Research and Chronological Analysis Before Intervention. *Archaeometry*. (663- 671). Ankara.
- Esen, S., Tunç, N., Telatar, S., Tavukçuoğlu, A., Caner- Saltık, E. N. & Demirci, Ş. (2004)., Manisa Çukur Hamam'ın Onarımına Yönelik Malzeme Çalışmaları., İstanbul: 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi.
- French, B. & Gross, A. (2000). The Problems In-situ Conservation of Mudbrick and Mud Plaster, H. W. M. Hodges (Ed.), *In- situ archaeological Conservation Proceedings of Meetings* içinde, USA: Instituto Nacional de Antropologia e Historia de Mexico and The Getty Conservation Institute,
- Güdücü, G. (2004). *Archaeometrical Investigation of Mud Pastes on Hittite Buildings in Şapinuva- Çorum*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Güleç, A. (1992). *Bazı Tarihi Anıt Harç ve Sıvalarının İncelenmesi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Güney, B. A. (2003). *Investigation of the Effects of Some Additives on the Carbonation of Calcium Hydroxide*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Hidaka, K., Aoki, T. & Kato, S. (1989). Structural Stability and Profile in the Dome of Hagia Sophia, Istanbul, C. A. Brebbia, (Ed.), *Structural Repair and Maintenance of Historical Buildings* içinde (267- 273) (Southampton Boston: Computational Mechanics Publication.
- Holmes, S., & Wingate, M. (1997). *Building with Lime*, London: Intermediate Technology Publications.

- Houben, H., & Guillaud, H. (1994). *Earth Construction*. London: Intermediate Technology Publications.
- Hughes, J. J., & Callebaut, K. (1999). Practical Sampling of Historic Mortars. *International Rilem Workshop on Historic Mortars, Charecteristics and Tests*, Paisley, Scotland.
- Hughes, J. J., & Callebaut, K. (2002). In-situ Visual Analysis and Practical Sampling of Historic Mortars, *Materials and Structures/ Materiaux et Constructions*, 35, 70- 75.
- Jedrejewska, H. (1981). Ancient Mortars as Criterion in Analyses of Old Architecture, *Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings*, Rome, 311- 329.
- Kretzschmer, F. (2000). *Resimlerle Antik Roma'da Mimarlık ve Mühendislik, Arkeoloji ve Sanat Yayınları*, , İstanbul: Ofset Yapımevi.
- Krinzinger, F. (2000). Das Hanghaus 2 Als Archäologische, *Ein Dach Für Ephesos*. (15- 32). Österreichisches Archäologisches Institut, Wien: Sonderschriften Band 34.
- Kun, N. (2003- 2004). (İnce Kesit İncelemeleri Konusunda Yapılan Kişisel Görüşmelerde Bilgi ve Belge Sağlanması). İzmir
- Ladstätter, S. (2004- 2005). (Kişisel Görüşme ve Bilgi Belge Sağlanması). Efes, İzmir, Viyana.
- Livingston, R. A. (1993). Materials Analysis of the Masonry of the Hagia Sophia Basilica, *Structural Repair and Maintenance of Historical Buildings III*. Eds. Brebbia C.A., Frewer R. J. B., (15-32). Southampton, Boston: Computational mechanics Publications.

- Luxan, M. P., Madruga, F., & Saavedra, J. (1989). Rapid Evaluation of Pozzolanic Activity of Natural Products by Conductivity Measurement, *Cement and Concrete Research*, 19, 63- 68.
- Martinez- Ramirez, S. Puertas, F., Blanco Varela, M. T. (1995). Carbonation Process and Properties of a new Lime Mortar with Added Sepiolite, *Cement and Concrete Research*, Vol. 25. no:1, 39- 50.
- McKay, A. G. (1975). *Houses, Villas and Palaces in the Roman World*. Southampton: The Camelot Press Ltd.
- Middendorf, B., & Knöfel, D. (1994). Water Resistant Gypsum- Lime Mortars for the Restoration of Historic Brick Buildings. *Conservation of Historic Brick Structures, Case Studies and Reports of Research*. N. S. Baer, S. Fitz, R. A. Livingston, (Ed), UK: T. J. International Ltd.
- Mora, L., Mora, P., & Philippot, P. (1984). *Technology of the Principal Constituents of Renderings, in Conservation of Wall Paintings*, ICCROM, Butterworths.
- Morehead, D. R. (1986). Cementation of Hydrated Lime. *Cement and Concrete Research*, 16, 700- 708.
- Moropoulou, A., Bakolas, A. & Bisbikou, K. (2000). Investigation of the Technology of Historic Mortars, *Journal of Cultural Heritage*.
- Moropoulou A., & Bakolas, A., & Anagnostopoulou, S. (2004). Composite Materials in Ancient Structures from <http://www.sciencedirect.com>.
- Neville, A. M. (1968). *Properties of Concrete*. London.

- Özgenel, L. (2000). *Between Public and Private: Investigating Privacy in the Roman Domestic Context*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Rathmayr, E. (2004- 2005). (Kişisel Görüşme ve Bilgi Belge Sağlanması). İzmir.
- RILEM. (1980). Tentative Recommendations, Comission- 25- PEM, Recommended Tests to Measure the Deterioration of Stone and to Assess the Effectiveness of Treatment Methods, *Materiaux and Costruction*, Vol. 13, No: 73, s.173- 253.
- Saltuk, S. (1993). *Arkeoloji Sözlüğü* (4. baskı). İstanbul: Anka Basım.
- Sickels, L. B. (1981). Organics vs. Synthetics: Their Use as Additives in Mortars, *Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings*, Proceedings of Symposium in Rome, 25- 52.
- Suzuki, K., Nishikawa, T., Ito, S. (1985). Formation and Carbonation of C-S-H in Water, *Cement and Concrete Research*, Vol.15, 213-224.
- Teutonico, J. M. (1988). *A Laboratory Manual for Architectural Conservators*. Rome: ICCROM.
- Teutonico, J. M., Ashall, G., Garrod, E. & Yates, T. (b.t.). *A Comparative Study of Hydraulic Lime- Based Mortars*. English Heritage.
- Thorpe, M.(2002). *Roma Mimarlığı*. İstanbul: Homer Kitapevi ve Yayıncılık Ltd. Şti.
- Thür, H. (2004- 2005). (Kişisel Görüşme ve Bilgi Belge Sağlanması). Efes, İzmir.

- Thür, H. (2005). XXI. 2. Türkische Zusammenfassung. *Hanghaus 2 in Ephesos. Die Wohneinheit 4 Baubefund, Ausstattung, Funde*. Forschungen in Ephesos. VIII/ 6, Verlag Der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. (baskıda)
- Topal, T. (1995). *Formation and Deterioration of Fairy Chimneys of the Kavak Tuff in Ürgüp- Göreme Area (Nevşehir, Turkey)*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Torracca, G. (1982). *Porous Building Materials- Science for Architectural Conservation*. Roma.
- Tucker, M. E. (1991). *Sedimentary Petrology*, UK, Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Tunçoku, S. (2001). *Characterization of Masonry Mortars Used in Some Anatolian Seljuk Monuments in Konya, Beyşehir and Akşehir*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Ünsal, B. (1967). *Mimari Tarihi*. İstanbul: İstanbul Yüksek Teknik Okulu Yayınları.
- Vendrell- Saz, M., Alarcon, S., Molera, J. & Garcia- Valles, M. (1996). Dating Ancient Lime Mortars by Geochemical and Mineralogical Analysis. *Archaeometry* . 38, 143- 149.
- Viaene, W., Waelkens, M., Ottenburgs, R., & Callebaut, K. (1997). Sagalassos IV, Report on the Survey and Excavation Campaigns of 1994 and 1995. *An Archaeometric Study of Mortars Used at Sagalassos*. Leuven University Press.

- Vitruvius. (1993). *Mimarlık Üzerine On Kitap*. (2. baskı) (S. Güven, Çev.). İstanbul: Maya Matbaacılık Yayıncılık Ltd. Şti.
- Wallace- Hadrill, A. (1994). *Houses and Society in Pompei and Herculaneum*. USA: Princeton University Press.
- Weber, J. (2005). (Kişisel Görüşme ve Bilgi Belge Sağlanması). Viyana.



EK: 1 TAŞ VE TUĞLA DUVAR HARÇLARININ TEMEL FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Tablo No: 1, (1) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Birim Hacim Ağırlık , Gözeneklilik Değerleri

örnek kodu	mkuru (g)	msda (g)	marş (g)	P (%)	D (g/cm3)
YE1(4)TaH3/1 (?)	6,71	8,26	3,96	36,05	1,56
YE1(4)TaH3/2 (?)	6,54	8,12	3,85	37,00	1,53
YE1(4)TaH3/3 (?)	4,68	5,77	2,75	36,09	1,55
Ort.				36,38	1,55
YE1(4)TaH4/1 (?)	5,30	6,83	3,07	40,69	1,41
YE1(1)TaH5/1 (?)	21,75	27,25	12,67	37,72	1,49
YE1(1)TaH5/2 (?)	14,58	18,21	8,54	37,54	1,51
YE1(1)TaH5/3 (?)	10,54	13,47	6,10	39,76	1,43
Ort.				38,34	1,48
YE1(2)TaH6/1 (?)	17,39	21,28	10,41	35,79	1,60
YE1(2)TaH6/2 (?)	8,87	11,24	5,40	40,58	1,52
YE1(2)TaH6/3 (?)	5,60	7,24	3,37	42,38	1,45
Ort.				39,58	1,52
YE1(1)TaH7/1	7,13	9,11	4,35	41,60	1,50
YE1(1)TaH7/2	5,45	7,06	3,24	42,15	1,43
YE1(1)TaH7/3	12,55	14,93	7,36	31,44	1,66
Ort.				38,39	1,53
YE1(2)TaH11/1	7,87	9,53	4,53	33,20	1,57
YE1(2)TaH11/2	6,03	7,21	3,40	30,97	1,58
YE1(2)TaH11/3	3,95	4,75	2,34	33,20	1,64
Ort.				32,46	1,60
YE1(1)TaH12/1	6,34	7,26	3,82	26,74	1,84
YE1(1)TaH12/2	6,85	8,26	4,06	33,57	1,63
YE1(1)TaH12/3	4,37	5,30	2,67	35,36	1,66
Ort.				31,89	1,71
YE1(2)TaH13/1	3,45	3,90	2,02	23,94	1,84
YE1(2)TaH13/2	2,19	2,79	1,52	47,24	1,72
Ort.				35,59	1,78
YE1(2)TaH15/1	26,23	30,59	15,56	29,01	1,75
YE1(2)TaH15/2	12,13	14,63	7,14	33,38	1,62
YE1(2)TaH15/3	3,59	4,40	2,12	35,53	1,57
Ort.				32,64	1,65
YE1(1)TaH17/1	9,44	11,38	5,49	32,94	1,60
YE1(1)TaH17/2	7,13	8,43	4,12	30,16	1,65
YE1(1)TaH17/3	6,24	7,52	3,71	33,60	1,64
Ort.				32,23	1,63
YE1(4)TaH18/1	34,10	41,52	19,59	33,83	1,55
YE1(4)TaH18/2	36,91	45,23	20,97	34,30	1,52
YE1(4)TaH18/3	12,70	15,59	7,29	34,82	1,53
Ort.				34,32	1,54
YE1(2)TaH19/1	14,51	16,63	8,54	26,21	1,79
YE1(2)TaH19/2	15,65	18,30	9,36	29,64	1,75
YE1(2)TaH19/3	3,92	4,60	2,33	29,96	1,73
Ort.				28,60	1,76
YE1(2)TaH20/1	24,52	28,72	13,83	28,21	1,65
YE1(2)TaH20/2	18,79	21,80	11,20	28,40	1,77
YE1(2)TaH20/3	3,98	4,70	2,40	31,30	1,73
Ort.				29,30	1,72

Tablo No: 2, (1) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Birim Hacim Ağırlık , Gözeneklilik Değerleri

örnek kodu	mkuru (g)	msda (g)	marş (g)	P (%)	D (g/cm3)
YE1(4)TuH1	2,38	3,14	1,31	41,53	1,30
YE1(4)TuH2/1	15,82	19,95	9,08	37,99	1,46
YE1(4)TuH2/2	5,91	7,63	3,38	40,47	1,39
YE1(4)TuH2/3	0,81	1,07	0,48	44,07	1,37
Ort.				40,84	1,41
YE1(2)TuH8/1 (?)	7,05	8,89	3,99	37,55	1,44
YE1(2)TuH8/2 (?)	4,44	5,66	2,59	39,74	1,45
YE1(2)TuH8/3 (?)	13,42	17,06	7,48	38,00	1,40
Ort.				38,43	1,43
YE1(2)TuH9/1 (?)	6,21	7,39	3,74	32,33	1,70
YE1(2)TuH9/2 (?)	7,49	9,10	4,77	37,18	1,73
YE1(2)TuH9/3 (?)	2,53	2,95	1,51	29,17	1,76
Ort.				32,89	1,73
YE1(4)TuH10/1	5,25	6,78	3,10	41,58	1,43
YE1(4)TuH10/2	2,45	3,24	1,44	43,89	1,36
Ort.				42,73	1,39
YE1(2)TuH14/1	14,31	17,67	8,60	37,05	1,58
YE1(2)TuH14/2	8,55	10,68	5,10	38,17	1,53
YE1(2)TuH14/3	53,25	64,79	31,55	34,72	1,60
Ort.				36,64	1,57
YE1(2)TuH16/1	3,60	4,40	2,15	35,56	1,60
YE1(2)TuH16/2	4,23	5,28	2,53	38,18	1,54
YE1(2)TuH16/3	4,26	5,28	2,50	36,69	1,53
Ort.				36,81	1,56
YE1(3)TuH21/1	9,28	11,50	5,46	36,75	1,54
YE1(3)TuH21/2	12,25	14,58	7,26	31,83	1,67
YE1(3)TuH21/3	13,24	15,62	7,80	30,43	1,69
Ort.				33,01	1,63
YE1(4)TuH22/1 (?)	14,11	16,98	8,26	32,91	1,62
YE1(4)TuH22/2 (?)	10,64	12,85	6,23	33,38	1,61
YE1(4)TuH22/3 (?)	13,81	16,39	8,11	31,16	1,67
Ort.				32,49	1,63
YE1(2)TuH23 (?)	3,85	4,50	2,25	28,89	1,71
YE1(2)TuH24 (?)	16,09	18,55	9,58	27,42	1,79
YE1(1)TuH25/1	11,95	13,45	7,01	23,29	1,86
YE1(1)TuH25/2	5,10	5,79	3,01	24,82	1,83
YE1(1)TuH25/3	7,80	8,96	4,63	26,79	1,80
Ort.				24,97	1,83
YE1(2)TuH26/1	2,37	2,95	1,39	37,18	1,52
YE1(2)TuH26/2	4,48	5,39	2,72	34,08	1,68
Ort.				35,63	1,60

Tablo No: 3, (2) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Birim Hacim Ağırlık , Gözeneklilik Değerleri

örnek kodu	mkuru (g)	msda (g)	marş (g)	P (%)	D (g/cm3)
YE2(2)TaH1/1	5,61	6,53	3,37	29,11	1,78
YE2(2)TaH1/2	6,59	7,55	4,00	27,04	1,86
Ort.				28,08	1,82
YE2(1)TaH3/1	14,36	16,58	8,31	26,84	1,74
YE2(1)TaH3/2	12,52	14,22	7,61	25,72	1,89
YE2(1)TaH3/3	16,64	18,88	9,87	24,86	1,85
Ort.				25,81	1,83
YE2(1)TaH4/1	5,68	6,88	3,39	34,38	1,63
YE2(1)TaH4/2	7,1	8,75	4,16	35,95	1,55
YE2(1)TaH4/3	14,02	17,16	8,11	34,70	1,55
Ort.				35,01	1,57
YE2(1)TaH5/1	6,92	7,77	4,26	24,22	1,97
YE2(1)TaH5/2	7,51	8,48	4,56	24,74	1,92
YE2(1)TaH5/3	12,18	13,88	7,32	25,91	1,86
Ort.				24,96	1,91
YE2(1)TaH8/1	8,29	10,18	4,74	34,74	1,52
YE2(1)TaH8/2	5,81	7,01	3,38	33,06	1,60
YE2(1)TaH8/3	7,13	8,69	4,02	33,40	1,53
Ort.				33,74	1,55
YE2(?)TaH9/1	8,09	9,45	4,76	29,00	1,72
YE2(?)TaH9/2	14,08	16,79	8,39	32,26	1,68
YE2(?)TaH9/3	16,51	19,34	9,77	29,57	1,73
Ort.				30,28	1,71
YE2(1)TaH10/1	10,47	13,08	6,19	37,88	1,52
YE2(1)TaH10/2	11,2	14,01	6,48	37,32	1,49
YE2(1)TaH10/3	15,76	19,75	9,22	37,89	1,50
Ort.				37,70	1,50

Tablo No: 4, (1) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Birim Hacim Ağırlık , Gözeneklilik Değerleri

örnek kodu	mkuru (g)	msda (g)	marş (g)	P (%)	D (g/cm3)
YE2(4')TuH2/1	6,70	7,67	4,05	26,80	1,85
YE2(4')TuH2/2	7,90	8,91	4,73	24,16	1,89
Ort.				25,48	1,87
YE2(2)TuH6/1	9,43	11,5	5,45	34,21	1,56
YE2(2)TuH6/2	10,01	11,92	5,85	31,47	1,65
YE2(2)TuH6/3	13,42	15,80	6,92	26,80	1,51
Ort.				30,83	1,57
YE2(1)TuH7/1	6,94	8,28	4,00	31,31	1,62
YE2(1)TuH7/2	9,75	12,50	5,86	41,42	1,47
Ort.				36,36	1,54
YE2(1)TuH11/1	4,38	5,56	2,57	39,46	1,46
YE2(1)TuH11/2	4,37	5,49	2,53	37,84	1,48
YE2(1)TuH11/3	4,76	5,8	2,73	33,88	1,55
Ort.				37,06	1,50
YE2(2)TuH12/1	4,96	6,27	2,86	38,42	1,45
YE2(2)TuH12/2	7,64	9,49	4,43	36,56	1,51
Ort.				37,49	1,48

Tablo No: 5 , (4) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Birim Hacim Ağırlık , Gözeneklilik Değerleri

örnek kodu	mkuru (g)	msda (g)	marş (g)	P (%)	D (g/cm3)
YE4(1)TaH1/1	8,19	9,7	4,98	31,99	1,74
YE4(1)TaH1/2	19,61	22,89	11,85	29,71	1,78
YE4(1)TaH1/3	3,27	3,84	1,98	30,65	1,76
Ort.				30,78	1,76
YE4(1)TaH2/1	6,45	7,83	3,92	35,29	1,65
YE4(1)TaH2/2	11,73	13,98	7,02	32,33	1,69
YE4(1)TaH2/3	13,63	16,05	8,17	30,71	1,73
Ort.				32,78	1,69
YE4(1)TaH3/1	8,55	11,14	4,93	41,71	1,38
YE4(1)TaH3/2	24,62	31,98	14,15	41,28	1,38
Ort.				41,49	1,38
YE4(1)TaH6/1	8,22	9,88	4,81	32,74	1,62
YE4(1)TaH6/2	9,39	11,59	5,54	36,36	1,55
Ort.				34,55	1,59
YE4(1)TaH7/1	6,11	7,28	3,65	32,23	1,68
YE4(1)TaH7/2	4,43	5,36	2,64	34,19	1,63
YE4(1)TaH7/3	13,17	15,35	7,81	28,91	1,75
Ort.				31,78	1,69
YE4(2)TaH8/1	7,75	8,92	4,38	25,77	1,71
YE4(2)TaH8/2	3,17	3,67	1,90	28,25	1,79
YE4(2)TaH8/3	14,44	16,64	8,40	26,70	1,75
Ort.				26,91	1,75
YE4(2)TaH9/1	4,77	5,92	2,62	34,85	1,45
YE4(2)TaH9/2	10,46	12,88	6,29	36,72	1,59
Ort.				35,79	1,52
YE4(3)TaH16/1	7,01	8,71	4,19	37,61	1,55
YE4(3)TaH16/2	6,26	7,82	3,73	38,14	1,53
YE4(3)TaH16/3	9,90	12,20	5,88	36,39	1,57
Ort.				37,38	1,55
YE4(3)TaH17/1	3,60	4,50	2,13	37,97	1,52
YE4(3)TaH17/2	6,55	7,92	3,80	33,25	1,59
YE4(3)TaH17/3	9,08	11,17	5,42	36,35	1,58
Ort.				35,86	1,56
YE4(4)TaH22/1	9,11	12,24	5,42	45,89	1,34
YE4(4)TaH22/2	9,34	12,31	5,48	43,48	1,37
YE4(4)TaH22/3	9,45	12,48	5,61	44,10	1,38
Ort.				44,49	1,36
YE4(H)TaH27/1	19,73	26,28	11,68	44,86	1,35
YE4(H)TaH27/2	7,06	9,51	4,16	45,79	1,32
YE4(H)TaH27/3	13,93	18,61	8,18	44,87	1,34
Ort.				45,18	1,34
YE4(H)TaH28/1	18,71	24,01	10,75	39,97	1,41
YE4(H)TaH28/2	5,12	6,56	2,99	40,34	1,43
YE4(H)TaH28/3	11,52	14,94	6,85	42,27	1,42
Ort.				40,86	1,42

Tablo No: 6, (4) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Birim Hacim Ağırlık , Gözeneklilik Değerleri

örnek kodu	mkuru (g)	msda (g)	marş (g)	P (%)	D (g/cm3)
YE4(1)TuH4/1	12,16	14,4	7,00	30,27	1,64
YE4(1)TuH4/2	8,25	9,67	4,85	29,46	1,71
Ort.				29,87	1,68
YE4(2)TuH10/1	3,94	4,52	2,39	27,23	1,85
YE4(2)TuH10/2	15,33	17,30	9,06	23,91	1,86
YE4(2)TuH10/3	19,06	21,63	11,24	24,74	1,83
Ort.				25,29	1,85
YE4(2)TuH11/1	2,59	3,17	1,57	36,25	1,62
YE4(2)TuH11/2	5,09	5,99	3,08	30,93	1,75
YE4(2)TuH11/3	13,22	15,83	7,99	33,29	1,69
Ort.				33,49	1,68
YE4(2)TuH12/1	8,28	9,74	5,08	31,33	1,78
YE4(2)TuH12/2	6,53	7,47	3,97	26,86	1,87
YE4(2)TuH12/3	7,61	8,66	4,59	25,80	1,87
Ort.				28,00	1,84
YE4(3)TuH14/1	7,68	9,74	4,57	39,85	1,49
YE4(3)TuH14/2	9,58	12,23	5,47	39,20	1,42
YE4(3)TuH14/3	19,42	24,26	11,05	36,64	1,47
Ort.				38,56	1,46
YE4(3)TuH18/1	5,02	5,98	2,85	30,67	1,60
YE4(3)TuH18/2	5,90	7,19	3,39	33,95	1,55
YE4(3)TuH18/3	5,01	6,00	2,88	31,73	1,61
Ort.				32,12	1,59
YE4(4)TuH20/1	3,73	4,44	2,20	31,70	1,67
YE4(4)TuH20/2	5,74	6,91	3,40	33,33	1,64
YE4(4)TuH20/3	7,69	9,11	4,51	30,87	1,67
Ort.				31,97	1,66
YE4(4)TuH23/1	4,64	5,34	2,72	26,72	1,77
YE4(4)TuH23/2	3,53	4,12	2,06	28,64	1,71
YE4(4)TuH23/3	9,05	10,64	5,22	29,34	1,67
Ort.				28,23	1,72
YE4(4')TuH24/1	22,46	26,64	13,12	30,92	1,66
YE4(4')TuH24/2	16,64	19,56	9,71	29,64	1,69
YE4(4')TuH24/3	20,75	24,37	12,09	29,48	1,69
Ort.				30,01	1,68
YE4(4')TuH26/1	6,73	8,13	4,01	33,98	1,63
YE4(4')TuH26/2	5,59	6,76	3,36	34,41	1,64
YE4(4')TuH26/3	14,00	16,78	8,18	32,33	1,63
Ort.				33,57	1,64

Tablo No: 7, (4) Nolu Evde Tuğlaların Birim Hacim Ağırlık , Gözeneklilik Değerleri

örnek kodu	mkuru (g)	msda (g)	marş (g)	P (%)	D (g/cm3)
YE4(1)Tu5	44,43	54,52	24,54	33,66	1,48
YE4(2)Tu13	39,84	53,84	24,4	47,55	1,35
YE4(3)Tu15	37,54	48,76	21,44	41,07	1,37
YE4(3)Tu19	43,87	56,02	23,35	37,19	1,34
YE4(4)Tu21	34,39	45,3	19,92	42,99	1,36
YE4(4')Tu25	25,95	36,72	16,62	53,58	1,29

**EK: 2 TAŞ VE TUĞLA DUVAR HARÇLARININ TEMEL MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN ESNEKLİK MODÜLÜ İLE BELİRLENMESİ**

**Tablo No: 1, (1) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Ultrasonik Hız
Ölçümleri ve Esneklik Modülleri**

örnek kodu	ort. D	l(cm)	t (s)	sonik hız (m/s)	E mod.(Mpa)
YE1(4)TaH3 (?)	1,56	0,76	9,10	835	1002,11
YE1(4)TaH4 (?)	1,33	0,70	10,70	654	524,24
YE1(1)TaH5/1 (?)	1,48	2,04	15,50	1316	2361,06
YE1(1)TaH5/2 (?)	1,48	2,19	22,10	991	1338,49
Ort.					1849,77
YE1(2)TaH6 (?)	1,52	1,55	13,60	1140	1818,35
YE1(1)TaH7	1,53	1,77	15,00	1180	1962,02
YE1(2)TaH11	1,60	0,93	9,20	1011	1505,77
YE1(1)TaH12	1,71	1,86	16,50	1127	2001,25
YE1(2)TaH13/1	1,78	0,55	5,90	932	1424,59
YE1(2)TaH13/2	1,78	1,17	15,50	755	934,06
					1179,33
YE1(2)TaH15/1	1,65	1,10	12,30	894	1215,37
YE1(2)TaH15/2	1,65	2,46	28,30	869	1148,23
Ort.					1181,80
YE1(1)TaH17	1,63	1,61	14,90	1081	1752,73
YE1(4)TaH18/1	1,54	1,30	13,80	942	1258,63
YE1(4)TaH18/2	1,54	2,36	18,20	1297	2384,79
Ort.					1821,71
YE1(2)TaH19	1,76	0,97	9,50	1021	1689,88
YE1(2)TaH20	1,72	1,81	14,70	1231	2401,59

Tablo No: 2, (1) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Ultrasonik Hız Ölçümleri ve Esneklik Modülü Değerleri

örnek kodu	D	l(cm)	t (us)	sonik hız (m/s)	E _{mod} .(Mpa)
YE1(4)TuH1/1	1,30	0,76	11,4	667	532,12
YE1(4)TuH1/2	1,30	0,85	11,70	726	631,91
Ort.					582,02
YE1(4)TuH2	1,41	0,73	8,50	859	957,80
YE1(2)TuH8 (?)	1,43	1,71	19,30	886	1033,86
YE1(2)TuH9 (?)	1,73	0,72	12,50	576	528,61
YE1(4)TuH10	1,39	0,78	9,20	848	920,19
YE1(2)TuH14	1,57	1,55	14,30	1084	1698,79
YE1(2)TuH16/1	1,54	1,10	11,40	965	1320,52
YE1(2)TuH16/2	1,54	0,68	7,20	944	1265,09
Ort.					1292,80
YE1(2)TuH21	1,63	1,37	13,80	993	1479,51
YE1(4)TuH22 (?)	1,63	1,92	17,70	1085	1766,41
YE1(4)TuH22 (?)	1,63	1,95	15,90	1226	2257,93
Ort.					2012,17
YE1(2)TuH23 (?)	1,71	0,72	5,70	1263	2512,81
YE1(2)TuH24/1 (?)	1,79	1,16	10,60	1094	1974,26
YE1(2)TuH24/2 (?)	1,79	1,09	9,50	1147	2170,24
Ort.					2072,25
YE1(1)TuH25	1,83	0,95	9,10	1044	1836,81
YE1(2)TuH26/1	1,60	1,12	13,50	830	1014,23
YE1(2)TuH26/2	1,60	1,10	10,80	1019	1528,64
Ort.					1271,44

Tablo No: 3, (2) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Ultrasonik Hız Ölçümleri ve Esneklik Modülleri

örnek kodu	ort. D	l(cm)	t (s)	sonik hız (m/s)	E mod.(Mpa)
YE2(2)TaH1	1,82	0,76	9,70	784	1028,97
YE2(1)TaH3/1	1,81	1,76	14,90	1181	2325,84
YE2(1)TaH3/2	1,81	1,80	17,40	1034	1783,91
Ort.					2054,87
YE2(1)TaH4	1,57	1,48	21,50	688	685,16
YE2(1)TaH5	1,89	1,31	15,90	824	1181,57
YE2(1)TaH8	1,55	0,88	13,50	652	606,57
YE2(?)TaH9	1,71	0,84	9,00	933	1371,89
YE2(1)TaH10/1	1,50	1,73	18,50	935	1208,06
YE2(1)TaH10/2	1,50	1,30	15,30	850	997,34
Ort.					1102,70

Tablo No: 4, (2) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Ultrasonik Hız Ölçümleri ve Esneklik Modülleri

örnek kodu	ort. D	l(cm)	t (s)	sonik hız (m/s)	E mod.(Mpa)
YE2(4')TuH2	1,87	1,02	14,30	713	876,23
YE2(2)TuH6	1,57	1,78	17,30	1029	1530,72
YE2(1)TuH7/1	1,54	1,35	13,30	1015	1461,28
YE2(1)TuH7/2	1,54	1,01	9,01	1121	1782,22
Ort.					1621,75
YE2(1)TuH11/1	1,50	0,84	8,10	1037	1485,69
YE2(1)TuH11/2	1,50	0,75	7,50	1000	1381,46
Ort.					1433,58
YE2(2)TuH12/1	1,42	1,30	16,10	807	852,65
YE2(2)TuH12/2	1,42	1,22	13,30	917	1100,41
Ort.					976,53

Tablo No: 5, (4) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Ultrasonik Hız Ölçümleri ve Esneklik Modülleri

örnek kodu	ort. D	l(cm)	t (s)	sonik hız (m/s)	E mod.(Mpa)
YE4(1)TaH1/1	1,76	1,02	9,20	1109	1992,44
YE4(1)TaH1/2	1,76	0,79	8,90	888	1277,13
Ort.					1634,79
YE4(1)TaH2	1,69	1,54	12,70	1213	2288,59
YE4(1)TaH3/1	1,38	1,33	16,40	811	835,88
YE4(1)TaH3/2	1,38	1,28	13,90	921	1077,75
Ort.					956,81
YE4(1)TaH6/1	1,59	1,09	12,00	908	1208,19
YE4(1)TaH6/2	1,59	1,40	16,30	859	1080,25
Ort.					1144,22
YE4(1)TaH7/1	1,69	0,78	7,40	1054	1729,26
YE4(1)TaH7/2	1,69	0,57	4,40	1295	2612,04
Ort.					2170,65
YE4(2)TaH8/1	1,75	1,21	13,80	877	1239,08
YE4(2)TaH8/2	1,75	1,29	14,90	866	1208,07
Ort.					1223,58
YE4(2)TaH9/1	1,71	1,11	13,10	847	1130,70
YE4(2)TaH9/2	1,71	0,95	11,50	826	1074,72
Ort.					1102,71
YE4(3)TaH16/1	1,55	0,74	8,20	902	1162,56
YE4(3)TaH16/2	1,55	0,79	8,60	919	1204,58
Ort.					1183,57
YE4(3)TaH17	1,56	1,20	12,40	968	1345,53
YE4(4)TaH22/1	1,36	2,27	18,80	1207	1826,09
YE4(4)TaH22/2	1,36	1,22	11,80	1034	1338,88
Ort.					1582,49
YE4(H)TaH27/1	1,34	1,62	18,02	899	997,41
YE4(H)TaH27/2	1,34	1,55	18,20	852	895,10
Ort.					946,26
YE4(H)TaH28/1	1,42	1,48	13,50	1096	1571,78
YE4(H)TaH28/2	1,42	0,90	8,10	1111	1614,55
Ort.					1593,17

Tablo No: 6, (4) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Ultrasonik Hız Ölçümleri ve Esneklik Modülleri

örnek kodu	ort. D	l(cm)	t (s)	sonik hız (m/s)	E mod.(Mpa)
YE4(1)TuH4	1,65	1,08	14,70	735	820,25
YE4(2)TuH10	1,85	1,02	10,90	936	1491,99
YE4(2)TuH11	1,68	1,94	18,30	1060	1738,84
YE4(2)TuH12/1	1,84	0,83	11,10	748	947,49
YE4(2)TuH12/2	1,84	0,92	14,50	634	682,19
Ort.					814,84
YE4(3)TuH14/1	1,46	1,14	14,90	765	787,11
YE4(3)TuH14/2	1,46	1,99	23,70	840	948,00
Ort.					867,56
YE4(3)TuH18/1	1,59	1,09	10,70	1019	1519,60
YE4(3)TuH18/2	1,59	0,98	9,50	1032	1558,30
Ort.					1538,95
YE4(4)TuH20	1,66	1,14	10,40	1096	1836,96
YE4(4)TuH23/1	1,72	1,02	12,50	816	1054,77
YE4(4)TuH23/2	1,72	0,96	10,20	941	1403,20
Ort.					1228,98
YE4(4')TuH24/1	1,68	1,66	17,50	949	1392,19
YE4(4')TuH24/2	1,68	1,78	18,20	978	1479,98
Ort.					1436,08
YE4(4')TuH26	1,64	1,57	14,30	1098	1820,62

**EK: 3 TAŞ VE TUĞLA DUVAR HARÇLARININ
TEMEL HAMMADDE ÖZELLİKLERİ**

**EK: 3A TAŞ VE TUĞLA DUVAR HARÇLARININ
AGREGA VE BAĞLAYICI ORANLARI**

Tablo No: 1, (1) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Agrega ve Bağlayıcı Oranları

örnek kodu	M (örnek)	Mçzm	% (çzm)	% (çöz)
YE1(4)TaH3/1 (?)	5,00	3,54	29,20	70,80
YE1(4)TaH3/2 (?)	5,00	3,16	36,80	63,20
Ort.	5,00	3,35	33,00	67,00
YE1(4)TaH4 (?)	5,00	2,92	41,60	58,40
YE1(1)TaH5/1 (?)	5,00	3,00	40,00	60,00
YE1(1)TaH5/2 (?)	5,00	3,07	38,60	61,40
Ort.	5,00	3,04	39,30	60,70
YE1(2)TaH6/1(?)	5,00	3,06	38,80	61,20
YE1(2)TaH6/2 (?)	5,00	2,78	44,40	55,60
Ort.	5,00	2,92	41,60	58,40
YE1(1)TaH7/1	5,00	2,61	47,80	52,20
YE1(1)TaH7/2	5,00	2,89	42,20	57,80
Ort.	5,00	2,75	45,00	55,00
YE1(2)TaH11/1	5,00	2,86	42,80	57,20
YE1(2)TaH11/2	5,00	3,22	35,60	64,40
Ort.	5,00	3,04	39,20	60,80
YE1(1)TaH12/1	5,00	3,49	30,20	69,80
YE1(1)TaH12/2	5,00	3,32	33,60	66,40
Ort.	5,00	3,41	31,90	68,10
YE1(2)TaH13/1	5,00	3,63	27,40	72,60
YE1(2)TaH13/2	5,00	3,69	26,20	73,80
Ort.	5,00	3,66	26,80	73,20
YE1(2)TaH15/1	5,00	3,26	34,80	65,20
YE1(2)TaH15/2	5,00	3,60	28,00	72,00
Ort.	5,00	3,43	31,40	68,60
YE1(1)TaH17/1	5,00	3,61	27,80	72,20
YE1(1)TaH17/2	5,00	3,04	39,20	60,80
Ort.	5,00	3,33	33,50	66,50
YE1(4)TaH18/1	5,00	3,19	36,20	63,80
YE1(4)TaH18/2	5,00	3,63	27,40	72,60
Ort.	5,00	3,41	31,80	68,20
YE1(2)TaH19/1	5,00	3,64	27,20	72,80
YE1(2)TaH19/2	5,00	3,84	23,20	76,80
Ort.	5,00	3,74	25,20	74,80
YE1(2)TaH20/1	5,00	3,70	26,00	74,00
YE1(2)TaH20/2	5,00	3,43	31,40	68,60
Ort.	5,00	3,57	28,70	71,30

Tablo No: 2, (1) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Agrega ve Bağlayıcı Oranları

örnek kodu	M (örnek)	Mçzm	% (çzm)	% (çöz)
YE1(4)TuH1	5,00	3,08	38,40	61,60
YE1(4)TuH2/1	5,00	3,06	38,80	61,20
YE1(4)TuH2/2	5,00	3,00	40,00	60,00
Ort.	5,00	3,03	39,40	60,60
YE1(2)TuH8/1 (?)	5,00	2,61	47,80	52,20
YE1(2)TuH8/2 (?)	5,00	2,32	53,60	46,40
Ort.	5,00	2,47	50,70	49,30
YE1(2)TuH9/1 (?)	5,00	3,93	21,40	78,60
YE1(2)TuH9/2 (?)	5,00	3,68	26,40	73,60
Ort.	5,00	3,81	23,90	76,10
YE1(4)TuH10/1	5,00	2,79	44,20	55,80
YE1(4)TuH10/2	5,00	2,34	53,20	46,80
Ort.	5,00	2,57	48,70	51,30
YE1(2)TuH14/1	5,00	3,01	39,80	60,20
YE1(2)TuH14/2	5,00	2,91	41,80	58,20
Ort.	5,00	2,96	40,80	59,20
YE1(2)TuH16/1	5,00	3,27	34,60	65,40
YE1(2)TuH16/2	5,00	3,30	34,00	66,00
Ort.	5,00	3,29	34,30	65,70
YE1(3)TuH21/1	5,00	3,56	28,80	71,20
YE1(3)TuH21/2	5,00	3,69	26,20	73,80
Ort.	5,00	3,63	27,50	72,50
YE1(4)TuH22/1 (?)	5,00	3,08	38,40	61,60
YE1(4)TuH22/2 (?)	5,00	3,17	36,60	63,40
Ort.	5,00	3,13	37,50	62,50
YE1(2)TuH23 (?)	5,00	3,29	34,20	65,80
YE1(2)TuH24/1 (?)	5,00	3,91	21,80	78,20
YE1(2)TuH24/2 (?)	5,00	3,56	28,80	71,20
Ort.	5,00	3,74	25,30	74,70
YE1(1)TuH25/1	5,00	3,51	29,80	70,20
YE1(1)TuH25/2	5,00	3,61	27,80	72,20
Ort.	5,00	3,56	28,80	71,20
YE1(2)TuH26/1	5,00	2,82	43,60	56,40
YE1(2)TuH26/2	5,00	2,70	46,00	54,00
Ort.	5,00	2,76	44,80	55,20

Tablo No: 3, (2) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Agrega ve Bağlayıcı Oranları

örnek kodu	M (örnek)	Mçzm	% (çzm)	% (çöz)
YE2(2)TaH1/1	5,00	4,10	18,00	82,00
YE2(2)TaH1/2	5,00	3,60	28,00	72,00
Ort.	5,00	3,85	23,00	77,00
YE2(1)TaH3/1	5,00	3,41	31,80	68,20
YE2(1)TaH3/2	5,00	3,31	33,80	66,20
Ort.	5,00	3,36	32,80	67,20
YE2(1)TaH4/1	5,00	3,13	37,40	62,60
YE2(1)TaH4/2	5,00	3,33	33,40	66,60
Ort.	5,00	3,23	35,40	64,60
YE2(1)TaH5/1	5,00	3,97	20,60	79,40
YE2(1)TaH5/2	5,00	3,94	21,20	78,80
Ort.	5,00	3,96	20,90	79,10
YE2(1)TaH8/1	5,00	2,81	43,80	56,20
YE2(1)TaH8/2	5,00	2,52	49,60	50,40
Ort.	5,00	2,67	46,70	53,30
YE2(?)TaH9/1	5,00	3,23	35,40	64,60
YE2(?)TaH9/2	5,00	3,64	27,20	72,80
Ort.	5,00	3,44	31,30	68,70
YE2(1)TaH10/1	5,00	2,70	46,00	54,00
YE2(1)TaH10/2	5,00	2,71	45,80	54,20
Ort.	5,00	2,71	45,90	54,10

Tablo No: 4, (2) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Agrega ve Bağlayıcı Oranı

örnek kodu	M (örnek)	Mçzm	% (çzm)	% (çöz)
YE2(4')TuH2/1	5,00	3,75	25,00	75,00
YE2(4')TuH2/2	5,00	3,78	24,40	75,60
Ort.	5,00	3,77	24,70	75,30
YE2(2)TuH6/1	5,00	2,80	44,00	56,00
YE2(2)TuH6/2	5,00	2,81	43,80	56,20
Ort.	5,00	2,81	43,90	56,10
YE2(1)TuH7/1	5,00	2,88	42,40	57,60
YE2(1)TuH7/2	5,00	2,86	42,80	57,20
Ort.	5,00	2,87	42,60	57,40
YE2(1)TuH11/1	5,00	3,11	37,80	62,20
YE2(1)TuH11/2	5,00	3,14	37,20	62,80
Ort.	5,00	3,13	37,50	62,50
YE2(2)TuH12/1	5,00	2,95	41,00	59,00
YE2(2)TuH12/2	5,00	2,92	41,60	58,40
Ort.	5,00	2,94	41,30	58,70

Tablo No: 5, (4) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Agrega ve Bağlayıcı Oranları

örnek kodu	m(örnek)	mçzm	% (çzm)	% (çöz)
YE4(1)TaH1/1	5,00	3,60	28,00	72,00
YE4(1)TaH1/2	5,00	3,60	28,00	72,00
Ort.	5,00	3,60	28,00	72,00
YE4(1)TaH2/1	5,00	3,58	28,40	71,60
YE4(1)TaH2/2	5,00	3,66	26,80	73,20
Ort.	5,00	3,62	27,60	72,40
YE4(1)TaH3/1	5,00	2,97	40,60	59,40
YE4(1)TaH3/2	5,00	3,10	38,00	62,00
Ort.	5,00	3,04	39,30	60,70
YE4(1)TaH6/1	5,00	3,19	36,20	63,80
YE4(1)TaH6/2	5,00	3,33	33,40	66,60
Ort.	5,00	3,26	34,80	65,20
YE4(1)TaH7/1	5,00	3,21	35,80	64,20
YE4(1)TaH7/2	5,00	3,17	36,60	63,40
Ort.	5,00	3,19	36,20	63,80
YE4(2)TaH8/1	5,00	3,90	22,00	78,00
YE4(2)TaH8/2	5,00	3,90	22,00	78,00
Ort.	5,00	3,90	22,00	78,00
YE4(2)TaH9/1	5,00	3,42	31,60	68,40
YE4(2)TaH9/2	5,00	3,45	31,00	69,00
Ort.	5,00	3,44	31,30	68,70
YE4(3)TaH16/1	5,00	3,04	39,20	60,80
YE4(3)TaH16/2	5,00	3,08	38,40	61,60
Ort.	5,00	3,06	38,80	61,20
YE4(3)TaH17/1	5,00	2,75	45,00	55,00
YE4(3)TaH17/2	5,00	3,23	35,40	64,60
Ort.	5,00	2,99	40,20	59,80
YE4(4)TaH22/1	5,00	2,87	42,60	57,40
YE4(4)TaH22/2	5,00	2,75	45,00	55,00
Ort.	5,00	2,81	43,80	56,20
YE4(H)TaH27/1	5,00	2,60	48,00	52,00
YE4(H)TaH27/2	5,00	2,89	42,20	57,80
Ort.	5,00	2,75	45,10	54,90
YE4(H)TaH28/1	5,00	2,06	58,80	41,20
YE4(H)TaH28/2	5,00	2,50	50,00	50,00
Ort.	5,00	2,28	54,40	45,60

Tablo No: 6, (4) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Agrega ve Bağlayıcı Oranı

örnek kodu	M (örnek)	Mçzm	% (çzm)	% (çöz)
YE4(1)TuH4/1	5,00	3,17	36,60	63,40
YE4(1)TuH4/2	5,00	3,08	38,40	61,60
Ort.	5,00	3,13	37,50	62,50
YE4(2)TuH10/1	5,00	3,57	28,60	71,40
YE4(2)TuH10/2	5,00	3,31	33,80	66,20
Ort.	5,00	3,44	31,20	68,80
YE4(2)TuH11/1	5,00	3,10	38,00	62,00
YE4(2)TuH11/2	5,00	2,45	51,00	49,00
Ort.	5,00	2,78	44,50	55,50
YE4(2)TuH12/1	5,00	3,52	29,60	70,40
YE4(2)TuH12/2	5,00	3,50	30,00	70,00
Ort.	5,00	3,51	29,80	70,20
YE4(3)TuH14/1	5,00	3,36	32,80	67,20
YE4(3)TuH14/2	5,00	3,42	31,60	68,40
Ort.	5,00	3,39	32,20	67,80
YE4(3)TuH18/1	5,00	3,69	26,20	73,80
YE4(3)TuH18/2	5,00	3,60	28,00	72,00
Ort.	5,00	3,65	27,10	72,90
YE4(4)TuH20/1	5,00	3,11	37,80	62,20
YE4(4)TuH20/2	5,00	2,94	41,20	58,80
Ort.	5,00	3,03	39,50	60,50
YE4(4)TuH23/1	5,00	3,03	39,40	60,60
YE4(4)TuH23/2	5,00	2,81	43,80	56,20
Ort.	5,00	2,92	41,60	58,40
YE4(4')TuH24/1	5,00	3,46	30,80	69,20
YE4(4')TuH24/2	5,00	3,22	35,60	64,40
Ort.	5,00	3,34	33,20	66,80
YE4(4')TuH26/1	5,00	3,13	37,40	62,60
YE4(4')TuH26/2	5,00	3,11	37,80	62,20
Ort.	5,00	3,12	37,60	62,40

**EK: 3B TAŞ VE TUĞLA DUVAR HARÇLARININ
PUZOLANİK AKTİVİTE DEĞERLERİ**

(Luxan Yöntemi)

Tablo No: 1, Puzolanik Aktivite Değerleri

örnek kodu	ΔEC mS/cm
YE1(4)TaH3 (?)	1,90
YE1(1)TaH5 (?)	1,20
YE1(1)TaH17	4,35
YE1(2)TaH19	3,25
YE1(2)TuH9 (?)	1,45
YE1(4)TuH2	3,80
YE1(2)TuH8 (?)	3,70
YE1(4)TuH22 (?)	3,23

örnek kodu	ΔEC mS/cm
YE2(1)TaH3	3,93
YE2(1)TaH4	3,16
YE2(1)TaH5	1,69
YE2(4')TuH2	3,03

örnek kodu	ΔEC mS/cm
YE4(1)TaH2	4,54
YE4(1)TaH6	5,52
YE4(2)TaH8	2,45

(Titrasyon Yöntemi)

**Tablo No: 2, (1) Nolu Evde Taş Duvar
Harçlarının Puzolanik Aktivite Değerleri**

örnek kodu	ΔEC mS/cm
YE1(4)TaH3 (?)	35,9
YE1(4)TaH4 (?)	43,2
YE1(1)TaH5 (?)	5,3
YE1(2)TaH6 (?)	48,0
YE1(1)TaH7	7,8
YE1(2)TaH11	42,3
YE1(1)TaH12	42,2
YE1(2)TaH13	24,3
YE1(2)TaH15	43,3
YE1(1)TaH17	46,0
YE1(4)TaH18	14,7
YE1(2)TaH19	35,0
YE1(2)TaH20	47,7

**Tablo No: 3, (1) Nolu Evde Tuğla Duvar
Harçlarının Puzolanik Aktivite Değerleri**

örnek kodu	ΔEC mS/cm
YE1(4)TuH1	0,0
YE1(4)TuH2	42,8
YE1(2)TuH8 (?)	35,3
YE1(2)TuH9 (?)	7,2
YE1(4)TuH10	25,2
YE1(2)TuH14	24,0
YE1(2)TuH16	39,4
YE1(3)TuH21	38,5
YE1(4)TuH22 (?)	35,6
YE1(2)TuH23 (?)	34,3
YE1(2)TuH24 (?)	38,1
YE1(1)TuH25	34,8
YE1(2)TuH26	41,6

**Tablo No: 4, (2) Nolu Evde Taş Duvar
Harçlarının Puzolanik Aktivite Değerleri**

örnek kodu	ΔEC mS/cm
YE2(2)TaH1	0,0
YE2(1)TaH3	60,7
YE2(1)TaH4	42,0
YE2(1)TaH5	18,3
YE2(1)TaH8	45,6
YE2(?)TaH9	35,7
YE2(1)TaH10	7,2

**Tablo No: 5, (2) Nolu Evde Tuğla Duvar
Harçlarının Puzolanik Aktivite Değerleri**

örnek kodu	ΔEC mS/cm
YE2(4')TuH2	19,8
YE2(2)TuH6	36,1
YE2(1)TuH7	31,3
YE2(1)TuH11	7,2
YE2(2)TuH12	18,3

**Tablo No: 6, (4) Nolu Evde Taş Duvar
Harçlarının Puzolanik Aktivite Değerleri**

örnek kodu	ΔEC mSs/cm
YE4(1)TaH1	22,8
YE4(1)TaH2	38,8
YE4(1)TaH3	24,6
YE4(1)TaH6	47,2
YE4(1)TaH7	28,6
YE4(2)TaH8	10,4
YE4(2)TaH9	32,1
YE4(3)TaH16	23,9
YE4(3)TaH17	22,5
YE4(4)TaH22	27,9
YE4(H)TaH27	31,4
YE4(H)TaH28	26,9

**Tablo No: 7, (4) Nolu Evde Tuğla Duvar
Harçlarının Puzolanik Aktivite Değerleri**

örnek kodu	ΔEC mS/cm
YE4(1)TuH4	2,6
YE4(2)TuH10	0,0
YE4(2)TuH11	18,0
YE4(2)TuH12	19,8
YE4(3)TuH14	10,8
YE4(3)TuH18	44,2
YE4(4)TuH20	22,9
YE4(4)TuH23	21,7
YE4(4')TuH24	0,3
YE4(4')TuH26	6,3

**EK: 3C TAŞ VE TUĞLA DUVAR HARÇLARININ
AGREGA TANE BOYUTU DAĞILIMI**

Tablo No: 1, (1) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Agregatane Boyutu Dağılımı

örnek kodu	%>1000µm	%> 500 µm	%>250 µm	%>125 µm	%<125 µm
YE1(4)TaH3 (?)	43,02	10,83	12,54	24,79	8,83
YE1(4)TaH3 (?)	48,57	11,43	12,38	24,44	3,17
Ort.	45,80	11,13	12,46	24,62	6,00
YE1(4)TaH4 (?)	43,45	18,28	19,31	7,93	11,03
YE1(1)TaH5 (?)	34,34	18,52	22,22	17,85	7,07
YE1(1)TaH5 (?)	38,69	17,05	19,02	16,07	9,18
Ort.	36,52	17,78	20,62	16,96	8,13
YE1(2)TaH6/1(?)	55,26	13,82	12,17	12,17	6,58
YE1(2)TaH6/2 (?)	54,32	14,75	12,59	11,15	7,19
Ort.	54,79	14,28	12,38	11,66	6,89
YE1(1)TaH7	44,79	16,99	14,29	16,99	6,95
YE1(1)TaH7	45,67	16,26	14,19	16,61	7,27
Ort.	45,23	16,63	14,24	16,80	7,11
YE1(2)TaH11/1	51,93	16,49	11,93	12,63	7,02
YE1(2)TaH11/2	47,50	15,00	14,69	15,63	7,19
Ort.	49,71	15,75	13,31	14,13	7,10
YE1(1)TaH12/1	62,82	14,99	9,80	7,49	4,90
YE1(1)TaH12/2	54,24	18,48	11,21	10,91	5,15
Ort.	58,53	16,74	10,51	9,20	5,03
YE1(2)TaH13/1	62,81	9,09	10,74	12,12	5,23
YE1(2)TaH13/2	58,04	10,08	13,08	13,35	5,45
Ort.	60,42	9,59	11,91	12,74	5,34
YE1(2)TaH15/1	39,88	14,11	17,79	20,25	7,98
YE1(2)TaH15/2	38,33	16,39	18,06	20,00	7,22
Ort.	39,11	15,25	17,92	20,12	7,60
YE1(1)TaH17	55,68	14,20	16,76	11,65	1,70
YE1(1)TaH17	43,23	18,15	16,50	13,86	8,25
Ort.	49,46	16,18	16,63	12,75	4,98
YE1(4)TaH18/1	36,59	19,87	16,72	18,93	7,89
YE1(4)TaH18/2	58,17	11,63	11,63	13,30	5,26
Ort.	47,38	15,75	14,18	16,11	6,57
YE1(2)TaH19	53,72	19,56	13,50	10,74	2,48
YE1(2)TaH19	68,75	12,24	9,38	7,81	1,82
Ort.	61,23	15,90	11,44	9,28	2,15
YE1(2)TaH20/1	62,70	16,49	10,54	7,30	2,97
YE1(2)TaH20/2	51,32	21,11	15,84	9,97	1,76
Ort.	57,01	18,80	13,19	8,63	2,37

Tablo No:2, (1) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Agrega Tane Boyutu Dağılımı

örnek kodu	%>1000 μm	%> 500 μm	%>250 μm	%>125 μm	%<125 μm
YE1(4)TuH1	53,27	15,03	14,05	7,19	10,46
YE1(4)TuH2/1	50,33	18,09	13,16	12,17	6,25
YE1(4)TuH2/2	41,95	18,46	17,11	15,10	7,38
Ort.	46,14	18,27	15,14	13,64	6,82
YE1(2)TuH8/1 (?)	43,24	24,71	15,83	11,58	4,63
YE1(2)TuH8/2 (?)	44,83	15,95	15,52	16,38	7,33
Ort.	44,04	20,33	15,67	13,98	5,98
YE1(2)TuH9/1 (?)	45,13	16,92	15,38	15,38	7,18
YE1(2)TuH9/2 (?)	49,04	15,34	15,07	13,70	6,85
Ort.	47,08	16,13	15,23	14,54	7,01
YE1(4)TuH10/1	54,84	17,56	11,83	10,39	5,38
YE1(4)TuH10/2	48,28	20,26	15,09	11,64	4,74
Ort.	51,56	18,91	13,46	11,02	5,06
YE1(2)TuH14/1	34,88	24,25	17,94	15,95	6,98
YE1(2)TuH14/2	40,83	23,18	15,57	14,53	5,88
Ort.	37,86	23,72	16,76	15,24	6,43
YE1(2)TuH16/1	33,44	18,40	18,71	22,39	7,06
YE1(2)TuH16/2	48,48	13,41	14,02	18,29	5,79
Ort.	40,96	15,91	16,37	20,34	6,42
YE1(3)TuH21/1	52,81	15,73	11,52	13,20	6,74
YE1(3)TuH21/2	59,67	11,72	10,35	12,26	5,99
Ort.	56,24	13,72	10,94	12,73	6,37
YE1(4)TuH22/1 (?)	48,70	17,86	16,23	12,99	4,22
YE1(4)TuH22/2 (?)	57,78	12,06	13,02	13,65	3,49
Ort.	53,24	14,96	14,62	13,32	3,86
YE1(2)TuH23 (?)	45,26	16,82	13,46	17,43	7,03
YE1(2)TuH24/1 (?)	61,54	13,85	10,00	9,23	5,38
YE1(2)TuH24/2 (?)	45,63	17,75	15,49	14,65	6,48
Ort.	53,59	15,80	12,75	11,94	5,93
YE1(1)TuH25/1	63,71	12,29	10,57	9,43	4,00
YE1(1)TuH25/2	59,44	13,89	11,67	10,83	4,17
Ort.	61,58	13,09	11,12	10,13	4,08
YE1(2)TuH26/1	48,21	13,57	16,43	10,71	11,07
YE1(2)TuH26/2	44,03	16,04	17,54	10,82	11,57
Ort.	46,12	14,81	16,98	10,77	11,32

Tablo No: 3, (2) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Agrega Tane Boyutu Dağılımı

örnek kodu	%>1000 µm	%> 500 µm	%>250 µm	%>125 µm	%<125 µm
YE2(2)TaH1/1	76,04	7,33	5,38	6,36	4,89
YE2(2)TaH1/2	59,78	12,57	9,22	10,34	8,10
Ort.	67,91	9,95	7,30	8,35	6,50
YE2(1)TaH3/1	59,59	17,11	12,68	8,26	2,36
YE2(1)TaH3/2	51,66	20,54	13,60	9,37	4,83
Ort.	55,62	18,83	13,14	8,81	3,60
YE2(1)TaH4/1	42,95	19,23	15,06	16,03	6,73
YE2(1)TaH4/2	47,13	16,92	13,90	15,41	6,65
Ort.	45,04	18,07	14,48	15,72	6,69
YE2(1)TaH5/1	52,64	18,64	12,85	9,82	6,05
YE2(1)TaH5/2	51,79	19,64	11,48	9,69	7,40
Ort.	52,22	19,14	12,16	9,76	6,72
YE2(1)TaH8/1	58,78	21,15	11,47	6,45	2,15
YE2(1)TaH8/2	54,37	23,02	12,30	7,54	2,78
Ort.	56,57	22,08	11,89	7,00	2,46
YE2(?)TaH9/1	49,53	15,89	11,84	13,71	9,03
YE2(?)TaH9/2	65,19	11,88	9,12	9,12	4,70
Ort.	57,36	13,88	10,48	11,41	6,87
YE2(1)TaH10/1	41,85	18,52	17,41	14,44	7,78
YE2(1)TaH10/2	41,85	18,15	17,04	15,56	7,41
Ort.	41,85	18,33	17,22	15,00	7,59

Tablo No: 4, (2) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Agrega Tane Boyutu Dağılımı

örnek kodu	%>1000 µm	%> 500 µm	%>250 µm	%>125 µm	%<125 µm
YE2(4')TuH2/1	56,00	17,33	12,27	9,87	4,53
YE2(4')TuH2/2	60,64	15,43	11,17	9,31	3,46
Ort.	58,32	16,38	11,72	9,59	4,00
YE2(2)TuH6/1	34,64	18,93	20,71	18,21	7,50
YE2(2)TuH6/2	39,15	16,37	19,22	17,79	7,47
Ort.	36,89	17,65	19,97	18,00	7,49
YE2(1)TuH7/1	41,67	17,36	14,93	15,97	10,07
YE2(1)TuH7/2	41,90	18,66	17,61	15,14	6,69
Ort.	41,78	18,01	16,27	15,56	8,38
YE2(1)TuH11/1	48,22	14,89	14,56	15,53	6,80
YE2(1)TuH11/2	46,50	15,92	13,69	16,56	7,32
Ort.	47,36	15,41	14,13	16,05	7,06
YE2(2)TuH12/1	50,17	16,72	13,31	12,63	7,17
YE2(2)TuH12/2	59,45	12,03	11,00	11,00	6,53
Ort.	54,81	14,38	12,15	11,81	6,85

Tablo No: 5, (4) Nolu Evde Taş Duvar Harçlarının Agrega Tane Boyutu Dağılımı

örnek kodu	%>1000 μm	%> 500 μm	%>250 μm	%>125 μm	%<125 μm
YE4(1)TaH1/1	46,50	19,05	15,13	13,17	6,16
YE4(1)TaH1/2	49,44	16,76	13,97	13,41	6,42
Ort.	47,97	17,90	14,55	13,29	6,29
YE4(1)TaH2/1	41,90	20,39	15,08	15,36	7,26
YE4(1)TaH2/2	48,77	17,26	13,42	14,25	6,30
Ort.	45,33	18,83	14,25	14,80	6,78
YE4(1)TaH3/1	43,10	16,84	13,80	16,16	10,10
YE4(1)TaH3/2	57,79	13,31	10,39	10,71	7,79
Ort.	50,44	15,07	12,10	13,44	8,95
YE4(1)TaH6/1	47,00	18,30	13,88	13,25	7,57
YE4(1)TaH6/2	53,31	15,96	11,75	11,75	7,23
Ort.	50,16	17,13	12,81	12,50	7,40
YE4(1)TaH7/1	55,14	14,02	12,46	12,15	6,23
YE4(1)TaH7/2	57,10	13,56	12,93	10,73	5,68
Ort.	56,12	13,79	12,70	11,44	5,95
YE4(2)TaH8/1	48,45	17,27	15,98	15,21	3,09
YE4(2)TaH8/2	48,13	16,84	16,04	15,78	3,21
Ort.	48,29	17,06	16,01	15,49	3,15
YE4(2)TaH9/1	57,82	14,75	11,80	10,32	5,31
YE4(2)TaH9/2	58,14	15,12	11,05	9,88	5,81
Ort.	57,98	14,93	11,42	10,10	5,56
YE4(3)TaH16/1	52,30	16,45	12,83	11,51	6,91
YE4(3)TaH16/2	52,60	16,56	13,31	11,69	5,84
Ort.	52,45	16,50	13,07	11,60	6,38
YE4(3)TaH17/1	44,69	19,41	15,75	14,65	5,49
YE4(3)TaH17/2	58,51	13,93	11,46	10,84	5,26
Ort.	51,60	16,67	13,60	12,74	5,38
YE4(4)TaH22/1	50,35	9,79	13,99	18,88	6,99
YE4(4)TaH22/2	50,92	12,82	14,29	16,85	5,13
Ort.	50,63	11,31	14,14	17,87	6,06
YE4(H)TaH27/1	45,74	16,28	13,57	15,12	9,30
YE4(H)TaH27/2	52,43	13,54	11,81	13,19	9,03
Ort.	49,08	14,91	12,69	14,16	9,17
YE4(H)TaH28/1	34,31	22,06	15,69	15,20	12,75
YE4(H)TaH28/2	41,94	16,13	14,52	15,73	11,69
Ort.	38,12	19,09	15,10	15,46	12,22

Tablo No: 6, (1) Nolu Evde Tuğla Duvar Harçlarının Agrega Tane Boyutu Dağılımı

örnek kodu	%>1000 μm	%> 500 μm	%>250 μm	%>125 μm	%<125 μm
YE4(1)TuH4/1	59,05	11,75	9,52	13,02	6,67
YE4(1)TuH4/2	51,96	15,03	12,09	13,07	7,84
Ort.	55,50	13,39	10,81	13,04	7,25
YE4(2)TuH10/1	65,73	15,17	9,83	7,02	2,25
YE4(2)TuH10/2	53,17	13,29	19,64	9,67	4,23
Ort.	59,45	14,23	14,73	8,35	3,24
YE4(2)TuH11/1	48,70	17,53	12,99	14,61	6,17
YE4(2)TuH11/2	41,80	20,49	16,80	16,39	4,51
Ort.	45,25	19,01	14,90	15,50	5,34
YE4(2)TuH12/1	55,97	11,93	10,80	12,50	8,81
YE4(2)TuH12/2	50,00	14,29	12,57	14,00	9,14
Ort.	52,98	13,11	11,68	13,25	8,97
YE4(3)TuH14/1	32,34	17,96	20,06	19,46	10,18
YE4(3)TuH14/2	41,94	16,42	16,72	16,13	8,80
Ort.	37,14	17,19	18,39	17,80	9,49
YE4(3)TuH18/1	47,14	20,16	14,99	12,53	5,18
YE4(3)TuH18/2	61,94	14,17	10,83	9,17	3,89
Ort.	54,54	17,17	12,91	10,85	4,53
YE4(4)TuH20/1	58,06	14,19	11,61	11,29	4,84
YE4(4)TuH20/2	48,81	16,72	13,31	13,99	7,17
Ort.	53,43	15,46	12,46	12,64	6,00
YE4(4)TuH23/1	58,61	13,25	11,92	10,93	5,30
YE4(4)TuH23/2	51,07	18,93	13,21	11,43	5,36
Ort.	54,84	16,09	12,57	11,18	5,33
YE4(4')TuH24/1	43,31	18,31	15,99	15,99	6,40
YE4(4')TuH24/2	27,19	17,81	20,31	27,50	7,19
Ort.	35,25	18,06	18,15	21,74	6,79
YE4(4')TuH26/1	46,65	18,53	14,38	13,10	7,35
YE4(4')TuH26/2	51,13	17,48	13,27	12,30	5,83
Ort.	48,89	17,48	13,82	12,70	6,59

**EK: 4 (1), (2) VE (4) NOLU EVLERİN HARÇLARINA AİT
AGREGA FOTOĞRAFLARI (>1000 µm)**

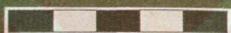
Tablo No: 1 (1.) Yapı Evresine Ait Örnekler



YE2(1)TaH4



YE2(1)TaH5



YE2(1)TaH5



YE2(1)TuH11



YE2(1)TuH11



YE2(1)TaH3



YE2(1)TaH3



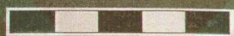
YE2(1)TuH7



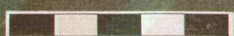
YE2(1)TuH7



YE4(1)TuH4



YE4(1)TuH4



YE4(1)TaH3



YE4(1)TaH3



YE4(1)TaH6



YE4(1)TaH6



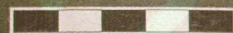
YE4(1)TaH7



YE4(1)TaH7



YE4(1)TaH2



YE4(1)TaH2



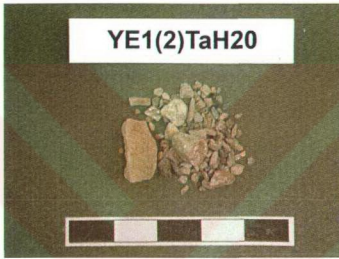
YE4(1)TaH1



YE4(1)TaH1



Tablo No: 2 (2.) Yapı Evresine Ait Örnekler



YE1(2)TuH24(?)



YE1(2)TuH24 (?)



YE1(2)TaH19



YE1(2)TaH19



YE1(2)TaH13



YE1(2)TaH13



YE1(2)TaH6 (?)



YE1(2)TuH8 (?)



YE1(2)TuH8 (?)



YE1(2)TaH15



YE1(2)TaH15



YE1(2)TuH14



YE1(2)TuH26



YE1(2)TuH26



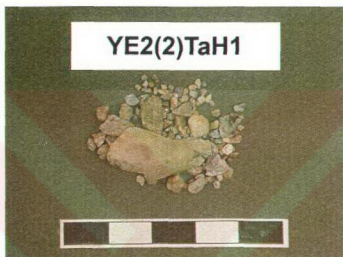
YE1(2)TuH9 (?)



YE1(2)TuH9 (?)



YE2(2)TaH1



YE2(2)TuH6



YE2(2)TuH6



YE2(2)TuH12



YE2(2)TuH12



YE4(2)TuH12



YE4(2)TaH8



YE4(2)TaH8



YE4(2)TuH11



YE4(2)TuH11



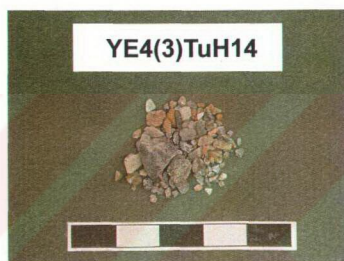
YE4(2)TaH9



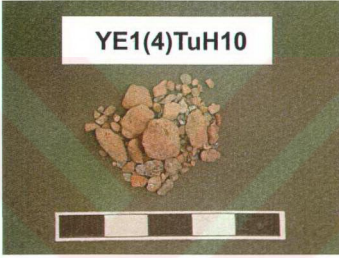


Tablo No: 3 (3.) Yapı Evresine Ait Örnekler





Tablo No: 4 (4.) Yapı Evresine Ait Örnekler



YE1(4)TuH22 (?)



YE1(4)TuH22 (?)



YE1(4)TaH3 (?)



YE1(4)TaH3 (?)



YE1(4)TuH2



YE1(4)TuH2



YE4(4)TuH20



YE4(4)TuH20



YE4(4)TuH23



YE4(4)TuH23



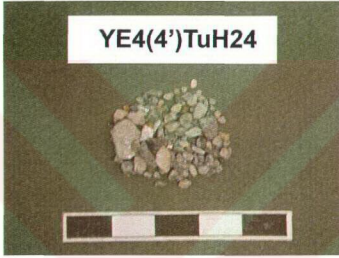
YE4(4)TaH22



YE4(4)TaH22



Tablo No: 5 (4'.) Yapı Evresine Ait Örnekler



Tablo No: 6 Yapı Evresi Belli Olmayan Örnekler



Tablo No: 7 Hellenistik Yapı Evresine Ait Örnekler



EK: 5 TERİMLER SÖZLÜĞÜ

Agat havan: Katı maddeleri toz haline getirmek için kullanılan agat'dan yapılmış havan.

Agat: Mikrokristalin yapıda SiO_2 in oluşturduğu çok sert bir mineral.

Agora: Antik Yunan şehirlerinde ticari, resmi, adli ve dini fonksiyonları olan açık alan.

Agrega: Harçta dolgu maddesi olarak kullanılan madde/ maddeler.

Alae: Antik Roma evlerinde atriumun iki tarafında yer alan ata kültüne ait mekanlara verilen isim.

Albit şist: Albit mineralince zengin, yapraklı yapı gösteren başkalaşım kökenli bir kayaç.

Albit: $\text{Na}_2\text{AlSi}_3\text{O}_8$ bileşimli bir feldspat grubu minerali.

Alkali oksitler: Sodyum, potasyum gibi alkali metallerin oksijenle oluşturdukları bileşikler.

Altar: Üzerinde kurban kesilen ve tanrıya sunu yapılan masaya benzer, yüksekçe olan genellikle taştan ve yuvarlak veya dörtgen şekilde yapılan, kurban kanlarının akmasına mahsus bir deliği olan mimari öge.

Amfibol: Bir tür silikat mineral grubu (Ca, Mg, Fe , Al silikat).

Amphora: İki kulplu dibi çoğunlukla sivri olan veya bir ayakla biten, şarap, zeytinyağı gibi sıvıları ve katı maddeleri korumak ve taşımak için antik dönemde kullanılan kap.

Anhidrat: Su içermeyen kalsiyum sülfat.

Apoditerium: Antik Roma hamamlarında soyunma bölümü.

Arkad: Sütunlarla taşınan duvara bağlı veya ayrı, üstü örtülü, uzunlamasına gelişmiş mekan.

Arşimed ağırlık: Suyun kaldırma kuvvetinin etkisini içeren ağırlık.

Atrium: Antik Roma evlerinin ortasında yer alan iç avlu.

Balneum: Antik Roma mimarlığında küçük boyutta özel ya da genel hamam.

Bazilika: Bazilika mimarlık tarihinde biçimini ve fonksiyonunu en uzun süre koruyan bir yapı tipidir. İlk bazilikalar Romalılar tarafından yapılmıştır. Roma bazilikasının din dışı kamusal işlevi olurdu. Örneğin, hukukla ilgili işlerin görüldüğü

mahkemeler bu yapıların içinde kurulurdu. Roma bazilikalarını örnek alan Hristiyan bazilikaları ise dinsel anlamda bir yapı olarak gelişmiş ve ilk Hristiyan kiliselerine örnek teşkil etmişlerdir.

Biklinium: Antik Roma'da iki kişinin uzanarak yemek yiyebildiği bir tür kanape.

Caldarium: Antik Roma hamamlarında sıcak bölüm.

Compluvium: Antik Roma evlerinde atriumu örten çatının ortasında bulunan kare ya da dikdörtgen açıklık.

Cubiculum: Antik Roma evlerinde atriumun etrafında yer alan misafirlere ve ev halkına mahsus sade ve küçük odalara verilen isim.

Culina: Antik Roma evinde mutfak.

Çözelti: İki veya daha fazla maddenin oluşturduğu homojen görünüşlü karışım.

Damıtık su: Saf su.

Derişim: Bir çözeltide çözülmüş madde miktarı, genelde litrede mol sayısı olarak verilir.

Domus: Romalılarda bağımsız aile konutu.

Eksedra: Dikdörtgen ya da yarım daire şeklinde heykel koymaya, bazen oturmaya yarayan, kendisinden daha geniş bir mekana eklenendirilen açık ve yüksekçe mimari mekan ögesi.

Epidot: Bir tür silikat minerali (Ca, Fe, Al silikat).

Epigram: Çok kısa şiirlere verilen isim.

Esneklik modülü: Maddenin kuvvet altında değişme özelliğinin veya dayanıklılığının bir ifadesi.

Etüv: Sıcaklığı 200°C'ye kadar çıkabilen bir tür fırın.

Fauces: Antik Roma evinde giriş mekanı.

Feldspat: Bir tür silikat mineral grubu (albit, ortoklas, plajiolklas vb.).

Frigidarium: Antik Roma hamamlarında içinde havuz da bulunan soğuk bölüm.

Friz: Antik mimarlıkta korniş ile arşitrav arasında kalan ve çoğunlukla kabartmalarla ya da heykeltraşlık eserleriyle süslü yatay kısım. Zamanla frizin anlamı genişlemiş ve herhangi bir yerde yatay ve devamlılık gösteren süsler için de kullanılmaya başlamıştır.

Graffiti: Yapıların kullanım sürecinde duvar yüzeylerinde, çizme, boyama, kazıma vb. değişik tekniklerle yapılan resim, grafik ve yazılar.

Hacim: Maddenin kapladığı üç boyutlu alan.

Hemihidrat: Jipsin, suyunun büyük bir kısmını kaybetmiş şekli.

Hidrolik kireç harçları: Hidrolik kireç kullanarak veya saf kireci puzolanik nitelik taşıyan agregalarla birlikte kullanarak hidrolik kireç harçları üretilir. Hidrolik harçlar kalsiyum silikat hidrat (C-S-H), kalsiyum alüminat hidrat (C-A-H) oluştururlar. Oluşan bu ürünler hidrolik harçların, hidrolik olmayanlara göre daha yüksek mekanik özelliklere sahip olmasını sağlarlar.

Hortus: Antik Roma evinin arkasında yer alan bahçe.

Impluvium: Antik Roma evlerinde atriumun ortasında bulunan, yağmur sularının toplandığı dörtgen havuz.

İndikatör: Tepkimenin tamamlandığını görmek için kullanılan madde.

İnsula: *Antik Roma'da kısım kısım kiralanen evlerin bulunduğu birkaç katlı yapılara verilen ad, *Antik çağda sokaklar arasında kalan, bir ya da daha fazla evi kapsayan parsellenmiş alanlara verilen isim.

Jips: Kalsiyum sülfat minerali, kimyasal formülü $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Kalsinasyon: Minerallerin ısıtma ile değişikliğe uğraması.

Kalsit: CaCO_3 bileşimli bir mineral.

Kalsiyum Silikat Hidrat (C- S- H) Oluşumları: Yapısında su bulunan kalsiyum silikat (puzolanik tepkime ürünleri).

Karbonatlaşma: Kalsiyum hidroksidin karbon dioksitle birleşmesi olayı.

Karbonik asit: Karbon dioksidin su ile tepkimeye girerek oluşturduğu asit (H_2CO_3).

Keramik: Arkeolojide sadece pişmiş topraktan yapılmış çanak, çömleği belirtmek için kullanılır.

Kil: 2 mikronun altındaki büyüklükte taneciklerden oluşan bir toprak bileşeni.

Kireç: Kalsiyum oksit ve/ veya kalsiyum hidroksit.

Kireçtaşı: Kalsit mineralinden oluşmuş tortul kökenli bir kayaç.

Kline: Antikitede dinlenmek ya da yemek yemek için üzerine uzanılan uzun bir çeşit mobilya.

Kompleks silikatlar: Yapısı basit bir şekilde ifade edilemeyen ve silisyum içeren maddeler.

Kuvars şist: Kuvars mineralince zengin, yapraklı yapı gösteren başkalaşım kökenli bir kayaç.

Kuvars: Kristal yapıda kum (SiO_2).

Kuvars: SiO_2 bileşimli sertliği 7 olan bir mineral.

Kütle: Maddenin eylemsizliği.

Labrum: Antik Roma'da banyo teknesi.

Lararium: Antik Roma evlerinde ibadete ayrılan kutsal köşe ya da küçük tapınma mekanı.

Latrina: Antik Roma'da tuvalet, duvar boyunca yüksekçe bir seki üzerine açılmış deliklerden oluşmaktaydı.

Metamorfik kaya kırıntıları: Başkalaşım kayalarına ait parçalar.

Mika şist: Mika minerallerince (biotit, muskovit, klorit vs.) zengin, yapraklı yapı gösteren başkalaşım kökenli bir kayaç.

Mika: Tabakalı silikatlar sınıfında bir mineral grubu.

Mikritik: Çok küçük (micron boyutunda) kristal yapıda olma.

Mineral kırıntıları: Minerallere ait parçalar, kırıntılar.

Mineral: Doğal olarak oluşmuş, belli bir kimyasal bileşime sahip (fakat genelde sabit olmayan), düzenli bir iç yapı gösteren, genellikle anorganik işlevlerle oluşturulmuş, homojen ve katı cisimler.

Mineralojik Analiz: Mineral bileşiminin bulunması.

Mitolojik: Masal, efsane. Söz ve bilgi kelimelerinden oluşur ve çok tanrılı dinlerde tanrı ve yarı tanrıların yaşantılarını, insanlarla ilişkilerini, diğer efsanevi yaratıklar hakkındaki öyküleri içeren efsaneler bilgisi anlamında kullanılır. Yunan ve Roma sanatçıları mitolojiden esinlenerek pek çok ürün vermişlerdir.

Muskovit: Beyaz renkli bir tür mika minerali (Ca, K ve OH, Al silikat).

Musalar: Esin perileri. Musaların kendilerine özgü efsaneleri yoktur, tanrıların bütün şenliklerinde şarkı söyler, dans ederler. Adları hemen hemen bütün şiirlerde geçer.

Natürel: Doğada rastlandığı gibi, doğaya uygun olan, doğa güçlerine, kurallarına uyan, doğal, tabii.

Nymphaeum: Yunan mitolojisinde su, orman, dağ perileri olan nymphalara adanmış, Yunan ve Roma mimarisinde görülen kayaya oyulmuş ev biçimli, sütun dizileri ve heykellerle bezenmiş, nişli anıtsal çeşme yapılarına verilen isim.

Oecus: Antik Roma evlerinde peristylin gerisinde bahçeye nazır geniş oda.

Olivin: Bir tür silikat minerali (Fe, Mg, SiO_2).

Opal CT: Su içeren mikrokristalli yapıda silisten oluşmuş bir mineral.

Optik mikroskop: Görünen ışığı kullanarak maddeleri büyüten düzenek.

Opus sectile: Roma ve Bizans Dönemlerinde çeşitli biçim ve boyutlarda kesilmiş renkli mermer parçalarının yanyana dizilişiyile yapılan bir tür zemin döşemesi kaplaması.

Paye: Yapıda duvar örme yöntemleriyle yapılmış kare, dikdörtgen, daire ya da çokgen planlı düşey taşıyıcı.

Peristyl Avlu: Etrafı sütunlarla çevrili avlu. Peristyl avlu M.Ö. 4. yüzyıl ve Hellenistik Çağ mimarlığında önemli rol oynamıştır.

Petrografik Analiz: Kayaçların mineral bileşimi, dokusu ve mineral yüzdelерinin belirlendiği analiz.

Polarizan mikroskop: Işığı tek düzlemde titreşir hale getiren polarizasyon aygıtları ile donatılmış mikroskop.

Polietilen: Polimerik bir madde.

Portal: Taçkapı.

Posticum: Antik Roma evlerinde en arkada kalan bölüm.

Praefurnium: Antik Roma hamamında külhan bölümü, ılık ve sıcak bölümlerin ısıtılması amacıyla ateşin yandığı yer.

Puzolan: Puzolanik aktivitesi yüksek madde.

Resepsiyon: Resmî ziyafet, kabul töreni.

Ritüel: Ayin, tören.

Serpantin: Mg ve OH içeren bir tür silikat mineral grubu.

Serpantinit: Serpantin grubu minerallerinin oluşturduğu sabunsu görünümlü bir kayaç.

Sönmemiş kireç: Kireçtaşının ısıtılması ile oluşan madde (CaO).

Sönmüş kireç: Sönmemiş kirecin su ile tepkimesi sonucu oluşan madde (Ca(OH)₂)

Standart çözelti: Derişimi tam olarak bilinen çözelti.

Stuko: Alçı ya da sönmüş kireç, tebeşir, beyaz mermer tozu, yumurta akı, tutkal ve su karıştırılarak yapılan bir çeşit siva. Yüzeye bezeli veya düz olarak uygulanır ve genellikle perdahlanırdı.

Stylobat: Antik mimarlıkta yapının üzerine oturduğu, toprak üstünde kalan, sütunları taşıyan bezemeli silmeli üst temel.

Taberna: Antik mimarlıkta portiklerin gerisinde yer alan tek ya da çift sıra dükkanlar. Genel olarak bir yanından caddeye açılan dikdörtgen planlı oda.

Tablinum: Antik Roma evlerinde üç yönden kapalı, ön cephesi atriuma açık oda. Bu oda önceleri yemek odası, sonra salon, daha sonra da kıymetli eşyaları koymak için kullanılan bir odadır.

Tarama elektron mikroskobu (SEM): Elektron ışığını kullanarak maddeleri incelemekte kullanılan düzene.

Tepidarium: Antik Roma hamamlarında ılık bölüm.

Tepkime: İki veya daha çok maddenin birleşip, değişik yapıda yeni madde/ maddeler oluşması.

Titrasyon: Derişimi bilinen bir çözeltiyi yavaş yavaş akıtarak diğer bir madde ile tepkimeye sokma işlemi.

Triclinium: Antik Roma evlerinde bir masa etrafına at nalı şeklinde üç adet olarak dizilen ve üzerine uzanılarak içki içilip, yemek yenen kerevetli yatakların bulunduğu geniş ve büyük yemek odası.

Tubuli: Antik Roma hamamında sıcak hava dolaşımını sağlamak için duvar içlerinde yapılmış kanal ya da tüp biçimli pişmiş topraktan özel yollar.

Ultrasonik: Yüksek ses dalga boyunda titreşim verme.

Vestibulum: Antik Roma evinde giriş mekanı.

X-ışınları toz diffraksiyonu (XRD) analizleri: Dalga boyu 10^{-8} cm dolayında olan X ışınları (röntgen ışınları) yardımıyla maddelerin mineral şekillerinin belirlenmesi.

EK: 6 KISALTMALAR

CaO: Sönmemiş kireç.

Ca(OH)₂: Sönmüş kireç.

CaCO₃: Kireçtaşı.

C-A-H: Kalsiyum alüminat hidrat ($\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

C-S-H: Kalsiyum silikat hidrat ($\text{CaO SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

D: Örneklerin birim hacim ağırlığı.

EDTA: Etilendiyamintetraasetat.

EDX: X- ışınları analizörü.

E_{mod}: Esneklik modülü.

I: Ultrasonik dalganın geçiş mesafesi.

M: Ağırlık.

m_{arş}: Su içindeki ağırlık.

m_{çöz}: Örneğin çözünen kısmının ağırlığı.

m_{çzm}: Örneğin çözünmeyen kısmının ağırlığı.

m_{kuru}: kuru ağırlık.

m_{örn}: Örneğin kuru ağırlığı.

MPa: Mega paskal.

m_{sda}: Suya doymuş ağırlık.

P: Gözeneklilik.

SEM: Tarama elektron mikroskobu.

t: Geçiş zamanı.

V: Dalga hızı.

XRD: X- ışınları toz difraksiyonu.

v_{dyn}: Poisson oranı