

21829

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL BİZANS MİMARİSİNDE KULLANILAN TUĞLANIN
FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ**

DOKTORA TEZİ

Y. Mimar Yegân KÂHYA

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Aralık 1991

Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Mart 1992

Tezin Danışmanı : Prof. Dr. Metin AHUNBAY

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Doğan KUBAN

Prof. Dr. Ömür BAKIRER

MART 1992

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, konunun belirlenmesinden elde edilen ipuçlarının değerlendirilmesine kadar her aşamada, ilgisi, desteği ve yönlendirici katkılarıyla Danışmanım Prof.Dr.Metin Ahunbay daima yol gösterici olmuştur. Kendisine teşekkürden daha fazlasını borçluyum. Aynı şekilde, başta Prof.Doğan Kuban ve Prof.Dr. Zeynep Ahunbay olmak üzere, uygun bir çalışma ve eleştiri ortamı içinde fikirlerinden yararlandığım İTÜ Mimarlık Fakültesi Restorasyon ve Mimarlık Tarihi Anabilim Dalları'nın öğretim üye ve yardımcılarına da burada teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Birden fazla konunun arakesitinde yapılan bu çalışma, kaçınılmaz olarak bazı konuların uzmanlarının da görüşlerinin alınmasını gerekli kılmıştır. Bu doğrultuda, başlangıçta benim için oldukça yabancı olan laboratuvar çalışmalarının gerçekleştirilmesinde yardımcı olan İTÜ Maden Fakültesi Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı ve İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Anabilim Dalı'nın bütün üye ve yardımcıları ile adı geçen birimlerin laboratuvar teknisyenlerine teşekkür ederim. Çalışmanın biçimlenişi ve gelişimi sırasında yapıcı eleştirilerinden yararlandığım Prof.Dr.Süheyl Akman, Prof.Dr. Nihat Toydemir, Prof.Dr.Erol Gürdal, Prof.Müfit Yorulmaz, Prof.Dr.- Mehmet Uyan ve Y.Doç.Dr.Mustafa Erdoğan'a, ince kesitleri büyük bir titizlikle değerlendiren Jeoloji Yük.Müh.Aynur Üzgül'e, aynı konudaki yardımlarından dolayı Jeoloji Yük.Müh. Mehmet Ocakçı'ya, kendileriyle karşılıklı tartışma ve bilgilenme olanağı bulduğum Dr.Şükran Dilmaç, Dr.Fahriye Mazlum, Jeoloji Yük.Müh.Haluk Bayraktar ve Kimya Yük.-Müh.Ahmet Güleç'e, Tekirdağ çevresindeki fırınlara dikkatimi çeken Dr.Gülsün Tanyeli ve Dr.Uğur Tanyeli'ne, yapılardan numune alınması sırasındaki zorlu arazi çalışmalarının büyük bir kısmında yardımcı olan Y.Mimar Ahmet Bulut'a, Ayasofya ve İshakpaşa Hamamı'ndan örnek alınmasını sağlayan Yük.Mimar Restoratör Çiğdem Karamanoğlu ve Mimar Mehmet Erdal'a, bazı çevirilerde yardımlarını esirgemeyen Kimya Y. Müh.Katherina Türker, Arkeolog Eva Şarлак, Y.Mimar Sema Soygeniş ve Y.Mimar Murat Soygeniş'e, çalışmanın değişik aşamalarındaki katkılardan dolayı Araş.Gör.Seyhan Altun, Y.Doç.Dr.Ömer Altun, Yük. Mimar Kâni Kuzucular ve Arkeolog Ayyüz Toydemir'e, şekil ve grafikleri özenle temize çizen Mimar Arzu Öztürk'e, yazım işlemlerini titizlikle gerçekleştiren Nevresnur Onur'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın bir bölümünü destekleyen A.R.I.T. (American Research Institute in Turkey)'e de ayrıca teşekkür ederim. Maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme ise ödenmesi olanaksız bir borçluluk duymaktayım.

Yegân Kâhya
Aralık 1991

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
NOTASYON LİSTESİ	VI
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. GELENEKSEL YAPI MALZEMESİ "TUĞLA"	6
2.1. TUĞLA ÜRETİM SÜRECİ	6
2.2. TUĞLA ÜRETİMİNİN ÖRGÜTLENMESİ	11
2.3. TUĞLA ÜRETİMİNİN YAPILDIĞI YERLER	13
BÖLÜM 3. İSTANBUL BİZANS MİMARİSİNDE TUĞLA KULLANIMI	16
3.1. ÖRGÜ TEKNİĞİ ÖZELLİKLERİ	16
3.1.1. Duvar	16
3.1.2. Ürtü	19
3.2. BOYUTSAL ÖZELLİKLER	20
BÖLÜM 4. İNCELENEN YAPILAR	25
4.1. BİZANS DÖNEMİ YAPILARI	25
4.1.1. Hippodrom/Sphendone	25
4.1.2. Mumhane Duvarı	26
4.1.3. Karpos-Papylos Martyrion'u	27
4.1.4. II.Ayasofya	28
4.1.5. Karasurları 95 No.lu Kule	29
4.1.6. Aetios Sarnıcı	30
4.1.7. Acem Ağa Mescidi / Chalkoprateia Meryem Ana Kilisesi	31
4.1.8. Aspar Sarnıcı	32
4.1.9. İmrahor Camisi / Studios'un Johannes Kilisesi	33
4.1.10. Hagios Polyeuktos	35
4.1.11. Karasurları 54 No.lu Kule	36

4.1.12. Karasurları 56 No.lu Kule	37
4.1.13. Karasurları B.15 No.lu Kule	37
4.1.14. Bodrum Camisi / Myrelaion	38
4.1.15. Karasurları 57 No.lu Kule	39
4.1.16. Bukoleon Sarayı	40
4.1.17. Karasurları 4 No.lu Kule	42
4.1.18. Zeyrek Kilise Camisi / Pantokrator Kilisesi	42
4.1.19. Tekfur Sarayı	44
4.2. ERKEN OSMANLI DÖNEMİ YAPILARI	45
4.2.1. Tahtakale Hamamı	45
4.2.2. Davutpaşa Medresesi	46
4.2.3. İshakpaşa Hamamı	47
4.2.4. Beyazıt Hamamı	47
 BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMA	 49
5.1. YAPIDAN ÖRNEK ALINMASI	49
5.2. DENEY ARAÇ VE YÖNTEMLERİ	49
5.3. UYGULANAN DENEYLER	51
5.3.1. Fiziksel Özelliklere İlişkin Deneyler	51
5.3.1.1. Birim Hacim Ağırlık	51
5.3.1.1.1. Kuru Birim Hacim Ağırlık	52
5.3.1.1.2. Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık	52
5.3.1.2. Üzgöl Ağırlık	52
5.3.1.3. Su Emme	53
5.3.1.3.1. Ağırlıkça Su Emme	53
5.3.1.3.2. Hacimce Su Emme	53
5.3.1.4. Porozite	53
5.3.2. Mekanik Özelliklere İlişkin Deneyler	54
5.3.2.1. Sertlik	54
5.3.2.1.1. Çizme Yöntemi ile Sertlik Tespiti	55
5.3.2.1.2. Geri Tepme Yöntemi ile Sertlik Tespiti	55
5.3.2.1.3. İz Yapma Yöntemi ile Sertlik Tespiti	56
5.3.2.2. Ultrases	56
5.3.2.3. Basınç Dayanımı	57
5.3.2.4. Petrografik Analiz	58
5.4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	58
5.4.1. Bizans Döneminin Değerlendirilmesi	58
5.4.2. Erken Osmanlı Tuğlası ile Karşılaştırma	68

5.4.3.	Günümüz Tuğlası ve Standartlarla Karşılaştırma	69
5.4.3.1.	Harman Tuğlası ile Karşılaştırma	69
5.4.3.2.	Fabrikasyon Tuğla ile Karşılaştırma	71
BÖLÜM 6.	SONUÇLAR	77
REFERANSLAR		80
EKLER		
EK A.	HARİTALAR	96
EK B.	TUĞLA BOYUT ÇİZELGELERİ	99
EK C.	FOTOĞRAFLAR	109
EK D.	DENEY SONUÇ TABLOLARI	133
ÖZGEÇMİŞ		146

NOTASYON LİSTESİ

Tuğla Numune Kodları

SP	Hippodrom/Sphenzone
MU	Mumhane Duvarı
PK	Karpos-Papylos Martyrion'u
AY	Aya Sofya
95-1, 95-2, 95-3	İstanbul Karasurları 95 No.lu Kule
KS	Aetios Sarnıcı
CA	Acem Ağa Mescidi/Chalkoprateia
A1, A2, A3	Aspar Sarnıcı
İM	İmrahor Camisi/Studios'un Johannes Kilisesi
P1, P2, PÜ	Hagios Polyeuktos
54	İstanbul Karasurları 54 No.lu Kule
56	İstanbul Karasurları 56 No.lu Kule
PN1, PN2	İstanbul Karasurları B.15 No.lu Kule
B	Bodrum Camisi/Myrelaion
57	İstanbul Karasurları 57 No.lu Kule
BU	Bukoleon Sarayı
Y4	İstanbul Karasurları 4 No.lu Kule
ZP	Zeyrek Kilise Camisi/Pantokrator Kilisesi
TF	Tekfur Sarayı
TH	Tahtakale Hamamı
DM	Davutpaşa Medresesi
İS	İshakpaşa Hamamı
BH	Beyazıt Hamamı
KT	Kurt Harman Tuğlası
KO	Kılıçoğlu Dolu Tuğla

Renk Kodları

HUE 10 R	5/3 zayıf kırmızı
	6/3 soluk kırmızı
HUE 2.5 YR	5/4 kırmızımsı kahverengi
	5/6 kırmızı
	5/8 kırmızı
	6/4 açık kırmızımsı kahverengi
	6/6 açık kırmızı
HUE 5 YR	4/6 sarımsı kırmızı
	5/4 kırmızımsı kahverengi
	5/6 sarımsı kırmızı
	5/8 sarımsı kırmızı
	6/4 açık kırmızımsı kahverengi
	6/6 kırmızımsı sarı
	6/8 kırmızımsı sarı
	7/6 kırmızımsı sarı
HUE 7.5 YR	6/4 açık kahverengi
	6/6 kırmızımsı sarı

ÖZET

Mimarlık Tarihi ile Yapı Malzemesi konularının arakesitinde yapılan bu çalışma, İstanbul'daki Bizans yapılarında kullanılan tuğlanın özelliklerini laboratuvar deneylerine dayalı olarak inceleyerek, bu konuda bir ölçüde ilgi eksikliğinden doğan boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Alan araştırması, laboratuvar analizleri, kitaplık-arşiv araştırmaları ve değerlendirme aşamalarından oluşan bu tez çalışmasında konular altı ana başlıkta sunulmuştur. Tezin girişini oluşturan 1.Bölüm'de, çalışmanın amacı, kapsamı ve uygulanan araştırma yöntemi ayrıntılı olarak açıklanmış, bu konuda daha önce yapılmış olan çalışmalar özetlenmiştir. Geleneksel üretimde tuğla malzemenin özelliklerini daha çok hammaddenin niteliği ile tuğlacının bilgi ve deneyimi belirlemektedir. Tecrübe yoluyla ustadan çırağa aktarılan bilgiler geniş bir zaman dilimi içinde çok yavaş gelişmiştir. İlkel yöntemlere dayalı bu üretim süreci Bölüm 2.1'de ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu üretimin Bizans dönemindeki organizasyonu Bölüm 2.2'de tartışılmış, üretim yapılan yerlere ilişkin olarak elde edilen bazı ipuçları ise Bölüm 2.3'de değerlendirilmiştir. 3.Bölüm, iki başlıkta incelenmiştir. Birinci alt bölümde tuğla malzemenin Bizans yapılarında kullanıldığı yerler ve kullanılış biçimine değinilmiş, ikincisinde ise Bizans tuğlasının biçimsel ve boyutsal özellikleri, Roma ve Osmanlı tuğlası ile karşılaştırmalı bir perspektifte incelenmiştir. Yine bu bölümde, İstanbul'da sık olarak kullanılan tuğla boyutları ve bu boyutların Bizans ölçü birimleriyle ilişkileri araştırılmıştır. Bu boyutların kronolojik olarak incelenmesiyle de bazı sonuçlara ulaşılmıştır. Laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere tuğla örnek alınmasına izin verilen yapılar 4. Bölüm'de kronolojik bir düzende sunulmuştur. Çalışmanın 5.Bölümü'nü, bu yapılardan alınan tuğla örnekler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları oluşturmaktadır. Saplanan deney programı çerçevesinde 'karot' tuğla numuneleri üzerinde fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesine yönelik deneyler yapılmıştır. Bizans tuğla üretiminin düzeyini tartışabilmek için aynı deneyler, Erken Osmanlı tuğlası, çağdaş harman tuğla ve fabrikasyon tuğla üzerinde de yinelenmiştir. Laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlar Bölüm 5.4'de değerlendirilmiştir. Bulgular, Bizans tuğlasının fiziksel ve özellikle de mekanik özellikleri açısından oldukça iyi nitelikler taşıdığını göstermektedir. Günümüzden yüzyıllarca önce üretilen bu tuğlalar, aynı üretim yönteminin uygulandığı bugünkü harman tuğlalarından çok, tamamen endüstriyel yöntemlerle elde edilen çağdaş fabrika tuğlalarına daha yakın özellikler taşımaktadırlar. Genel sonuçları içeren 6.Bölüm'de, bölümlerden derlenen veriler toplu olarak değerlendirilmiş, Bizans tuğla teknolojisinin geleneksel yöntemlerle ulaştığı düzey nedenleriyle tartışılarak Bizans ustalarının üretimin her aşamasını denetleyebildikleri bir bilgi birikimi ve deneyime sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmanın sonunda dört ek bulunmaktadır. Ek A'da İstanbul ve Trakya'daki tuğla üretim merkezlerini gösteren haritalar yer almaktadır. Ek B'de, incelenen yapılarda ölçülen tuğla boyutlarının dökümü verilmiştir. Konulara ilişkin fotoğraflar, metin içinde bahsedildikleri sıraya göre Ek C'de sunulmuştur. Ek D ise yapılan deneylerin ayrıntılı sonuçlarını içeren tablolar şeklinde düzenlenmiştir.

SUMMARY

CHARACTERISTICS OF BRICK USED IN BYZANTINE ARCHITECTURE IN ISTANBUL

Brick has been used in buildings since ancient times. Its widespread adoption was due to such factors as its raw material being readily available, its durability and the possibility that it could be produced in almost infinite variety of forms in a short time.

Appreciating the value and versatility of the material, Romans made use of it in great quantities. It was also favoured by the Byzantines as is reflected by the surviving examples of their architecture. Architectural historians have devoted their attention rather to the artistic features of brick usage in Byzantine architecture; its physical properties as a building material has been neglected. This dissertation aims at filling this gap by conducting laboratory research on cylindrical specimens taken from Byzantine buildings in Istanbul. This study, which consists of field work, laboratory tests, archival research and data assessment is presented in six chapters.

The first chapter of the dissertation is devoted to the introduction to the subject, namely the purpose and the methodology of the research.

Chapter 2 introduces the data on the traditional methods of production and the production at brickyards. In traditional production, the quality of the raw material on one side and the knowledge and experience of the brickmaker on the other side, determined the quality of the brick. The transfer of experience from seniors to apprentices was a slow and long process in history. Unfortunately, there is not much information about the production methods of Byzantine builders. Considering the fact that production methods did not change much in the course of centuries, one can say that conventional brick production methods adopted today are quite similar to the production system used in Byzantine era. Brick production has four phases. First the raw material -clay- is quarried and cleaned of impurities.

Then it is mixed with water to have the right consistency. The dough is then shaped by using molds. When the bricks are dry, they are ready for firing in the kiln. In section 2.1. the production process using traditional technology is studied in detail. Brick production in Byzantine period, with special reference to the organization of production, brick makers guild and the rules for professional inspection are discussed in section 2.2.

Due to the scarcity of published information on places of brick production, some assumptions were made by assessment of Ottoman documents. Ottoman documents concerning brick and tile production for Istanbul disclose the localities where these building materials were produced. Further research on kiln remains confirmed the fact that there were two main production sites during Ottoman period. One of these was the coasts of the Golden Horn, sited at villages like Hasköy, Piripaşa, Eyüp, Harmanlar and Karaağaç. Traditional brick production continued along these coasts until 1970's. The other centre was near Tekirdağ, at such localities as Hore (Hoşköy), Mürefte, Kalamış, Ereklı (Eriklice), Ganos (Gaziköy) and Kiraz (Kirazlı). Kilns at these sites are still active in traditional brick production, meeting the modern needs of the region.

It is significant that brick kilns were usually established near clay ore beds. Thus Ottoman historic data and our observations at the same sites may be taken as evidence that the same areas served for brick production during the Byzantine period. This assumption is backed up by the fact that the village of Piripaşa on the Golden Horn was known as the "Keremitya" in Byzantine period. The fact that for the reconstruction of the Valens Aqueduct (765/6) brickmakers were summoned from Thrace confirms this assumption.

The dimensional properties of brick, its use in combination with other materials and the way it was used in Byzantine buildings are discussed in Chapter 3. With the beginning of Byzantine period, brick became the major building material for walls and roofing. Brick usage reached its maximum during Paleologan period with specially shaped ornamental tiles. The special brick production and its usage during Late Byzantine period manifests the advanced level of production. In this chapter, physical properties of Byzantine brick are compared with Roman and Ottoman bricks. By means of field survey, first the dimensions of commonly used bricks were determined and then the results were related to the Byzantine measurement systems. The ratio of shrinkage was taken into consideration. According to the data, assumptions were made

on the size of Byzantine brick molds. It was possible to reach some conclusions about changes in brick sizes by chronological examination of the thickness and length of bricks used in Byzantine buildings in Istanbul.

In general, a considerable decrease in brick lengths was observed in time. This result was reached by comparing the lengths of bricks from different buildings. It was also possible to distinguish different construction periods by the sizes of bricks in some buildings. As regards the thickness of bricks, no considerable change was observed during the Byzantine era. Due to the haphazard nature of the variations in brick thicknesses, it was not possible to come to definite conclusions.

In the fourth chapter, the buildings from which the brick samples were taken for laboratory experiments, are listed chronologically. Brick samples were also taken from the Early Ottoman period buildings for a comparative study. Due to the fact that some institutions refused permission to take brick specimens by drilling, many important monuments from Paleologan Period like the Church of Chora. Monastery, the Church of Pammakaristos Monastery, the Church of Lips Monastery, Kilise Camisi, Ese Kapı Mescidi could not be included in this study. In this chapter, the construction dates of walls, from which the samples were taken have been determined; brick coursing and material properties have also been specified through detailed survey and analysis of the buildings included in the survey.

The most significant part of the dissertation, Chapter 5, contains laboratory experiments on bricks which were produced hundred of years ago and are still in good condition. Experiments, on apparent density, water absorption (by weight and volume), porosity, hardness (Mohs), ultrasound and compression were carried on cylindrical specimens with a diameter of 2.5 cm and a height of 5.0 cm. Real density was tested on the powdered specimen taken from the same brick. Schmidt hardness was tested on the building. In order to test the mineralogical structures of bricks, thin sections of specimens were prepared.

The results of the experiments were evaluated under three main headings in Section 5.4. The first sub-section is about the physical and mechanical properties of Byzantine brick. The change of these properties in time has been reviewed also. The second and third sub-sections were devoted to comparative analysis. In order to have a better estimation of Byzantine brick production, the results of tests on Byzantine specimens were compared with results obtained from Early Ottoman and contemporary bricks which

were produced with similar technology within the same geographical area. Observing that the properties of Byzantine bricks were far too superior to the traditionally produced bricks; comparison between industrially produced and Byzantine brick was made in the third sub-section. The properties of Byzantine bricks are also checked against the modern Turkish standards. The results indicated that physical and especially mechanical properties of Byzantine bricks have higher values than TS 704 suggested values for contemporary bricks. Especially with their compressive strenghts which varied between 17 N/mm² and 35 N/mm², the Byzantine bricks approached the quality of today's B.225 concrete and in some examples like the Cistern Aetios, the towers B15 and 56 from the Land Walls, the church of St.Polyeuktos, the church of the Pantocrator and Tekfur Saray they even surpassed this value considerably. Although the Ottoman bricks were also produced by using the same method, they could not reach the same quality. According to the results of tests, it was possible to demarcate four consecutive periods namely 4th-6th C., 8th-10th C., 11th-12th C. and the Late Byzantine period within the Byzantine era which spans almost a thousand years.

Chapter six, which includes the conclusions of the research on Byzantine bricks in Istanbul contains discussions on the level of technology of Byzantine bricks under the light of findings of Chapter five and the remaining sections.

All results confirm that there is a developed brick production, parallel to its dense usage in Byzantine architecture. The high level that the Byzantine brick technology reached by traditional methods can be explained by the careful and efficient production at that time. It is evident that Byzantine foremans had great knowledge and experience by which they were able to control all the production procedure from the preparation of the clay up to the molding, drying and firing stages. The production methods of this period were so developed that, Byzantine bricks, possess mechanical properties similar to the contemporary industrially produced bricks', rather than the properties of today's traditionally produced bricks.

Although the chronological order established by this research on Byzantine bricks seems quite meaningful, we think that it should be considered with caution due to the limited number of cases included in the survey. Nevertheless, the results may initiate further research on the subject and if the results of future studies on the subject with increased number of specimens from more buildings confirm our finds, it will be possible to use this method for dating Byzantine buildings along with the

assessment of other data like the quality of the brick, historical sources and construction details. When the method is justified, it will probably contribute to determination of approximate construction dates for buildings of unknown dates, even if it will fall within wide intervals like centuries.

At the end of the study, there is an appendix which consists of four sections. The first (Ek A) includes maps showing the brick production sites in Istanbul and in Thrace. The list of brick measurements taken from the surveyed buildings is given in (Ek B). Related photographic material is presented in (Ek C), in the order of its appearance in the text. (Ek D) contains the tables comprising the details of the results of the tests conducted on the specimens.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bugüne kadar 'Çağdaş Yapı Malzemesi' üzerinde ayrıntılı birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, 'Geleneksel Yapı Malzemesi' konusundaki çalışmaların sayısı yok denecek kadar azdır. Bu nedenle, bu malzemeler ve özellikleri henüz yeterince tanınmamakta; bilinenler de çağdaş malzeme kaynaklarıyla geleneksel malzemenin ilişkisini tespit etmede yetersiz kalmaktadır. Bu konuda yapılacak çalışmalar, malzeme bilgisi ve mimarlık tarihi açısından sözü edilen bilgi eksikliğini gidermenin yanı sıra, onarım çalışmalarında kullanılacak yeni malzemelerin üretiminde de bir baz oluşturacaktır. Bu doğrultuda yapılan bu tez çalışması, İstanbul'daki Bizans (*) yapılarında yoğun olarak kullanılan tuğlanın fiziksel özelliklerini laboratuvar deneylerine dayalı olarak belirlemeyi hedeflemektedir.

Geleneksel yapı malzemesi olarak tuğla, oldukça erken tarihlerden beri yapıyı oluşturan esas bileşenlerden biri, bazen de en önde geleni olmuş; aynı boyutta, çok sayıda ve hızlı üretilen hazır bir yapı elemanı olarak yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Bilinen en erken örneklerle, MÖ 3500'lerde Anadolu'nun yakın çevresinde Mısır ve Mezopotamya'da rastlanmaktadır. Bu kullanım, Bizans döneminde öylesine yoğun ve öncelikli bir düzeye ulaşmıştır ki, Bizans Mimarlığı'nın karakteristik görüntüsünün oluşmasında tuğla malzeme en önemli unsur olmuştur. Bütün bunlara rağmen Bizans tuğlası bugüne kadar pek az incelemenin konusunu oluşturmuştur. Yapılmış olan çalışmalar, yapı monografilerinde ve yapı tekniği konusunda hazırlanmış olan araştırmalarda bahsedilen tuğla kullanımından öteye gitmemektedir ki, bunların pek çoğu tuğlanın niteliklerinden çok, yapıda kullanılış biçimine yöneliktir. Bu nedenle Bizans döneminde tuğla malzemenin fiziksel özellikleri bugün de bilinmezliğini büyük ölçüde sürdürmektedir.

(*) Bugünkü Mimarlık Tarihi, İstanbul'un geç antik dönem mimarisini Roma Dönemi içinde saymakta ve ancak 6.yüzyıldan sonra 'Bizans Mimarisi' şeklinde anmak eğilimindedir. Bununla birlikte, bu çalışmada ifade kolaylığı açısından Konstantin Dönemi'nden Osmanlı Dönemi'ne kadarki İstanbul Mimarisi, Bizans Mimarisi olarak adlandırılmıştır.

Bizans yapım teknikleri konusunda yapılmış ilk araştırma, 'L'art de batir chez les Byzantins'dir [1]. A.Choisy, bu eserinde, Bizans duvarını oluşturan malzemelerin ve dolayısıyla tuğlanın duvar örgüsündeki kullanımına ilişkin bilgiler de vermektedir. Bizans yapım tekniğinin İstanbul ve Batı Anadolu'daki ana çizgilerini belirleyen iki önemli çalışma, Deichmann [2] ve Ward-Perkins'e [3] aittir. Bu çalışmalar kapsamında, tuğlanın bu dönem mimarlığındaki yeri de ortaya konulmaktadır. A.M.Schneider'in Bizans duvarının örgü yöntemleri ve bunların zaman içinde gösterdikleri değişimleri içeren küçük denemesi ise çok genel bir değerlendirme olmakla birlikte, bu konudaki başvuru niteliğini bugün de sürdürmektedir [4]. E.Reusche'nin Balkanlar'daki Bizans duvarının görsel özelliklerini incelediği tezi de Bizans tuğlası konusunda bazı ipuçları içermektedir [5]. Ağırlıklı olarak duvar örgü tekniği özelliklerine değinilen bu tezde, tuğlanın üretimi ve boyutsal özellikleri konusunda da kısaca bilgi verilmektedir. Bu konuda deneyselle dönük kayda değer bir çalışma, D.Thode'nin geç antik dönemin kubbeli yapılarını strüktürel davranışları açısından incelediği araştırmasıdır [6]. Ayasofya, Pantheon ve San Vitale'deki taşıyıcı sistemi oluşturan malzemelerin özelliklerinin de incelendiği bu araştırma, örnek sayısı ve deneyler açısından çok sınırlı olmakla birlikte bu tez çalışmasına en yakın düşen yöntemleri kullanmıştır. Görüldüğü gibi sayılan bu çalışmaların hemen hiçbirisi tuğlanın fiziksel niteliklerine ilişkin bilgiler içermezler. Bunlar genellikle tuğlanın yapıda kullanılış biçimine yönelik çalışmalardır.

Doğrudan tuğlayı konu alan çalışmalar ise daha çok çağdaş yöntemlerle üretilen tuğlanın fiziksel özelliklerini belirlemeye yönelik teknik bilgileri içermektedirler. Bu konuda N.Toydemir'e ait iki çalışmadan sözedilebilir. Bunlardan ilki, pişmiş toprak kökenli bütün yapı malzemelerinin türleri, üretim yöntemleri, TS normlarına göre fiziksel, kimyasal, mekanik ve teknolojik özellikleri, yapıda kullanıldığı yerler ve uygulanma şekilleri hakkında bilgileri içerir [7]. İkincisi ise, pişmiş toprak yapı malzemesinin fiziksel ve mekanik niteliklerinin, malzemenin bileşenleri ve pişirme koşullarına bağlı olarak incelendiği ve rasyonel üretim olanaklarının araştırıldığı deneysel bir çalışmadır [8].

Fiziksel özellikleri konusundaki boşluğun yanı sıra, Bizans tuğlasının üretim yöntemi, bu faaliyetin örgütlenme biçimi ve üretimin

yapıldığı yerler de konunun bir başka bilinmeyen yönünü oluşturmaktadır. Daha sistematik olarak araştırılan Roma'nın aksine, bu konuda henüz yeterince ilgi görmeyen Bizans dönemindeki bu eksikliği, aynı dönemde Yunanistan'daki durumu inceleyen K.Theocharidou da vurgulamaktadır [9]. Theocharidou'nun makalesi, bu konuda yapılmış, oldukça kapsamlı sayılabilecek önemli bir araştırmadır.

Tuğla malzemenin özelliklerini belirlemeye yönelik bu araştırma, alan çalışması, laboratuvar analizleri, kitaplık-arşiv araştırmaları ve değerlendirme aşamalarından oluşturulmuş ve bunlar tez içinde altı ana başlıkta sunulmuştur. Girişten sonra, geleneksel yolla üretilen tuğlanın yapı malzemesi olarak ele alındığı 2.bölümde, tuğlanın üretim süreci, yöntemleri, üretiminin yapıldığı yerler ve bu üretimin organizasyonu incelenmiştir. Bizans döneminde tuğla üretilen yerlere ait bilgilerin zayıflığı nedeniyle Osmanlı dönemine yönelinmiş, Bizans için referans olabilecek bazı bilgiler Başbakanlık Arşivi'nde bulunan özgün Osmanlıca belgelerden ve A.Refik'in bazı arşiv belgelerinden derlediği eserlerinden [10] elde edilmiştir. Bu konuda, yapı monografilerinin içinde de küçük ipuçlarına rastlanmıştır. Bu verilerin yanı sıra, eski üretim yerleri ve bu üretimin günümüzdeki uzantılarının araştırılmasıyla elde edilen bilgilere dayanılarak Bizans dönemi için bir yoruma ulaşılmıştır.

Daha çok birim tuğlanın özelliklerini belirlemeyi amaçlayan bu tezde, Bizans yapım tekniklerinin ve malzeme boyutlarının araştırılması, kapsam dışında tutulmuştur. Ancak yine de sözkonusu malzemenin yapıda kullanıldığı yerler ve diğer malzemelerle biraraya geliş biçimi ile boyutsal özelliklerine 3.bölümde "İstanbul Bizans Mimarisinde Tuğla Kullanımı" başlığı altında kısaca yer verilmiştir. Bu yolla, tuğlada aranan özellikler, üretim miktarları ve kalıpların biçim ve boyutları hakkında fikir edinmenin kolaylaşacağı düşünülmüştür.

4.bölümde de, numune alınabilen yapılar kronolojik bir düzende sunulmuştur. Çalışmadaki en büyük güçlük, sözkonusu yapı listesinin oluşturulması aşamasında karşılaşılmıştır. Kullanılır durumdaki sağlam yapılardan, bunlara fiziksel ve görsel zarar vermeden numune almak oldukça zor olmuştur. Duvar malzemesinin çözüklü olması nedeniyle bu işlemin oldukça kolay olabileceği harap durumdaki yapılardan örnek

almak için yapılan girişimlere de bazı kurumlar olumsuz yanıt vermişlerdir. Dolayısıyla, özellikle Palaiologoslar döneminin pekçok önemli yapısı (Kariye Camisi, Fethiye Camisi, Fenari İsa Camisi, Kilise Camisi, Ese Kapı Mescidi gibi) araştırma kapsamında dışında kalmıştır. Erken Bizans'tan İstanbul'un fethine kadar geçen süre içinde inşa edilmiş yapılardan oluşturulan kronolojik listede boşluklar olması bu durumun kaçınılmaz sonucudur. Bizans'la bir karşılaştırma yapmak üzere, Bizans egemenliğinin hemen ardından Osmanlılar'ın İstanbul'da inşa ettikleri ilk yapılardan da tuğla örnekleri alınmıştır. İncelenen bütün yapıların örgü tekniği ve malzeme özellikleri her yapı için ayrı ayrı belirlenmiştir. Dolayısıyla, özellikle pek çok onarım görmüş ve kısmen yenilenmiş yapılarda, mimarlık tarihi kaynakları ve yapıların gözlenebilen mimari ve yapım tekniği özelliklerinin ayrıntılı olarak araştırılması gerekmiştir. Aksi belirtilmedikçe, verilen boyutsal değerler ve duvar örgü tekniğine ilişkin bilgilerin tümü yapılar üzerinde gerçekleştirilen ayrıntılı çalışmalarla elde edilmiştir. Tuğla malzemenin boyutlarını doğru saptamak amacıyla her yapıdan mümkün olduğunca çok ölçü alınmış, 0.1 cm hassasiyetle ölçülen bu değerler içinde en sık rastlanan rakam, o yapıda kullanılan tuğla boyutu olarak verilmiş, bu değerden iki yöne doğru sapmalar, en küçük (min.), ve en büyük (max.) boyutlar olarak ayrıca belirtilmiştir. Bunların yanısıra ölçülen bütün tuğla boyutları eklerde çizelgeler halinde verilmiştir (Ek B). Tuğla kuşaklarının kalınlıkları, dizinin en altındaki tuğla sırasının altından, en üstteki tuğlanın üst kenarına kadar olan mesafe olarak ölçülmüştür. Taş sıraları da aynı şekilde ölçülendirilmiştir. Sırf tuğla olan yapılarda 10 tuğla + 9 derz sırasının yüksekliği esas alınmıştır. Yeni bir düzenlemenin getireceği karışıklığı önlemek üzere yapı adları W.Müller-Wiener'e [11] göre verilmiş, İstanbul Karasurları kule numaralarında ise B.Meyer-Plath, A.M.Schneider'in [12] numaralama sistemi aynen kullanılmıştır. Tuğlaların renkleri ise, Munsell Renk Kataloğu [13] esas alınarak belirlenmiştir.

Çalışmadaki en büyük ağırlığı, yüzlerce yıl önce üretilmiş ve halen yapılarda kullanılmakta olan tuğlalar üzerinde yapılan ve 5.bölümde sunulan deney çalışmaları oluşturmuştur. Çağdaş malzeme için gerekli teknik bilgileri içeren mevcut literatürde geleneksel malzemelere ilişkin verilerin bulunmaması, karşılaştırmada kullanılacak değerlerin bu çalışma kapsamında elde edilmesini zorunlu kılmıştır.

Bu doğrultuda, sağlıklı bir değerlendirme için örnek sayısı olanaklar ölçüsünde çoğaltılmaya çalışılmıştır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesiyle Bizans tuğlalarının niteliklerinde zamana bağlı bir gelişme olup olmadığı sorusu yanıtlanmaya çalışılmış, bu dönemin tuğlaları, aynı coğrafi ortam ve koşullarda üretilen Osmanlı tuğlası, bugünkü harman tuğlası ve bunların yanısıra çağdaş fabrikasyon tuğla ile de karşılaştırılarak, Bizans tuğla teknolojisinin düzeyi saptanmaya çalışılmıştır.

Malzemenin özelliklerini belirlemeye yönelik böyle bir çalışmada tuğla hamurunun içeriğinin bilinmesi, yapılacak olan karşılaştırmalara yeni boyutlar getirecektir. Bunun yanısıra, üretimde kullanılan kilin niteliklerinin saptanması ve bugünkü kil yataklarının ayrıntılı incelenmesiyle de sözkonusu dönemin üretim yerlerine ilişkin ipuçlarına ulaşılabilir. Bu noktada, ancak başka konuların uzmanlarının katkılarıyla gerçekleştirilebilecek kimyasal analizlerin eksikliği gözardı edilemez. Birden fazla uzmanlık alanının arakesitinde kalan bu konuda, bundan sonra özellikle malzeme ve malzeme kimyası konusunda yapılacak çalışmalar, henüz yeterince yanıtlanmamış pek çok soruya açıklık kazandıracaktır.

BÖLÜM 2- GELENEKSEL YAPI MALZEMESİ "TUĞLA"

2.1. TUĞLA ÜRETİM SÜRECİ

Tuğla, kolaylıkla çok sayıda üretilebilen bir yapı malzemesidir. Bu nedenle eski dönemlerden (Eski Mısır ve Eski Mezopotamya) beri yapılarda oldukça yaygın bir kullanıma sahip olmuştur. 18.yüzyılda Sanayi Devrimi sonucu makineleşmeyle birlikte üretiminde büyük gelişmeler kaydedilen pişmiş toprak yapı malzemesi, bu yüzyıla kadar ilkel yöntemlerle üretilmiş, tecrübe yoluyla ustadan çırağa aktarılan bilgiler geniş bir zaman dilimi içinde çok yavaş gelişmiştir. Geleneksel üretimde, tuğla malzemenin özelliklerini daha çok hammaddenin niteliği ile tuğlacının bilgi ve deneyimi belirlemiştir. Eskidenberi bilinen, günümüzde de hala uygulanmakta olan bu üretim biçiminin Bizans dönemindeki ayrıntılarına ilişkin çok az bilgi vardır. Bu konuda bilinenler daha çok bugünkü gözlem ve incelemelere dayanmaktadır. Geleneksel yöntemlerin uzun yıllar boyunca önemli sayılabilecek değişiklikler göstermediği gözönünde tutularak, bugünkü geleneksel üretim süreci ve ilkelerinin, Bizans dönemindeki durumu da ifade edeceğini varsaymak yanlış olmayacaktır.

İlkel yöntemlere dayalı bu üretimin ana malzemesi kildir. Tuğla üretiminde genellikle, sularla taşınarak düzlük alanlarda çöken killi, kumlu alüvyonlar, killi şistlerin ayrışmasından oluşmuş kilce zengin topraklar ve Neojen devrinde göllerde ve akarsularda biriken tortular kullanılır [14]. Doğadan elde edilen bu malzemenin esas kimyasal bileşenleri alüminyum hidrosilikatlardır. Çoğu kez önemli miktarlarda demir, toprak alkaliler ve alkali metaller de içerir [15]. Kil, sularla yer değiştirdiği takdirde kuvars, feldspat, mika, demir oksit, magnezyum oksit, jips, kalsit ve pirit gibi minerallerle karışmış olarak bulunur [16]. Hatta bazen hayvan ve bitki fosilleri ve suda çözünebilir tuzlar da içerir [17].

Tuğla malzemenin üretim süreci dört ayrı aşamada incelenebilir. Bunlar kilin çıkarılması ve hamurun hazırlanması, şekillendirme, kurutma ve pişirme safhalarıdır.

BÖLÜM 2- GELENEKSEL YAPI MALZEMESİ "TUĞLA"

2.1. TUĞLA ÜRETİM SÜRECİ

Tuğla, kolaylıkla çok sayıda üretilebilen bir yapı malzemesidir. Bu nedenle eski dönemlerden (Eski Mısır ve Eski Mezopotamya) beri yapılarda oldukça yaygın bir kullanıma sahip olmuştur. 18.yüzyılda Sanayi Devrimi sonucu makineleşmeyle birlikte üretiminde büyük gelişmeler kaydedilen pişmiş toprak yapı malzemesi, bu yüzyıla kadar ilkel yöntemlerle üretilmiş, tecrübe yoluyla ustadan çırağa aktarılan bilgiler geniş bir zaman dilimi içinde çok yavaş gelişmiştir. Geleneksel üretimde, tuğla malzemenin özelliklerini daha çok hammaddenin niteliği ile tuğlacının bilgi ve deneyimi belirlemiştir. Eskidenberi bilinen, günümüzde de hala uygulanmakta olan bu üretim biçiminin Bizans dönemindeki ayrıntılarına ilişkin çok az bilgi vardır. Bu konuda bilinenler daha çok bugünkü gözlem ve incelemelere dayanmaktadır. Geleneksel yöntemlerin uzun yıllar boyunca önemli sayılabilecek değişiklikler göstermediği gözönünde tutularak, bugünkü geleneksel üretim süreci ve ilkelerinin, Bizans dönemindeki durumu da ifade edeceğini varsaymak yanlış olmayacaktır.

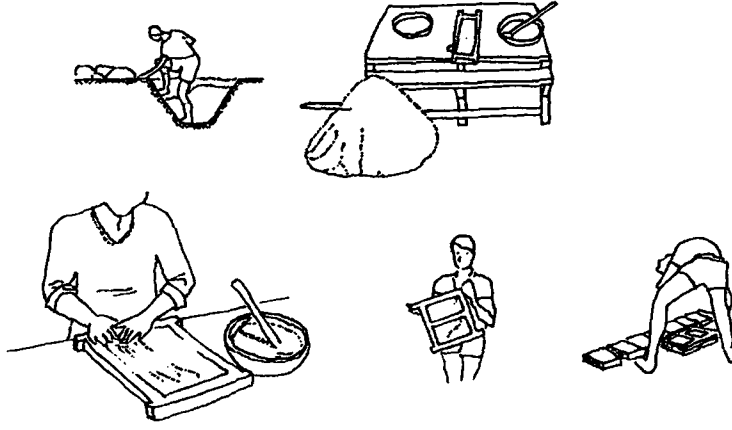
İlkel yöntemlere dayalı bu üretimin ana malzemesi kildir. Tuğla üretiminde genellikle, sularla taşınarak düzlük alanlarda çöken killi, kumlu alüvyonlar, killi şistlerin ayrışmasından oluşmuş kilce zengin topraklar ve Neojen devrinde göllerde ve akarsularda biriken tortular kullanılır [14]. Doğadan elde edilen bu malzemenin esas kimyasal bileşenleri alüminyum hidrosilikatlardır. Çoğu kez önemli miktarlarda demir, toprak alkaliler ve alkali metaller de içerir [15]. Kil, sularla yer değiştirdiği takdirde kuvars, feldspat, mika, demir oksit, magnezyum oksit, jips, kalsit ve pirit gibi minerallerle karışmış olarak bulunur [16]. Hatta bazen hayvan ve bitki fosilleri ve suda çözünebilir tuzlar da içerir [17].

Tuğla malzemenin üretim süreci dört ayrı aşamada incelenebilir. Bunlar kilin çıkarılması ve hamurun hazırlanması, şekillendirme, kurutma ve pişirme safhalarıdır.

Geleneksel yolla tuğla üretiminde kullanılan killeri, işlenmeleri oldukça kolay kil yataklarından elde edilen veya dere ve nehir yataklarında biriken killeri olmaları nedeniyle nemli ve yumuşaktırlar, dolayısıyla kazma ve çapa kullanılarak insan gücüyle kolayca çıkarılırlar [18]. Bu killeri daha sonra ıslak bir ortamda bekletilerek işlenebilme ve şekil verilebilme özelliklerinin artması sağlanır. Malzemenin niteliğine bağlı olarak bir gece ila bir hafta arasında süren bu bekletme, çalışma alanında önceden hazırlanmış olan tekne biçiminde bir çukurda gerçekleştirilir (Ek C. Foto 3). Evliya Çelebi bu dindendirme işlemini "ol tıyni gemilerden çıkarub mi'cene doldururlar. Kırk gün kadar havalandıktan ammaller içine girup peşt-i pa ile tah-nir ederler..." diyerek anlatmaktadır [19]. Killeri ve killi toprakları jeolojik yapılarına bağlı olarak her zaman üretime uygun bileşim ve granülometrik yapıda olmazlar. Bunlara istenilen özelliklerin kazandırılabilmesi için içlerine çoğu kez yabancı maddeler katılır. Bu maddelerin en önemlisi olan kum, kilin kıvamını dengeleyerek büzülme-yi kontrol eder [20]. İyi bir tuğla elde etmek için hamurun karışımı mümkün olduğunca homojen olmalıdır. Bunu sağlamak için kil malzeme, içindeki istenmeyen maddeler (kaba taneler ve kaya parçaları) ayıklanıp, gerekenler de ilave edildikten sonra yeterli ve gerekli miktarda su ile birlikte ezilerek karıştırılmalıdır. Ancak, geleneksel yöntemle yapılan üretimde bu iyileştirme ve ayıklama işlemi yerine, baştan uygun kilin seçilmesine çalışılmaktadır.

Su ile karıştırılıp yoğrulduğunda ele yapışmayacak kıvama gelen ve üzerine basıldığında parmak izlerini gösteren bir çamur, şekillendirilebilecek kıvama gelmiş demektir. Deri sertliğindeki [21] bu malzeme, bulunduğu çukurdan çalışma tezgahına taşınarak burada ahşap [22] kalıplara dökülür (*) (Ek C. Foto 4). Bu safhada tuğlacı, hamuru kalıbın içine sıkıştırarak yerleştirir. Kalıp üzerinde kalan fazla malzemeyi sıyrarak aldıktan sonra kalıbın yüzeyini düzeltir, kumlu veya kumlandırılmış düz bir zemin üzerine ters çevirerek kurumaya bırakır (Şekil 2.1). Kalıpların içleri, hamurun kolay çıkarılabilmesi için her defasında bir miktar kumla sıvanır. Kalıplar, üretilecek tuğlanın boyutuna bağlı olarak, taşınabilecek ağırlıkta olmak üzere

(*) Theocharidou, tuğla üretiminde ahşap kalıpların yanı sıra metal kalıpların da kullanıldığını belirtmektedir [23].



Şekil 2.1. Geleneksel yolla tuğla üretim biçimi

iki ya da üç gözlü olarak yapılır. Bizans tuğlalarının boyutlarının büyüklüğü (Ek B. Çizelge B.1) nedeniyle bu dönem kalıplarının tek gözlü olduğu düşünülebilir. Kalıbın tabanında bazen üretici, üretimi yaptıran kişi veya kullanılacak yapıya ilişkin [24] bir marka, önceden hazırlanmış olmaktadır. Başka bir damgalama yöntemi de tuğlanın ilk kurutulması sırasında mühüre benzeyen ahşap veya bronz bir aletle malzemenin üzerine bastırılmasıdır. Bu yöntem İstanbul'daki Bizans tuğlalarında yaygın olarak kullanılmıştır. Tabanı olan kalıpların yanı sıra, Bizans'ın orta ve geç döneminde Yunanistan'da yaygın olarak, çerçeve şeklinde altı açık kalıpların kullanıldığı bilinmektedir [25]. Bu kalıpların İstanbul'da kullanıldığına ilişkin bilgi yoktur.

Kurutma, kilin içine şekillendirme amacıyla katılan suyun fazlasının çıkarılması işlemidir. Bu ilkel üretim sisteminde kurutma işlemi açık havada atmosfer koşullarında yapılır. Kuruma sırasında, içindeki suyun buharlaşmasıyla kil katılaşır ve malzeme kendini taşıyabilecek kadar mukavemet kazanır. Bu sırada malzemede oluşan büzülme, buharlaşma oranı ile doğru orantılı olarak artar. Aşırı büzülme malzemede istenmeyen geniş ve büyük çatlaklara neden olur. Ön kurutma malzemenin doğru hazırlandığı konusunda ilk kontrolü sağlar. Bu sırada hamur kıvamının uygun olmadığı görülürse, malzeme yeniden iyileştirilir. Ancak tuğlacının deneyimi nedeniyle pratikte bu durumla genellikle karşılaşılmaz. Nitelikli bir tuğla elde etmek için tuğlanın bütün yüzlerinin homojen olarak kurutulması gereklidir. Vitruvius, mimarlık üzerine yazmış olduğu kitabında tuğlaların düzgün kuruyabilmeleri için kurutmanın baharda veya sonbaharda yapılması gerektiğine

işaret eder [26]. Yaz aylarında yapılan kurutmada kızgın güneşle dış yüzeylerin hızla kuruyup, içlerin nemli kalması nedeniyle malzemede oluşan farklı büzölmeler sonucu önce kuruyan kısımlarda çatlak ve yarılmalar görölebilmektedir. Ancak mevsimlik olan bu çalışmada kısa sürede çok miktarda tuğla üretmek sözkonusu olduğundan günümüzde çalışma mevsimi içindeki yağmursuz geçen her gün kurutma yapılmaktadır. Ancak, yapılan deneylerde, yazın kurutulan tuğlaların niteliklerinin çok düşük olduğu görölmüştür (Bölüm 5.4.3.1). Ön kurutma büyük bir depo alanı gerektirdiği için tuğlacı, sergi alanında kumlu zemine dizdiği tuğlaları 24 saat beklettikten sonra aralarında havalandırma kanalları olacak şekilde üstüste istifler (Ek C. Foto 5). Aralarında mesafe kalacak şekilde birbirine paralel dizilmiş ikili tuğla sıraları, yönleri değiştirilerek birbiri üzerine dik konulur. Bu şekilde oluşturulan 10'lu tuğla kümeleri 3-4 gün daha açık hava koşullarında bekletilir. Tuğlanın içine kadar kurutulması çok önemlidir. Aksi takdirde pişme sırasında, tuğlanın içinde çatlaklara neden olan buhar basıncı oluşur ve tuğla istenilen mukavemete ulaşamaz. Bu nedenle kurutma mevsiminin yanı sıra, tuğlanın kurutulma süresi de özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Kalıpla şekillendirilmiş malzeme, kurutma işlemi ile taşıma ve istif etme gibi hareketlere dayanacak hale getirildikten sonra, hazırlandığı alanda oluşturulan harmanlarda pişirilmesine geçilir. Pişirilecek malzemenin üstüste yığılmasıyla meydana getirilen bu fırınlara "sahra fırını" [27] veya "harman tipi ocak" [28] adı verilir (Ek C. Foto 6). Tuğla üretiminde yaygın olarak kullanılan bu fırınlar, yağışların çalışmalarını engellemesini önlemek için bahar veya yaz aylarında oluşturulurlar. Bu aşamada işçilik ve yakıt masraflarının dışında önemli bir yatırım sözkonusu değildir.

Piştirme işlemi, istifleme, ısınma, pişme, soğuma ve boşaltma aşamalarından oluşur. Bu aşamaların ilkinde güneşte yalnız dış bölgeleri kuruyan, içleri henüz nemli tuğlalar, kesik piramit biçiminde üstüste yığılarak yerleştirilirler. Yığının en altındaki iki sıra, pişmemiş tuğlanın zeminle bağlantısını kesmek için kılıcına yerleştirilmiş pişmiş tuğlalarla oluşturulur. Bunlar, yanma için gerekli hava akımını sağlamak üzere aralarında kanal biçiminde boşluklar bırakılarak dizilirler (Ek C. Foto 7). Bu kanallara yakıt olarak odun veya iri taneli parça kömür konur. Kömür kullanıldığı durumlarda harmanı

oluşturan her tuğla sırasının arasına da bu kömürden yerleştirilir (Ek C. Foto 8). Katlar yükseldikçe tuğla sıralarının arasındaki kömür miktarı azalır, boyutu da küçülerek üst sıralarda kömür tozuna dönüşür. Zeminde olduğu gibi yığının dış çevresi de, yeni üretilen tuğlayı olumsuz iklim koşullarından korumak üzere kumla karıştırılmış kil hamuru ile sıvanır (Ek C. Foto 9). Dik olarak üstüste yerleştirilen tuğla sıraları ile yığınların yüksekliği 3.0-4.0 m'ye ulaşmaktadır. Fırının zeminden ateşlenmesiyle ortalama 1-1.5 ay sürecek olan pişme başlar. Isınan tuğla sırasının ateşi bir üst kata aktarmasıyla fırın tamamen yakılmış olur. Ateşleme, ateşin ayarlanması ve pişme süresi tuğlacının deneyimiyle belirlenmektedir. Pişme ve soğuma sürelerinin sonunda tuğlaları örten kil hamuru kaldırılarak pişmiş tuğla istif açılır ve tuğlalar boşaltılır. Bu işlem sonunda tuğlaların oluşturduğu fırın da ortadan kalkmış olur.

Geleneksel yöntemle tuğla üretiminde kullanılan, ancak sahra fırını kadar yaygın olmayan bir diğer fırın tipi de basit sabit fırınlardır. "Balkan tipi fırın" olarak da adlandırılan [29] bu fırınların bugün de mevcut en eski örneklerine Tekirdağ iline bağlı Hoşköy ve Mürefte'de rastlanmıştır. Üretilen malzemenin naklini kolaylaştırmak amacıyla hemen kıyıda yerleşmiş olan bu fırınlar, 18.-19.yüzyıl Osmanlı belgelerinde [30] sıkça bahsedilen yoğun kiremit ve belki de tuğla üretiminin karşılanması için kullanılan fırınların günümüzdeki devamı olmalıdırlar (Ek C. Foto 1, 2). İç duvarları tuğladan inşa edilen bu fırınların dış cepheleri, pişme sırasında oluşan genleşmeden dolayı dışa açılmayı önlemek üzere [31] taş örülerek desteklenmektedir (Ek C. Foto 1). Arada tuğla ve kiremit parçalarına da rastlanan duvar örgüsünde bağlayıcı olarak kil hamuru kullanılır.

Kap-kacak fırınlarının dairesel olmalarına karşılık tuğla ve kiremit pişirmek için yapılan sabit fırınlar çoğunlukla kare veya dikdörtgen planlıdırlar [32]. Buna rağmen seyrek de olsa zaman zaman dairesel şemaya sahip tuğla-kiremit fırınlarına da rastlanmaktadır [33]. Bu fırınlar, alt kat ateşlemenin yapıldığı ocak kısmı, üst kat ise malzemenin pişirildiği yer olmak üzere iki katlıdır [34]. Izgara şeklinde olan fırın döşemesinin altında yer alan ateşleme kısmı, genellikle zemin seviyesinden aşağıda, toprağa gömülü olarak planlanmaktadır. Bu yolla fırındaki ısı kaybı en aza indirildiği gibi, toprağa mesnetlenen ızgaranın, üzerindeki yüke daha dayanıklı hale

gelmesi de sağlanmış olmaktadır [35]. Ayrıca fırın tabanını oluşturan ızgaranın yüzeyinin zeminle aynı seviyede olmasından dolayı tuğlaların fırına yerleştirilmesi de kolaylaşmaktadır. Bu fırınlarda, pişirilecek malzeme, sıcak havanın fırın içinde sirkülasyonunu sağlamak üzere, aralarında düşey kanallar kalacak şekilde üstüste dizilir [36]. Aynı nedenle malzeme ile fırının duvarı arasında da sıcak havanın dolaşacağı boşluklar bırakılır. Fırının üst kısmı malzeme yerleştirildikten sonra kiremit kırıkları ve kil hamuru ile kubbemsi veya tonoz biçiminde sıvanarak kapatılır [37]. Bu kapatma işlemi her pişirme işlemi öncesinde yinelenir. Aşağıdan ateşlenerek ısıtılan fırın, tuğlacının belirlediği pişme süresi sona erince söndürülerek soğumaya bırakılır. Gerek bu şekilde sabit fırınlarda, gerekse açık alanlarda oluşturulan harmanlarda pişirilerek üretilmiş olan tuğla malzeme, şeklini değiştirmeyen, belirli bir mukavemete sahip ve pişme derecesi, pişme süresi ve hamur bileşimine bağlı olarak boşluklar içeren ve belirli bir renk kazanmış bir yapı malzemesi olarak kullanıma hazırdır. Arkaik çağlardan beri bilinen [38] bu fırınlarda tuğlaların ateşe olan uzaklıkları birbirinden farklı olmaktadır, bundan dolayı da tuğlalarda pişme yönünden farklılıklar görülmektedir. Ateşe çok yakın olanların deforme olmasına karşı, ateşten uzakta kalıp iyi pişmeyenler ise su etkisiyle kısa sürede dağılmaktadır.

2.2. TUĞLA ÜRETİMİNİN ÖRGÜTLENMESİ

Tuğlacılar daha çok mevsimlik çalışan [39] gezici [40] amelelerdir. Osmanlı döneminde Trakyalı kiremitçilerin Paskalya yortusundan (24/25 Nisan), Aya Dimitri yortusuna (26 Ekim) kadar Türkiye, Bulgaristan ve Ulah (Kuzey Yunanistan) arasında hareket ettikleri, zaman zaman da talebe bağlı olarak bir kaç günde bir, bir kentten diğerine geçtikleri bilinmektedir [41]. Aynı şekilde Kömürçiyân da Halîç'teki harmanlarda çalışan işçilerin tuğla yapımı için uygun olan mevsimlerde memleketlerinden yola çıkarak buraya sezonluk çalışmaya geldiklerini yazar [42]. Geleneksel yöntemlerle tuğla üreten bu kişilere 20.yüzyılın son çeyreğinde hala rastlanmaktadır. Bunların görüntüleri 17.yüzyıla ait bir tuğlacı gravürüyle karşılaştırıldığında aralarında belirgin bir farklılığın olmadığı görülmektedir [43].

Tuğla üretiminin örgütlenme biçimine ilişkin bilinenler Bizans dönemi için yok denecek kadar azdır. 14. yüzyıl Bizans kaynağı Exabiblos'a dayanılarak küçük atölyelerin varlığından sözedilmekle birlikte [44] bunların özel teşebbüs olup olmadıkları konusunda bir şey söylemek bugünkü bilgilerle olanaksızdır. Roma döneminde pek çok örneği bilinen devlet işletmelerinin [45] Bizans'da varlığına ilişkin bir dökümana rastlanmamıştır. Iviron manastırına ait, manastırın deniz kıyısında bir atölye açtığını bildiren 982 tarihli bir belgeden [46], Bizans döneminde büyük manastırların kendi arazilerinde bu tür işletmeler kurdukları öğrenilmektedir. Manastırlara bitişik bu fırınlardan Dethier de bahsetmektedir [47]. Bu atölyelerde büyük olasılıkla çevre köylerin sakinlerinin çalıştıkları sanılmaktadır [48].

Tuğla ve kiremit yapımcılarının Bizans döneminde mesleki örgütlenmeleri hakkında da kesin bir bilgiye sahip değiliz. Osmanlı döneminde ise, böyle bir örgütün varlığına ilişkin en erken bilgi 1573 tarihlidir. Kaynaklardan, bu tarihte Zante adasında inşaat ustaları loncasına bağlı bir tuğlacı örgütünün bulunduğu öğrenilmektedir [49]. Bu konuda diğer bir bilgi de Osmanlı döneminde en tanınmış ve kalabalık tuğla yapımcısının Trakya'da bulunduğuudur [50]. Bu loncanın Kırk-kilise (Kırklareli), Mürefte, Hore ve Şarköy'de 800 kadar üyesi olduğu bilinmektedir [51].

1630 yılından daha erken tarihli olduğu sanılan ve esnaf ve sanatkarların meslekleri ile ilgili faaliyetleri düzenleyen bir belgeden [52] "Esnaf ve Sanatkarların İşleri Hakkında Tüzük" başlığı altında "... Kiremitçiler gözlene, çiğ pişirmeyeler. Ve kerpiççiler gözlene, kerpiçi sıkı ve kalın edeler. Ve çanakçılar ve çömlekçiler gözlene çiğ pişirmeyeler..." gibi esnaf ve sanatkarlar birliği kuruluşu olan Ahilik Örgütü'nün koyduğu kurallarla, üretilen malzemenin niteliğinin denetlendiği öğrenilmektedir. 1577/H.985 tarihli bir hükmünde ise üretilen kiremitin gereken kalitede olmaması durumunda "... kiremitlerin müsadere ve sahiplerinin tecrim..." edileceği ve bu durumdan "Kadı" ile "Kiremitçiler Kethüdası"nın sorumlu olacağı bildirilmektedir [53]. Yapılacak fırınların birbirleriyle ve konutlarla aralarında olması gereken en az uzaklığın, hakim rüzgara göre bu fırınların nasıl yönlenmesi gerektiğinin ayrıntılı olarak kurallara bağlandığı [54] Bizans döneminde, üretimin denetlenmesine ilişkin benzer kuralların da varolacağını düşünmek yanlış olmayacaktır.

2.3. TUĞLA ÜRETİMİNİN YAPILDIĞI YERLER

Bizans döneminde İstanbul'da tuğla üretiminin yapıldığı yerlere ilişkin bilgiler yetersizdir. Tarihi kaynaklar aracılığı ile üzerinde daha fazla bilgiye sahip olduğumuz Osmanlı dönemine bakıldığında ise bu üretimin daha çok kil yataklarının yakın çevresinde veya bunların kolay taşınabildiği bölgelerde yoğunlaşmış olduğu görülmektedir. Bugün Tekirdağ il sınırları içinde yer alan Şarköy yakınlarındaki Hore (Hoşköy), Mürefte, Kalamış, Ereklı (Eriklice), Ganos (Gaziköy) ve Kiraz (Kirazlı), Osmanlı dönemindeki yoğun yapı faaliyetinin tuğla ve kiremit gereksinimini karşılayan üretim merkezleridir [55] (Ek A. Harita A.1). Bu merkezler, Cumhuriyet döneminde de aynı işlevi sürdürmüşlerdir. Sözkonusu üretimin yapıldığı fırınların kalıntılarına Hasköy ve Mürefte sahillerinde hala rastlanmaktadır (Ek C. Foto 1, 2). Bu bölgelerde üretilen tuğla ve kiremit malzemenin İstanbul'a nakli denizyolu ile Hore ve Mürefte iskelelerinden yapılmaktaydı [56]. Bu kıyıların güneybatıya doğru uzanan devamında yer alan Gelibolu ve Maydos (Eceabat)'da da başkent için tuğla ve kiremit üretimi yapıldığı Süleymaniye Camisi inşaatına ilişkin belgelerden öğrenilmektedir [57]. 1197 tarihli bir başka belgede ise, yine Marmara Denizi'nin Seddülbahir'e kadar inen batı kıyılarında yaptırılması düşünülen yeni fırınlarda çalıştırılmak üzere Dimetoka ve Filibe'den "kiremit amele-si" istenmektedir [58]. Osmanlı döneminde Trakya'daki bu tuğla ocaklarında daha çok Rum ustaların çalıştığı bilinmektedir [59]. Yakın zamanlara kadar yine Rumlar tarafından işletilmekte olan Şarköy çevresindeki tuğla fırınları bu azınlığın Yunanistan'a göçetmesiyle birlikte kullanılamaz hale gelmişlerdir. Bazı kaynaklarda, İstanbul Aya-sofya Camisi'nin yapımı sırasında Rodos adasından tuğla getirildiği belirtilmekle birlikte [60], sözkonusu yapı üzerinde ayrıntılı çalışmalar yapan Salzenberg, bunu kanıtlayacak herhangi bir veriye rastlamadığını söylemektedir [61]. İstanbul'daki üretim ise daha çok Haliç kıyılarında yerleşmiştir [62]. Sötlüce ile Hasköy arasında Piripaşa [63] ve "Harmanlar" [64] adı verilen bölge, Eyüp'te Zal Mahmut Paşa Camisi'nin arkasındaki "Çömlekçiler" bölgesi [65] ve Karaağaç [66] bu kıyılardaki tuğla ve kiremit fırınlarının yoğunlaştığı alanlar olarak dikkati çekmektedir (Ek A. Harita A.2). Sayılan bu yerlerden Eyüp'te

tuğla ve kiremit yapımının yanısıra çanak ve çömlek üretimi de sözkonusudur [67]. Buralardaki harman ve ocaklarda Haliç'ten çıkarılan siyah bir kil kullanıldığı bilinmektedir [68]. Eyüp'teki atölyeler ise İstinye tepelerinden [69] çıkarılan ve "İtinimahtum" (Rum kili) [70] denilen beyaz bir kille, Büyükdere sırtlarından getirilen sarı renkli kili [71] kullanmışlardır. Bu killerin önceden arabalarla doğrudan Kağıthane'ye nakledildiği, Kağıthane Sarayı'nın inşasıyla (1723/H.1135) [72], İstinye sahilinden kayıklarla Defterdar iskelesine, oradan da çömlekçi dükkanlarına getirilmeye başlandığı bilinmektedir [73]. Dönemin tarihçilerinden Vardapet Kirkor, buralardaki harmanlarda daha çok Hasköy'de oturan Eğinli Ermenilerin çalıştığını bildirmektedir [74]. İstanbul'un Anadolu yakasındaki Göksu'da ise çevrede bulunan kilin işlenerek çömlek yapıldığı bilinmekle birlikte, tuğla ve kiremit imalinin varlığına ilişkin bilgiler yetersizdir [75].

Tuğla üretimi, geniş alanlar gerektirmesi nedeniyle genellikle yerleşim yerlerinin hemen dışında, ancak nakliye işlemlerini azaltmak üzere ana yollara veya nehir ve limanlara yakın olarak ve öncelikle de hammaddenin bulunduğu bölgelerde yerleşmektedir [76]. Osmanlı döneminde tuğla ve kiremit fırınlarının bulunduğu yerler incelendiğinde, buraların günümüzde de önemli kil rezervlerine sahip alanlar olduğu görülmektedir [77]. Belgelerden ve günümüze ulaşmış fırın kalıntılarından Osmanlı döneminde yoğun bir üretim yapıldığı bilinen Tekirdağ ili ve çevresi hammaddenin bolca bulunması ve İstanbul gibi büyük bir tüketim merkezine yakınlığı nedeniyle bugün de tuğla ve kiremit üretiminin büyük bir kısmını karşılayan bir bölge niteliğindedir [78]. Osmanlı döneminde İstanbul'daki tuğla üretiminin merkezi kabul edilebilecek Haliç kıyılarında ise yakın tarihlere kadar harman tuğlası üretimi varlığını sürdürmüştür. Tuğla yapımının inşa edilecek olan yapının yakınında gerçekleştirildiğini ileri süren Reusche'nin görüşlerine [79] karşıt olarak, bu faaliyetin üretim yeri olarak hammaddeye bağımlılık gösterdiği ve bu nedenle de tarihin her döneminde mevcut kil yataklarına bağlı olarak konumlandığı söylenebilir. Osmanlı ve Cumhuriyet dönemlerinde önemli bir merkez olan Piripaşa'nın adının Bizans döneminde "Keremitya" olması [80] burada daha erken tarihlerde de tuğla ve kiremit üretildiğini göstermesi bakımından bu savı doğrular niteliktedir. Eldeki bilgiler ve bu coğrafi süreklilik gözönüne alındığında, Bizanslıların da tuğla ve kiremit ocaklarını

Haliç çevresinde oluşturdukları söylenebilir. 765/6 yılında İmparator V.Konstantin V.Korpronymus'un Valens Su Kemerleri'nin onarımı için ülkenin çeşitli yerlerinden getirttiği işçiler arasında Trakya'dan gelen 200 tuğlacının bulunduğunun bilinmesi [81], bu işkolunun Bizans döneminde Trakya'daki uzantıları konusunda bilgi vermekle birlikte, ayrıntılı bir yorum için yetersiz kalmaktadır.



BÖLÜM 3- İSTANBUL BİZANS MİMARİSİNDE TUĞLA KULLANIMI

Tuğla, hafif, üretimi kolay ve pratik bir malzeme olması nedeniyle, İstanbul ve çevresinde, elde edilmesi daha fazla zahmet isteyen taşa tercih edilmiş ve özellikle Bizans dönemi yapılarında birincil yapı malzemesi olarak yoğun bir biçimde kullanılmıştır.

3.1. ÖRGÜ TEKNIĞİ ÖZELLİKLERİ

Bizans döneminde İstanbul'da görülen yapım teknikleri 2. ve 3.yüzyıllarda Batı Anadolu ve Kuzey Ege'de mevcut olan yapı pratiğinden kaynaklanmaktadır, sözkonusu bu gelenek ise, bu bölgedeki yerel alışkanlıkların 1. yüzyıldan itibaren Batı Roma geleneği ile etkileşimi sonucunda oluşmuştur [82]. İstanbul, doğunun batı ile sentezi olan bu yapım geleneğini kendi başına olgunlaştırıp geliştirerek, Bizans Mimarisi için tipik bir yapım üslubuna, mimari görüntüye ulaştırmıştır [83].

3.1.1. Duvar

Kurulduğu ilk yıllardan itibaren İstanbul'da değişik malzeme ve yapım tekniklerinin yanyana kullanıldığı gözlenmektedir [84]. İçi harçlı moloz taş dolgu, dışı kaba yonu veya kesme taştan oluşan duvar sistemi ve sırf tuğla duvarın yanısıra daha yaygın olarak tuğlanın taşla alması olarak kullanımı yapım yöntemindeki bu çeşitliliği oluşturmaktadır. Duvar örgüsünün tümüyle taş olduğu yapı sayısı ise çok azdır [85].

Roma'nın dış yüzeyi taş kaplama, arası "opus caementicium" dan oluşan yeni duvar örgü tekniği, Bizans öncesinde Batı Anadolu kentlerinde de görülür [86]. Ancak burada, bölgedeki yerel malzemenin olanakları doğrultusunda dolgu malzemesi olarak opus caementicium yerine harçlı moloz taş [87] kullanılmıştır. Bu duvar yapım yönteminde tuğla, önceleri pencere, kapı açıklıklarının kenarlarını oluşturmak ve sıraları bağlamak gibi daha çok yapı detaylarında yaygın bir kullanım

alanı bulan ikincil bir yapı malzemesi niteliğindedir [88]. Bizans uygulamasının başlamasıyla birlikte bu malzeme, kalın sıralar halinde duvar örgüsünde pay alarak, taş ile birlikte dönüşümlü olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemde tuğla kuşaklama, cidarlar arası bağlayıcı niteliği bakımından önem kazanmakta, ayrıca duvar örgüsünü tesviye ederek yataylığını sağlamaktadır. Günümüze ulaşan örnekler incelendiğinde tüm duvar kesitinde devam eden kuşaklama sisteminin Anadolu'da Konstantin öncesi dönemde seyrek olduğu saptanmaktadır [89]. Ancak giderek yaygınlaşan bu sistem Yeni Roma'nın yapım faaliyetleri ile bağlantılı olarak bir çok uygulama alanı bulmuş; farklı renk ve dokudaki iki malzemenin birarada kullanılmasıyla yaratılan görsel etkisi yüksek bu çok renkli "polikrom" duvar, başkent İstanbul'da Bizans karakteristiğini oluşturmuştur [90].

Taş dizileriyle almalı olarak oluşturulan ve strüktürü dışarıdan okunan tuğla kuşaklı duvarın İstanbul'daki en erken örnekleri Hippodrom'da, özellikle Sphendone'de (Ek C. Foto 10), 14.Bölgede yer alan Eğrikapı Mumhane duvarları (Ek C. Foto 11) ve Karpos - Papylos Martyrion'unda görülür. Kentin Theodosius dönemine ait Karasurları (Ek C. Foto 13, 22, 23, 25) da bu tekniğin kararlı bir şekilde kullanıldığı büyük boyutlu bir örneğini oluşturmaktadır.

Duvar örgüsünde bütünüyle tuğla kullanımı Batı Anadolu'da 2. yüzyıldan itibaren görülmeye başlamakla birlikte, fazla yaygın değildir [91]. Erken Bizans'ta da az rastlanan [92] bu tekniğin İstanbul'da bilinen ilk uygulaması 5.yüzyıla tarihli Chalkoprateia (Acem Ağa Mescidi)'da (Ek C. Foto 15) görülür. Bukoleon Sarayı, Bodrum Camisi ve Blachernai bölgesindeki Pteron'u güçlendiren B.15-18 kulelerinin üst katları da (Ek C. Foto 24) daha sonraki tarihlerde sırf tuğladan inşa edilmiş olan yapılardan bazılarıdır.

İstanbul yapılarında imparatorluğun son dönemine kadar tuğla kuşaklı kaba yonu taş ve sırf tuğla yapılar birlikte görülür [93]. Tuğla-taş almalılığı tutarlı bir biçimde yaklaşık 1000 yıllık bir süreç içinde sürekli kullanılırken, bütünüyle tuğla olan yapılar zaman zaman karşımıza çıkmaktadır. Her iki duvar biçiminin zaman içinde bazı varyasyonları da görülmektedir [94]. Söz konusu bu duvar sistemlerinin bir başka biçimlenişi olarak düşünülebilecek yeni bir örgü tekniği Justinianus döneminde, taş kuşaklı tuğla yapılar olarak

ortaya çıkar [95]. Ağırlıklı olarak tuğla kullanılan bu yeni duvar örgüsünde, harçlı moloz taş dolguya yer verilmemiştir. Tuğla-taş almasıık örgüdeki tuğla kuşaklamayı anımsatan taş sıraları, bütün duvar kalınlığınca devam eden tuğla örgünün arasına seyrek aralıklarla yerleştirilmiştir. Küçük Ayasofya Camisi'nde görülen bu duvar örgüsüne Hagios Polyuktos'ta, Hagia Eirene'nin 6.yüzyıla tarihli 1.yapım dönemi duvarlarında ve Ayasofya'da da rastlanmaktadır.

Tuğla duvarın bir değişik biçimi de Orta Bizans'ın geç dönemi için karakteristik olan "gizli tuğla tekniği"dir. Bu teknik, sırf tuğla yapılarda görülmekle birlikte, tuğla ve taşın almasıık olarak kullanıldığı örnekleri de vardır [96]. Her iki tuğla sırasının (bazen tuğla ile taş sırasının [97]) arasına, duvar yüzeyinden biraz içeri çekilmiş bir üçüncü tuğla sırasının yerleştirilmesi şeklinde uygulanan bu yapım tekniğinde, gömük tuğla sırasının ön yüzü harçla kapatılarak tuğla gizlenir. Bu teknikle inşa edilmiş duvarlarda, dışarıdan görünen tuğla sıralarının arasındaki derzler, alışılmamış kalınlıklarla dikkat çekerler. Gizli tuğla tekniği, duvarlardaki yoğun kullanımının yanı sıra kemer, tonoz, kubbe ve pendantif gibi örtü ve geçiş elemanlarında da görülür [98]. En önemli örnekleri İstanbul'da bulunan [99] bu yapım yöntemi, yaklaşık 11.yüzyıl ortasından 12.yüzyıl sonuna kadar uygulanmış [100], özellikle 12.yüzyılda yoğun bir kullanım alanı bulmuştur. Ese Kapı Mescidi'nde bu tekniği inceleyen Ötügen, verdiği örneklerle bu tarihi 13./14.yüzyıla kadar uzatmaktadır [101]. İstanbul'dakiilerle hemen hemen aynı tarihlerde Kiev'deki yapılarda da gözlenen bu tekniğin Rusya dışında Kudüs, Yunanistan ve Balkanlarda da örnekleri bulunmaktadır [102]. İznik Şehir Surları ve Koimesis Kilisesi'nin 1065 depreminden sonra yeniden yapılan kısımlarında [103] da görülen bu yapım biçiminin İstanbul'daki en erken uygulaması Manganlar Sarayı'ndaki St.Georg Kilisesi'nin alt yapısında (1042-1055) tespit edilmiştir [104]. Bu duvar örgü tekniği, geç dönemin hemen öncesinde Bizans'ın uyguladığı diğer duvar örgüleri için söylenemeyecek bir kesinlikle, yapıların yaklaşık 100 yıllık bir zaman dilimi içinde tarihlenmesini sağlayan belirgin bir özellik durumdadır.

İstanbul ve çevresindeki Bizans yapılarında esas yapı malzemesini oluşturan tuğlanın kullanımı Palaiologoslar döneminde üst düzeye ulaşır. Bu dönem duvarlarında tuğla-taş sıralarının yineleme oranı

çok düzenlidir [105]. Örgüde görülen bu tutarlılığın yanısıra cephe-lerin tümüyle bir bezeme alanı olarak değerlendirilmesiyle Bizans duvarının görsel etkisi çok artmıştır. Zengin bir bezeme sözlüğüne sahip bu dönemde tuğlalar, değişik biçim ve yönlerde yerleştirilerek çeşitli geometrik düzenler oluşturdıkları gibi, kullanılacakları yere göre özel olarak üretilen bezeme elemanları ile de cephede güçlü ve etkili bir görüntü oluşturlar [106]. Fenari İsa Güney Kilise, Ese Kapı Mescidi, Sinan Paşa Mescidi, Christos Philantropos, Tekfur Sarayı tuğlanın gerek yalnız başına gerekse başka malzemelerle birlikte dekoratif amaçlı kullanıldığı yapılardan birkaçıdır. Ayrıca Kariye Camisi'nde olduğu gibi duvar örgüsünü oluşturmak üzere, duvarın hareketliliğine, girinti ve çıkıntılarına uygun olarak biçimlenen özel tuğlalar da üretilmiştir [107]. Palaiologoslar döneminde gözlenen bu özel üretim ve yoğun kullanım, Bizans'ın son döneminde tuğla üretiminin ulaştığı ileri düzeyi ifade etmektedir.

3.1.2. Örtü

Batı Anadolu'da, yaygın olarak ışınsal dizilmiş harçlı moloz taş ile oluşturulan örtü (*) kullanılmıştır [108]. Ancak, tuğla zamanla örtü malzemesi olarak da kendini kabul ettirmeye başlayarak eğrisel örtülerde giderek artan bir kullanım kazanır. Özellikle 2.yüzyılın 2.yarısından itibaren Kuzey Ege ve Anadolu'da sırf tuğla örtüye oldukça sık rastlanmaktadır [109]. Harçlı moloz taş zamanla kaybolarak yerini ışınsal dizilmiş tuğlaya bırakır [110]. Yapının diğer bölümlerinde olduğu gibi örtüde de gözlenen tuğla kullanımındaki bu artış, Bizans uygulamasının başladığına işaret etmektedir. Takip eden dönemde İstanbul'da inşa edilen hemen hemen bütün yapılarda tuğla malzeme kullanılarak yapılabilen her türlü örtü biçimi denenmiş ve uzun bir zaman süresinde ortaya çıkan formlar Bizans Mimarisini oluşturmuştur.

(*) Bu örtü biçiminin batıdan kaynaklandığı konusunda Deichmann'ın irdelemeleri bulunmaktadır. (Bkz. Studien zur Architektur Konstantinopels im 5. und 6. Jahrhundert nach Chr., Baden-Baden, 1956.)

3.2. BOYUTSAL ÖZELLİKLER

Bizans tuğlası kare planlı, yassı ve büyük boyutludur. İnce levha şeklindeki bu tuğla, biçimsel olarak Roma geleneğine dayanır [111]. Aynı tuğla şeklini daha sonra Osmanlılar da kullanmışlardır. Ancak, biçimlerinin birbirine benzemesine karşın birim boyutlar hepsinde farklılıklar gösterir. Roma tuğlasının boyutları coğrafi bölgelere göre değişiklik göstermektedir [112]. Şehir Roma'da kare tuğlalar ortalama 25-29 x 3.0-3.5 cm boyutlarındadır [113]. Yukarı İtalya'da kullanılan tuğlalar ise 6.0-8.0 cm [114]'lik kalınlıklarıyla Roma tuğlasından daha kalın ve genellikle dikdörtgendirler [115]. Batı Anadolu'da ise genişliği 27-34 cm, kalınlığı 4.5-5.0 cm arasında kalan kalın kare tuğlalar kullanılmıştır [116]. Bunların yanısıra Romalılar, almasıık duvarda örgüyü bağlamak üzere kenar boyu yaklaşık 2 Roma ayağı (2x29.6 cm) uzunluğunda olan ve "bipedales" olarak adlandırılan büyük boyutlu tuğlalar da üretmişlerdir [117]. Osmanlıların erken dönem tuğlaları 27.5-29.5x3.5-4.5 cm boyutlarında kare planlıdır (Bölüm 4.2). İstanbul'da kullanılan Bizans tuğlası ise 30-40 x 3-6 cm arasında değişen ölçüleriyle (Ek B. Tablo 1, 2) normal Roma ve Osmanlı tuğlasından daha büyük [118] ve kalındır.

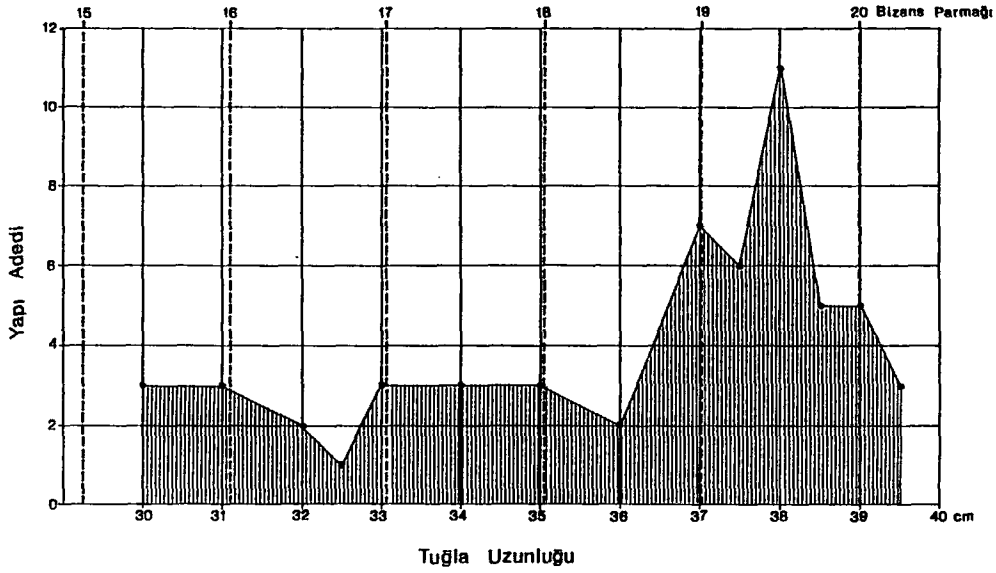
İstanbul yapılarında seyrek olarak rastlanan dikdörtgen planlı tuğlalar hiç bir zaman Bizans duvarının ana malzemesi olmamıştır. Bunlar duvar örgüsünü oluşturan kare planlı tuğlaların yanında, sadece pencere, kapı, niş gibi açıklıkların kenarlarında ve kemerde kullanılmak üzere üretilmiş "Yarım Tuğla"lardır. Bunların boyutları kare tuğlanın tam yarısı kadardır. Reusche, İstanbul Karasurları için kare planlı tuğlalar üretilmişken, daha geç tarihli Studios Bazilikası'nda tekrar, Romalıların da kullanmış olduğu dikdörtgen biçimli tuğlaya dönüldüğünü belirtmektedir [119]. Ancak Reusche'nin bahsettiği dikdörtgen tuğlalar yapının tüm duvarını oluşturmazlar ve yukarıda belirtilen anlamda ikinci derece bir kullanıma sahiptirler. Söz konusu yapının, niş ve pencere içlerinde, kripta girişinde tüm yüzeyleriyle açıkça görülen tuğlaların hepsi kare planlıdır. Ayrıca bazı yapılarda birbirine dik gelen iki kenarın birbirinden birkaç cm farkettiği tuğlalara (Polyeuktos: 36x38 cm) rastlanmaktadır. Bunlar, kare plan hedef alınarak üretilmiş, ancak üretim sırasında kontrol edilemeyen durumların neden olduğu sapmalar olarak değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada tuğlaların birim boyutlarını belirlemek amacıyla yapılan ölçmelerden elde edilen değerler incelendiğinde, aynı yapıda kullanılan tuğlaların bile birbirinden farklı boyda oldukları görülmüştür. Ancak örnek sayısının çoğaltılmasıyla bazı rakamlar çevresinde yığılmalar olmaktadır. Yapıda kullanılan tuğlayı temsil ettiği düşünülerek sık kullanılan tuğla boyutunun esas alındığı bu tezde, ölçülen değerlerin aritmetik ortalamasının hesaplanmasından, yanlış sonuçlara götürebileceği için, özellikle kaçınılmıştır. Her yapı için belirlenen karakteristik boyutun dışında kalan diğer tuğlaların da bu boyut hedef alınarak üretilmek istendiği düşünülmektedir. Boyutlarda görülen bu dağılımın nedeni, kalıp boyutları birbirinden farklı olan ekiplerin birarada çalışması ya da üretim sürecindeki (kuruma veya pişme sırasında) kontrol edilemeyen durumlar olabilir.

Bir dağılım sözkonusu olsa da, boyutların hep aynı rakamların etrafında toplanmasıyla ilgili olarak bu sayısal değerlerin nasıl belirlendiği sorusu, bunların Bizans'ın resmi ölçü birimlerinden kaynaklanmaları olasılığını gündeme getirmektedir. Seri halinde bir üretim sözkonusu olduğunda boyların standartlaşması önem kazanmaktadır. Bizans ölçü sisteminde tuğla boyutlarını belirlediği sanılan en önemli uzunluk ölçüsü birimleri parmak ve ayaktır. Boyutların pek çoğu bu birimlerin basit katlarına veya bölümlerine dayandırılmış olmalıdır. Yapılan araştırmalar, Bizans ayağının İstanbul'daki inşaatlarda (Studios Bazilikası, Ayasofya, Hagia Eirene, Küçük Ayasofya) esas ölçü birimi olarak kullanıldığını göstermektedir [120]. Yapılar için üretilmiş tuğlalarda ayağın yanısıra Bizans parmağının katları da ölçü birimi olarak alınmış olmalıdır.

1 parmak (δακτυλος)	:	1.95 cm
1 ayak (πους): 16 parmak	:	31.23 cm

Bizans uzunluk ölçüsü birimleri esas alınarak İstanbul'daki yapılarda ölçülen tuğlaların boyutlandırılmasında kullanılan ölçü birimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen rakamlar, tuğla boyutlarının Bizans parmağının 19-20 katı arasında kaldığını göstermektedir.



Şekil 3.1. Bizans tuğla boyutlarının uzunluk ölçüsü birimleriyle ilişkisi

Pişmiş toprak malzemelerin, kuruma ve pişme sürecinde bünye suyunu kaybetmeleri nedeniyle, boyutlarının bir miktar küçüldüğü bilinmektedir (Bölüm 2.1). Bu konuda yapılan az sayıdaki araştırma bu küçülmenin, hamurun içeriğine, kuruma ve pişme sıcaklığına bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte yine de ortalama olarak %12.5 civarında olduğunu ortaya koymuştur [121]. Günümüzde aynı yöntemle üretilen tuğlalar ve bunların kalıp boyutları üzerinde yapılan ölçümlerde ise bu oranın %10 ile %10.5 arasında kaldığı belirlenmiştir. Ancak bu sonuçlar, kullanılan kilin büzülme oranı kesin olarak bilinmediği sürece varsayımdan öteye geçemeyecek, Bizans döneminde kullanılmış olan ölçü birimi ve dolayısıyla da gerçek kalıp boyutu konusunda kesin sonuçlara ulaşmak mümkün olmayacaktır.

Roma'da da tuğla boyutlarının, Roma ayağının katlarına veya bölümlerine dayanarak saptandığı bilinmektedir [122]. Ancak Roma ayağı 29.6 cm'lik ölçüsüyle [123], Bizans ayağından daha küçüktür. Bu durum, Roma ve Bizans tuğlaları arasındaki boyut farkında da kendini göstermektedir (Bölüm 3.2).

Tuğlanın üç boyutu içinde, karşılaştırma açısından, -varsafarklılıkların en kolay ortaya çıktığı boyutu kenarlarının boyudur. Tuğlanın kalınlığı, boyutunun küçüklüğü nedeniyle, ayrıntılı bir karşılaştırmada belirgin farklılıklara ulaşmak açısından uzun kenarlara oranla daha yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada, Bizans tuğlasının

kare planlı olması nedeniyle kenar uzunluğu ve kalınlık olmak üzere tuğlanın iki boyutundan sözedilecektir. İstanbul'daki Bizans yapılarında kullanılan tuğlaların boyutları kronolojik olarak incelendiğinde bazı sonuçlara ulaşılmaktadır.

İstanbul'daki en erken yapı olan Hippodrom'da kenarları 29-32 cm uzunluğunda olan kare tuğlalar kullanılmıştır. Bizans yapılarında benzerlerine Geç Dönem dışında rastlanmayan küçük boyutlu tuğla kullanımı, Roma geleneğinin devamını düşündürmektedir. Bu tarihten sonra inşa edilen yapılarda kullanılan tuğlalar daha büyük boyutludurlar. Bu dönemde tuğlaların kenar boyları genellikle 37-39 cm arasında değişmektedir. Sınır değerler ise, en küçük 35, en büyük 40 cm'dir. Büyük boyutlu bu tuğlalar Bizans'ın erken dönemi için karakteristik bir nitelik taşımaktadır. Orta Bizans'ta bu uzunluklar ortalama 33-36 cm arasındadır. Bu dönemde görülen en küçük tuğla 30 cm, en büyük ise 37-38 cm kenar uzunluğuna sahiptir. Uzunluklar geç dönemde biraz daha azalarak sıklıkla 30-34 cm arasında değişmektedir. Ayrıca bu boyut aralığının dışında min.28.5, max.36-37 cm'e ulaşan oldukça seyrek bir dağılım gözlenmektedir.

Genel olarak bakıldığında tuğlaların kenar uzunluklarında zamana bağlı olarak oldukça belirgin bir küçülmeden sözedilebilir. Bu sonuca, çeşitli yapılara ait tuğlaların birbiriyle karşılaştırılmasıyla ulaşıldığı gibi, bu durum aynı yapının farklı dönemlerde yapılmış kısımlarında kullanılan tuğla boyutları arasında da açıkça izlenmektedir. Hagia Eirene'nin 1.yapım dönemine ilişkin 532 tarihli kısımlarıyla, 2.yapım dönemini oluşturan 740 tarihli kısımlarında kullanılan tuğlalar arasında bu farkı görmek mümkündür [124]. Aynı şekilde Bukoleon Sarayı'nın erken tarihli tuğlalarıyla, daha sonraki bir yapım döneminde kullanılan tuğlalarının da boyutları farklıdır [125]. Bu yapının erken döneminde tuğlalar 37 cm civarında iken, geç tarihli bölümlerinde daha küçük tuğlalar kullanılmıştır. Bu tuğlaların sadece bir kaç tanesi 35 cm'den uzundur.

11.yüzyılın ortası ile 12.yüzyılın sonu arasında uygulanan gizli tuğla tekniğinin görüldüğü örneklerin bazılarında, aynı yapı için biri büyük, biri daha küçük iki ayrı boyutta tuğla üretilmiştir (Zeyrek Kilise Camisi Güney Kilise, Bölüm 4.18). İçerdeki gömük tuğla

28-30 cm'lik kenar uzunluğu ile dışarıdan görünen tuğladan daha kısadır. İki tuğla arasındaki bu fark kalınlıkta da gözlenmektedir. 2.5-3.0 cm kalınlığındaki gizli tuğlalara karşılık açıktaki tuğlaların kalınlıkları 3.5-4.0 cm'e ulaşır (Zeyrek Kilise Camisi Güney Kilise, Manganlar Sarayı, Ese Kapı Mescidi, Eski İmaret Camisi) [126].

Daha çok 4.0-4.5 cm arasında değişen tuğla kalınlıklarının sınırları zamanla genişleyerek geç dönemde 3.5 cm'i de içine almaktadır. Ancak uzunluklarla karşılaştırıldığında kalınlıklar, bütün Bizans dönemi boyunca daha tutarsız bir değişme gösterirler ve bu durum kronolojik açıdan bir sonuca ulaşmak için yeterli değildir. Sadece geç dönem tuğlalarında erken döneme göre bir incelme eğilimi hissedilmektedir. Tuğla kalınlıklarının zamanla azalma eğilimi gösterdiği şeklindeki genel bir yorum, doğru gibi görünmekle birlikte bunu Bizans genelinde onaylayabilmek için daha çok sayıda örnek üzerinde sistematik bir karşılaştırma yapılması gereklidir.

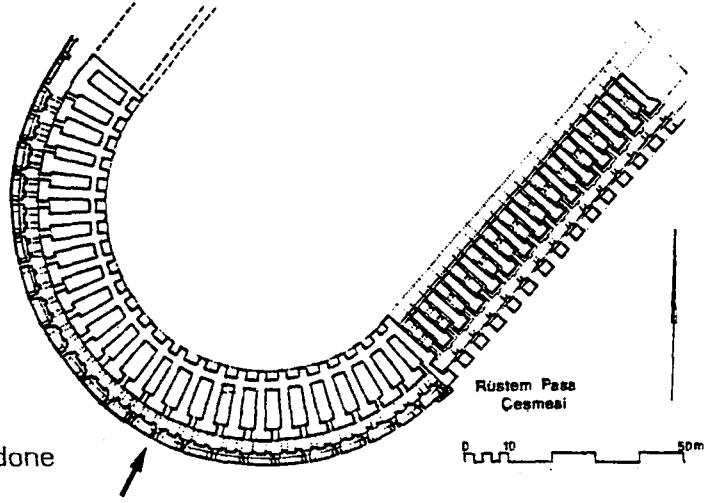
Genel olarak bakıldığında 2.5-3.0 cm boyutlarındaki gizli tuğlayı saymazsak Bizans tuğlası, Roma'nın 3.0-3.5 cm'lik tuğlasından daha kalındır. Bu durum, büyük bir olasılıkla Bizans ve Roma ölçü birimlerindeki farklılığın bir sonucudur. Bunun yanı sıra, kalın tuğlanın hazırlanması daha kolaydır, kuruma ve pişme sürecinde daha az fi re verir, bu nedenle de üretimi inceye göre daha kolaydır. Ayrıca duvarın örülmesi sırasında malzemedeki eğrilikleri, çarpıklıkları ince tuğlaya oranla daha az göstermektedir. Bu nedenle Bizans'ta görsel etkisi gitgide önem kazanan polikrom duvarın oluşturulmasında tercih edilmiş olmalıdır.

BÖLÜM 4. İNCELENEN YAPILAR

4.1. BİZANS DÖNEMİ YAPILARI

4.1.1. Hippodrom/Sphendone

İmparator Septimius Severus 196'da Byzantion'u ele geçirdikten sonra başlattığı imar faaliyetleri kapsamında bir de hipodrom yaptırmıştır [127]. Hellenistik Byzantion'un dışında kalan bir alana yapay bir teraslama ile yerleştirilen bu yapı, imparatorun 211 yılında ölümüyle yarım kalmıştır [128]. 330 yılında İmparator Konstantin Byzantion'u imparatorluk başkenti durumuna yükseltirken, hipodromu da genişletmiştir [129]. Bu çalışmalar sırasında alanın güneybatı bölümü, bu noktada oldukça eğimli olan araziye düzeltmek üzere, herbiri ayrı ayrı tonozla örtülü 25 adet hücreden oluşan büyük bir altyapı ile kapatılmıştır [130]. Casson'a göre [131] hipodroma ait personel, malzeme ve servis odaları ile hayvanların barındığı kısımları içeren ve "Sphendone" olarak adlandırılan bu bölüm, bir yarım daire oluşturmaktadır. Kesin olmayan bir tarihte, şiddetli bir deprem nedeniyle Sphendone oldukça hasar görmüş, tonozlarında strüktürel problemler oluşmuştur [132]. Yapıyı sağlamlaştırmak amacıyla cephedeki büyük açıklıkların içi tuğla örülerek kapatılmış, iç kısımlar kemer ve payandalarla desteklenerek güçlendirilmiştir [133]. Erken Ortaçağ'da ise hücreler ve bunların açıldığı koridorun sonları kapatılarak, altyapı kapalı bir sarnıca dönüştürülmüştür [134]. Gerek Bizans, gerekse Osmanlı döneminde önemli olaylara sahne olan Hippodrom'un üzeri zamanla yapılarla örtülmüş, çevrede oluşturulan yeni yol dokusuyla zemin üzerindeki izleri yokolmuştur. Buna karşılık, Sphendone'yi oluşturan altyapının tonoz sistemi ise büyük ölçüde korunmuş durumdadır.



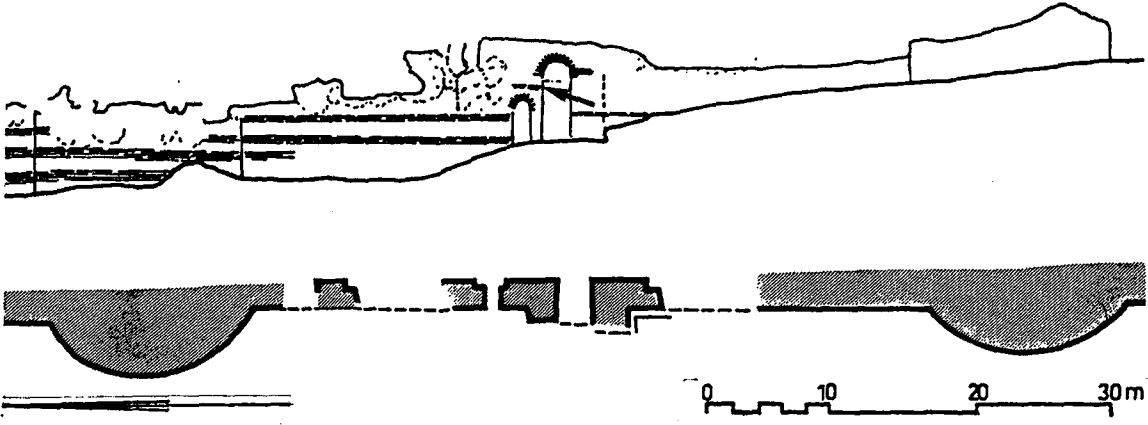
Şekil 4.1. Hippodrom/Sphendone

Örnek alınan yer : Sphendone'nin güney cephesi üzerindeki 15 no.lu (25 no.lu hücrenin önündeki Rüstem Paşa Çeşmesi'nden batıya doğru 11. açıklığın) batı ayağı üzerinden, dış cepheden (Şekil 4.1., Ek C. Foto 10).

Örgü tekniği	: 4 tuğla/5 taş
Tuğla kuşak kalınlığı	: 28.0-29.0 cm
Tek tuğla kalınlığı	: min.4.0 - max.5.0 cm
Tek tuğla uzunluğu	: 30.0 - 31.0 (min.29.0, max.31.0) cm
10 tuğla sırası kalınlığı	: 86-87 cm
Tuğla derzleri	: 5.5 (min.4.5, max.6.0) cm
Tuğla rengi	: Sarımsı kırmızı (5 YR - 5/6)

4.1.2. Mumhane Duvarı

A.M.Schneider'in kaynaklara dayanarak yaptığı yoruma göre 4.yüzyılın başında İstanbul'un Konstantin Surları dışında kalan Blachernai bölgesi kendi savunma sistemine sahipti [135]. Bu surlar muhtemelen Tekfur Sarayı, Mumhane, Anemas Zindanları ve belki Aya Demetrios Kilisesi ve tekrar Tekfur Sarayı ile çizilen alanı çevrelemekteydiler [136]. Geç antik dönem için karakteristik olan yarım yuvarlak kulelerle güçlendirilmiş olan bu duvarların geçtiği yerler hala kesin değildir. Bu savunma sisteminin günümüze ulaşmış en belirgin bölümü bugün Eğrikapı Avcıbey mahallesinde bulunan Mumhane duvarlarıdır (Şekil 4.20). Gördükleri büyük hasar dolayısıyla biçim ve yapım teknikleri konusunda ayrıntılı birşey söylenememektedir [137].



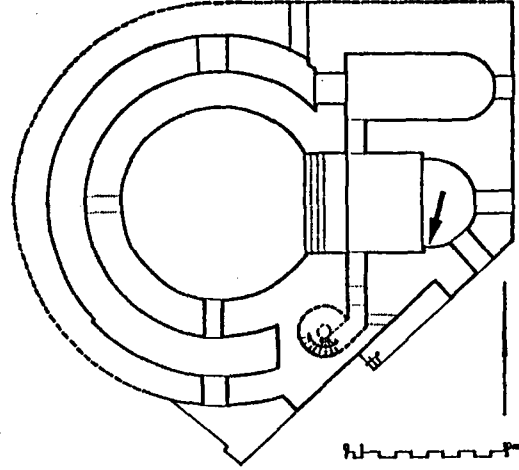
Şekil 4.2. Mumhane Duvarı

Örnek alınan yer	: Güneydeki yarım yuvarlak kulenin kuzeyinde yeralan ilk büyük açıklığın kemer başlangıç noktasından (Şekil 4.2., Ek C. Foto 11).
Örgü tekniği	: 5, yer yer 6 tuğla/taş alması (büyük bir kısmı dökülmüş olan kaplama taşlarının ardında duvar bünyesini oluşturan moloz taş dolgu açığa çıkmıştır).
Tuğla kuşak kalınlığı	: 5 sıra tuğla: 42-44 cm 6 sıra tuğla: 63-65 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 4.5 (min.3.9, max.4.7) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 37.0 (min.32.0, max.39.0) cm
Tuğla derzleri	: 5.0 - 5.5 cm
Tuğla rengi	: Açık kırmızımsı (5 YR-6/4)
Tek taş yüksekliği	: 18-27 cm
Tek taş genişliği	: 30-55 cm

4.1.3. Karpos-Papylos Martyrion'u

Samatya caddesi üzerindeki daire planlı yapı kalıntısı, bugün üstünde bulunan Polykarp Kilisesi'nin (19.yüzyıl) altyapısını oluşturmaktadır. Kubbeli bir mekan, bu mekanı çevreleyen dromos, tonoz örtülü bema ve apsisten oluşan kalıntıyı ilk inceleyen A.M.Schneider, burasını Şehit Karpos-Papylos Martyrion'unun altyapısı olarak kabul etmektedir [138]. Üst yapıya ilişkin bir bilgi yoktur. Patria'ya göre bu martyrion, Konstantin'in annesi İmparatoriçe Helena tarafından

yaptırılmıştır [139]. Schneider, kutsal dünya ile ilgili ne varsa hepsi için hemen Helena ile ilişki kurulduğunu öne sürerek bu görüşü benimsememekte [140] ve yapım tekniğine dayanarak İstanbul Kara Sur-ları'ndan daha erken tarihli olduğunu ileri sürdüğü yapıyı, 4./5.yüz-yıla tarihlemektedir [141].



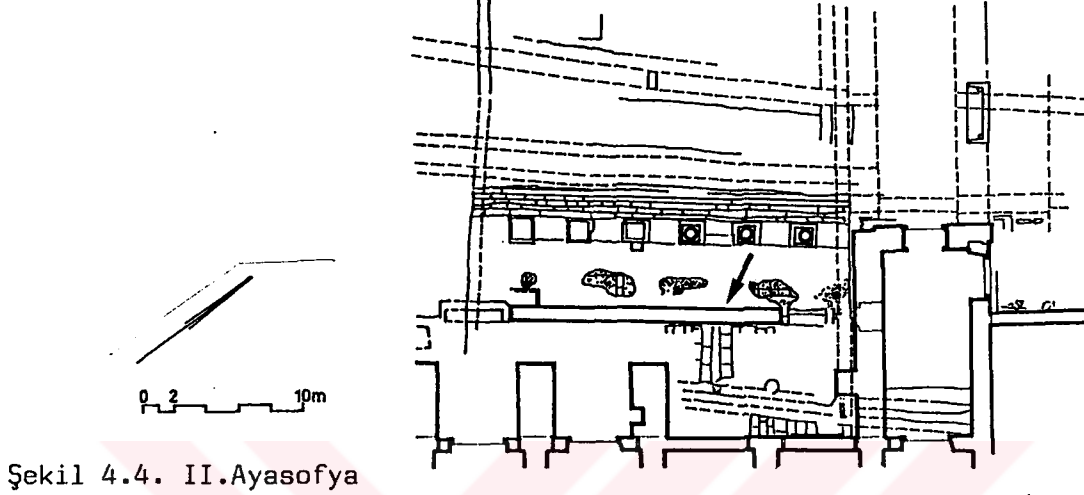
Şekil 4.3. Karpos-Papylos Martyrion'u

Örnek alınan yer	: Yapının içinden, bema ile apsis duvarının güneyde birleştikleri noktada oluşan dışın dış köşesinden (Şekil 4.3).
Örgü tekniği	: Daire planlı mekan yalnız tuğla, Diğer kısımlar 5 tuğla 3,4,5 taş almaşık
Tuğla dizisi kalınlığı	: 41-42 cm
10 tuğla sırası kalınlığı	: 78-81 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 4.6 ve 5.0 (min.4.0, max.5.0) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 37.0 (min.34.0, max.38.0) cm
Tuğla derzleri	: 3.5-6.0 cm
Tuğla rengi	: kırmızımsı kahverengi (5 YR-5/4)
Taş sıraları yüksekliği	: 104 cm (5 taş)
Tek taş yüksekliği	: 19-33 cm arası
Tek taş genişliği	: 26-30 cm arası

4.1.4. II.Ayasofya

360 yılında ibadete açılan ve "Megale Ecclesia" (Büyük Kilise) olarak adlandırılan ilk Ayasofya Kilisesi'nin 404 yılında bir ayaklanmada yanması [142] üzerine yerine imparator Arcadius tarafından ikinci Ayasofya Kilisesi'nin yapımı başlatılmıştır [143]. Açılışını II.Theodosius'un 415 yılında yaptığı bu yapıdan bugün, 1935 yılında yapılan bir kazıyla ortaya çıkarılan bir kaç basamak, altı sütun

kaidesi, beş sütun, iki rölyefli friz ve diğer atkı ve örtü elemanları, bir duvar parçası ve iki eşik görülmektedir (Ek C. Foto 12) [144]. Bu mimari elemanlar, sütunlu bir giriş holüne aittir. 532 yılındaki Nika ayaklanması sırasında çevredeki pek çok yapı ile birlikte ikinci Ayasofya binası da yanmıştır [145].



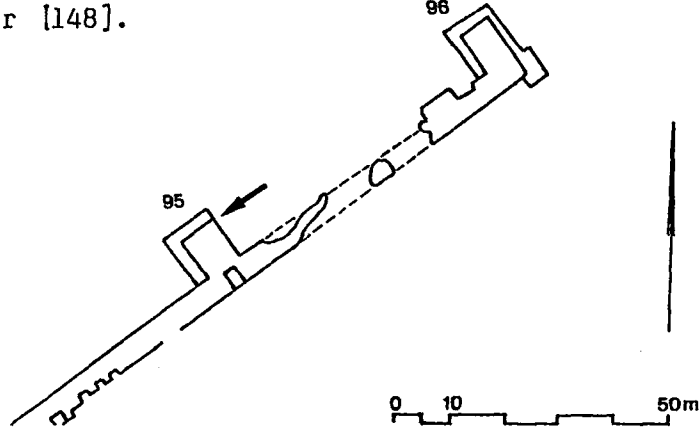
Şekil 4.4. II. Ayasofya

Örnek alınan yer	: 5.yüzyıla tarihli II. Ayasofya'nın giriş holü kalıntısına ait arka duvarın kuzeydoğu köşesi üzerinden (Şekil 4.4., Ek C. Foto 12).
Örgü tekniği	: 6 tuğla/3 taş almaşık
Tuğla kuşak kalınlığı	: 49-51 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 4.0 (min.3.3, max.4.5) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 37.5 ve 38.0 (min.36.0, max.39.0) cm
Tuğla derzleri	: 5.5-6.0
Tuğla rengi	: Kırmızımsı sarı (5 YR-7/6, 6/6)
Taş sıraları kalınlığı	: 50-54 cm
Tek taş yüksekliği	: 10-20 cm
Taş derzleri	: 3.0 cm

4.1.5. Karasurları 95 No.lu Kule

Edirnekapı'da Tekfur Sarayı'nın yakınında yer alan İstanbul Karasurları'nın 95 No.lu kulesi, Theodosius dönemindedir ve dolayısıyla 5.yüzyıla tarihlenmektedir [146]. Dörtgen planlı bu yapı, çeşitli zamanlarda bazı onarımlar geçirmesine rağmen, Karasurları'na ait

kuleler arasında en yüksek düzeyde korunmuş antik örgüyü taşıyan kulelerden biridir [147]. Bu örgü, yapının batı cephesinde yaklaşık üst örtü düzeyine kadar bütünüyle korunmuştur. Çok tahrip olmuş kuzey cephesinin batı kısmında da özgün Theodosius duvar örgüsünün mevcut olduğu görülmektedir [148].



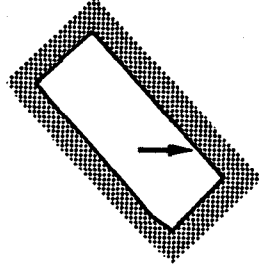
Şekil 4.5. Karasurları 95 No.lu Kule

Örnek alınan yer	: Kulenin yapıldığı 5.yüzyıl ilk yarısına tarihlenen kuzey cephesi batı tarafından, zeminin 60 cm yukarısından (Şekil 4.5., Ek C. Foto 13).
Örgü tekniği	: 5 tuğla/3 taş almaşık
Tuğla kuşak kalınlığı	: 41 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 4.5 ve 4.8 (min.4.3, max.5.2) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 37.5 - 38.0 (min.36.0, max.39.0) cm
Tuğla derzleri	: 4.0 cm civarında
Tuğla rengi	: Açık kırmızımsı kahverengi (5 YR-6/4)
Taş sıraları yüksekliği	: Alt kısımda: 74-78 cm Yukarılarda: 52-53 cm
Tek taş yüksekliği	: 15-29 cm
Tek taş genişliği	: 23-50 cm arasında olmakla birlikte, arada genişliği 140 cm'e varan uzun bloklara da rastlanmaktadır.
Taş derzleri	: 1.0-2.0 cm

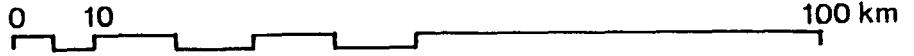
4.1.6. Aetios Sarnıcı

Edirnekapı Karagümrük'te yeralan ve bugün Vefa Stadyumu olarak bilinen yapı Bizans döneminin önemli açık sarnıçlarındandır. Geç tarihli kaynakların [149] Valens dönemine (364-378) tarihlemesine

rağmen, Justinian dönemi tarihçisi Marcellinus Comes'e göre 421 yılında yapılmıştır[150]. Yakın zamanlara kadar Bonus veya Aspar sarnıcı olarak tanınmıştır[151].



Şekil 4.6.
Aetios Sarnıcı

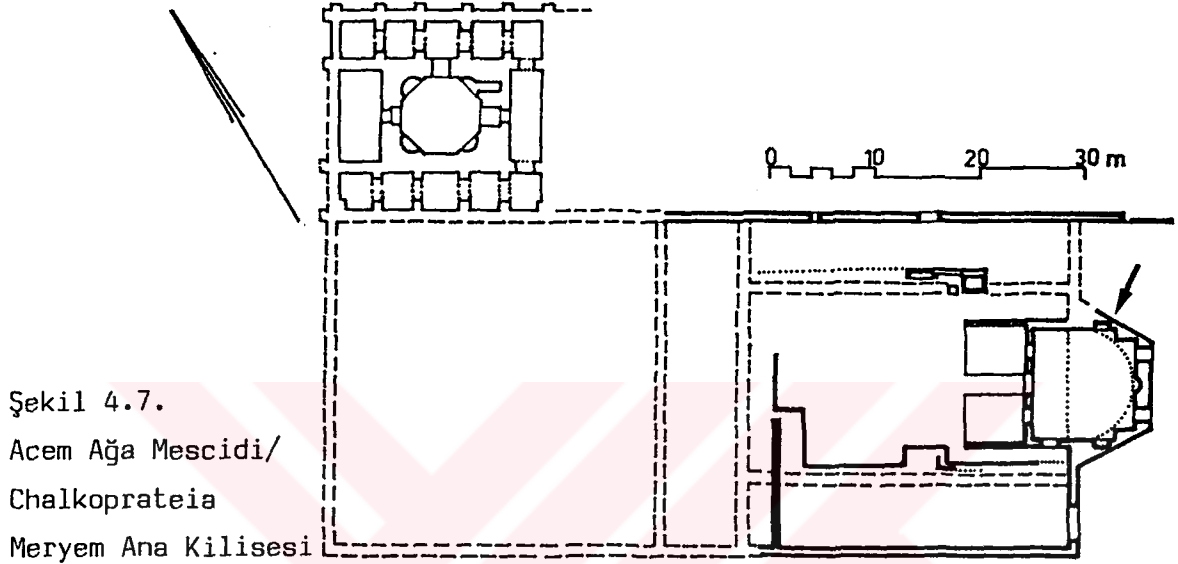


Örnek alınan yer	: Sarnıcın güneydoğu cephesi üzerinden (Şekil 4.6., Ek C. Foto 14).
Yapım tekniği	: 4 tuğla/10 taş almaşık
Tuğla kuşak kalınlığı	: 37.5-43.0 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 5.0 (min.4.8, max.5.5)
Tek tuğla uzunluğu	: 38.0 (min.37.5, max.40.0) cm
Tuğla derzleri	: 5.0-7.0 cm
Tuğla rengi	: Kırmızımsı sarı, sarımsı kırmızı (5 YR-6/6 5/6)
Tek taş yüksekliği	: 13.0 (min.12.0, max.15.0) cm
Tek taş genişliği	: 25.0 (min.23.0, max.25.0) cm
Taş derzleri	: Ortalama 3.0 cm

4.1.7. Acem Ağa Mescidi/Chalkoprateia Meryem Ana Kilisesi

Tarihi kaynaklardaki topografik veriler, İstanbul'un Bakırcılar bölgesinde, bugünkü Alemdar caddesinden girilen Zeynep Sultan sokağı üzerinde yer alan bu yapı kalıntısının, Chalkoprateia Meryem Ana Kilisesi olduğunu ortaya koymaktadır [152]. Söz konusu kiliseyi yaptıran kişi ve yapım tarihi hakkında tarihi kaynakların verdiği bilgiler birbirinden ayrıntıda farketmekle birlikte, yapı bu kaynakların hepsinde de genel olarak 5.yüzyılın ikinci yarısına tarihlenmektedir [153]. Mevcut kalıntıların belirlediği yapı şeması da 5.yüzyılı

doğrulamaktadır. Kentin önemli kiliselerinden olan yapı, büyük olasılıkla 6.yüzyılın ortasında, geçirdiği bir depremin ardından II.Justinus tarafından restore edilmiştir [154]. Değişik zamanlarda çeşitli onarımlar geçiren ve 1484 yılında camiye dönüştürülen [155] yapı, büyük olasılıkla 19.yüzyıldaki yangınlardan [156] sonra kullanılamaz hale gelmiştir. Günümüzde harabe halindedir.



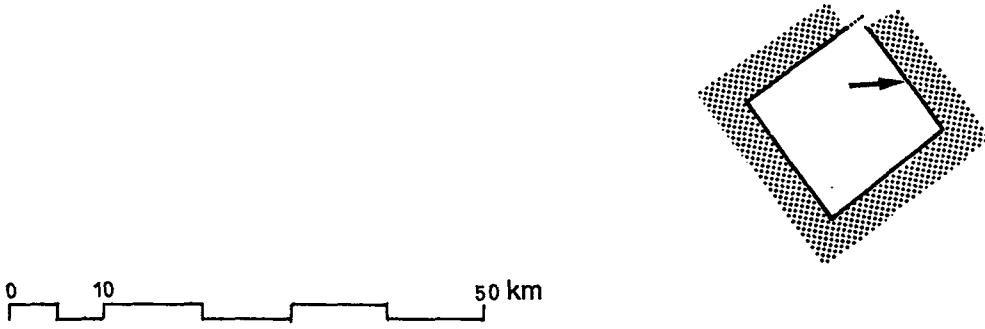
Şekil 4.7.
Acem Ağa Mescidi/
Chalkoprateia
Meryem Ana Kilisesi

Örnek alınan yer : Yapının 5.yüzyıla tarihlenen apsis kuzey dış duvarından (Şekil 4.7., Ek C. Foto 15).

Ürgü tekniği : Sırf tuğla
10 tuğla sırası kalınlığı: 87-92 cm
Tek tuğla kalınlığı : 4.0-4.6 cm
Tek tuğla uzunluğu : 38.0-39.5 cm
Tuğla derzleri : 5.0-6.5 cm
Tuğla rengi : Kırmızımsı sarı (5 YR-6/6)

4.1.8. Aspar Sarnıcı

Sultan Selim Camisi'nin güneyinde yeralan ve günümüzde Sultan Selim Çukurbostanı olarak bilinen bu büyük açık sarnıcın yapımına General Aspar ve oğulları tarafından 459 yılında başlanmıştır [157]. 16.yüzyılda, yapının ortasına Kanuni Sultan Süleyman döneminde bir cami yapılmıştır [158]. Sarnıcın ismi üzerinde genel görüş birliği vardır [159].



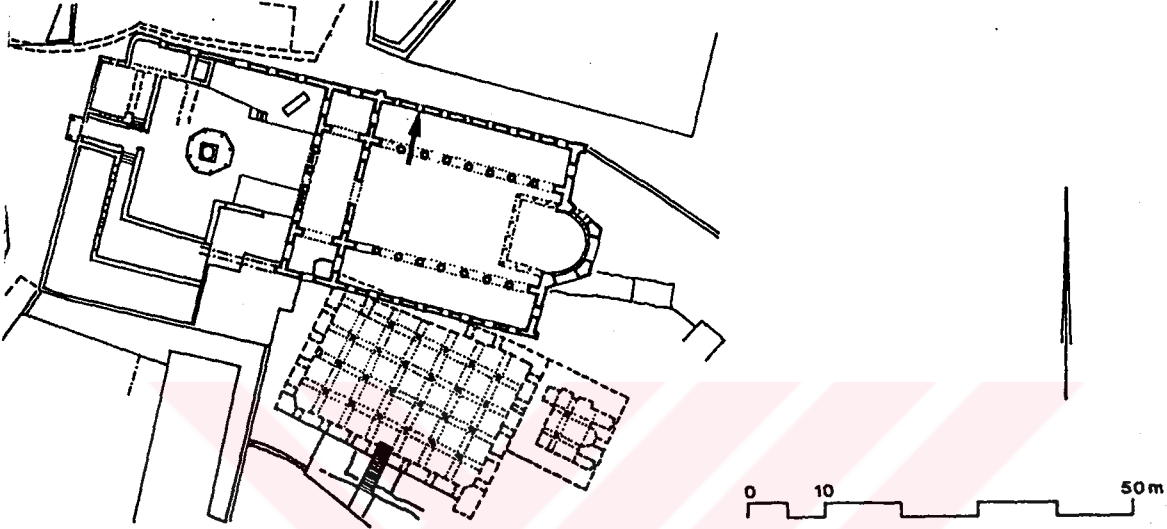
Şekil 4.8. Aspar Sarnıcı

Örnek alınan yer	: Sarnıcın güney duvarı üzerinden (yan yana fakat farklı renklerde üç ayrı tuğla -A1, A2, A3- alınmıştır) (Şekil 4.8., Ek C. Foto 16).
Örgü tekniği	: 5 tuğla/6 taş almaşık
Tuğla kuşak kalınlığı	: 45-50 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 4.6 ve 5.0 (min.4.0, max.5.4) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 38.0 (min.36.5, max.40.0) cm
Tuğla derzleri	: 6.0-7.0 cm
Tuğla rengi	: A1: Sarımsı kırmızı (5 YR-5/8) A2: Kırmızımsı sarı (5 YR-7/6, 6/6) A3: Soluk, zayıf kırmızı (10 R-6/3, 5/3)
Tek taş yüksekliği	: 15-20 cm
Tek taş genişliği	: 30-60 cm

4.1.9. İmrahor Camisi/Studios'un Johannes Kilisesi

Altın Kapı (Porta Aurea) yakınında, bugünkü Samatya İmrahor mevkiinde, yaklaşık 453/454 yıllarında Studios tarafından vakfedilen bir manastır kompleksinin yapımına başlandığı bilinmektedir [160]. Bu manastır içinde, 454 yılından az önce, büyük olasılıkla 453'de inşa edilen [161] bir de kilise bulunmaktadır. Johannes Kilisesi adıyla bilinen bu yapı, üç nefli bazilikal plan şemasına sahiptir. 9.yüzyıldan itibaren kent içinde önem kazanmaya başlayan [162] bu manastır, Latin işgali sırasındaki tahribat ertesi Konstantin Palaiologos tarafından 1293'de yenilenmiştir [163]. Türklerin İstanbul'u fethinden

sonra bir süre kapalı kalan manastırın malzemesinden, 16.yüzyılın başında Topkapı Sarayı'ndaki bir köşkün inşası sırasında yararlanılmak istenmiştir [164]. Kilise binası ise yine bu tarihlerde Sultan II.Beyazıt'ın imrahoru İlyas Bey tarafından camiye dönüştürülerek yeniden kullanıma açılmıştır [165]. Geçirdiği deprem ve yangınlar sonucu oluşan hasarlar nedeniyle çeşitli tarihlerde bir kaç kez elden geçirilmiş ve 1920 yangınından sonra bir daha onarılmamıştır.



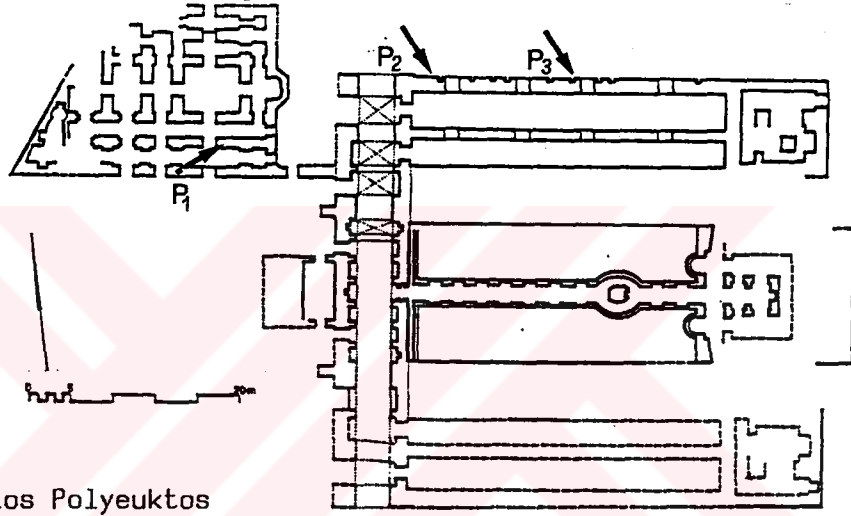
Şekil 4.9. İmrahor Camisi

Örnek alınan yer : Kuzey yan nefin batı yönündeki ikinci pencere açıklığının altındaki ilk tuğla sırasının iç cephesinden (Şekil 4.9., Ek C. Foto 17).

Örgü tekniği	: 5 tuğla/3 taş almaşık
Tuğla kuşak kalınlığı	: 42 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 4.4 ve 4.5 (min.4.2, max.4.8) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 37.0-39.5 cm
Tuğla derzleri	: 4.5-5.0 cm
Tuğla rengi	: Kırmızımsı sarı (5 YR-6/6)
Taş sıraları yüksekliği	: Apsiste : 58-60 cm Yan nef duvarlarında: 64-68 cm
Tek taş yüksekliği	: 18-28 cm
Tek taş genişliği	: 26-60 cm
Taş derzleri	: 1.0 cm

4.1.10. Hagios Polyektos

Saraçhane'de, Atatürk Bulvarı'nın batısında yer alan yapı kalıntıları, I.Theodosius sülalesinden Anicia Juliana tarafından 524-27 yılları arasında yaptırılan büyük kiliseden günümüze gelebilenlerdir [166]. Aziz Polyektos'a adanan [167] yapı kompleksi, büyük bir kilisenin yanısıra portikus, atrium ve apsisli küçük bir yapıdan oluşmaktadır. Kentin III.Ayasofya'dan önceki bu en büyük kilisesinden günümüze geniş temeller ile altyapıdan bazı bölümler ulaşmıştır. Mevcut kalıntılar, üst yapının restitüsyonuna ilişkin yeterli kanıt taşımamaktadır.

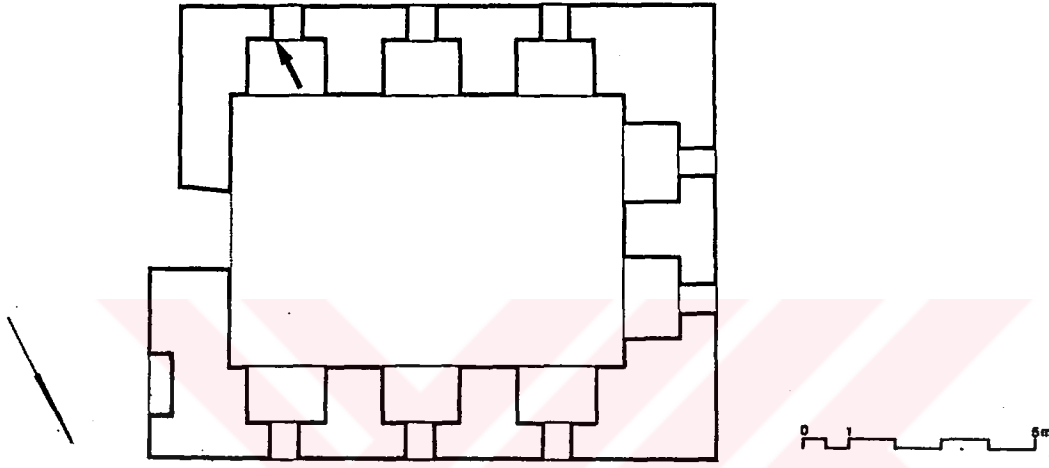


Şekil 4.10. Hagios Polyektos

Örnek alınan yer	: P2 ve PÜ: 6.yüzyıl 1.yarisına tarihli esas kilise yapısı üzerinden (Ek C. Foto 20, 21) P1: Atrium'un kuzeyinde yer alan ve yine 6.yüzyıla tarihlenen [168] vaftizhane yapısından (Ek C. Foto 19) (Şekil 4.10).
Örgü tekniği	: 5 tuğla/4 taş almaşık (esas kilise yapısı)
Tuğla kuşak kalınlığı	: 43-44 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 4.0 (min.3.3, max.4.5) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 37.0 (min.35.0, max.39.5) cm
Tuğla derzleri	: 6.0 (min.4.0, max.7.5) cm
Tuğla rengi	: Açık kırmızımsı kahverengi-kırmızımsı kahverengi (2.5 YR-6/4, 5/4)
Taş sıraları yüksekliği	: 62-64 cm
Tek taş yüksekliği	: 14-18 cm
Taş derzleri	: 0.5 cm

4.1.11. Karasurları 54 No.lu Kule

Theodosius dönemi sur duvar ve kulelerinin bir kısmının 740 yılındaki büyük depremde sonra, III.Leo (717-741) tarafından yeniden inşa edilmiş olduğu, yenilenen kulelerin üzerindeki yazıtlarla belgelenmektedir [169]. Bu kulelerden biri de Topkapı-Mevlevihane Kapı arasındaki 54 No.lu, dörtgen planlı kuledir. Batı cephesi üzerindeki tuğla yazıtı, bu imparatorun adını vermektedir [170].

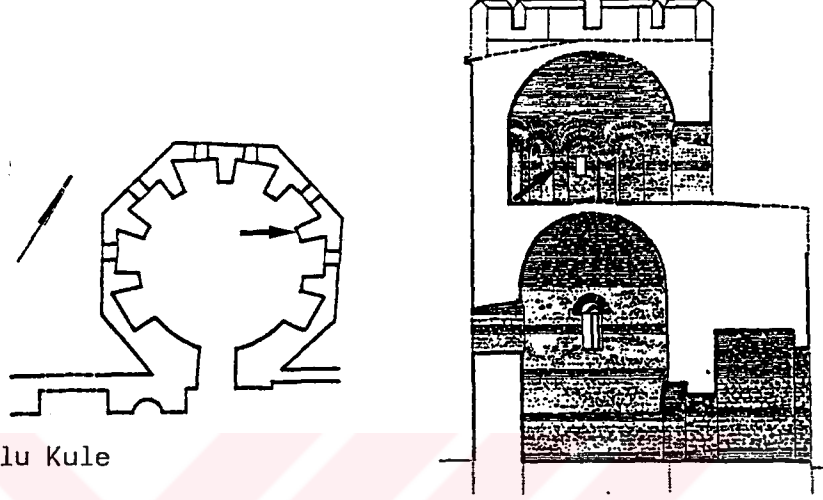


Şekil 4.11. Karasurları 54 No.lu Kule

Örnek alınan yer	: İkinci kat güney cephesindeki doğu mazgal penceresinin içinden (Şekil 4.11, 4.15; Ek C. Foto 22)
Örgü tekniği	: 5, 6 tuğla/6 taş
Tuğla kuşak kalınlığı	: 5 tuğla: 38.0-43.5 cm 6 tuğla: 48.5-51.0 cm (yalnız kuzey cephe- de)
Tek tuğla kalınlığı	: 4.0 ve 4.5 (min.3.6, max.4.7) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 36.5-38.5 cm
Tuğla derzleri	: 5.5 (min.4.5, max.6.5) cm
Tuğla rengi	: Kırmızımsı sarı (5 YR-7/6, 6/6)
Taş sıraları kalınlığı	: 138 cm
Tek taş yüksekliği	: 13-30 cm
Tek taş genişliği	: 25-42 cm

4.1.12. Karasurları 56 No.lu Kule

740 yılındaki büyük depremde [171] sonra, III.Leo'nun yeniden yaptırdığı kulelerden biri de 56 No.lu sekizgen kuledir [172]. Bu yenileme çalışması, kulenin ön cephesindeki yazıtla belgelenmektedir [173].



Şekil 4.12.

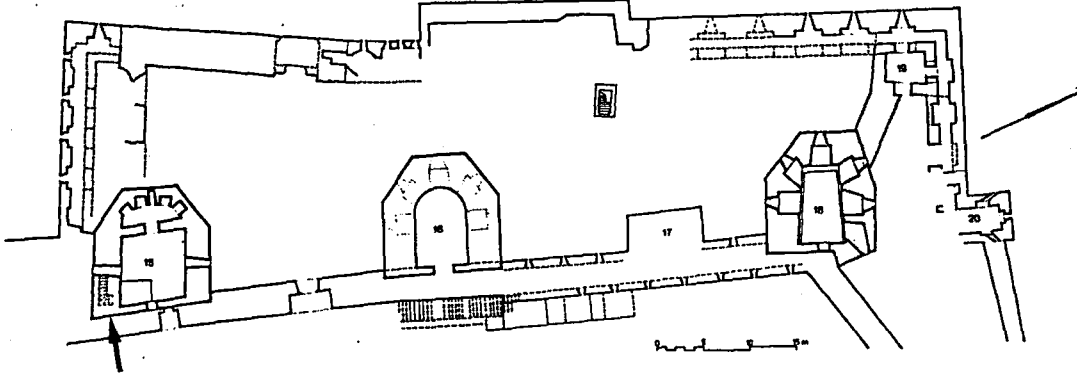
Karasurları 56 No.lu Kule

Örnek alınan yer	: Kulenin içinden, üst kattaki kuzeybatı niş ayağından (Şekil 4.12., 4.15; Ek C. Foto 23)
Örgü tekniği	: 5 tuğla/taş
Tuğla kuşak kalınlığı	: 39.5 (min.37.2, max.40.5) cm
Tek tuğla kalınlığı	: 3.5 (min.3.0, max.4.0) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 28.0-30.0 ve 36.0-38.0 arasında (min.28.0, max.39.0) cm
Tuğla derzleri	: 4.0-6.5 cm
Tuğla rengi	: kırmızımsı sarı (5 YR-6/6)
Taş sıraları yüksekliği	: 92-93 cm

4.1.13. Karasurları B.15 No.lu Kule

İstanbul Karasurları'nın Haliç'e ulaştığı son bölümü 5.yüzyıla aittir ve Pteron şeklinde anılır [174]. V.Leo'nun (813-820) bu sur kesimini güçlendirmek amacıyla başlattığı çalışmaların bir devamı olarak planlanan B.15-18 sur kuleleri, yazıttan da anlaşıldığı gibi Theophilus (829-842) tarafından yaptırılmıştır [175]. Leo dönemi ön-surunun yapılmasıyla kullanılamaz duruma gelen Pteron sur duvarı,

çokgen planlı bu kulelerin inşasıyla savunma açısından tekrar eski önemine kavuşmuştur. B.15 No.lu kulenin üzerine geç Bizans döneminde üçüncü bir kat eklenmiştir [176].



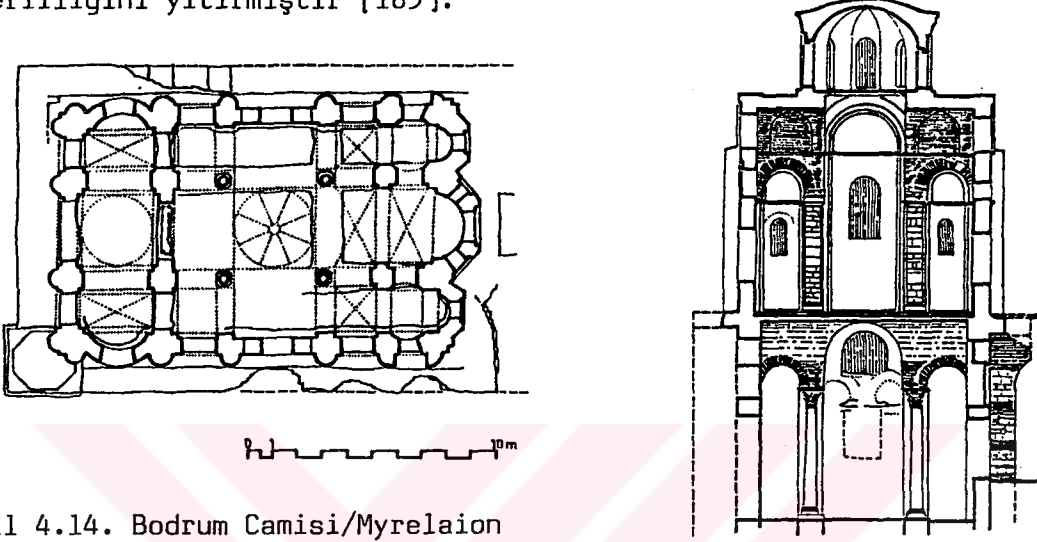
Şekil 4.13. Karasurları B.15 No.lu Kule

Örnek alınan yer	: B.15 Kulesi'nin doğu cephesinden, ikinci kat tuğla beden duvarının dış yüzünden (Şekil 4.13., Ek C. Foto 24).
Örgü tekniği	: Alt kat 7 tuğla/7 taş almalı, Üst kat sırf tuğla
10 tuğla sırası kalınlığı:	94-96 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 4.4 (min.4.0, max.4.8) cm
Tek tuğla genişliği	: 31.2-35.0 cm
Tuğla derzleri	: 5.0-6.5 cm
Tuğla rengi	: Kırmızımsı sarı, sarımsı kırmızı (5 YR-6/8, 5/8)
Tek taş yüksekliği	: 22-44 cm
Tek taş genişliği	: 50-120 cm

4.1.14. Bodrum Camisi/Myrelaion

Amiral Romanos Lekapenos'un zaman zaman ikamet ettiği sarayını, 920'de imparator oluşundan kısa bir süre sonra rahibeler manastırına dönüştürdüğü bilinmektedir [177]. Bu sarayın hemen yanına kesin olarak saptanamayan bir tarihte de bir Mezar Kilisesi inşa ettirmiştir [178]. İmparatorun 922 yılında ölen eşinin buraya gömülmüş olması nedeniyle yapı bu tarihlerde inşa edilmiş olmalıdır [179]. Söz konusu kilise, İmparator Romanos Lekapenos'un yanısıra ailenin başka fertlerinin de defnedildiği [180] altyapı ve bunun üzerinde yükselen esas kilise olmak üzere iki kattan oluşmaktadır. İki katlı planlanmasının

nedeni kiliseyi, büyük olasılıkla 5.yüzyıla ait [181] bir altyapı üzerinde yükselen saray terasının seviyesine çıkarmak olmalıdır. Kilise üst katının yalnız tuğla, alt katının ise tuğla/taş almalı bir örgü tekniğinde inşa edilmiş olmasına dayanılarak ileri sürülen, yapıda iki ayrı yapım döneminin varlığına ilişkin görüş [182], 1965 yılında yapılan kazı ve araştırmalar sırasında elde edilen bulgularla geçerliliğini yitirmiştir [183].



Şekil 4.14. Bodrum Camisi/Myrelaion

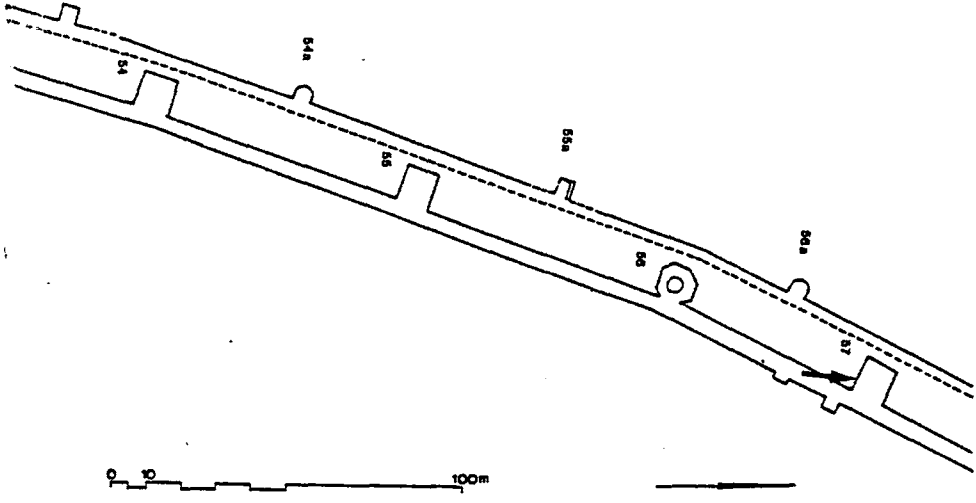
Örnek alınan yer	: Narteks tonoz kemeri ile kubbe kasağı arasında kalan duvar parçasının batı iç cephesinden (Şekil 4.14).
Örgü tekniği	: Altyapı : Tuğla/taş almalı Esas kilise: Sırf tuğla
Tek tuğla kalınlığı	: Ortalama 4.0 cm (*)
Tek tuğla uzunluğu	: 30.0-35.0 cm (*)
Tuğla derzleri	: 5.5-6.0 cm (*)
Tuğla rengi	: Açık kırmızımsı kahverengi (7.5 YR-6/4, 6/6)

4.1.15. Karasurları 57 No.lu Kule

İlk olarak Theodosius döneminde inşa edilen 57 No.lu kule, batı cephesindeki tuğla yazıt bandına göre 10.yüzyıl ilk yarısında yeniden

(*) Sayısal değerler C.L.Striker'den alınmıştır (Bkz.C.L.Striker, The Myrelaion (Bodrum Camii) in Istanbul, Princeton 1981, s.17.)

olmalıdır [184]. Dörtgen planlı kulenin kuzey cephesi kısmen Theodosius dönemindendir [185].



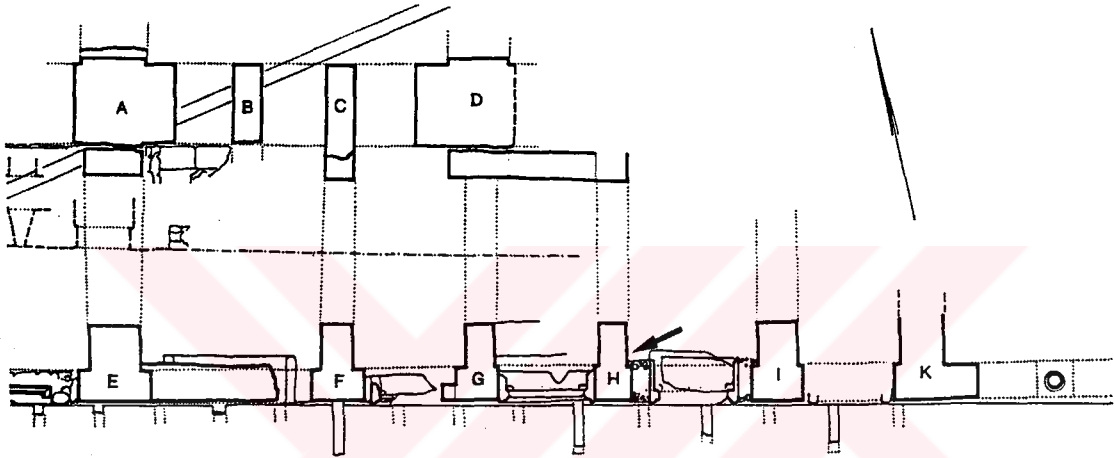
Şekil 4.15. Karasurları 57 No.lu Kule

Örnek alınan yer	: 10.yüzyılda yeniden yapılan güney dış cep- heden (Şekil 4.15, Ek C. Foto 25).
Örgü tekniği	: 5 tuğla/taş (taş sıralarının sayısı düzen- siz)
Tuğla kuşak kalınlığı	: 41.5-42.5 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 4.6 (min.4.5, max.5.0) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 38.4-39.2 cm
Tuğla derzleri	: 4.0-6.0 cm
Tuğla rengi	: Kırmızımsı sarı, sarımsı kırmızı (5 YR- 6/6, 5/6)
Tek taş yüksekliği	: 9-23 cm
Tek taş genişliği	: 38-62 cm

4.1.16. Bukoleon Sarayı

Ahırkapı'da, Marmara'ya hakim bir konumda deniz surlarının üzerine oturan yapı kalıntısı, bu bölgede yer alan Bizans Sahil saraylarından biridir [186]. Daha çok Bukoleon Sarayı olarak tanınan yapının adı ve yapım tarihi konusunda bilinenler kesin olmaktan uzaktır. Bir- den fazla yapım aşamasının varlığından sözedilen yapı, 1870 yılında çevresinde sürdürülen demiryolu yapım çalışmaları sırasında, mevcut duruma ilişkin tespitler yapılmadan tahrip edilmiştir [187]. Günümüz- deki kalıntıların büyük bir kısmı altyapıya aittir. Tonoz örtülü

tuğla ayaklardan oluşan üst yapı ise oldukça harap durumdadır. Üst yapının bugüne ulaşan kısımları iki farklı yapım dönemine tarihlenmektedir [188]. Bu durum, yapım tekniğinde gözlenen boyutsal farklılıklarla da doğrulanmaktadır. Üst katın kuzey kısmını oluşturan ayakların (A-D ayakları), örgü tekniği özelliklerine dayanılarak Justinianus döneminde yapılmış olduğu öne sürülmektedir. Kalıntının daha geç tarihli olduğu sanılan deniz cephesi (E-K ayakları arası) nin yapım tarihi konusunda ise farklı görüşler bulunmaktadır [189]. Bu kısmın, 8.yüzyıl ile 10.yüzyıl arasındaki kesin yapım tarihi bilinmemektedir.



Şekil 4.16. Bukoleon Sarayı

0 5 10 m

Örnek alınan yer : 8.-10.yüzyıl arasına tarihlenen ancak kesin yapım tarihi henüz bilinmeyen üst yapının deniz cephesi üzerindeki H ayağının doğu tarafından (Şekil 4.16., Ek C. Foto 28).

Örgü tekniği : Sırf tuğla

10 tuğla sırası kalınlığı: 92-95 cm (A-D ayaklarında)
86-89 cm (E-K ayaklarında)

Tek tuğla kalınlığı : 4.8 cm (A-D ayaklarında)
4.2 (min.4.0, max.4.7) cm

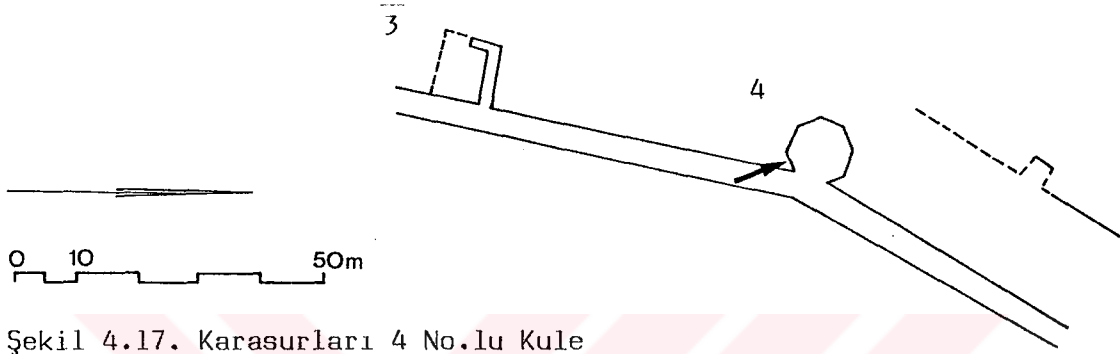
Tek tuğla uzunluğu : 35-39 cm (A-D ayaklarında)
34 (min.31, max.35) cm (E-K ayaklarında)

Tuğla derzleri : 3.5-7.0 cm

Tuğla rengi : kırmızımsı kahverengi (5 YR-5/4)

4.1.17. Karasurları 4 No.lu Kule

İstanbul Karasurları'nın Yedikule'de yer alan sekizgen kulelerinden biridir. İlk olarak Theodosius döneminde yapılmış olmakla birlikte, beden duvarı üzerindeki yazıt bantlarının da belirlediği şekilde İmparator III.Romanus döneminde (1028-34) tümüyle yenilenmiştir [190]. Bugün oldukça iyi durumdaki yapıda, bu yenilemeden daha erken bir tarihe ait olabilecek duvar dokusu gözükmemektedir [191].



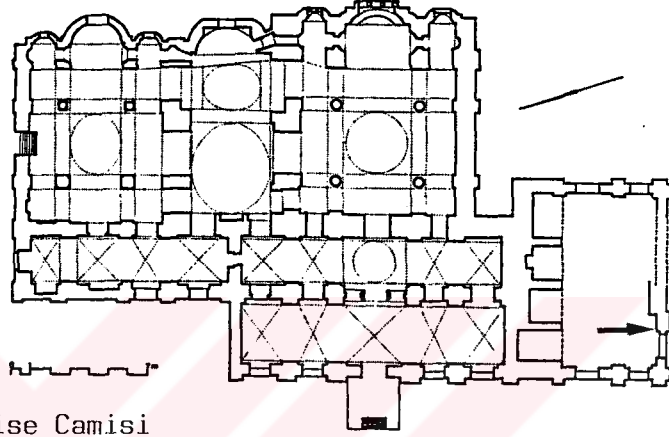
Şekil 4.17. Karasurları 4 No.lu Kule

Örnek alınan yer	: Kulenin, sur duvarına bitişen güneydoğu cephesi üzerinden, zeminden yaklaşık 3.0 m yukarıdaki tuğla kuşağın dış cephesinden (Şekil 4.17., Ek C. Foto 29).
Örgü tekniği	: 5 tuğla/7-8 taş
Tuğla kuşak kalınlığı	: 45.0-46.5 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 4.4 (min.3.8, max.5.0) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 33.0-36.5 cm
Tuğla derzleri	: 6.0-7.0 cm
Tuğla rengi	: Açık kırmızımsı kahverengi, kırmızımsı sarı (5 YR-6/4, 6/6)
Taş sıraları yüksekliği	: 136 cm (7 sıra taş)
Tek taş yüksekliği	: 13-20 cm
Tek taş genişliği	: 35-50 cm

4.1.18. Zeyrek Kilise Camisi/Pantokrator Kilisesi

İstanbul'un Zeyrek bölgesinde yer alan yapılar grubu, yapılması İmparator Johannes Komnenos ve İmparatoriçe Irene tarafından [192] planlanmış olan manastır kompleksi kapsamında inşa edilen birbirleriyle bağlantılı üç kiliseden oluşmaktadır. Bunlardan ilk olarak yapımına

1118 yılında başlanan ve Pantokrator'a adanan Güney Kilise inşa edilmiştir [193]. Kuzeydeki ikinci kilise ise İmparatoriçe'nin 1134 yılında ölümü [194] üzerine, manastırı genişletmeye devam eden eşi İmparator II.Johannes tarafından tamamlatılmıştır [195]. 1136 yılında bu iki yapının arasına bir mozolenin yapılmasıyla [196] kilise grubuna bir bütünlük kazandırılmıştır. Aynı yıllardaki yapıım faaliyetleri sırasında, bu yapıların çevresindeki geniş alan üzerine de adigeçen ünlü ve büyük manastıra ait dini ve sosyal amaçlı çok sayıda bina inşa edilmiştir [197].

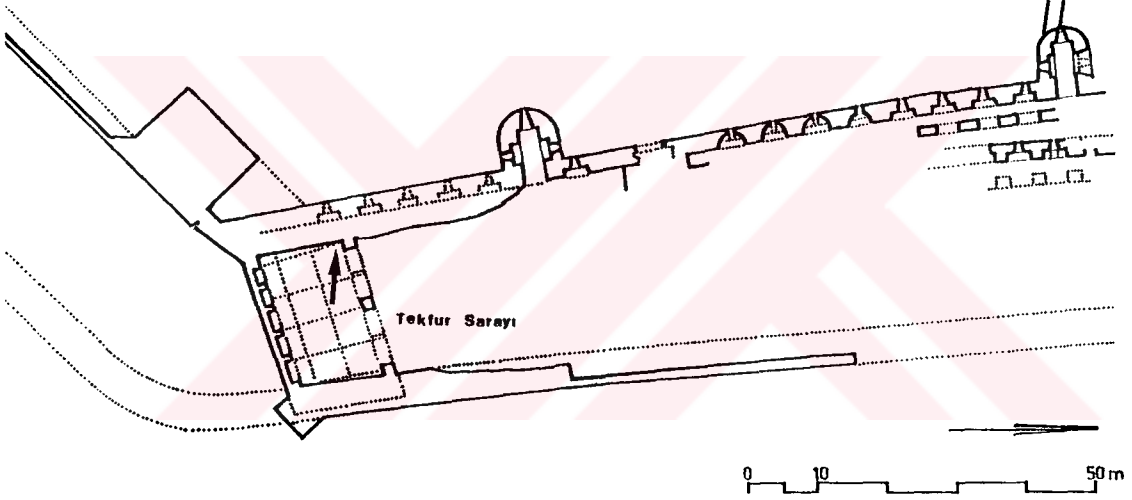


Şekil 4.18. Zeyrek Kilise Camisi

Örnek alınan yer	: Esas kilise (Pantokrator) ile birlikte inşa edilmiş [198] olan manastır binalarına ait olduğu söylenen [199] duvarların güney cephesi üzerinden, bugünkü zeminin 60 cm yukarısından, gizli tuğla tekniğindeki duvar örgüsünden (Şekil 4.18., Ek C. Foto 26-27).
Örgü tekniği	: Tuğla/taş almaşık Gizli tuğla tekniğindeki tuğla sıraları 5 kalın/5 ince, 5 kalın/6 ince, 6 kalın/ince, 7 kalın/7 ince tuğla ile örülmüştür.
Tek tuğla kalınlığı	: Kalın tuğla 5.0 (min.4.5, max.5.5) cm İnce tuğla 3.0 cm
Tek tuğla uzunluğu	: Kalın tuğla 38.0 (min.33.5, max.39.0) cm İnce tuğla 31.0 (min.29.0, max.32.0) cm
Tuğla derzleri	: 4.0-6.0 cm
Tek taş yüksekliği	: 14-20 cm
Tek taş genişliği	: 30-45 cm
Taş derzleri	: 2.0 cm
Tuğla rengi	: Sarımsı kırmızı (5 YR-5/6)

4.1.19. Tekfur Sarayı

Theodosius surlarının, 14.Bölge'de Blachernai ve Komnen duvarları ile kesiştiği noktada yer alan sarayın yapım tarihi hakkında görüş birliği yoktur. Günümüze ulaşmış az sayıdaki Bizans sarayından biri olan yapı, birincisi 10.yüzyıl, ikincisi önce 10.yüzyıl sonra paleolog olan iki ayrı yapım dönemi, üçüncüsü ise yalnız paleolog olmak üzere üç farklı şekilde tarihlenmektedir [200]. Ancak, zengin bezemeli avlu cephesinde taşıdığı paleolog dönemi imparatorluk armaları ve geç Bizans dönemi için karakteristik olan dekorasyon özellikleri, yapının paleologlar döneminde inşa edilmiş olduğu görüşünü güçlendirmektedir. Yapılan son çalışma [201] da, sarayı, 14.yüzyıla ait olan tek bir yapım dönemine tarihlemektedir.

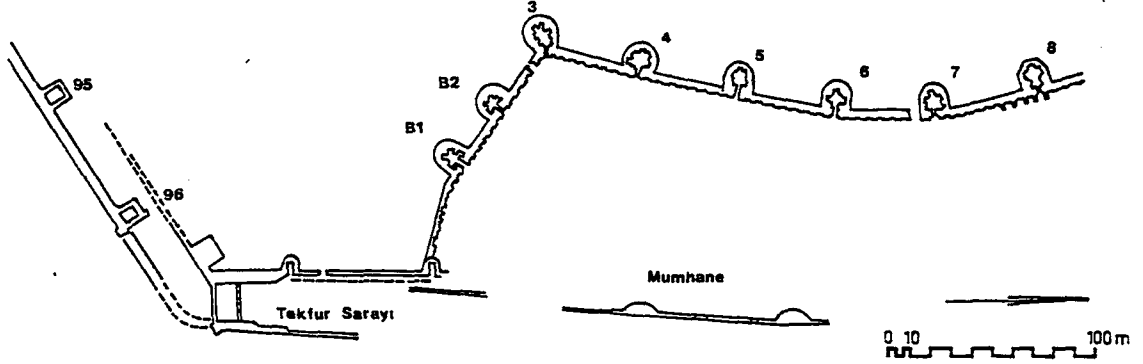


Şekil 4.19. Tekfur Sarayı

Örnek alınan yer	: Yapının 1.kat döşemesini taşıyan kuzeybatı tonozundan (Şekil 4.19., Ek C. Foto 30).
Örgü tekniği	: 3 tuğla/3 taş almaşık (kuzey cephede)
Tuğla kuşak kalınlığı	: 19.5-20.0 cm
Tek tuğla kalınlığı	: 4.0 cm
Tek tuğla uzunluğu	: 32.5 (min.30, max.33.3) cm
Tuğla derzleri	: 3.5-4.0 cm
Tuğla rengi	: Açık kırmızımsı kahverengi (2.5 YR-6/4, 5 YR-6/4)
Taş sıraları yüksekliği	: 94 cm
Tek taş yüksekliği	: 25-35 cm

Tek taş genişliği : 21-110 cm

Taş derzleri : 1.0 cm

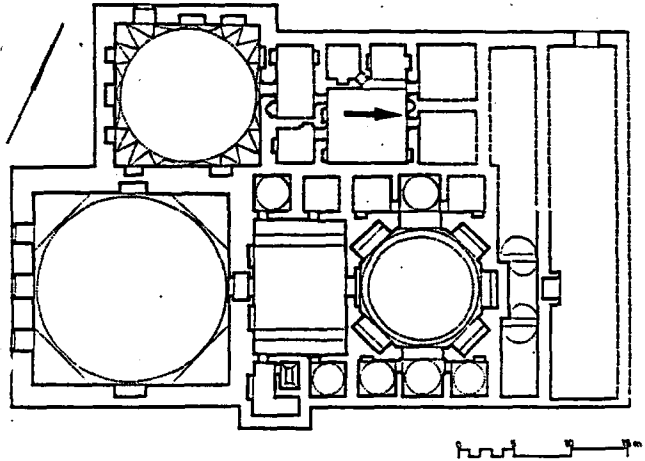


Şekil 4.20. İstanbul Karasurları'nın Tekfur Sarayı'na ulaştığı nokta

4.2. ERKEN OSMANLI DÖNEMİ YAPILARI

4.2.1. Tahtakale Hamamı

Yapı, Sultan II.Mehmet'e ait 1470/H.875 tarihli vakfiyede, Fatih Camisi'nin vakıfları arasında gösterilmiştir [202]. Ancak, İstanbul'un alındığı 1453 ile vakfiyenin hazırlandığı 1470 yılı arasında kalan dönem içindeki kesin yapım tarihini belirlemek bugünkü bilgilerle mümkün olmamaktadır [203]. Çifte hamam olarak yapılmıştır ve kentin en büyük hamamlarından biridir. 18.yüzyılda geçirdiği yangın kısmen hasar görmüştür [204].



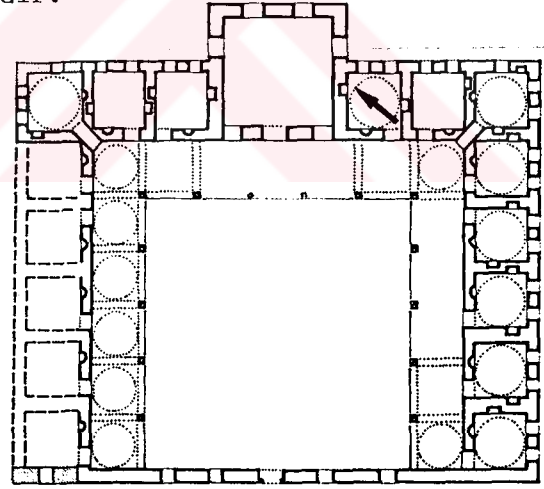
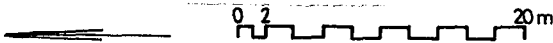
Şekil 4.21. Tahtakale Hamamı

Örnek alınan yer : Kadınlar kısmına ait sıcaklık döşemesinin 60 cm altından, hypocaust ayaklarından (Şekil 4.21., Ek C. Foto 31).

Örgü tekniği	: Soyunmalık cepheleri kesme taş; diğer cepheler düzgün moloz taş; kemer, geçiş öğeleri, örtüler tuğla.
Tek tuğla kalınlığı	: 3.5 cm
Tek tuğla genişliği	: 29.5 cm
Tuğla derzleri	: 3.5 cm
Tuğla rengi	: Açık kırmızı, kırmızı (2.5 YR-6/6, 5/6)

4.2.2. Davutpaşa Medresesi

Medrese, Sadrazam Davut Paşa tarafından yaptırılan ve cami, türbe, çeşme ile bugün yokolmuş olan imaret ve mektepten oluşan külliye-nin bir parçasıdır. Yazıtı yoktur, ancak birlikte yapıldığı cami ve çeşmenin yazıtlarına göre 1485/H.890 yılında yapılmış olmalıdır [205]. Depremlerden hasar görmüş olan yapının, Hekimoğlu Ali Paşa caddesi üzerindeki hücreleri, dersane doğu duvarı, revak kemerleri ve giriş kapısı ile kuzeydoğudaki köşe hücresi geçirdikleri onarımlarla özgün biçimlerini yitirmişlerdir.

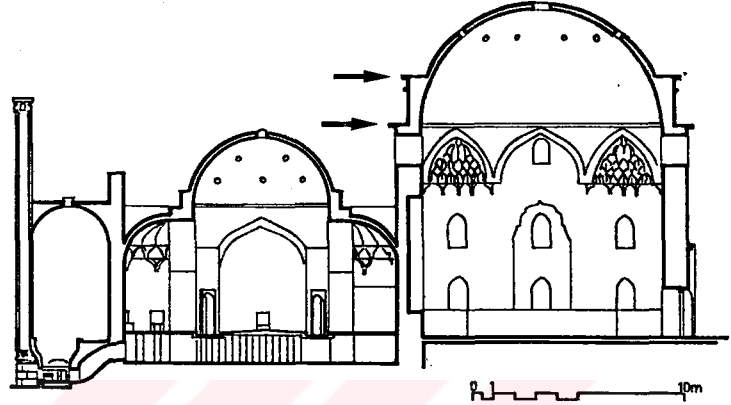


Şekil 4.22. Davutpaşa Medresesi

Örnek alınan yer	: Dershanenin güneyindeki ilk hücrenin kubbe örgüsünden (Şekil 4.22., Ek C. Foto 32).
Örgü tekniği	: Beden duvarları taş; kemer, geçiş eleman-ları ve örtüler tuğla.
Tek tuğla kalınlığı	: 4.0 (min.3.8, max.4.2) cm
Tek tuğla uzunluğu	: 28.0 (min.28.0, max.29.2) cm
Tuğla derzleri	: 2.6-4.6 cm
Tuğla rengi	: Kırmızı (2.5 YR-5/8)

4.2.3. İshakpaşa Hamamı

Yapım tarihi kesin olarak bilinmemekle birlikte, İshak Paşa'nın 1487/H.891 tarihli vakfiyesinde [206] bahsedilmesi nedeniyle, 145-1487 tarihleri arasında yapılmış olmalıdır. Müller-Wiener ise yapım tarihini kaynak belirtmeden, yaklaşık 1483/H.888 olarak vermektedir [207].



Şekil 4.23.

İshakpaşa Hamamı

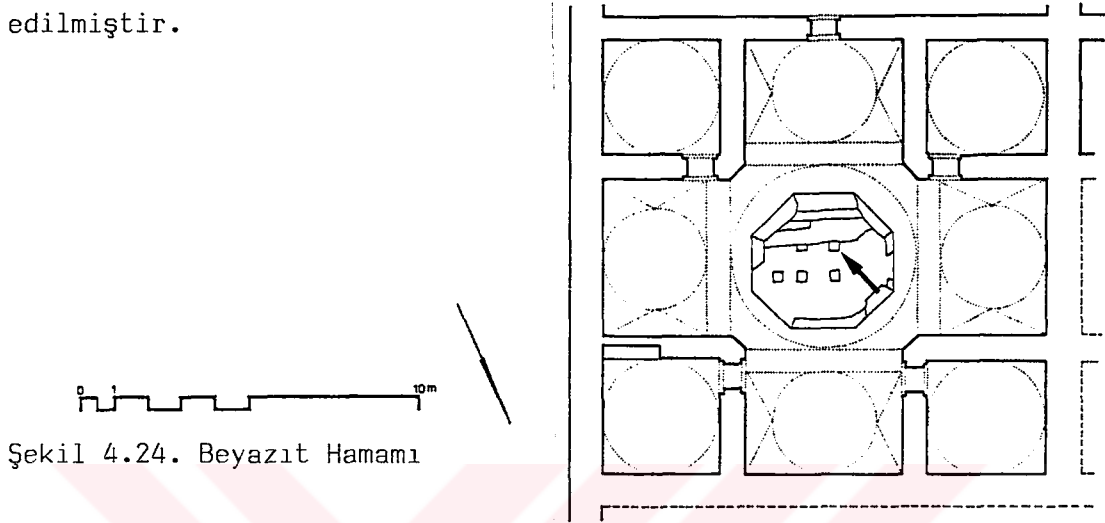
Örnek alınan yer	: Düzgün kesme taş ve tuğladan almalı bir düzende örülmüş olan kubbe kasağının kuzeybatı yönündeki tuğla sıralarından (Şekil 4.23., Ek C. Foto 33).
Örgü tekniği	: Beden duvarları taş; kemer, saçak, geçiş elemanları, kubbe kasağı ve örtü tuğla.
Tek tuğla kalınlığı	: 3.5 cm (*)
Tek tuğla uzunluğu	: 27.5 cm (*)
Tuğla derzleri	: 3.5-4.0 cm (*)
Tuğla rengi	: Sarımsı kırmızı (5 YR-5/8)

4.2.4. Beyazıt Hamamı

Camisi 1501-1506/H.906-911 yılları arasında yapılan [208] Beyazıt Külliyesi'nin bir parçası olarak bilinen çifte hamamın yapım tarihi hakkındaki bilgiler yetersizdir. Yapının üzerinde yapım tarihine ilişkin bir yazıt bulunmadığı gibi, II.Beyazıt vakfiyesinde de

(*) Tuğla boyutları Mimar Mehmet Erdal'dan alınmıştır. (Bkz.M.Erdal, İshakpaşa Hamamı Restorasyonu Projesi, İ.T.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Lisansüstü tezi, İstanbul 1989, s.12,14,19).

yapıdan sözedilmemektedir [209] . Ancak inşasında 1517'de yıkılan [210] Theodosius sütununa ait çok sayıda mimari elemanın kullanıldığı gözönüne alındığında, yapım tarihi 1517 veya daha geç olmalıdır. Kenti büyük ölçüde etkileyen yangınlarda [211] oldukça hasar gören hamam, bir çok onarım geçirmiş, son olarak 1972 yılında kısmen restore edilmiştir.



Şekil 4.24. Beyazıt Hamamı

- Örnek alınan yer : Hamamın erkekler kısmı sıcaklık mekanındaki göbektaşı döşemesinin 70 cm altından, hypocaust sisteminin ayak örgüsünden (Şekil 4.24.).
- Örgü tekniği : Beden duvarları taş; örtü, geçiş elemanları, kemerler ve hypocaust sistemi tuğla.
- Tek tuğla kalınlığı : 3.5 cm
- Tek tuğla uzunluğu : 28.0-28.5 cm
(yarım tuğla: 28.0-28.5 x 13.0 cm)
- Tuğla derzleri : 3.5 cm
- Tuğla rengi : Kırmızı (2.5 YR-5/6, 4/6)

BÖLÜM 5- DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1. YAPIDAN ÖRNEK ALINMASI

Tuğla malzemenin özelliklerinin tespit edilebilmesi amacıyla yapılacak olan laboratuvar deneylerinde kullanılmak üzere, yapıların yapım tarihi belirlenebilen noktalarından alınması gerekli ve yeterli malzeme miktarları saptanmıştır. Çalışma izinlerinin getirdiği kısıtlamalar nedeniyle, duvarın görsel bütünlüğüne zarar vermemek üzere, bu miktarlar oldukça sınırlı düzeyde tutulmuştur. Bazı yapılarda kullanılan tuğlaların aynı dönemin malzemesi olmalarına rağmen renklerinin birbirinden farklı olduğu saptanmıştır. Böyle durumlarda, ayrı renkteki her tuğladan bir tane alınarak, bunların her biri ayrı ayrı incelenmiş ve aralarında görülen renk farklılığına paralel olarak fiziksel ve mekanik özelliklerinde de farklılık olup olmadığına bakılmıştır. Numune alma işlemi sırasında alınacak tuğlanın yapı üzerindeki konumuna dikkat edilmiş, numunenin yapının dış koşullardan (yağmur, rüzgar, ısı farklılıkları, vb.) olabildiğince az etkilendiği noktalarından alınmasına özen gösterilmiştir. Numune alınacak noktanın konumu, yapıya ait plan ve/veya kesitler üzerinde işaretlenmiş, fotoğrafı çekilmiş, duvarın bu kesiminin yapım tekniği özellikleri incelenmiştir. Malzeme alındıktan sonra, alındığı yer fotoğraf ile tekrar belirlenmiştir.

5.2. DENEY ARAÇ VE YÖNTEMLERİ

İncelenen yapılardan elde edilen tuğlalardan, deneylerde kullanılmak üzere, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği Laboratuvarı Taş Kesme Atölyesinde bulunan karot alma aleti (Ek C. Foto 34) ile 2.5 cm çapında ve 5.0 cm yüksekliğinde "karot" lar (silindirik numuneler) hazırlanmıştır (Ek C. Foto 36-39). Heterojen bir yapıda olan tuğla malzemenin, bünyesine bir takım kusurlar, bu arada mukavemeti zayıf olan bölgeler içermesi doğaldır. Böyle bölgelerin alınan numune içinde bulunması, tuğlanın daha düşük mukavemetler altında kırılmasına neden olacak [212], ya da oldukça zayıf

olan bu bölgeler deney numunesi içine girmemişse tuğlanın mukavemeti olduğundan daha yüksek çıkacaktır. Buna göre, numunenin, malzemenin gerçek niteliğini temsil etme oranının, numune boyutunun büyümesiyle doğru orantılı olarak artacağı gözönünde tutularak alınan tuğlalardan mümkün olduğunca büyük numuneler çıkarılması ana ilke olmuştur. Ayrıca deney uygulanacak bütün numunelerin, birbirleriyle karşılaştırılabilmeleri için boyut ve biçimlerinin aynı olması gerekmektedir. Bu nedenle boyutun saptanmasında, yapıdan elde edilen tuğlanın boyutları belirleyici olmuş, incelenen dönemde İstanbul'da kullanılan tuğlaların kalınlıklarının 3.0 cm ile 6.0 cm arasında değişmesi nedeniyle sözkonusu malzemeden alınabilecek en büyük ve her örneğe uygun ortak çap boyutu, kesme payı da dikkate alındığında, 2.5 cm olarak tespit edilmiştir. Silindirik numunelerin boyları ise TS 3114'e göre 1/2 oranında olması istenen çap/yükseklik ilişkisi gözönünde tutularak 5.0 cm olarak belirlenmiştir [213].

Elde edilen silindirik numuneler, uçları taş kesme testeresi (Ek C. Foto 35) ile ıslak kesilerek deneye hazır duruma getirilmişlerdir. Özellikle, yapılacak basınç deneyleri dikkate alınarak karotların basınç uygulanacak yüzlerinin düzgün ve birbirlerine paralel olacak şekilde kesilmesine özen gösterilmiştir. Kesme işlemi sırasında su kullanıldığı için deneylere başlamadan önce numuneler oda sıcaklığında kurutulmuştur. Mevcut yapılardan zorlukla ve ancak sınırlı miktarlarda elde edilen tuğla örneklerinden maksimum oranda faydalanmak amacıyla laboratuvar çalışmasına önce tahribatsız deneylerle başlanmış, daha sonra aynı malzeme üzerinde tahribat yapan deneyler uygulanarak, mümkün olduğunca az malzeme kullanılmaya çalışılmıştır. Buna göre karot numuneler üzerinde sırasıyla birim ağırlık (kuru ve suya doygun), su emme (ağırlıkça ve hacimce), porozite, sertlik (Mohs), ultrases ve basınç deneyleri yapılmıştır. Özgül ağırlık deneyi için aynı tuğladan alınan ve değirmende öğütülerek (Ek C. Foto 40) 0.2 mm göz açıklıklı elekten geçirilen tuğla tozu kullanılmıştır. İncelenen tuğlaların Schmidt sertlikleri ise yapı üzerinde belirlenmiştir. Tuğlanın heterojen yapısı gözönünde tutularak, sonuçların güvenilirliğini artırmak [214] amacıyla, deneyler her yapı için aynı tuğladan alınan beş ayrı numune üzerinde yapılmış ve bunların aritmetik ortalaması deney sonucu olarak kabul edilmiştir [215].

Deney düzeninin sağlanması ve deneylerin yapılması aşamasında yapılacak deneyle ilgili standartlara bağlı kalınmıştır. Bu deneylerin bir kısmı (birim hacim ağırlık, su emme ve basınç mukavemetinin belirlenmesine ilişkin deneyler) "TS 704 Harman Tuğlası" [216] ve "TS 705 Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli" [217] 'ye göre yapılmıştır. Tuğla malzeme için standart hale gelmemiş diğer deneylerin belirlenmesinde doğal yapı taşları, çimento, beton ve kargir duvarlara ilişkin olarak hazırlanmış olan Türk (TS) standartları ile Alman (DIN) ve Amerikan (ASTM) tuğla normlarından yararlanılmıştır. Mevcut deney aletlerinin kapasiteleri ve kullanma koşulları da dikkate alınarak ve konu ile ilgili uzmanların yönlendirici katkılarıyla en uygun çözüm geliştirilmeye çalışılmıştır.

Tablolar halinde verilen ayrıntılı sonuçların yanısıra (Ek D.), karşılaştırma ve yorum kolaylığı sağlamak amacıyla sonuçların ortalamaları bütün yapıları kapsayacak şekilde ve kronolojik bir düzende toplu olarak sunulmuştur (Tablo 5.1-5.2).

5.3. UYGULANAN DENEYLER

Giriş bölümünde belirtilen amaçlar doğrultusunda, yapılardan alınan tuğla malzemeler üzerinde yapılan deneyler, fiziksel ve mekanik özelliklere ilişkin olmak üzere iki grupta toplanmıştır.

5.3.1. Fiziksel Özelliklere İlişkin Deneyler

5.3.1.1. Birim hacim ağırlık

Malzemelerin herhangi bir birim hacimdeki toplam ağırlığını, içerdiği su miktarı, porozite, tanelerin ya da katı kısımların mineralojisi, kimyasal bileşimi ile ayrışma derecesi belirlemektedir [218]. Birim hacim ağırlıkları fazla olan malzemelerin poroziteleri ve su emme değerleri düşük, özgül ağırlıkları yüksektir [219]. Malzemelerde iki tür birim hacim ağırlık tarif edilir.

5.3.1.1.1. Kuru birim hacim ağırlık

Kuru birim hacim ağırlık boşluklar düşülmeden hesaplanan bir değerdir. 105°C etüvde sabit kuru ağırlığa kadar kurutulan numunenin ağırlığının hacmine bölünmesiyle elde edilir. Bu çalışmada kuru ağırlıkları (G_1) tartılarak bulunan numunelerin hacmi, en çok uygulanan şekliyle Arşimed ilkesine dayanılarak hesaplanmıştır. (Ek C. Foto 43-44).

$$\Delta_K = \frac{G}{V} = \frac{G_1}{G_2 - G_3} = \text{Kuru birim hacim ağırlık (g/cm}^3\text{)}$$

5.3.1.1.2. Suyu doygun birim hacim ağırlık

Numunelerin içindeki boşluklar düşülerek bulunan suya doygun birim hacim ağırlık, numunenin suya doymuş haldeki ağırlığının (G_2) tüm hacme oranı (V) olarak hesaplanmıştır.

$$\Delta_{SD} = \frac{G_2}{V} = \frac{G_2}{G_2 - G_3} = \text{Suya doygun birim hacim ağırlık (g/cm}^3\text{)}$$

Numunelerin bütün dışa açık boşluklarının su ile dolması halindeki birim hacim ağırlığı olan bu değer, numunelerin içinde boşluk olmaması durumunda kuru birim hacim ağırlığa eşit olur. Ancak tuğla gibi boşluklu malzemelerde suya doygun birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlıktan farklı ve daha büyük bir değerdir.

5.3.1.2. Özgül ağırlık

Malzemenin boşlukları çıkarıldıktan sonra bulunan birim hacim ağırlığıdır. Özgül ağırlığın belirlenebilmesi için malzeme içindeki bütün boşlukların toplam hacimden çıkarılması gerekmektedir. Bu deneyde, 0.2 mm göz açıklıklı elekten geçirilmiş olan tuğla tozu (Ek C. Foto 42) kullanılmıştır. 105°C etüvde sabit kuru ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulan ince toz halindeki numunenin tartılarak bulunan ağırlığının (G), toplam hacmine oranı malzemenin özgül ağırlığı olarak saptanmıştır. Hacmin belirlenmesinde "piknometre" adı verilen dereceli kap (Ek C. Foto 41) kullanılmış, tuğla tozunun su ile reaksiyona girme olasılığı nedeniyle bu kabın içine su yerine benzin konulmuştur.

$$\delta = \frac{G}{V} = \text{Özgöl ağırlık (g/cm}^3\text{)}$$

5.3.1.3. Su emme

Boşluklu bir malzeme, su içinde kalınca veya su ile temas halinde bulunması durumunda dışa açık boşlukları oranında bir miktar su emer. Malzemenin emdiği su miktarı mekanik özelliklerini ve donatı yanıklılığını önemli ölçüde etkiler [220] ve bu özelliklerin olumsuz yönde değişmesine neden olur. Değişik tür ve büyüklükte boşluklar içeren pişmiş toprak malzemelerden olan tuğlanın öncelikle su emme miktarlarını belirlemek, malzemenin nitelikleri hakkında büyük ölçüde fikir verecektir. Bu amaçla yapılan su emme deneylerinde, tuğlanın hacmine ve ağırlığına bağlı olarak iki ayrı değer tespit edilmiştir.

5.3.1.3.1. Ağırlıkça su emme

Numunelerin kuru ve suya doymuş ağırlıklarının tespit edilmesinden sonra, aşağıdaki formül kullanılarak her numune için emilen su miktarının, numunenin kuru ağırlığına oranı hesaplanmıştır.

$$S_A = \frac{G_2 - G_1}{G_1} \times 100 = \text{Ağırlıkça su emme oranı (\%)}$$

5.3.1.3.2. Hacimce su emme

Numunelerin hacimce su emme yüzdeleri, emilen su miktarının, numunenin hacmine oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

$$S_V = \frac{G_2 - G_1}{\frac{G_1}{\Delta K}} = \text{Hacimce su emme oranı (\%)}$$

5.3.1.4. Porozite

Boşluklu bir yapıya sahip malzemelerde boşluk oranını (gözeneklilik derecesini) belirlemek üzere porozite deneyleri yapılır. Bir malzemenin porozitesi, içinde bulunan boşlukların hacminin (V_b),

boşluklar da dahil olmak üzere tüm hacmine (V) oranıdır ve % olarak ifade edilir. Büyük ölçüde boşluklar içeren tuğla malzemenin boşluk oranları, yapılan deneylerden elde edilen verilere dayanarak hesaplanmıştır. Numunenin suya doygun ağırlığı ile kuru ağırlığı arasındaki fark ($G_2 - G_1$), tüm hacmine bölünerek boşluk oranı yüzde olarak bulunmuştur.

$$P = \frac{G_2 - G_1}{V} \times 100 = \text{Porozite (\%)}$$

Bu değer, aynı malzemenin yaklaşık olarak hacimce su emme miktarıyla aynıdır.

Porozite, malzemenin bir çok fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde etkilidir. Bu değer küçük olması, malzemenin kompakt, az boşluklu olduğunu gösterir. Bu oran büyüdükçe malzemedeki boşluk yüzdesi artar. Porozitenin artması mukavemet ve ısı iletkenliği özelliklerinin azalmasına neden olur [221].

5.3.2. Mekanik Özelliklere İlişkin Deneyler

5.3.2.1. Sertlik

Bir malzemenin, başka bir cismin batmasına, çizmesine karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanan sertlik yardımıyla malzemenin mukavemet, gevreklik ve aşınma dayanımı hakkında ön bilgiler elde edilir. Elde taşınabilen aletlerle yapı üzerinde kolayca uygulanma olanağı olan sertlik deneyleri hemen hemen tahribatsız deneylerdir. Uygulanan deney yöntemine göre farklılık gösteren malzemenin sertlik değeri belli bir karakteristiği ifade etmez, bağıl bir nitelik taşır ve bu nedenle de ancak aynı deneysel yöntem uygulanarak bulunan sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılabilirler. Bu çalışmada, dayandıkları ilkelere göre üç ana grupta incelenebilen sertlik saptama yöntemlerinden (çizme, geri tepme ve iz yapma) hangisinin Bizans dönemi tuğlası için uygun olduğunun belirlenmesinden sonra numunelerin sertlik ölçmeleri yapılarak karşılaştırmalı çizelgeler hazırlanmıştır.

5.3.2.1.1. Çizme yöntemi ile sertlik tespiti.

Sertlik saptamada en yaygın ve eski yöntem, çizme yolu ile sertliğin saptanmasıdır [222]. Her malzemenin, ancak kendisinden daha yumuşak olan malzemeyi çizebildiği esasına dayanarak hazırlanan ve sertlikleri birbirinden farklı 10 mineralden oluşan Mohs Sertlik Skalası'ndaki mineraller yardımıyla sertlik belirlemeye yarayan bir yöntemdir. Malzeme yüzeylerinin yeterli düzgünlükte olmaması nedeniyle bu deneyin mevcut yapılar üzerinde uygulanması uygun görülmemiş ve uygulama, laboratuvarda düzgün kesilerek oda sıcaklığında kurutulan tuğla parçaları üzerinde yapılmıştır.

5.3.2.1.2. Geri tepme yöntemi ile sertlik tespiti

Değişik sertlikte olan yüzeylere düşen sert cisimlerin geri sıçramalarının çarptıkları yüzeye bağlı olarak farklı olması esasına dayanır. Bu deneyin uygulanmasında hafif, elde taşınabilir ve kolay okunabilir olan, bu nedenle de laboratuvarda olduğu kadar yapı üzerinde de uygulanabilen Schmidt çekici kullanılmıştır. Çekicinin malzeme yüzeyine çarpmasından sonra aletin gövdesi üzerindeki skalada okunan geri tepme miktarı, malzemenin sertlik derecesi olarak kabul edilmektedir. Çekicinin geri sıçramasıyla ulaştığı mesafe ne kadar büyükse, malzemenin sertliği o kadar yüksektir. Bu alet, noktasal olarak etkimesi nedeniyle, duvar yüzeyleri çok düzgün olmayan eski yapılarda kullanılabilecek en uygun yöntem olarak belirlenmiştir [223]. Tuğla malzemeler üzerinde yapılan Schmidt sertliği deneylerinde yumuşak malzemeler için hazırlanmış olan N-tipi Schmidt çekici [224] (Ek C. Foto 48) kullanılmıştır. Uygulama esnasında duvar yüzeyleri zımpara ile bir miktar düzeltilmiş, görünürde çatlak, kırık gibi süreksizliklerin bulunmamasına ve aletin bu yüzeylere dik tutulmasına özen gösterilmiştir. Tuğlanın homojen bir malzeme olmaması nedeniyle, elde edilen değerlerde büyük dağılımlar olması kaçınılmazdır. Bu nedenle, güvenilir bir sonuca ulaşmak amacıyla, her örnek için $(20 \times 20) \text{ cm}^2$ 'lik bir alanda en az 20, en çok 25 ayrı noktada okuma yapılmıştır. 25'ten daha fazla noktadan okuma yapmakla, ortalamanın gerçeğe yakınlığında fazla bir değişme olmamaktadır [225]. Bir örnek üzerinde yapılan okumalarda, bulunan değerlerin en büyüğü $S_{\max}$ ve en küçüğü $S_{\min}$ olarak alındığında, $S_{\max} - S_{\min} < 10$ eşitsizliği sağlanmaya çalışılmış, bu sonucun elde edilememesi durumunda deneyler tekrarlanmıştır [226].

5.3.2.1.3. İz yapma yöntemi ile sertlik tespiti

Özel bir aygıtla malzeme yüzeyinde iz açılması ve bu izin genişliğinin ölçülerek bir sertlik değerine ulaşılması yöntemidir. Malzeme yüzeyinin yeterince düzgün olmaması nedeniyle deney bilyesinin duvar üzerinde bıraktığı izin ölçülmesi zor olmaktadır [227]. Frank çekici kullanılarak yapılan bu deneye, eski yapılar için uygun olması nedeniyle başvurulmamıştır.

5.3.2.2. Ultrases

Sesin duyulabilen titreşimi 16-16 000 Hz (*) arasındadır. Frekansın 16 000 Hz'in üzerine çıkması durumunda kulakla duyulmayan ve ultrases denilen ses dalgaları oluşmaktadır. Boşlukta ilerlemeyen bu dalgalar gaz, sıvı veya katı halde bulunan bir cismin içinde belirli bir hızla yayılırlar. Bu hız, malzemenin cinsine ve bünye yapısına bağlı olarak değişir. Ultrases dalgaları, doğrultuları üzerinde bir boşluğun bulunması halinde, bu boşluğu geçemeyerek çevresini dolaşırlar [228]. Bu durum, sesin numunenin bir ucundan öbür ucuna varması için geçen süreyi arttırır veya başka bir deyişle malzeme içindeki ses hızını düşürür. Tuğla gibi oldukça boşluklu bir malzemede ses geçiş hızının bilinmesi, malzemenin içerdiği boşluk miktarı hakkında bilgi vereceği için, incelenen örnekler üzerinde relatif bir karşılaştırma yapabilmek amacıyla ultrases deneyi yapılması öngörülmüştür. Silindirik numunelerin uçlarından birine ultrases üreten verici "prob", diğerine de malzeme içinden geçen ses dalgalarını toplayan bir alıcı "prob" yerleştirilmiştir. Sesin malzemenin bir ucundan diğer ucuna ulaşması için geçen zaman (t), "Proseq Concrete Tester CC4" marka bir "ossilograf" aracılığı ile aletin göstergesinden mikrosaniye cinsinden okunmuştur (Ek C. Foto 45). Buradan sesin malzeme içindeki hızı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$V = \frac{L}{t} = \text{Ses geçiş hızı (mm / } \mu\text{san)}$$

Malzemenin içinde bulunan boşlukların, mukavemeti olumsuz olarak etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle, ses geçiş hızı ile mukavemet arasında doğru orantılı bir ilişkiden söz edilir [229]. Ultrases

(*) Hertz: Bir saniyedeki titreşim adedi.

yoluyla hesaplanan elastisite modülü kullanılarak malzemenin mukavemeti tayin edilebilmektedir. Bu yolla mukavemet tayini malzemeyi, tahrip etmeden tanımak ve özellikleri hakkında fikir edinmek açısından önemli olmaktadır [230]. Ancak bu yaklaşık bir değerdir. Bu çalışmada, malzemelerin mukavemetleri laboratuvarda yapılan basınç deneyleri sonucu doğrudan bulunduğu için dolaylı yolla mukavemetin belirlenmesine gerek duyulmamış, ancak ultrases geçiş hızının bilinmesi, bu hız ile basınç dayanımı arasındaki korelasyon kullanılarak malzemelerin mukavemetlerine ilişkin daha sağlıklı bir sonuca ulaşmaya yardımcı olmuştur.

5.3.2.3. Basınç dayanımı

Pişmiş toprak malzemeler, bünye yapısı açısından gevrek bir nitelik taşımaktadırlar. Bu tür malzemeler mekanik zorlamalar altında çok az deformasyon yaparlar ve kırılmaları ani olur. Bu şekilde kırılan gevrek malzemelerde iç yapı kusurları, çentikler, çizikler ve mikroçatlaklar gerilme yığılmasına neden olmaktadır. Çekme mukavemetleri çok düşük olan tuğla malzemeler basınç etkisi altında oldukça yüksek mukavemet gösterebilirler. Bu nedenle, incelenen tuğla numunelerinin çekme mukavemetleri ihmal edilerek tek eksenli basınç mukavemetleri saptanmıştır. İ.T.Ü.İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda yapılan bu deneyde "Amsler" marka, 100 ton kapasiteli mekanik kontrollü hidrolik pres kullanılmıştır (Ek C. Foto 46). Presin alt ve üst tablaları arasındaki mesafenin fazla olması nedeniyle, presin çeneleri arasına max.5.5 cm açılabilen ve üst başlığı hareketli, yardımcı bir gereç konulmuştur. Numune, bu gereç arasına ve tam merkezde olacak şekilde yerleştirilmiştir (Ek C. Foto 47). Yükün uygulanması ile numunenin kırılmasına neden olan kuvvet (P_K), presin göstergesinden KN cinsinden tespit edilmiştir. Bu değer, numunenin, deneyin uygulandığı doğrultuya dik olan kesit alanına (F) bölünerek tek eksenli basınç mukavemeti değerine ulaşılmıştır.

$$R = \frac{P_K}{F} = \text{Basınç Dayanımı (N/cm}^2\text{)}$$

5.3.2.4. Petrografik analiz

İncelenen tuğla malzemelerin mineralojik yapısını belirlemek amacıyla İ.T.Ü.Maden Fakültesi Mineraloji-Petrografi Laboratuvarında numunelerin ince kesitleri hazırlanmıştır. Bu kesitler, polarizan mikroskopta incelenerek (*), tuğla hamurunu oluşturan minerallerin cinsleri, hamurdaki doluluk, boşluk oranları, tane ve gözenek boyutları belirlenmiştir (Ek C. Foto 49a-49d).

5.4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bizans tuğlasının niteliklerini, bu niteliklerde zamana bağlı bir değişiklik olup olmadığını belirlemek ve Bizans tuğla üretiminin düzeyi konusunda bir fikir edinmek üzere yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar üç ana başlıkta değerlendirilmiştir. İlk olarak Bizans tuğlalarının fiziksel ve mekanik özelliklerine ilişkin veriler irdelenmiştir. Daha sonra bu sonuçlar, aynı yöntemle üretilmiş olan Erken Osmanlı ve bugünkü harman tuğlaları ve bu tuğlalardan tamamen farklı bir yöntemle üretilmiş olan fabrika tuğlalarıyla karşılaştırılmışlardır. Ayrıca Bizans tuğlalarının, günümüz tuğlası ile ilgili standartların öngördüğü koşullarla ilişkileri de tartışılmıştır.

5.4.1. Bizans Döneminin Değerlendirilmesi

26 ayrı örnek üzerinde yapılan incelemelerden elde edilen sonuçlar, Bizans tuğlalarının birim hacim ağırlıklarının 1.55 ile 1.86 g/cm³ arasında olduğunu ortaya koymaktadır. İncelenen örneklerin içinde en küçük birim hacim ağırlık değerine, 4.yüzyıl yapısı olan Mumhane Duvarı'nda (MU), en büyüğüne ise Bizans'ın son döneminde inşa edilmiş olan Tekfur Sarayı'nda (TF) rastlanmaktadır. Bu malzemelerin ağırlıkça su emme değerleri %13.13 ile %25.16; hacimce su emmeleri ise %23.74 ile 39.03 arasında kalmaktadır. Birim hacim ağırlık ile su emme arasındaki ters orantılı bağıntıdan dolayı, birim hacim ağırlığın artmasıyla malzemenin içerdiği boşluk miktarının azalarak su emme değerinin düşmesi beklenmektedir. Ancak incelenen örnekler,

(*) Başka bir uzmanlık alanının kapsamında kalan bu konuda fazla ayrıntıya girmekten kaçınılmıştır.

Tablo 5.1. Fiziksel Özelliklere İlişkin Deney Sonuçları Özeti

Kod	Yapım Tarihi Yüzyıl	Kuru Birim Hacim Ağırlık g/cm ³	Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık g/cm ³	Özgül Ağırlık g/cm ³	Su Emme (Ağırlıkça) %	Su Emme (Hacimce) %	Porozite %
SP	4	1.71	1.96	2.72	14.70	25.12	25.12
MU	4	1.55	1.94	2.72	25.16	39.04	39.04
PK	4/5	1.72	2.03	2.78	17.99	31.01	31.00
AY	5	1.67	2.01	2.80	20.32	33.87	33.87
95-1	5	1.61	1.97	2.75	22.78	36.59	36.58
95-2	5	1.63	1.99	2.79	22.11	36.04	36.04
95-3	5	1.63	1.98	2.80	21.58	35.20	35.21
KS	5	1.78	2.09	2.63	17.07	30.34	30.34
CA	5	1.66	1.99	2.81	20.37	33.70	33.70
A1	5	1.79	2.06	2.74	15.50	27.66	27.66
A2	5	1.73	2.03	2.84	17.25	29.81	29.81
A3	5	1.66	1.97	2.75	19.58	32.37	32.37
İM	5	1.61	1.95	2.71	21.66	34.74	34.74
P1	6	1.67	2.01	2.84	20.84	34.70	34.70
P2	6	1.62	1.98	2.75	22.05	35.77	35.77
PÜ	6	1.72	2.04	2.79	18.83	32.32	32.32
54	8	1.75	2.06	2.67	17.78	31.08	31.09
56	8	1.77	2.06	2.69	16.37	28.89	28.89
PN1	9	1.76	2.05	2.68	16.14	28.42	28.42
PN2	9	1.74	2.01	2.63	15.50	26.94	26.93
B	10	1.80	2.07	2.63	15.24	27.34	27.34
57	10	1.72	2.01	2.74	16.85	28.91	28.91
BU	8-10	1.81	2.05	2.62	13.13	23.74	23.74
Y4	11	1.64	1.98	2.71	20.09	33.02	33.02
ZP	12	1.63	1.94	2.71	18.98	30.92	30.92
TF	14	1.86	2.14	2.80	15.38	28.57	28.44
TH	15	1.79	2.07	2.71	16.17	28.85	28.85
DM	15	1.73	2.03	2.73	17.43	30.16	30.15
İS	15	1.89	2.15	2.71	13.91	26.25	26.25
BH	15	1.82	2.02	2.78	11.19	20.30	20.30
KT	20	1.59	1.94	2.77	22.32	35.46	35.45
KO	20	1.88	2.19	3.12	16.01	30.15	30.15

birim hacim ağırlığının artışı ile su emme değeriindeki azalmanın her zaman birbiriyle tam bir paralellik içinde olmadığını göstermektedir.

Örneklerin içinde, su emme değerleri birbirinden oldukça farklı, buna karşılık birim hacim ağırlıkları hemen hemen aynı olan tuğlalara da rastlanmaktadır. Örneğin Karpos-Papylos Martyrion'undan alınan tuğlanın (PK) su emme miktarı (%31.01), Hippodrom/Sphendone'ye ait tuğla (SP) örneğine (%25.12) göre daha fazla olmasına rağmen, iki numunenin birim hacim ağırlıkları hemen hemen aynıdır (sırasıyla: 1.72 ve 1.71 g/cm³). Bu durum, her iki malzemedeki boşluk oranının aynı olmakla birlikte boşluk niteliklerinin birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. PK'da dışa açık boşluklar oldukça fazladır. SP de aynı oranda boşluklar içermektedir, ancak bunlar PK'dan farklı olarak daha çok dışa kapalı boşluklar olmalıdır. Fiziksel özelliklerin ve ince kesitlerin incelenmesinden elde edilen verilere dayanılarak, oldukça boşluklu olan bu malzemelerdeki boşlukların temelde iki aşamada oluştuğu söylenebilir. Birinci aşama, kil hamurunun hazırlanması sırasında hamurun içinde kalan boşluklardır. İkincisi ise pişirme aşamasında iki ayrı biçimde ortaya çıkmaktadır. Bu aşamadaki boşluklar, tuğla malzeme hazırlanırken içine tesadüfen karışmış kömür gibi yanıcı maddelerin, pişirme sırasında gaz haline gelmesi ile oluşmuştur [231]. İkinci şekilde ise, hamurun bünyesinde CaCO₃ ve MgCO₃ varsa, pişirme sırasında ortaya çıkan CO₂ gazının [232], ısınma esnasında doğrudan, soğuma esnasında (varsa) soğuma çatlakları ile tuğlayı terkederken bıraktığı boşluklardır. Fiziksel özellikleri birbirine yakın gibi görünen tuğla örneklerin ultrases hızlarının büyük bir dağılım gösterdiği izlenmektedir. Bu durum, numunelerin iç yapılarında birbirinden farklı niteliklerde boşluk ve çatlaklar olduğunu doğrulamaktadır.

Makroskopik gözlemlerde oldukça yoğun bünyeli görünen (Ek C. Foto 50-53) Bizans tuğlalarının basınç dayanımı değerleri yaklaşık 17 ile 35 N/mm² arasında kalmaktadır. KS örneğinde ise bu değer 50 N/mm²'nin üzerine çıkmaktadır. Bu sonuçlar, yüzyıllardan beri iklim ve çevre koşullarının olumsuz etkilerine maruz kalmış olan bu dönem tuğlalarının, günümüzde kaliteli bir malzeme olarak kabul edilen Beton 225'in mukavemetini yakalayan oldukça yüksek dayanımlı malzemeler olduklarını göstermektedir. Deney sonuçları incelendiğinde, numunelerin fiziksel özellikleri arasındaki bağımlılığın düzenli olmasına karşı,

Tablo 5.2. Mekanik Özelliklere İlişkin Deney Sonuçları Özeti

Kod	Yapım Tarihi Yüzyıl	Sertlik (Mohs)	Sertlik (Schmidt)	Ultrases Geçiş Hızı mm/µsan	Basınç Dayanımı N/mm2
SP	4	3.0	40.0	2.21	19.30
MU	4	2.5	34.0	2.35	16.88
PK	4/5	3.0	34.9	2.08	19.84
AY	5	3.0	38.7	1.88	19.98
95-1	5	3.0	42.0	2.20	23.22
95-2	5	3.0	42.0	2.61	26.11
95-3	5	3.5	42.0	2.47	26.27
KS	5	4.0	44.0	3.05	50.22
CA	5	4.0	34.8	1.86	16.94
A1	5	2.5	38.1	1.96	24.15
A2	5	3.5	38.1	2.08	21.42
A3	5	3.0	38.1	2.45	28.43
İM	5	3.0	41.1	1.94	24.17
P1	6	3.0	32.9	3.33	29.90
P2	6	3.0	33.9	3.30	22.88
PÜ	6	3.0	33.9	2.82	32.26
54	8	3.0	40.0	3.15	22.71
56	8	3.0	40.0	2.05	32.18
PN1	9	3.5	41.0	3.01	34.75
PN2	9	3.0	41.0	3.13	32.06
B	10	3.0	-	3.34	22.65
57	10	3.0	37.8	2.56	18.66
BU	8-10	3.0	36.6	2.45	19.15
Y4	11	3.0	42.7	1.89	24.82
ZP	12	2.0	37.3	2.27	27.13
TF	14	3.0	41.6	2.65	26.29
TH	15	3.0	-	2.45	13.99
DM	15	2.5	28.0	2.02	8.27
İS	15	2.5	-	2.02	12.02
BH	15	3.0	-	2.29	12.75
KT	20	2.0	-	1.58	5.09
KD	20	2.0	-	1.98	42.16

basınç dayanımları ile fiziksel özellikler arasında bu anlamda tam bir paralellik olmadığı gözlenmektedir (Tablo 5.1, 5.2). Oldukça iyi özelliklere sahip bazı numunelerde basınç dayanımı değerleri, fiziksel özellikleri daha düşük olan örneklerin ulaştığı değerlerin altında kalabilmektedir (B örneğinde olduğu gibi). Heterojen bir yapıda olan tuğla malzemede, hamur karışımı içindeki tanelerin oranı ve boyutları ile numunenin bünyesinde bulunan çatlaklar, boşlukların türü, miktarı ve büyüklüğü bu değeri etkilemektedir.

Yapılan deneylerle, incelenen örneklerin Mohs Sertliklerinin 2 ile 4 arasında çok küçük bir değişme aralığına sahip olduğu saptanmıştır. Ancak Mohs Skalası'ndaki birbirini izleyen iki sertlik derecesi arasında, sertlikleri birbirinden farklı bir çok malzeme bulunmaktadır [233]. Bu nedenle, elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, bu sertlik belirleme yönteminin, sertliklerinin birbirine çok yakın olduğu belirlenen Bizans tuğlalarının karşılaştırılabilmesi için yeterli ayrıntı ve hassasiyette olmadığı sonucuna varılmıştır.

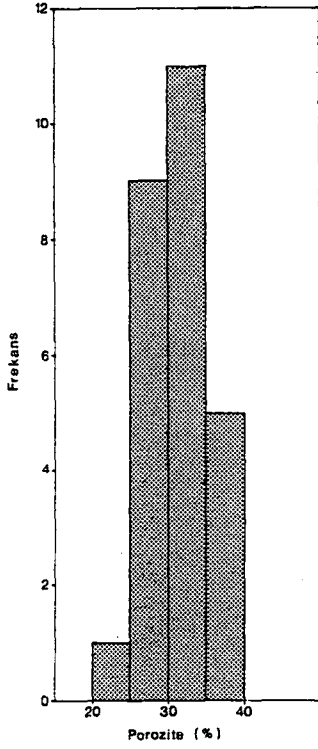
Yapı üzerinde yapılan ölçümlerde, incelenen tuğlaların Schmidt Sertlikleri'nin 32 ile 44 arasında değiştiği saptanmıştır. Bu değerlerle malzemelerin diğer özellikleri arasında belirgin ve düzenli bir ilişkiden söz edilememektedir. Mevcut duvar örgüsündeki okumalarla elde edilen değerlere, malzemenin niteliğinin yanı sıra, aldığı yükler ve strüktürel problemleriyle duvarın yapısı da etki etmektedir [234]. Bu nedenle, duvar örgüsü içindeki tuğla üzerinde belirlenen Schmidt Sertliği'nin, tek tuğla numunenin niteliğini saptamada yeterliliği kuşkuludur. Buna rağmen, bu şekilde elde edilen Schmidt Sertliği'nin, malzemenin basınç dayanımı niteliğini doğrulayan değerler taşıdığı örnekler de bulunmaktadır (KS, PN1, PN2, DM).

İncelenen tuğlaların, petrografik analizler sonunda tane içeriğine bağlı olarak iki ayrı grupta toplandıkları görülmektedir (Ek D. Tablo D.3). Bu gruplar, volkanik kayalar içerenler ve içermeyenlerdir. İki ayrı nitelikte kil yatağını ifade eden bu gruplardaki yapıların kent içindeki konumları ve kronolojik dağılımları incelenmiştir. Ancak, elde edilen sonuçlar bu gruplanışı açıklayıcı ipuçları içermektedir. Bizans tuğlalarının mineralojik yapılarına bakıldığında, volkanik kayalar içermeyen tuğlaların tane boyutlarının çok küçük olduğu görülmektedir (Ek D. Tablo D.3). Dolayısıyla bu tuğlalar,

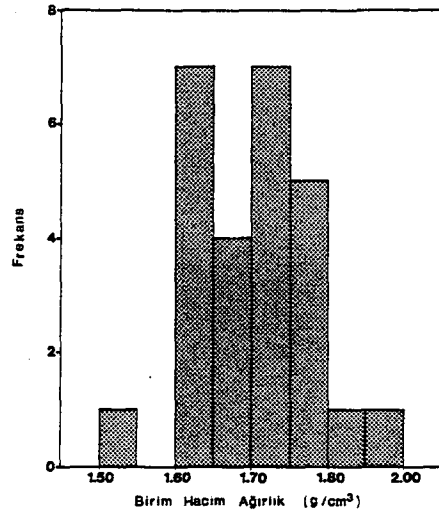
diğerlerine kıyasla daha homojen bir görüntüye sahiptirler (P1, P2, PN1, PN2, 56, BU) (Ek C. Foto 52-53).

Tuğlanın rengini kullanılan kilin içeriği ve pişme sıcaklığının belirlediği bilinmektedir [235]. İncelenen tuğlaların renkleri, zayıf ve soluk kırmızıdan kırmızımsı kahverengiye kadar geniş bir skalada değişmektedir (Bölüm 4.1.). Renklerdeki bu farklılık, genel olarak kilin içinde bulunan oksitlerin türleri ve miktarlarından kaynaklanmaktadır. Ayrıca kilin içinde organik maddelerin bulunması da rengini etkilemektedir. Tuğlanın pişme sıcaklığı da kilin içerdiği oksitlerin renklerinin değişmesine etki ederek tuğla renklerinin geniş bir yelpaze oluşturmaya yol açmış olmalıdır. Aynı yapıda kullanılan tuğlalarda görülen renk farkları daha çok tuğlaların pişme sırasında ateşe olan uzaklıklarına, dolayısıyla da pişme derecesine bağlı olmalıdır. Aspar Sarnıcı (A1, A2, A3) ve Karasurları'nın B.15 No.lu kulesinden (PN1, PN2) alınan örneklerin, aralarında görülen küçük renk farklarına rağmen, mineralojik yapılarının tamamen aynı olması, bu sanıyı doğrular bir nitelik taşımaktadır. Aynı hamurdan üretilmiş olan bu örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinde görülen farklılıkların da pişme farkından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Tablo 5.1-5.2).

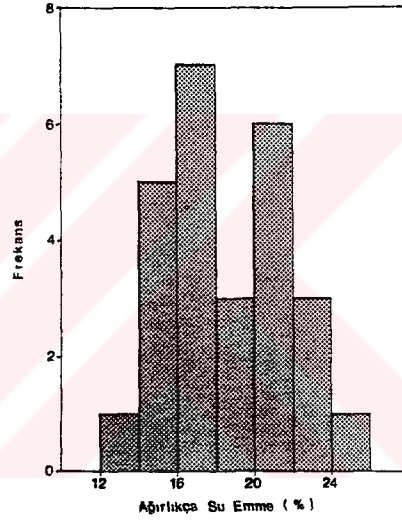
4.yüzyıldan 15.yüzyıla kadar olan geniş bir zaman aralığı içinde üretilen Bizans tuğlalarının niteliklerini görsel olarak ortaya koymak amacıyla deney sonuçları histogramlarla gösterilmiştir (Şekil 5.1-5.5). Bu niteliklerde izlenen farklılığın kronolojik dağılımını saptamak üzere de, aynı sonuçlar yüzyıllık zaman dilimleri içinde gruplanmıştır. Bir grupta o grubun karakterinden çok uzaklaşan örneklerin bulunması durumunda, bu örnekler ortalamaya dahil edilmemiş, daha sonra ayrıca değerlendirilmişlerdir. Örneğin, 5.yüzyıla ait örnekler değerlendirilirken Aetios Sarnıcı'ndan alınan tuğlanın (KS), bütün nitelikleriyle, özellikle de ultrases, sertlik ve basınç dayanımı değerleriyle bu dönemdeki tüm örneklerden daha iyi nitelikler taşıdığı dikkati çekmektedir. Bu özel durum, tek başına 5.yüzyıl ortalamasını değiştirebilecek bir karakter taşımaktadır. KS'nin hesaba katılmasıyla elde edilen ortalamanın, o dönemi temsil etmekten uzaklaşarak yanlış değerlendirmelere neden olacağı düşünülmüş, ve bu nedenle söz konusu örnek, ortalama alınırken kapsam dışı bırakılmıştır. Bukoleon Sarayı'ndan alınan tuğla örneği (BU) de, ikiyüzyıllık bir



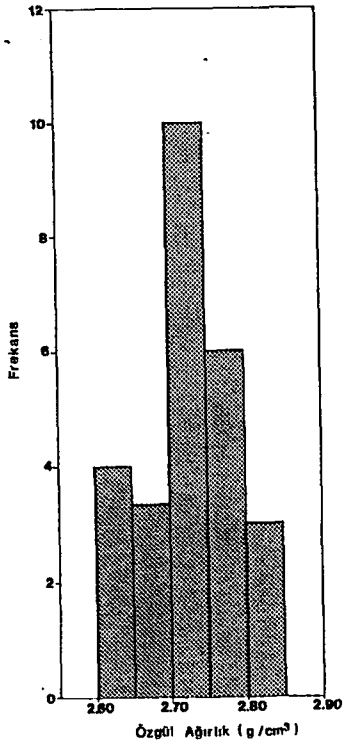
Şekil 5.1. Porozitenin yapı sayısına dağılımı



Şekil 5.2. Birim Hacim Ağırlığın yapı sayısına dağılımı



Şekil 5.3. Ağırlıkça Su Emmenin yapı sayısına dağılımı



Şekil 5.4. Özgül Ağırlığın yapı sayısına dağılımı



Şekil 5.5. Basınç dayanımının yapı sayısına dağılımı

zaman dilimi içindeki kesin yapım tarihi henüz bilinmediği için kronolojik gruptan dışında tutulmuştur. Adıgeçen her iki örnek de yapılan değerlendirmelerden elde edilen sonuçlarla ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

Bizans tuğlaları içinde en düşük birim hacim ağırlık değerine 4.yüzyıl, en yüksek olanına ise 14.yüzyıl yapısında rastlanmıştır. Bu noktadan genel bir bakışla, bu değerlerin erken dönemden geç döneme doğru bir gelişme gösterdiği düşünülebilir. Bütün örnekleri kapsayan daha ayrıntılı bir değerlendirme yapıldığında da bu görüşü doğrulayan sonuçlara ulaşılmaktadır. Tablo 5.1'de de izlendiği şekilde bu malzemelerin birim hacim ağırlıklarında zamana bağlı bir gelişmeden sözedilebilir. Ancak, 11. ve 12.yüzyıl numuneleri bu eğilimin dışında kalmaktadırlar (Şekil 5.6). Birim hacim ağırlıklarda gözlenen bu iyileşme eğilimi su emme miktarlarında da hissedilmektedir. Mumhane Duvarı'nda (MU), malzemenin ağırlığının %25.16'sı olan bu değer, daha sonraki dönemlerde %13'e kadar düşmektedir (Şekil 5.8). Genel olarak bakıldığında zamanla boşluklarda bir azalma olduğu da söylenebilir. Porozite değerinin düşmesinden de (Şekil 5.9) malzemenin boşluk oranının azaldığı ve giderek daha yoğun bünyeli bir nitelik kazandığı görülmektedir.

Gerek toplu sonuçları, gerekse yüzyıllık dilimlerdeki ortalama-ları içeren tablolar incelendiğinde, Bizans tuğlalarının fiziksel özelliklerinin sistematik olarak değiştiği ve zamanla bir gelişme eğilimi gösterdiği izlenmektedir. Oldukça yüksek değerler/iyi nitelikler taşıyan mekanik özelliklerde ise bu açıdan anlamlı sayılabilecek bir gelişme saptanamamıştır (Şekil 5.10-5.12). Laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlara dayanılarak bu tuğlaların fiziksel nitelikleri açısından, 1000 yıllık bir süre içinde, dört ayrı zaman dilimine karşılık gelen gruplar oluşturdukları söylenebilir (Tablo 5.4). Bu dönemler, 4.-6.yüzyıl, 8.-10.yüzyıl, 11.-12.yüzyıl arası ve Geç Dönem'dir. 4.yüzyıldan 6.yüzyılın sonuna kadar inşa edilmiş yapılarda kullanılmış olan tuğlaların nitelikleri birbirine çok yakındır. 8.yüzyıla gelindiğinde ilk ikiyüzyıllık dönemden farklı olarak, malzemenin niteliklerinde bir iyileşme hareketinin başladığı dikkati çekmektedir. Bu iyileşme, 8.yüzyıldan 10.yüzyıl sonuna kadar aynı karakterde devam etmektedir. Ancak 11. ve 12.yüzyıllarda bu gelişim birdenbire durmakta, hatta bir miktar gerilemektedir. Bu dönemden

Tablo 5.3. Deney Sonuçlarının Yüzyıllık Zaman Dilimlerine Göre Gruplanması

Yapım Tarihi	Kuru Birim Hacim Ağırlık g/cm ³	Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık g/cm ³	Üzgöl Ağırlık g/cm ³	Su Emme (Ağırlıkça) %	Su Emme (Hacimce) %	Poro-zite %	Sertlik Mohs	Sertlik Schmidt	Ultrases Geçiş Hızı mm/İsan	Basınc Dayanımı N/mm ²
Yüzyıl										
4	1.63	1.95	2.72	19.93	32.08	32.08	3.0	37.0	2.28	18.09
5	1.66	1.99	2.78	20.13	33.33	33.33	3.0	38.9	2.16	23.48
6	1.67	2.01	2.79	20.57	34.26	34.26	3.0	33.4	3.15	28.35
8	1.76	2.06	2.68	17.08	29.99	29.99	3.0	40.0	2.60	27.45
9	1.75	2.03	2.66	15.82	27.68	27.68	+3.0	41.0	3.07	33.41
10	1.76	2.04	2.69	16.05	28.13	28.13	3.0	38.0	2.95	20.66
11	1.64	1.98	2.71	20.09	33.02	33.02	3.0	43.0	1.89	24.82
12	1.63	1.94	2.71	18.98	30.92	30.92	2.0	37.0	2.27	27.13
14	1.86	2.14	2.80	15.38	28.57	28.44	3.0	42.0	2.65	26.29
15	1.81	2.07	2.73	14.68	26.39	26.39	+2.0	28.0	2.20	11.76
20	1.59	1.94	2.77	22.32	35.46	35.45	2.0	-	1.58	5.09
20	1.88	2.19	2.19	16.01	30.15	30.15	2.0	-	1.98	42.16

numune alınabilen yapı sayısı az olduğu için, bu durumun, dönemin diğer yapılarına ait tuğlalarda da sözkonusu olup olmadığı sorusu yanıtızsız kalmaktadır. Ancak incelenen dönemlerde, dönem karakterinden böylesine uzaklaşan örnekler bulunmamaktadır. Bu döneme ilişkin iki örneğin de birbirlerine böylesine yakın değerde olmalarının da sadece bir rastlantı olmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle adıgeçen örneklerin, aralarına yeni örnekler katılana dek bu dönemin karakterini temsil ettikleri varsayılmıştır. Tuğlanın fiziksel özellikleri açısından, 11. ve 12.yüzyıllarda kesintiye uğrayan bu gelişmenin, 12.yüzyıldan sonra biraz daha artarak 14.yüzyıla ait Tekfur Sarayı'ndan alınan numunelerde (TF) en üst düzeye ulaştığı görülmektedir. Burada kullanılan tuğla, erken dönemdekilere kıyasla daha az boşluk içeren, yoğun bünyeli bir malzemedir.

Deneylerde tespit edilen en iyi nitelikli malzeme, Karagömrük' teki Aetios Sarnıcı'na ait numunedir (KS). Bizans tuğlaları içinde ortalamaya katılamayacak derecede farklı niteliklere sahip olan bu örnek ayrıca değerlendirilmiştir. Yapıldığı döneme göre fiziksel özellikleri çok iyi olan bu 5.yüzyıl örneği, bu açıdan 8.yüzyılın sonrasında bir yere oturtulabilecek niteliktedir. Az boşluklu, yoğun bünyeli bu tuğlada ses geçiş hızı oldukça yüksektir. Ölçülen Mohs ve Schmidt Sertlikleri de incelenen bütün numunelerinkinden daha büyüktür. Aynı şekilde basınç dayanımı da en yüksek değere bu örnekte ulaşır. Numuneler içinde KS'nin 50 N/mm²'lik mukavemetine en çok yaklaşan PN1 tuğlasıdır. Ancak, 34.75 N/mm² değerindeki basınç dayanımıyla bu tuğla bile KS'nin ulaştığı değer in oldukça altında kalmaktadır. İncelenen diğer örneklerle aynı biçim ve boyutlarda olan ve aynı üretim yöntemiyle elde edilmiş olması gereken bu tuğlanın, diğerleriyle kıyaslanamayacak kadar iyi niteliklerde olmasının nedeni araştırılmak üzere petrografik özelliklerine bakılmıştır. Tuğla hamuru içindeki taneler çok küçük olmamakla birlikte boyutları birbirine yakındır. Bu tanelerin hamur içindeki dağılımları da homojendir. Bu granülometrik yapı, tuğlanın özelliklerini, özellikle de basınç dayanımı ve sertliğini olumlu olarak etkilemiş olmalıdır. Ayrıca tane yüzdesinin gözenek oranından %70 daha fazla olmasının da bu farklılıkta önemli bir katkısı olduğu düşünülmektedir. Numuneden alınan ince kesit (Ek C. Foto 49c) üzerinde yapılan incelemede, bu numunede başka tuğlalarda rastlanmayan türden volkanik kayaç kırıntılarının bulunduğu görülmüştür (Ek D. Tablo D.3). Hamurunda içerdiği bazalt ve andezit gibi çok

sert iki mağmatik kayaca ait kırıntılar bu tuğlanın yapısını etkilemiş olmalıdır. Ancak bu durum, KS örneğinin mekanik özellikler açısından ulaştığı noktayı açıklamada yeterli gözükmemektedir. Bu özel durumun çözümü için aletli kimyasal analizler (X Işınları analizi, atomik absorpsiyon) yapılarak kil içeriğinin ayrıntılı olarak belirlenmesiyle bazı sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmektedir.

İncelenen örnekler içinde en düşük nitelikli tuğlaya, 4.yüzyılda inşa edilmiş olan Mumhane Duvarı'nda rastlanmıştır (MU). Basınç dayanımının yanı sıra, buna paralel olarak fiziksel özelliklerinin tümünde de bütün Bizans tuğlaları içinde en düşük değerleri alarak kendi içinde tutarlı bir görüntü oluşturmaktadır. Bu malzemenin niteliklerini büyük ölçüde hamurun içeriği ve karıştırılma biçimi belirlemiş olmalıdır. Çok boşluklu bu erken dönem tuğlasının hamurundaki tane oranı düşüktür, gözenek oranı ise tane yüzdesinin üç katına ulaşmaktadır (Ek D. Tablo D.3). Bu granülometrik bileşim malzemenin düşük niteliklerini açıklayıcı bir nitelik taşımaktadır.

5.4.2. Erken Osmanlı Tuğlasıyla Karşılaştırma

Bizans egemenliğinin hemen ardından İstanbul'da yapım faaliyetine başlayan Osmanlılar'ın aynı hammadde kaynaklarını kullanarak ürettikleri tuğlaların niteliklerinde Bizans tuğlalarınıninkine ile bir benzerlik olup olmadığını saptamak amacıyla, İstanbul'da Erken Dönem Osmanlı yapılarından alınan tuğlalar üzerinde de aynı deneyler tekrarlanmıştır.

Osmanlı tuğlası, fiziksel özellikleri açısından, Bizans'ın kronolojik gelişim çizgisini devam ettirmekte, uygarlık değişimine rağmen, bu geçişte ani bir değişiklik, bir kesinti hissedilmemektedir. Osmanlı tuğlasının özellikle su emme ve porozitesi, Bizans'ın 14.yüzyılda ulaştığı değerlerin üzerindedir. Birim ve özgül ağırlıklarda ise bir benzerlik görülmektedir (Tablo 5.3).

Fiziksel özelliklerde görülen bu benzerliğe rağmen, Erken Osmanlı Dönemi tuğla mukavemetlerinin, Bizans tuğlalarınıninkilerden daha düşük olduğu saptanmıştır (Tablo 5.2, Şekil 5.10). Bu dönem tuğlaları 8.27-13.99 N/mm² arasındaki basınç dayanımlarıyla, en düşük nitelikli

Bizans tuğlaları olan MU ve CA'nın basınç dayanımı değerlerine (yaklaşık 17 N/mm²) bile ulaşamamışlardır. Makro ve mikro ölçekte yapılan gözlemlerde Osmanlı tuğlalarının 10 mm'ye varan tane ve gözenek boyutlarıyla oldukça iri taneli bir hamurdan oluştuğu izlenmektedir. Bu hamurun içinde ayrıca boyutları 10 ile 30 mm arasında çok iri parçalara da rastlanmaktadır (Ek C. Foto 54a-d). Ayrıca, kil hamuru içindeki dane dağılımının homojen olmadığı, iri tanelerin yer yer birarada toplandıkları görülmektedir. Bu gözlemler, Osmanlı döneminde tuğla hamuru hazırlanırken yeterli ayıklama ve eleme yapılmadığını, malzemenin yataktan çıkarıldığı gibi kullanıldığını göstermektedir. Ayrıca bu hamur iyi bir şekilde karıştırılmadığı için de dane dağılımı homojen olmamaktadır. Bütün bunlar, Osmanlı tuğla hamuruyla Bizans hamuru arasındaki nitelik farkını ortaya koyarak, Osmanlı tuğlasının mekanik özellikleri açısından aldığı düşük değerleri açıklamaktadır.

5.4.3. Günümüz Tuğlası ve Standartlarla Karşılaştırma

5.4.3.1. Harman Tuğlası ile Karşılaştırma

Bizans tuğlaları geleneksel yöntemle üretilmiş dolu tuğlalardır ve bir karşılaştırma yapmak istenirse aynı yöntemle üretilen bugünkü harman tuğlalarına karşılık gelmektedirler. Dolayısıyla, Bizans tuğla üretiminin niteliği hakkında bilgi edinebilmek için günümüzde üretilmiş olan harman tuğlasının nitelikleri de araştırılmıştır.

Günümüzde geleneksel yöntemle harman tuğlası üreten işletmelerin sayısı çok azalmıştır. Endüstriyel yöntemlerle üretilen tuğlanın daha iyi nitelikler taşıması nedeniyle harman tuğlasına olan talep fabrikasyon tuğlaya doğru kayarak, bu geleneksel işkolunun zamanla kaybolmasına neden olmuştur. İstanbul sınırları içinde yapılan araştırmalarda, günümüzde daha çok döşeme kaplaması, kalorifer tesisatı ve baca yapımında kullanılan harman tuğlası üretimine, kent içinde sadece bir yerde rastlanmıştır. Alibey Barajı'nın batısında yer alan Habibler Köyü'ndeki bu küçük işletmede, hammadde yakın çevredeki yumuşak kil yataklarından sağlanmaktadır. Bu bölge, bu tür üretimin çok yaygın olduğu 1970'li yıllardan önce de İstanbul'da tuğla ocaklarının yoğun olarak yerleştiği bir bölge olarak dikkati çekmektedir (Ek A. Harita A.1). "Kurt Tuğla" işletmesi, mevsimlik üretim yapılan ve

pişirme işleminin açık alanda oluşturulan harmanlarda gerçekleştirildiği küçük bir işletmedir. Burada üretilen tuğlalar, 18.5 x 9 x 6 cm boyutlarında ve kırmızı (2.5 YR-5/6) renklidir. Yapılan gözlemlerde, malzemenin hiç bir özel işleme tabi tutulmadan, yataktan çıkarıldığı gibi kullanıldığı izlenmiştir. Üç gözlü kalıplarla yapılan (Ek C. Foto 4) şekillendirme sırasında da sıkıştırma işlemi uygulanmamaktadır. Kalıbın içine konan malzeme, kalıp ters çevrilerek yerde hemen kurumaya bırakılmaktadır. Geniş alanlar gerektiren kurutma işlemi, üretimin sınırlı alanlar içinde yapılması nedeniyle, çok kısa sürmektedir. Ayrıca çalışma alanında iklim koşullarının malzeme üzerindeki olumsuz etkilerini minimuma indirmeye yönelik herhangi bir önlem (sundurma vb.) alınmadığı da gözlenmiştir. Bütün bu üretim koşulları, malzemenin özelliklerini olumsuz olarak etkilemiştir. Üretilen malzeme üzerinde yapılan makroskopik gözlemlerde, hamurun hazırlanması sırasında ayıklama, eleme yapılmamış olmasının bir sonucu olarak, tuğlanın oldukça heterojen bir yapıda olduğu görülmüştür. Hamur içinde farklı cins ve boyutlarda taneler bulunmaktadır (Ek C. Foto 54e). Yapılan laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar da malzemenin düşük nitelikli olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 5.1). Harman tuğlaları için hazırlanmış olan TS 704'de, dolu tuğla için birim hacim ağırlığı sınırlandırılmamıştır. Bugünkü harman tuğlası, 1.55 g/cm³ değeriyle birim ağırlığı düşük bir malzemedir. Bu tuğla ile hemen hemen aynı değere sahip bir kaç örneğin (MU, 95, İM, P2) dışında, diğer Bizans tuğlaları daha yüksek birim hacim ağırlığa sahiptirler. Verilen bu dört örnek içinde ise sadece MU'nun değeri Kurt Tuğla'nınkinden de düşüktür. TS 704'e göre, su emme ağırlıkça herbirinde %20'den, ve bunların aritmetik ortalaması %18'den çok olmamalıdır. Kurt Tuğla, %22.32 olan su emme değeriyle TS 704'ün öngördüğü koşulun dışında kalmaktadır. Bizans tuğlalarının bir çoğu TS 704'ün su emme koşulunu sağlamakta, ancak bazı erken dönem tuğlaları (MU, 95, CA, İM ve P) %20'nin üzerine çıkan değerleri nedeniyle standart dışı kalmaktadırlar. Bunların içinde Mumhane Duvarı'ndan alınan 4.yüzyıl Bizans tuğlası, ağırlığının %25.16'sı oranında su emerek deney uygulanan bütün örnekler içinde harman tuğlası da dahil olmak üzere, en çok boşluk içeren numune olarak dikkati çekmektedir.

TS 704, dolu harman tuğlaları için ortalama 50 kgf / cm² (5 N/mm²), en az 40 kgf/cm² (4 N/mm²) basınç dayanımı öngörmektedir. Bugünkü harman tuğlalarının bu koşulu sınırdan sağladıkları, Bizans

tuğlalarının ise bu değerin çok üzerine çıktıkları yapılan deneylerle saptanmıştır (Tablo 5.2).Günümüzde kaliteli beton olarak kabul edilen Beton 225'in mukavemetini yakalayan ve hatta bazı örneklerde bu değerin de üzerine çıkan Bizans tuğlalarına karşın, 5 N/mm² değerindeki basınç dayanımıyla 20. yüzyılın harman tuğlası, Bizans'ınkilerle karşılaştırılamayacak kadar düşük dayanımlıdır. Bizans'taki en düşük dayanımlı MU ve CA tuğlaları bile yaklaşık 17 N/mm²'lik değerleriyle bugünkü harman tuğlasının dört katı bir mukavemete ulaşmışlardır.

İncelenen bütün Bizans tuğlalarının Schmidt sertliği değerleri duvar örgüsü üzerinde belirlendiği için, aynı koşulun sağlanamaması nedeniyle birim harman tuğlası üzerinde bu ölçme yapılmamıştır. TS 704 de harman tuğlaları için sertlik değeri öngörmemektedir.

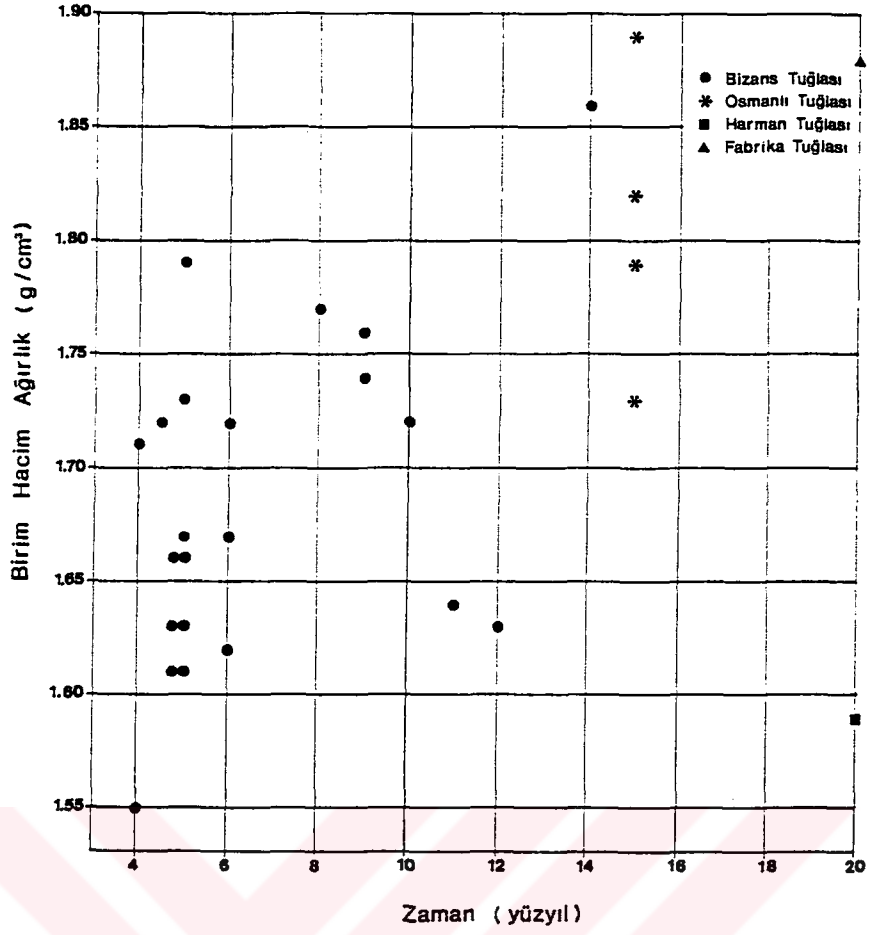
Görüldüğü gibi fiziksel özellikleri TS 704'ün üzerinde olan Bizans tuğlalarından sadece düşük nitelikli bir kaç tanesi bugünkü harman tuğlaları ile bir miktar benzerlik göstermektedir. Bizans tuğlalarının mekanik özellikleri açısından ise TS 704'ün öngördüğü koşullar ve günümüzün harman tuğlası ile kıyaslanamayacak kadar yüksek değerlere ulaştığı saptanmıştır. Aynı yöntemle üretilmiş olan bu tuğlalarda gözlenen nitelik farkı, Bizans dönemindeki üretimin daha özenli ve bilinçli olduğu şeklinde açıklanabilir. Bu dönemde, ıslak ortamda bekletme, eleme ve ayıklama işlemleri ile tane boyutları birbirine yakın hale getirilmiş, elde edilen kil hamuruna, iyi bir karıştırma ile küçük gözenekli ve oldukça homojen bir nitelik kazandırılmış olmalıdır. Makroskopik gözlemlerle de doğrulanan bu durumun yanısıra, kalıplama, kurutma ve pişirme koşullarının da bugünkünden iyi olduğu düşünülmektedir.

5.4.3.2. Fabrikasyon Tuğla ile Karşılaştırma

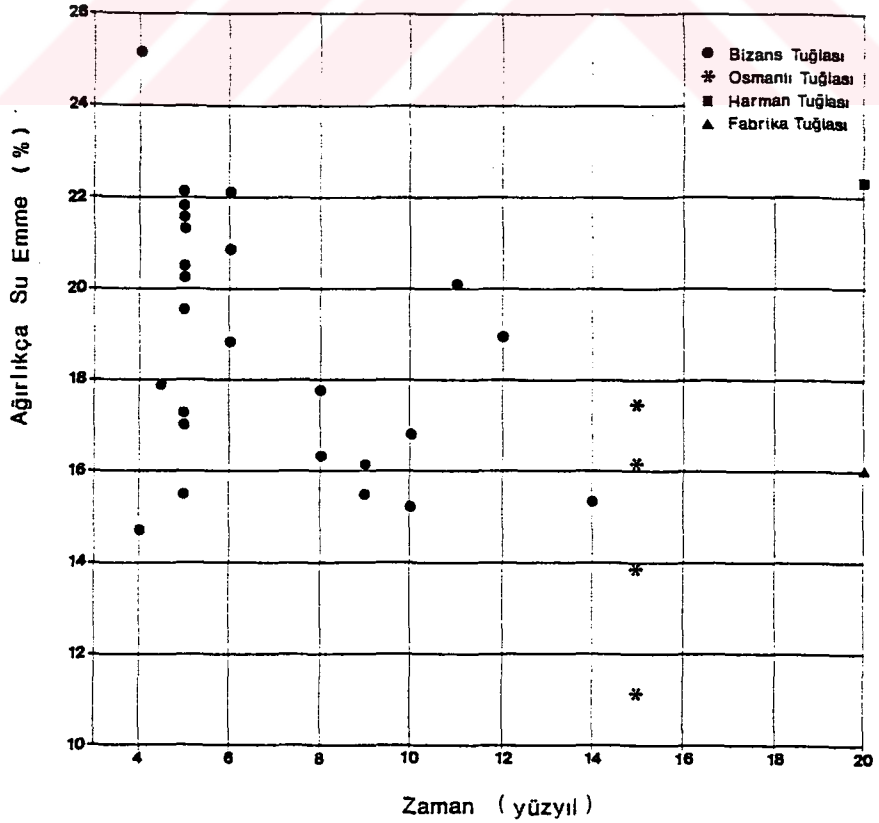
İncelenen Bizans tuğlalarının niteliklerinin, geleneksel yolla üretilen tuğlalardan beklenenlerin üzerinde olması, dolayısıyla harman tuğlasının karşılaştırmada yetersiz kalması nedeniyle, Bizans tuğlaları bu kez de fabrikasyon tuğla ile karşılaştırılarak aralarında bir benzerliğin olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla Kılıçoğlu Kiremit, Tuğla ve Ateş Tuğlası fabrikalarında üretilen 190 x 9 x 5 cm boyutlarındaki cilasız dolu tuğla kullanılmıştır. Bu tuğla, çalışma

kapsamında incelenen ve laboratuvar deneyleriyle özellikleri belirlenen bütün tuğlalardan farklı olarak tamamen endüstriyel yöntemlerle üretilmiştir. Kil hamurunun karışımı, incelik derecesi ve homojenliği çeşitli işlemlerle üretime en uygun duruma getirilmiş, şekillendirilmesinden pişme ısısına kadar bütün koşullar kontrol altında tutulmuştur. Bu yolla, hepsi birbiriyle aynı özelliklerde, kompakt, yoğun, homojen ve tane içeriği gözle görülemeyecek kadar inceltilmiş tuğlalar elde edilmektedir (Ek C. Foto 54f). Sarımsı kırmızı (5 YR-5/8) renkteki bu tuğlanın, yapılan deneylerde çok az boşluk içerdiği izlenmektedir. Bu çalışmada, Kılıçoğlu firmasının verdiği malzeme özelliklerinin karşılaştırma amacıyla kullanılmasının doğru olmadığı düşünülerek bu tuğlanın özellikleri de diğer tuğlalarla aynı laboratuvar ortamı ve deney koşullarında elde edilmiştir. Yeni tuğla ve onun yanı sıra, MU örneği dışındaki bütün Bizans tuğlaları, birim hacim ağırlıkları bakımından TS 705'in öngördüğü sınırlar içinde yer almaktadır. Fabrika tuğlaları için hazırlanmış olan TS 705 dolu tuğlaları birim hacim ağırlıklarına göre iki gruba ayırmaktadır. Bizans'ın B, BU, TF tuğlaları ve fabrika tuğlası, birim hacim ağırlıkları 1.8-2.0 g/cm³ arasını kapsayan 1.grubun içinde kalmaktadır. Yukarıda sayılan numunelerin dışında kalan diğer Bizans tuğlalarının birim hacim ağırlıkları ise TS 705'in 2.grup için öngördüğü 1.6-1.8 g/cm³ arasındadır. TS 705'te, malzemenin, bu çalışma kapsamında araştırılan diğer özelliklerine ilişkin başka koşullar bulunmamaktadır. Yeni tuğla, 1.88 g/cm³ değerindeki birim hacim ağırlığı dışındaki diğer fiziksel özellikleri açısından, Bizans'ta 8.yüzyıldan itibaren üretilen tuğlaların özelliklerine yakındır. TS 705'te, birinci grup tuğlalar için basınç dayanımı 120-240, ikinci grup içinse 100-220 kgf/cm² arasında öngörülmektedir. Fiziksel özelliklerinin bu standarta göre oldukça iyi olduğu belirlenen fabrika tuğlaları üzerinde yapılan deneylerin ortaya koyduğu en belirgin özellik, basınç dayanımları açısından ulaştıkları değerdir. Bu değer, ortalama olarak Bizans tuğlalarından ve TS 705'in öngördüğü değerden daha yüksektir. Ancak, Bizans tuğlalarının ilkel bir yöntemle üretilmiş olmakla birlikte hiç küçümsemeyecek bir oranda bu değere yaklaştıkları dikkati çekmektedir.

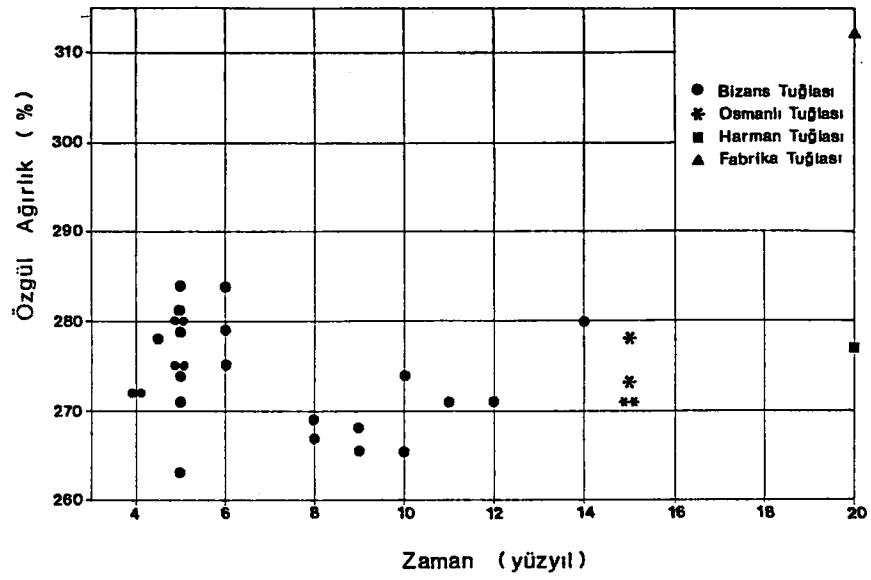
Bu bulgulara dayanılarak, Bizans tuğlalarının bütün fiziksel ve mekanik özellikleriyle, kendilerinden tamamen farklı bir yöntemle üretilmiş olan fabrika tuğlalarına yakın niteliklere yüzyıllar önce ulaşmış oldukları söylenebilir.



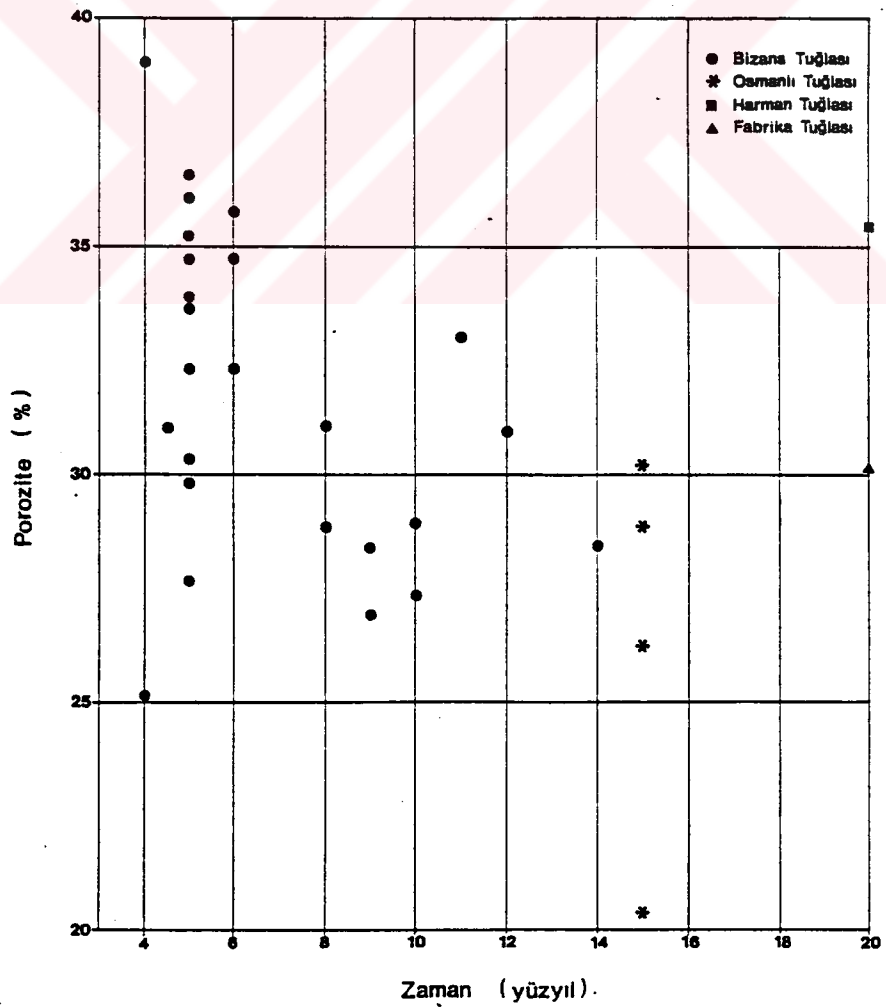
Şekil 5.6. Birim Hacim Ağırlık - Zaman İlişkisi

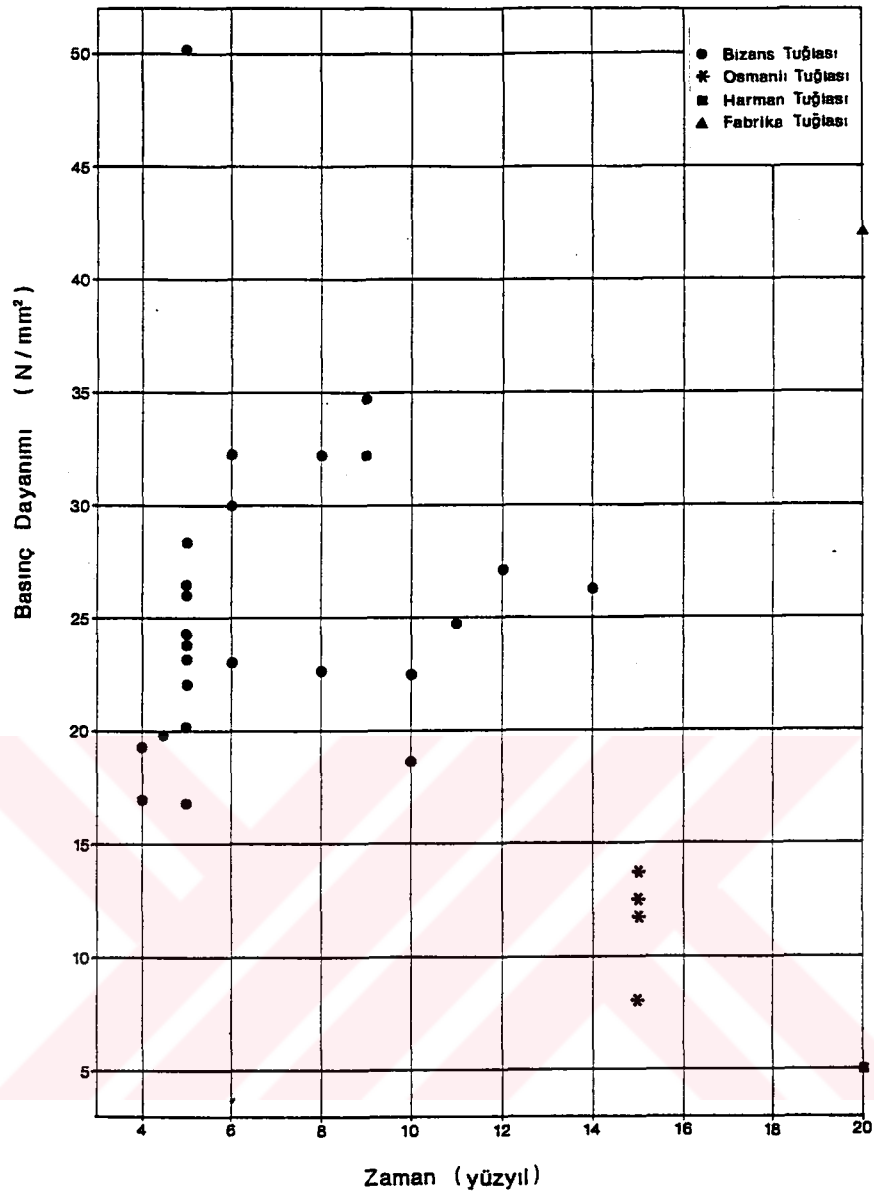


Şekil 5.7. Ağırlıkça Su Emme - Zaman İlişkisi

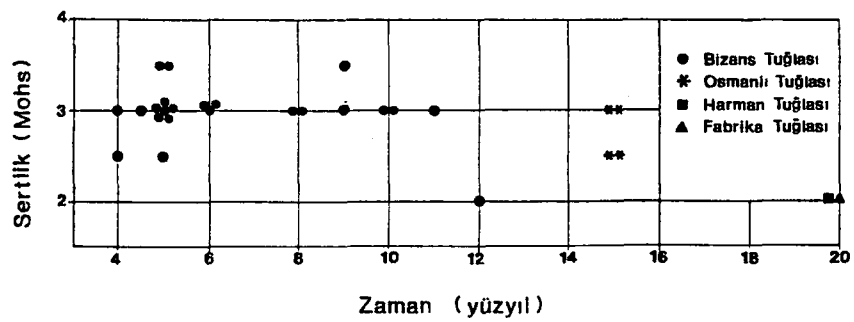


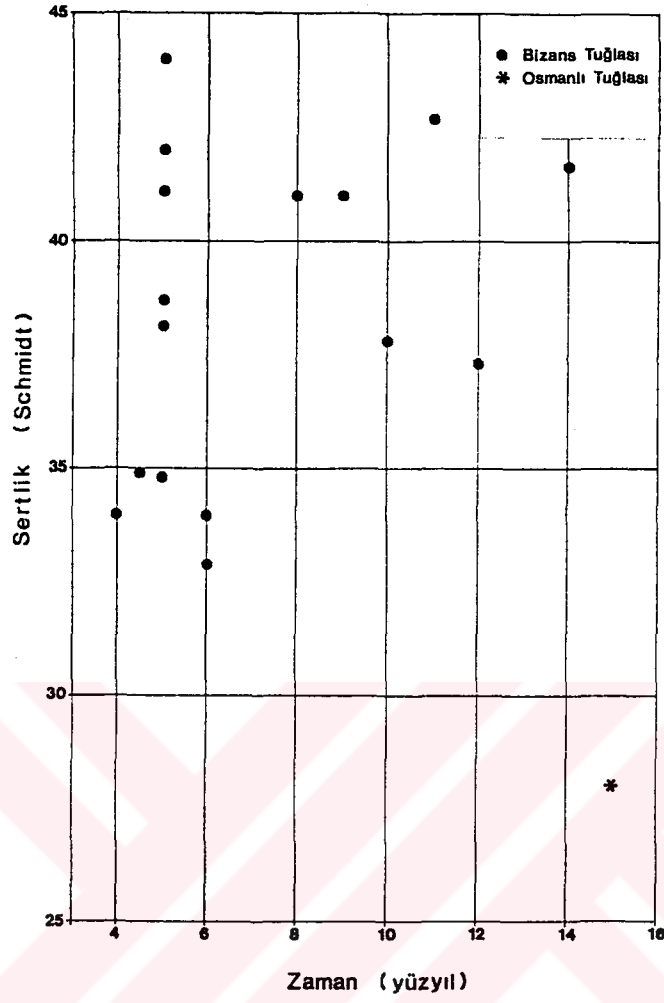
Şekil 5.8. Özgül Ağırlık - Zaman İlişkisi





Şekil 5.10. Basınç Dayanımı - Zaman İlişkisi





Şekil 5.12. Sertlik (Schmidt) - Zaman İlişkisi

BÖLÜM 6- SONUÇLAR

Tuğla, İstanbul Bizans Mimarisi'nin daha başlangıcında ağırlığı olan bir yapı malzemesi olarak kendini göstermektedir. Anadolu gele-
neğinden İstanbul Mimarisi'ne aktarılan bu malzeme, elde edilmesi
zahmetli ve duvarların dış cidarlarında işlenmesi gerekli olan taşın
yanında yoğun bir uygulama bulmuştur. Tuğla sözkonusu dönemde, süre-
kli duvarlarda olduğu kadar bazı özel durumlar dışında eğrisel atkı ve
örtülerde de vazgeçilmez malzemedir.

Yassı ve kare planlı olan Bizans tuğlası, aynı biçimdeki Roma
ve Osmanlı tuğlalarına oranla daha büyük boyutludur. Kenar uzunlukla-
rında zamana bağlı bir küçülme eğilimi hissedilirken, kalınlığı daha
değişkendir. Seri halinde üretilmesi nedeniyle biçim ve boyutlarının
standartlaşması önem kazanmaktadır. Bizans tuğla boyutlarını belirle-
diğini sandığımız uzunluk ölçüsü birimleri Bizans Ayağı ve Parmağı'
dır. İncelenen yapılarda en sık rastlanan tuğla kenar uzunluğu 19-20
parmak olarak saptanmıştır.

Bizans döneminde tuğla üretimi kullanım yoğunluğuna koşut ola-
rak çok yaygın olmalıdır. Bu dönemde üretimin yapıldığı yerlere iliş-
kin bilgilerin zayıflığına karşın yine de bazı ipuçlarına ulaşılmak-
tadır. Daha çok hammaddeye bağımlılık gösteren tuğla üretimi kil ya-
takları bulunan ve ulaşımın kolay olduğu yerlerde toplanmıştır. Dola-
yısıyla bu faaliyetin Osmanlı ve Cumhuriyet dönemlerinde yoğun olarak
yerleştiği yerler, Bizanslıları'nda önde gelen üretim merkezleri ol-
malıdır. Osmanlı döneminde önemli bir tuğla bölgesi olan ve yakın za-
manlara kadar canlılığını koruyan Haliç kıyılarındaki Piripaşa'nın
Bizans döneminde "Keremitya" olarak adlandırılması, bu savı doğrular
niteliktedir. Tuğla üretiminin Bizans Trakya'sında da önemli merkez-
leri olduğu, buradan başkente çok sayıda tuğlacı çağırılmış olmasından
anlaşılmaktadır. Geleneksel üretimde tuğla malzemenin özelliklerini
daha çok hammaddenin niteliği ile tuğlacının bilgi ve deneyimi belir-
lemektedir. Ustadan çırağa aktarılarak öğrenilen bilgilerdeki ilerle-
me, zaman içinde çok yavaş tempoludur. Yaklaşık 1000 yılı aşkın uzun

bir süreye yayılan Bizans geleneğinde de benzer bir gelişme-iyileşme eğilimi hissedilmektedir. Bizans ustaları yoğun talebin karşılanması sırasında, giderek üretim sürecini daha iyi kontrol edebildikleri bir düzeye ulaşmışlardır. Bu çalışmada incelenen tuğlaların fiziksel özellikleri, gelişim açısından dört ayrı zaman dilimine karşılık gelen gruplar oluşturmaktadır. Deneysel çalışmadan elde edilen verilerin ortaya koyduğu bu kronolojik şema, anlamlı olmakla birlikte, anıt kronolojisi belirlemede henüz yetersizdir. Bu konuda yapılacak yeni çalışmalarla örnek sayısı çoğaltılarak bu şemayı destekleyen sonuçlara ulaşılması durumunda, tuğlanın nitelikleri, tarihi kaynaklar ve yapım tekniği özellikleri ile birlikte, yapıların tarihlenmesinde yardımcı bir yöntem olarak karşılaştırma olanağı sağlayabilir. Bu şekilde, özellikle ne zaman yapıldıkları bilinmeyen yapıların yapım tarihleri hakkında geniş zaman aralıklarında da olsa, genel bir fikir edinmek mümkün olacaktır.

Her uygarlık kendi bilgi birikimi, deneyimi ve uygulama pratiğine bağlı olarak başka bir noktadan başlamakta, zaman içinde bu pratiğini çok yavaş geliştirmektedir. Bizans geleneğinin hemen ardından, Osmanlılar'ın aynı coğrafi ortam ve koşullarda ürettikleri tuğlalar, yeni bir uygulamanın başladığına işaret edecek kadar Bizans tuğlalarından farklıdır.

Bizans tuğlaları fiziksel ve mekanik özellikleriyle, harman tuğlası ile ilgili standartların öngördüğü koşulların üzerinde nitelikler taşımaktadırlar. Yüzyılların olumsuz etkilerine rağmen, özellikle mekanik dayanımları açısından, günümüzde kaliteli beton sayılan B.225'in düzeyine yaklaşmakta, hatta bazı örneklerde bu değerin de üzerine çıkmaktadır. Bizans tuğlalarının, karşılaştırıldıkları Osmanlı ve günümüzün harman tuğlalarına oranla daha iyi nitelikte olması, üretim sürecinde her aşamanın iyi kontrol edilmiş olduğunu göstermektedir. Kullanılan kilin, içindeki iri parçalar ayıklanıp, ıslak bir ortamda yeteri kadar bekletilmesiyle plastisite özellikleri geliştirilmiştir. Bu yolla tane boyutları birbirine yakın iyi nitelikli bir hamur elde edilmiş, bu hamur her noktada aynı bileşimi gösterecek kadar iyi karıştırılmış ve kalıplama sırasında da sıkıştırılarak yerleştirilmiş olmalıdır. Büyük olasılıkla kurutma ve pişirme koşulları

da denetim altında tutulmuştur. Daha sonraki bir dönemde üretilmiş olmalarına rağmen Osmanlı tuğlaları bu niteliklere ulaşamamışlardır ve bu dönem malzemeleri, aynı üretim yönteminin kullanıldığı bugünkü harman tuğlalarından çok, tamamen endüstriyel yöntemlerle kontrollü bir ortamda elde edilen çağdaş fabrika tuğlalarına yakın özellikler taşımaktadırlar. Bizans tuğla teknolojisinin geleneksel yöntemlerle ulaştığı bu yüksek düzey, bu dönemdeki üretimin özenliliğinin göstergesidir.



REFERANSLAR

- [1] A.Choisy, L'art de bâtir chez les Byzantins, Paris 1883.
- [2] D.Thode, Untersuchungen zur Lastabtragung in spaetantiken Kuppelbauten, Studien zur Bauforschung Nr.9, Darmstadt 1975.
- [3] E.Reusche, Polychromes Sichtmauerwerk byzantinischer und von Byzanz beeinflusster Bauten Südosteuropas, Köln 1971.
- [4] F.W.Deichmann, Studien zur Architektur Konstantinopels im 5. und 6.Jahrhundert nach Chr., Baden-Baden 1956.
- [5] J.B.Ward-Perkins, "Notes on the Structure and Building Methods of Early Byzantine Architecture", The Great Palace of the Byzantine Emperors, 2.Report, (ed.D.T.Rice), Edinburg 1958.
- [6] A.M.Schneider, Byzanz. Vorarbeiten zur Topographie und Archaeologie der Stadt, Istanbul Forschungen 8, Amsterdam 1967.
- [7] N.Toydemir, Seramik Yapı Malzemeleri, İTÜ Mimarlık Fakültesi Yay., İstanbul 1976.
- [8] N.Toydemir, Pişmiş Toprak Yapı Malzemesinin Rasyonel Üretim Olanaklarının Araştırılması, İTÜ Mimarlık Fakültesi Yay., İstanbul 1978.
- [9] K.Theocharidou, "Simboli sti meleti tis paragois sta Bizantina ke Metabizantina chronia", Deltion tis Christianikis Archeologikis Eterias, 4/13, 1985-86.
- [10] A.Refik, Onuncu Asr-ı Hicrî'de İstanbul Hayatı (1495-1591), İstanbul 1988; A.Refik, Onikinci Asr-ı Hicrî'de İstanbul Hayatı (1689-1785), İstanbul 1988.
- [11] W.Müller-Wiener, Bildlexikon zur Topographie Istanbul, Tübingen 1977.
- [12] B.Meyer-Plath, A.M.Schneider, Die Landmauer von Konstantinopel, II, Denkmäler antiker Architektur, 8, Berlin 1943.
- [13] Munsell Soil Color Charts, Baltimore 1973.
- [14] K.Erguvanlı, Mühendislik Jeolojisi, İTÜ Kütüphanesi Yay., İstanbul 1982 (yenilenmiş 3.baskı), s.538, 542; H.Salmang, Die physikalischen und chemischen Grundlagen der Keramik, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1954, düzeltilmiş 3.baskı, s.24.
- [15] A.O.Shepard, Ceramics for the Archaeologist, Washington 1976, s.6.
- [16] a.e., s.18; N.Toydemir, Seramik..., s.6.
- [17] A.O.Shepard, a.g.e., s.18; S.Gültekin, İstanbul İli, Şile İlçesi Domalı Kil Sahasının Jeolojik ve Mineralojik İncelenmesi,

İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul 1987, s.7; N.Toydemir, Seramik..., s.6.

- [18] N.Toydemir, a.e., s.22, 92; E.Reusche, a.g.e., s.23.
- [19] Evliya Çelebi, Seyahatname, I, İstanbul 1314, s.412.
- [20] E.Reusche, a.g.e., s.23, 24; N.Toydemir, Seramik..., s.13.
- [21] E.M.Jope, "Ceramics: Medieval", A History of Technology, (ed.C. Singer, E.J.Holmyard, A.R.Hall ve T.I.Williams), II, Oxford 1957, s.294; S.L.Scott, "Pottery", A History of Technology, (ed. C.Singer, E.J.Holmyard, A.R.Hall), I, Oxford 1958, s.379.
- [22] Başbakanlık Arşivi, Mühimme, No.31, Sıra No.11, sayfa 5, 24 R 985 tarihli belge; C.E.Arseven, Türk Sanatı Tarihi, İstanbul (tarihsiz), s.753; A.Refik, Onikinci Asr-ı..., s.79.
- [23] K.Theocharidou, a.g.m., s.100.
- [24] a.e., s.100, 108.
- [25] A.M.Schneider, "Ziegelstempel aus Konstantinopel", Oriens Christianus, 34, 1938, s.263, 264, 269; G.Bretts, N.Macauley, R. Stevenson, The Great Palace of the Byzantine Emperors, London 1947, s.28, 29, şekil 14; C.Mango, "Byzantine Brick Stamps", American Journal of Archaeology, 54, 1950, s.23-25; D.T.Rice, "The Brick Stamps", The Great Palace of the Byzantine Emperors, 2.Report, (ed.D.T.Rice), İstanbul 1958, s.105, 108; K.Theocharidou, a.g.m., s.110; J.B.Ward-Perkins, Roman Architecture, New York 1977, s.154.
- [26] Vitruv, Zehn Bücher über Architektur, (çev.C.Fensterbusch), Darmstadt 1964, s.89.
- [27] N.Toydemir, Seramik..., s.53.
- [28] K.Erguvanlı, a.g.e., s.541-542.
- [29] a.e., s.541.
- [30] Başbakanlık Arşivi, Cevdet Tasnifi İktisat Kataloğu, -/ RA 1196; 1921/ 25 Z 1215; 1267/5 S 1219; 1161/26 S 1223; 2032/3 Ca 1229; 1661/23 Ca 1231; -/28 Ca 1231; 1422/27 C 1234; 1442/27 C 1234 tarihli belgeler; Cevdet Tasnifi Maliye Fihristi, 214/14 Z 1246 tarihli belge.
- [31] K.Theocharidou, a.g.m., s.103.
- [32] E.M.Jope, a.g.m., s.296, 304, 305; N.Toydemir, Seramik..., s.55.
- [33] K.Theocharidou, a.g.m., s.103.
- [34] N.Davey, A History of Building Materials, Londra 1961, s.66 Şekil 43.
- [35] a.e., s.67.

- [36] K.Theocharidou, a.g.m., s.104.
- [37] a.e., s.103.
- [38] N.Davey, a.g.e., s.65.
- [39] Başbakanlık Arşivi, Cevdet Tasnifi İktisat Kataloğu, 1696/3 Ca 1225 tarihli belge; E.Ç.Kömürçiyen, İstanbul Tarihi XVII.Asırda İstanbul, İstanbul 1988, s.32; E.Reusche, a.g.e., s.22; R.Hampe, A.Winter, Bei Töpfern und Töpferinnen in Kreta, Messenien und Zypern, Mainz 1976, s.104.
- [40] Başbakanlık Arşivi, Cevdet Tasnifi İktisat Kataloğu, 2226/2 Ra 1197 tarihli belge; E.Reusche, a.g.e., s.22.
- [41] E.Bourazeli-Marinakou, E en Thraki Sintechne ton Elinon Kata Tourkokratian, Selanik 1950, s.70, 71.
- [42] E.Ç.Kömürçiyen, a.g.e., s.32.
- [43] E.Reusche, a.g.e., s.23.
- [44] K.Armenopoulos, Prohiron Nomon i exabiblos, (Yay. G.Pitsaki), II, Atina 1971, s.116'dan nakleden K.Theocharidou, a.g.e., s.98.
- [45] K.Theocharidou, a.g.m., s.110.
- [46] Actes d'Ivion, I, Des origines au milieu du XI^e siecle, (Yay. J.Lefort, N.Oikonomides, D.Papachryssanthou, H.Metreveli), Paris 1985, s.175-179.
- [47] Déthier, K.E.Φ.Σ., iv, s.168'den nakleden C.Mango, "Byzantine...", s.25.
- [48] K.Theocharidou, a.g.m., s.110.
- [49] A.Zois, İstoria tis Zakynthou, 1955, s.368'den nakleden K.Theocharidou, a.g.m., s.111.
- [50] P.Papahristodoulou, "Epagelmata sti Thraki, Archio Thrakikou Thrisavrou", Laografika B, 1942-43, s.177-180'den nakleden K.Theocharidou, a.g.m., s.111.
- [51] K.Theocharidou, a.m., s.111, dipnot 102.
- [52] İstanbul Millet Kitaplığı, Ali Emiri Efendi Kitapları Kanunlar Kısım, No.224'den nakleden N.Çağatay, Bir Türk Kurumu Olan Ahilik, Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Kurumu, TTK Yay., Ankara 1989, s.103.
- [53] Başbakanlık Arşivi, Mühimme, No.31, Sıra No.11, s.5, 24 R 985 tarihli belge.
- [54] K.Armenopoulos, a.g.e., II, s.116'dan nakleden K.Theocharidou, a.g.m., s.98.
- [55] Başbakanlık Arşivi, Cevdet Tasnifi İktisat Kataloğu, Sıra No. 328, tarih: 28 C 1194, Sıra No. .-, tarih: RA 1196; Sıra No.

- 1921, tarih: 25 Z 1215; Sıra No.1267, tarih: 5 S 1219; Sıra No. 1161, tarih: 26 S 1223; Sıra No.2032, tarih: 3 Ca 1229; Sıra No. -, tarih: 28 Ca 1231; Sıra No. 1661, tarih: 23 Ca 1231; Sıra No. 1422, tarih: 27 C 1234 tarihli belgeler; Mühimme, cilt 31, Sıra No. 11, sayfa 5, 24 R 985 tarihli belge; A.Refik, Onuncu Asr-ı Hicri'de..., s.108; A.Refik, Onikinci Asr-ı Hicri'de..., s.31, 169, 170.
- [56] Başbakanlık Arşivi, Cevdet Tasnifi İktisat Kataloğu, Sıra No. 2197, 5 S 1197 tarihli belge.
- [57] Ü.L.Barkan, Süleymaniye Cami ve İmaret-i İnşaatı, (1550-1557), 2, TTK Yay., VI.Dizi sayı 10^a, Ankara 1979, s.156, 157, 249.
- [58] Başbakanlık Arşivi, Cevdet Tasnifi İktisat Kataloğu, 2226/2 Ra 1197 tarihli belge.
- [59] K.Theocharidou, s.111, dipnot 79.
- [60] C.W.Hoffmann, "Über die alterthümliche Anfertigung leichter Steine aus einer weissen (wahrscheinlich Infusorien) Erde auf der Insel Rhodos und deren historische Verwendung zum Bau der berühmten Kuppel der Sophienkirche in Konstantinopel" Allgemeine Bauzeitung, 1895, s.291-294.
- [61] W.Salzenberg, Alt-christliche Baudenkmale von Constantinopel vom V. bis XII.Jahrhundert, Berlin 1854, s.10.
- [62] A.Refik, Onikinci Asr-ı Hicri'de İstanbul..., s.79.
- [63] Evliya Çelebi, a.g.e., s.412.
- [64] P.Ğ.İnciyan, 18.Asırda İstanbul, (çev.H.D.Andreasyan), 2.baskı, İstanbul Fetih Cemiyeti İstanbul Enstitüsü Yay. 43, İstanbul 1976, s.96, dipnot 165; E.Ç.Kömürçüyan, İstanbul Tarihi XVIII.Asırda İstanbul, İstanbul 1988, s.32; Ü.L.Barkan, a.g.e., c.I, s.128; A.Refik, Onbirinci Asr-ı Hicri'de İstanbul Hayatı (1592-1688), İstanbul 1988, s.22.
- [65] Başbakanlık Arşivi, Cevdet Tasnifi İktisat Kataloğu, Sıra No. 741/23 L 1171 ve Sıra No.-/18 1 1210 tarihli belge; P.Ğ. İnciyan, a.g.e., s.93, dipnot 160.
- [66] a.e., s.96, dipnot 165.
- [67] a.e., s.120; E.Ç.Kömürçüyan, İstanbul Tarihi XVIII.Asırda..., s.27.
- [68] Evliya Çelebi, a.g.e., c.I, s.412.
- [69] P.Ğ.İnciyan, a.g.e., s.93, 118.
- [70] E.Ç.Kömürçüyan, İstanbul Tarihi XVIII.Asırda..., s.27 ve dipnot 36a.
- [71] P.Ğ.İnciyan, a.g.e., s.93-120.

- [72] S.H.Eldem, Sa'dabad, K lt r Bakanlığı Yay. 292, T rk San'at Eserleri: 12, İstanbul 1977, s.6.
- [73] P.Ė.İnciyan, a.g.e., s.118.
- [74] E.Ė.K m rciyan, Vekayin me (1648-1690), Venedik Manastır K t phanesi, yazma eserler, Kayıt No.476, s.190'dan nakleden E.Ė.K m rciyan, İstanbul Tarihi XVIII.Asırda..., s.201; P.Ė.İnciyan, a.g.e., s.93, dipnot 160.
- [75] P.Ė.İnciyan, a.g.e., s.129.
- [76] K.Erguvanlı, a.g.e., s.542; T.Helen, Organization of Roman Brick Production in the first and second Centuries A.D. An Interpretation of Roman Brick Stamps, Helsinki 1975, s.17.
- [77] R. lker, İstanbul Boğazı  evresindeki Killerin Geoteknik  zellikleri, İT  Yay., İstanbul 1966, s.3-4; "Tekirdağ", Yurt Ansiklopedisi, 3/125, s.6969; "İstanbul", Yurt Ansiklopedisi, 5/68, s.3774.
- [78] "Tekirdağ", Yurt Ansiklopedisi, 10/126, s.7016-7018.
- [79] E.Reusche, a.g.e., s.25 ve dipnot 21 ve s.28.
- [80] E.Ė.K m rciyan, İstanbul Tarihi XVIII.Asırda..., s.201.
- [81] Theophanes Chron., (ed.C.de Boor), Leipzig 1883-85, s.440'dan nakledenler G.Millet, L'Ecole Grecque dans l'architecture Byzantine, Paris 1916, s.3 ve P.Forchheimer, J.Strzygowski, Die byzantinischen Wasserbeh lter von Konstantinopel, Viyana 1893, s.19.
- [82] F.W.Deichmann, a.g.e., s.37; J.B.Ward-Perkins, "Notes on the ...", s.90, 101, 102; C.Mango, Byzantinische Architektur, Stuttgart 1975, s.11; J.B.Ward-Perkins, Roman..., s.290.
- [83] F.W.Deichmann, a.g.e., s.39-40; J.B.Ward-Perkins, "Notes on the ...", s.103, 104.
- [84] a.m., s.53; F.W.Deichmann, a.g.e., s.23.
- [85] A.M.Schneider, Byzanz..., s.14.
- [86] F.W.Deichmann, a.g.e., s.25, 30; F.W.Deichmann, "Westliche Bautechnik im r mischen und rhom ischen Osten", R mische Mitteilungen, 86, 1979, s.473.
- [87] C.Mango, Byzantinische..., s.11; J.B. Ward-Perkins, Roman..., s.288.
- [88] J.B.Ward-Perkins, "Notes on the...", s.85, 101.
- [89] F.W.Deichmann, Studien..., s.28.
- [90] a.e., s.31; C.Mango, Byzantinische..., s.11.

- [91] F.W.Deichmann, Studien..., s.27; J.B.Ward-Perkins, "Notes on the...", s.85.
- [92] İ.Aktuğ, Batı Anadolu 14.Yüzyıl Beylikler Mimarisinde Yapım Teknikleri, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul 1989, s.17.
- [93] A.M.Schneider, Byzanz..., s.13.
- [94] aynı yer.
- [95] F.W.Deichmann, Studien..., s.31-32, 37-38; U.Peschlow, Die Irenenkirche in Istanbul. Untersuchungen zur Architektur, Istanbulur Mitteilungen 18, Tübingen 1977, s.220-221.
- [96] N.Brunov, "Die Odalar-Djami von Konstantinopel", Byzantinische Zeitschrift, 26, 1926, s.360; S.Y.Ötügen, İsa Kapı Mescidi und Medresesi in Istanbul, Bonn 1974, s.111; A.Ersen, Erken Osmanlı Mimarisinde Cephe Biçim Düzenleri ve Bizans Etkilerinin Niteliği, İTÜ Mimarlık Fakültesi Yay., İstanbul 1986, s.20.
- [97] H.Schaefer, Die Gül Camii in Istanbul, Istanbulur Mitteilungen, Beiheft 7, Tübingen 1973; s.40, 49.
- [98] a.e., Levha 27.2, s.40; H.Hallensleben, "Untersuchungen zur Baugeschichte der ehemaligen Pammakaristoskirche, der heutigen Fethiye Camii in Istanbul", Istanbulur Mitteilungen, 13/14, 1963/64, s.154; N.Brunov, a.g.m., s.354; S.Y.Ötügen, a.g.e., s.113, 114.
- [99] N.Brunov, a.g.m., s.360; C.Mango, "The Date of the Narthex of the Church of the Dormition at Nicaea", Dumbarton Oaks Papers, 13, 1959, s.249-250; H.Hallensleben, a.g.m., s.155; A.M.Schneider, Byzanz..., s.14; H.Schaefer, a.g.e., s.77-78; S.Y.Ötügen, a.g.e., s.115-117; B.Aran, "The Church of Saint Theodosia and the Monastery of Christ Euergetes. Notes on the Topography of Constantinople", Jahrbuch der Österreichischen Byzantinistik, 28, 1979, s.223.
- [100] C.Mango, "The Date of the...", s.249; H.Schaefer, a.g.e., s.78.
- [101] S.Y.Ötügen, a.g.e., s.110, 117.
- [102] C.Mango, "The Date of the...", s.250; H.Schaefer, a.g.e., s.78; H.Hallensleben, a.g.m., s.156; P.L.Vocotopoulos, "The Concealed Course Technique: Further Examples and a few Remarks", Jahrbuch der Österreichischen Byzantinistik, 28, 1979, s.248-258.
- [103] A.M.Schneider, W.Karnapp, Die Stadtmauer von Iznik (Nicaea), Istanbulur Forschungen 9, Berlin 1938, s.41-43; C.Mango, "The Date of the...", s.249, 251; U.Peschlow, "Neue Beobachtungen zur Architektur und Ausstattung der Koimesiskirche in Iznik", Istanbulur Mitteilungen, 22, 1972, s.164-165.
- [104] H.Schaefer, a.g.e., s.62, dipnot 114; C.Mango, "The Date of the...", s.249.
- [105] E.Reusche, a.g.e., s.91, 97; A.Ersen, a.g.e., s.20.

- [106] S.Y.Ötügen, a.g.e., s.88-91; S.Eyice, Son Devir Bizans Mimarisi, İstanbul'da Palaiologoslar Devri Anıtları, TTK Yay. Türkiye'de Ortaçağ Sanatı Araştırmaları I, İstanbul 1980, genişletilmiş 2.baskı, s.100, 101; A.Ersen, a.g.e., s.19, 20, 65, Tablo 1.1.4; S.Y.Ötügen, "İstanbul Son Devir Bizans Mimarisinde Cephe Süslemeleri", Vakıflar Dergisi, XII, 1978, s.213-218.
- [107] E.Reusche, a.g.e., s.87, 91; S.Eyice, a.g.e., s.101.
- [108] F.W.Deichmann, Studien..., s.25.
- [109] J.B.Ward-Perkins, "Notes on the...", s.88; J.B.Ward-Perkins, Roman..., s.288.
- [110] F.W.Deichmann, Studien..., s.27, 32, 33.
- [111] E.Reusche, a.g.e., s.39.
- [112] F.W.Deichmann, "Westliche Bautechnik...", s.518.
- [113] a.e., s.518-525; R.Krautheimer, Corpus Basilicarum Christianarum Romae. The Early Christian Basilicas of Romae (IV.-IX. Centr.), I, Roma 1937, s.48, 67, 87, 107, 129, 130, 142, 178, 180, 255, 279, 282, 283, 284; G.Lugli, La Tecnica Edilizia Romana con particolare riguardo a Roma e Lazio, I, s.559, 601, 603, 606.
- [114] a.e., s.622.
- [115] F.W.Deichmann, "Westliche Bautechnik...", s.518.
- [116] J.B.Ward-Perkins, "Notes on the...", s.85, 96, 97; F.W.Deichmann, "Westliche Bautechnik...", s.520.
- [117] G.Lugli, a.g.e., s.586, 598, 599, 606, 618; J.B.Ward-Perkins, "Notes on the...", s.85.
- [118] F.W.Deichmann, "Westliche Bautechnik...", s.520-521; C.Mango, Byzantinische..., s.11; C.E.Arseven, a.g.e., s.753.
- [119] E.Reusche, a.g.e., s.32.
- [120] E.Schilbach, Byzantinische Metrologie, Münih 1970, s.13, 15; A.Arpat, "Davut Paşa Camii'nde Musa Peygamber", Yapı, 57, 1984/5, s.45.
- [121] R.C.A.Rottlaender, "Standardization of Roman Provincial Pottery III: The Average total Shrinkage Rate and the Bills of La Graufesenque", Archaeometry, 11, 1969, s.160-164; N.Davey, a.g.e., s.
- [122] J.B.Ward-Perkins, Roman..., s.150.
- [123] F.Hultsch, Griechische und römische Metrologie, Berlin 1882, 2.baskı, s.88-98.

- [124] U.Peschlow, Die Irenenkirche..., s.224'den sonra, duvar örgüsü katalogları.
- [125] G.U.S.Corbett, "The Buildings to the North of the Bucoleon Harbour Called the 'House of Justinian'", The Great Palace of the Byzantine Emperors, Second Report, (ed. D.T.Rice) Edinburg 1958, s.180.
- [126] H.Schaefer, "Architekturhistorische Beziehungen zwischen Byzanz und der Kiever Rus im 10. und 11.Jahrhundert", Istanbuler Mitteilungen, 23/24, 1973/74, s.219; E.Mamboury, Th.Wiegand, a.g.e., s.3, Şekil 1; A.Ersen, a.g.e., s.22, Tablo 1.2.
- [127] Suidas; Chron. Pasch. Ol. 243, 4; Codinus 13'den nakleden F.W.Unger, Quellen der byzantinischen Kunstgeschichte, Quellenschriften für Kunstgeschichte und Kunsttechnik des Mittelalters und der Renaissance 12, I, Wien 1878, s.60, 289.
- [128] S.Casson, "The Excavations", Preliminary Report upon the Excavations carried out in the Hippodrome of Constantinople in 1927, Londra 1928, s.10; W.Müller-Wiener, a.g.e., s.64.
- [129] Zosimus II, 31; Codinus 19 ve Glycas IV, 467'den nakleden F.W.Unger, a.g.e., s.289-290; Th.Preger 145'den nakleden W.Müller-Wiener, a.g.e., s.64.
- [130] Codinus 19'dan nakleden F.W.Unger, a.g.e., s.290.
- [131] S.Casson, a.g.m., s.17.
- [132] a.m., s.10; E.Mamboury, Th.Wiegand, a.g.e., s.41.
- [133] a.e., s.41-43; S.Casson, a.g.m., s.16, 17.
- [134] aynı yer; Th.Preger 137'den nakleden W.Müller-Wiener, a.g.e., s.65.
- [135] Notitia urbis Cpl. Seeck, Notitia dignitatum 1876, s.240'dan nakleden B.Meyer-Plath, A.M.Schneider, a.g.e., II, s.3.
- [136] B.Meyer-Plath, A.M.Schneider, a.e., II, s.100; W.Müller-Wiener, a.g.e., s.301.
- [137] B.Meyer-Plath, A.M.Schneider, a.g.e., II, s.100.
- [138] A.M.Schneider, Byzanz..., s.4; A.M.Schneider, "Forschungen und Funde in Istanbul", Oriens Christianus, 34, 1937, s.120.
- [139] Th.Preger, s.245'den nakleden W.Müller-Wiener, a.g.e., s.187.
- [140] A.M.Schneider, Byzanz..., s.4.
- [141] a.e., s.2, 4; A.M.Schneider, "Das Martyrion der heiligen Karpos und Papylos zu Konstantinopel", Archaeologischer Anzeiger, 1934, süt.417; A.M.Schneider, "Forschungen...", s.120.
- [142] Zosimus V 24, 280 Bonn; Socrates VI 18.18; Marcellinus Comes, Chron. min.II, 68; Chron. Pasch. 518 Bonn; Leon Grammaticus 105

- Bonn; Sozomen VIII, 12 ve Kedrenos 585 Bonn'dan nakleden A.M. Schneider, "Die vorjustinianische Sophienkirche", Byzantinische Zeitschrift, 36, 1936, s.81, dipnot 1; Palladius, 91 ve Du Cange, Const.christ.III, 3'den nakleden F.W.Unger, a.g.e., s.75.
- [143] W.Müller-Wiener, a.g.e., s.84.
- [144] A.M.Schneider, "Die vorjustinianische...", s.77; A.M.Schneider, "Die Grabung im Westhof der Sophienkirche zu Istanbul", Istanbuler Forschungen, 12, Berlin 1941, s.1.
- [145] Procopius, History of the Worlds I, XXIV, 9-10, Loeb Classical Library; Johannes Laurentius von Staatsaemtern, III, 70 ve Theophanes, 6024'den nakleden F.W. Unger, a.g.e., s.86.
- [146] B.Meyer-Plath, A.M.Schneider, a.g.e., II, s.2, 3.
- [147] M.Ahunbay, İstanbul Karasurlarını ve Hendeklerini Koruma ve Çevre Düzenleme Projesi. Mimarlık Tarihi ve Restorasyon Çalışması. Tarihi Araştırma Raporu II. Yedikule-Tekfursaraylı Esas Sur Kuleleri (T.1-T.99) Yapı Analizi, (TAÇ Vakfına verilen yayınlanmamış rapor), İstanbul 1987, s.64; B. Meyer-Plath, A.M.Schneider, a.g.e., II, s.29.
- [148] B.Meyer-Plath, A.M.Schneider, a.e., II, s.81.
- [149] Th.Preger, s.72 vd.'den nakleden W.Müller-Wiener, a.g.e., s.278.
- [150] V.C.Marcellini Comitiss Chronicon, s.75'den nakleden W.Müller-Wiener, a.g.e., s.278; P.Forchheimer, J.Strzygowski, a.g.e., s.154.
- [151] R.Janin, "Etudes de topographie byzantine. Les citernes d'Aetius, d'Aspar et de Bonus", Revue des Etudes Byzantines, 1, 1943, s.89,91.
- [152] W.Kleiss, "Neue Befunde zur Chalkopratenkirche in Istanbul", Istanbuler Mitteilungen, 15, 1965, s.166; A.M.Schneider, Byzanz..., s.56.
- [153] W.Kleiss, a.g.m., s.161.
- [154] Th.Preger, s.263'den nakleden W.Müller-Wiener, a.g.e., s.76; W.Kleiss, a.g.m., s.161.
- [155] Hafız Hüseyin Efendi Ayvansarayî, Hadika't-ül Cevamî, I, İstanbul 1864/H.1281, s.149'dan nakleden T.Öz, İstanbul Camileri, I. Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Kurumu Yay., 5, 2.Baskı, Ankara 1987, s.18, dipnot 6.
- [156] W.Müller-Wiener, a.g.e., s.77.
- [157] V.C.Marcellini Comitiss Chronicon, s.78'den nakleden W.Müller-Wiener, a.g.e., s.279.
- [158] H.Hüseyin Efendi Ayvansarayî, a.g.e., I. s.77'den nakleden T. Öz, a.g.e., I, s.43.

- 159 A.M.Schneider, Byzanz..., s.30, 31; R.Janin, a.g.m., s.101.
- 160 Theoph. I, 13 Boor; Kedrenos I, 611 Bonn; Anth.Pal.I, 4'den nakleden W.Müller-Wiener, a.g.e., s.147.
- 161 C.Mango, "The Date of the Studius Basilica at Istanbul", Byzantine and Modern Greek Studies, 4, 1978, s.115-122.
- 162 W.Müller-Wiener, a.g.e., s.147 ve 149.
- 163 Nikeph Greg I, 190 Bonn'dan nakleden W.Müller-Wiener, a.g.e., s.150.
- [164] H.J.Kissling, "Aus der Geschichte des Chalvetijje-Ordens", Zeitschrift der Deutschen Morgenlaendischen Gesellschaft, 103/NF 28, 1953, s.257.
- [165] H.Hüseyin Efendi Ayvansarayi, a.g.e., I, s.196'dan nakleden T. Öz, a.g.e., I, s.105 dipnot 223.
- [166] M.Harrison, A Temple for Byzantium: The Discovery and Excavation of Anicia Juliana's Palace-Church in Istanbul, Texas 1989, s.35; C.Mango, I.Ševčenko, "Remains of the Church of St.Polyeuktos at Constantinople", Dumbarton Oaks Paper, 15, 1961, s.244-245.
- [167] M.Harrison, a.g.e., s.15, 33.
- [168] a.e., s.64, 73.
- [169] B.Meyer-Plath, A.M.Schneider, a.g.e., II, s.5; W.Müller-Wiener, a.g.e., s.293.
- [170] B.Meyer-Plath, A.M.Schneider, a.g.e., II, s.77, 134.
- [171] a.e., II, s.5 ve dipnot 3.
- [172] a.e., II, s.31, 77.
- [173] a.e., II, s.5, 77, 134.
- [174] a.e., II, s.103, 104.
- [175] a.e., II, s.104, 119, 141; W.Müller-Wiener, a.g.e., s.303.
- [176] B.Meyer-Plath, A.M.Schneider, a.g.e., s.120.
- [177] Theophanes Continuatus, Bonn, s.402, 473; Symeon Magister, Bonn s.733 ve Leon Grammaticus, Bonn, s.307'den nakleden W.Müller-Wiener, a.g.e., s.103; Theophanes Continuatus, Bonn s.402 ve Georgios Monachos, Bonn s.894'den nakleden C.L.Striker, The Myrelaion (Bodrum Camii) in Istanbul, Princeton 1981, s.6.
- [178] W.Müller-Wiener, a.g.e., s.103.
- [179] C.L.Striker, a.e., s.6, 7, 33; C.Mango, Byzantinische..., s.205.

- [180] C.L.Striker, a.g.e., s.6; K.Wulzinger, Byzantinische Bau-
denkmaeler zu Konstantinopel, Osnabrück 1973, s.108 ve dip-
not 1.
- [181] R.Naumann, "Ausgrabungen bei der Bodrum Camii (Myrelaion)",
Istanbul Arkeoloji Müzeleri Yıllığı, 13/14, 1966, s.137; R.
Naumann, "Der antike Rundbau beim Myrelaion und der Palast
Romanos I.Lekapenos", Istanbuler Mitteilungen, 16, 1966, s.208.
- [182] D.Talbot Rice, "Excavations at Bodrum Camii 1930", Byzantion,
VIII, 1933, s.157; A.M.Schneider, Byzanz..., s.65.
- [183] C.L.Striker, "A New Investigation of the Bodrum Camii and the
Problem of the Myrelaion", Istanbul Arkeoloji Müzeleri Yıllığı,
13/14, 1966, s.214.
- [184] B.Meyer-Plath, A.M.Schneider, a.g.e., II, s.78, 134.
- [185] a.e., II, s.78; M.Ahunbay, a.g.e., s.36.
- [186] S.Eyice, "İstanbul'da Bizans İmparatorlarının Sarayı: Büyük
Saray", Sanat Tarihi Araştırmaları Dergisi, 1/3, 1988, s.12,
22.
- [187] W.Müller-Wiener, a.g.e., s.228.
- [188] G.U.S.Corbett, a.g.m., s.169, 178, 193 ve Ek D. plan ve kesit;
W.Müller-Wiener, a.g.e., s.226 Şekil 258.
- [189] G.U.S.Corbett, a.g.m., s.193; A.M.Schneider, Byzanz..., s.28;
E.Mamboury, Th.Wiegand, a.g.e., s.13.
- [190] A.M.Schneider, B.Meyer-Plath, a.g.e., II, s.6, 72, 124.
- [191] M.Ahunbay, a.g.e., s.7.
- [192] G.Moravscık, "Die Tochter Ladislaus des Heiligen und das
Pantokrator-Kloster in Konstantinopel", A Konstáninapolyi
Magyar Tudományos Intézet Közleményei, 7/8, 1923, s.71, 73, 74;
Kinnamos 10 Bonn ve Nik. Chon. 66 Bonn'dan nakleden W.Müller-
Wiener, a.g.e., s.209; C.Mango, Byzantinische..., s.243.
- [193] G.Moravscık, a.g.m., s.78; W.Müller-Wiener, a.g.e., s.209.
- [194] G.Moravscık, a.g.m., s.68, 74.
- [195] a.m., s.72; W.Müller-Wiener, a.g.e., s.211.
- [196] R.Krautheimer, Early Christian and Byzantine Architecture,
Penguin Books, 1981, s.390; W.Müller-Wiener, a.g.e., s.211.
- [197] G.Moravscık, a.g.m., s.70, 71.
- [198] a.m., s.78.
- [199] a.m., s.77.

- [200] W.Salzenberg, Altchristliche Baudenkmale von Constantinopel vom V.bis XII.Jahrhundert, Berlin 1854, s.37; C.Gurlitt, Die Baukunst Konstantinopels, I, Berlin 1907, s.7; K.Wulzinger, Byzantinische Baudenkmäler zu Konstantinopel, Osnabrück 1973, 2.Baskı, s.64-89; F.Dirimtekin, "Tekfursarayı Şimalinde Yapılan Kazi", İstanbul Arkeoloji Müzeleri Yıllığı, 5, 1952, s.42; K.M. Swoboda, Römische und romanische Palaeste. Eine architektur-geschichtliche Untersuchung, Wien 1924, 2.Baskı, s.218; W.Müller-Wiener, a.g.e., s.244; A.M.Schneider, B.Meyer-Plath, a.g.e., s.97-99; C.Mango, Byzantinische..., s.369; C.Mango, "Constantinopolitana", Jahrbuch des Deutschen Archaeologischen Instituts, 80, 1965, s.335-336; J.Ebersolt, Constantinople et les voyageurs du levant, 1919, s.197; N.Brunov, "Zur Frage nach dem Baustil des Palaeologenzeitalters in Konstantinopel", Bulletin de L'Institut Archéologique Bulgare, V, 1928/9, s.224; R. Krautheimer, a.g.e., 1981, s.473, 540, dipnot 41; O.Feld, "Zu den Kapitellen des Tekfur Saray in Istanbul", Istanbuler Mitteilungen, 19/20, 1969/70, s.359.
- [201] W.Allen, Tekfur Saray in Istanbul: An Architectural Study, Baltimore 1981, s.74.
- [202] Anon., Fatih II.Mehmet Vakfiyeleri, Ankara 1938, s.213.
- [203] B.Konuşur, Tahtakale Hamamı, İTÜ SBE Yayınlanmamış lisansüstü tezi, İstanbul 1985, s.12.
- [204] M.Cezar, "Osmanlı Devrinde İstanbul Yapılarında Tahribat Yapan Yangınlar ve Tabii Afetler", Türk Sanatı Tarihi Araştırma ve İncelemeleri, 1, 1963, s.352.
- [205] Z.Nayır, İstanbul Medreseleri ve Çağdaş Kullanım Açısından Bir Değerlendirme, İTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınlanmamış doçentlik tezi, İstanbul 1980, s.31; T.Öz, a.g.e., I, s.44-45; H.Hüseyin Efendi Ayvansarayı, a.g.e., I, s.104'den nakleden T. Öz, a.g.e., I, s.45; Ü.L.Barkan, E.H.Ayverdi, İstanbul Vakıfları Tahrir Defteri H.953/1546 Tarihli, İstanbul 1970, s.346.
- [206] V.Tamer, "Fatih Devri Ricalinden İshak Paşa'nın Vakfiyeleri ve Vakıfları", Vakıflar Dergisi, IV, Vakıflar Umum Müd.Yay., Ankara 1958, s.109, 113.
- [207] W.Müller-Wiener, a.g.e., s.423.
- [208] T.Öz, a.g.e., I, s.33.
- [209] R.M.Meriç, "Beyazıt Câmii Mimârı, II.Sultan Bâyezîd Devri Mimarları ile Bazı Binaları. Beyazıt Camii ile Alâkalı Hususlar, San'atkârlar ve Eserleri", Yıllık Araştırmalar Dergisi, II, A.Ü.İlahiyat Fakültesi Türk ve İslam Sanatları Tarihi Enstitüsü Yay., 1957, s.7, 15, 32; İ.A.Yüksel, Osmanlı Mimarisinde II.Bâyezîd Yavuz Selim Devri (886-926/1481-1520), V, İstanbul Fetih Cemiyeti Yay., İstanbul 1983, s.213.
- [210] J.von Hammer-Purgstall, Geschichte des Osmanischen Reiches, II, 1827-1835, s.527, 670'den nakleden W.Müller-Wiener, a.g.e., s.264; Gyllius, De topogr. Const. III, 6'dan nakleden M.Schede, "Archaeologische Funde", Archaeologischer Anzeiger, 1929, süt. 336.

- [211] M.Cezar, "Osmanlı Devrinde İstanbul Yapılarında Tahribat Yapan Yangınlar ve Tabii Afetler" Türk Sanatı Tarihi, I, İstanbul DGSA Türk Sanatı Tarihi Enstitüsü Yay., İstanbul 1963, s.336, 346.
- [212] B.Postacıoğlu, Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri, İç Yapı ve Mekanik Özellikler, I, İTÜ Kütüphanesi Yay., İstanbul 1981, s. 236.
- [213] TS 3114/Nisan 1978 - Beton Basınç Dayanımı Deney Metodu, TSE, Ankara, s.1.
- [214] B.Postacıoğlu, a.g.e., s.246.
- [215] DIN 105/Teil 1 - Mauerziegel, Vollziegel und Hochloch Ziegel, Berlin Kasım 1982, s.6.
- [216] TS 704/Ocak 1979 - Harman Tuğlası (Duvarlar için), 1.Baskı, TSE, Ankara.
- [217] TS 705/Mart 1985 - Fabrika Tuğlaları, Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli, 1.Baskı, TSE, Ankara.
- [218] K.Erguvanlı, Mühendislik Jeolojisi, Geliştirilmiş 2.Baskı, İTÜ Kütüphanesi Yay., İstanbul 1973, s.19.
- [219] aynı yer.
- [220] a.e., s.31.
- [221] F.Kocataşkın, Yapı Malzemesi Bilimi, Özellikler ve Deneyler, düzeltilmiş 4.Baskı, İstanbul 1975, s.63, 64.
- [222] K.Erguvanlı, "Kayaçların Sertlikleri, Saptama Yöntemleri ve Mühendislikte Önemi", Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, No.3-3, Ankara 1980, s.2.
- [223] D.Thode, a.g.e., s.40, 41.
- [224] K.Erguvanlı, "Kayaçların Sertlikleri, Saptama Yöntemleri...", s.5.
- [225] TS 3260/Eylül 1978 - Beton Yüzey Sertliği Yolu ile Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı, 1.Baskı, Ankara, s.4.
- [226] B.Postacıoğlu, a.g.e., s.573.
- [227] D.Thode, a.g.e., s.41.
- [228] B.Postacıoğlu, a.g.e., s.223.
- [229] a.e., s.228.
- [230] a.e., s.229, 230.
- [231] H.Salmang, a.g.e., s.185.

[232] K.Erguvanlı, Mühendislere Jeoloji, I., Genişletilmiş 2.Baskı, İTÜ Kütüphanesi Yay., İstanbul 1967, s.161.

[233] B.Postacıoğlu, a.g.e., s.571.

[234] IS 3260..., s.4.

[235] N.Toydemir, Seramik..., s.8.



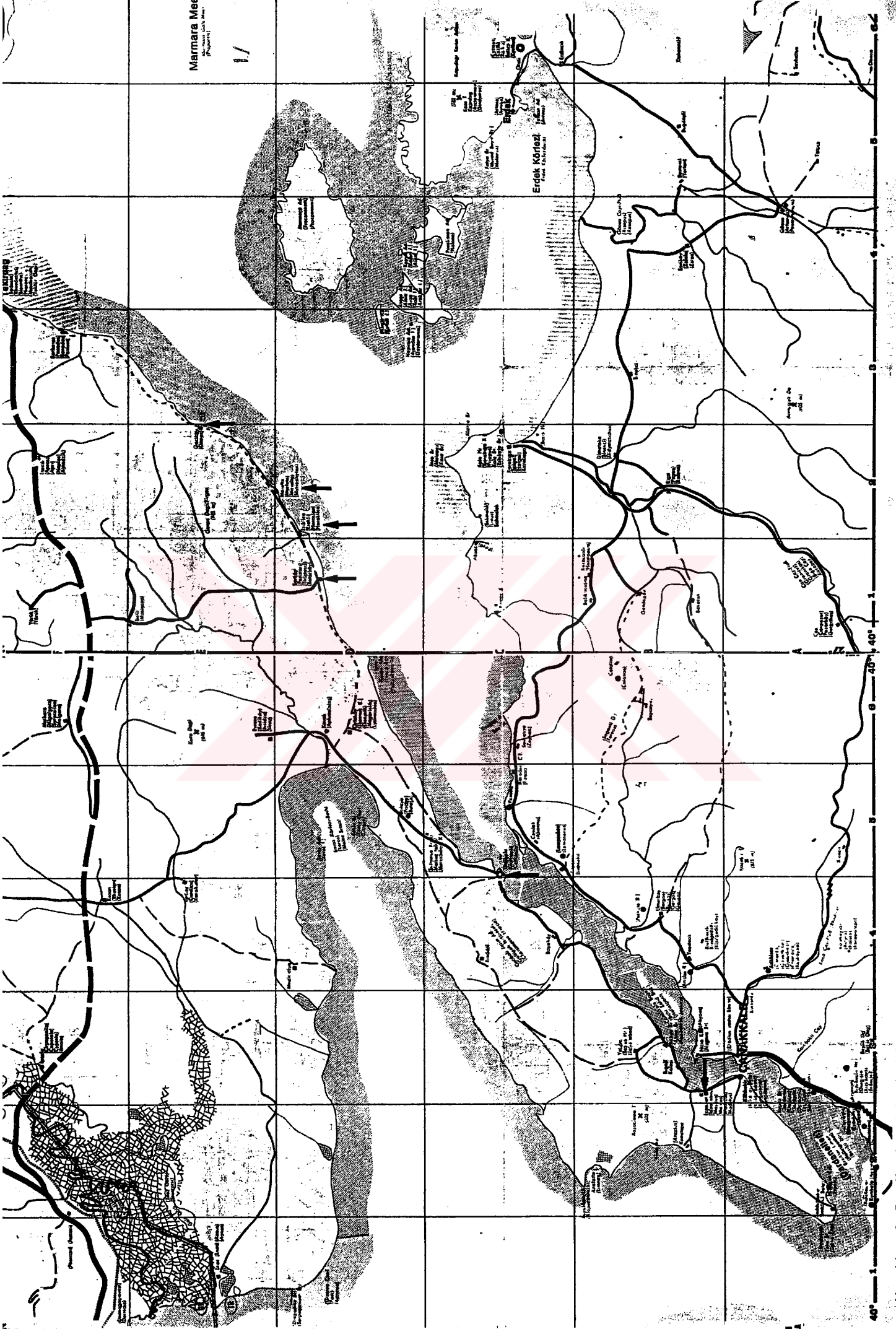
ŞEKİL REFERANSLARI

- Şekil 3.1. K.Theocharidou, "Simboli sti meleti tis paragois sta Byzantina ke Metabyzantina chronia", Deltion tis Christianikis Archeologikis Eterias, 4/13, 1985-86, s.101 Şekil 3.
- Şekil 4.1. S.Casson, "The Excavations", Preliminary Report upon the Excavations Carried out in the Hippodrome of Constantinople, in 1927, Londra 1928, plan no. II.
- Şekil 4.2. B.Meyer-Plath, A.M.Schneider, Die Landmauer von Istanbul, II, Denkmaeler antiker Architektur 8, Berlin 1943, s.109 Şekil 26.
- Şekil 4.3. A.M.Schneider, Byzanz. Vorarbeiten zur Topographie und Archaeologie der Stadt, Istanbul Forschungen 8, Amsterdam 1967, Levha 2.
- Şekil 4.4. A.M.Schneider, "Die vorjustinianische Sophienkirche", Byzantinische Zeitschrift, 36, 1936, s.83.
- Şekil 4.5. İstanbul Karasurlarını ve Hendeklerini Koruma ve Çevre Düzenleme Projesi, Mimarlık Tarihi ve Restorasyon Çalışması, Mevcut Durum Araştırması, İTÜ Mimarlık Fakültesi, 1987, Harita L111.
- Şekil 4.6. W.Müller-Wiener, "Lageplan der historischen Monumente in der Altstadt Istanbul, in Galata und Pera", Bildlexikon zur Topographie Istanbul's, Tübingen 1977 (harita eki).
- Şekil 4.7. W.Kleiss, "Neue Befunde zur Chalkopratenkirche in Istanbul", Istanbul Mitteilungen, 15, 1965, s.153 Şekil 2.
- Şekil 4.8. W.Müller-Wiener, "Lageplan der...".
- Şekil 4.9. W.Müller-Wiener, Bildlexikon zur Topographie Istanbul's, Tübingen 1977, s.147 Şekil 138.
- Şekil 4.10. M.Harrison, A Temple for Byzantium: The Discovery and Excavation of Anicia Juliana's Palace-Church in Istanbul, Teksas 1989, s.46 Şekil 39, s.53 Şekil 48.
- Şekil 4.11. Rölöve: Y.Kâhya.
- Şekil 4.12. A.M.Schneider, B.Meyer-Plath, a.g.e., II, Levha 8.
- Şekil 4.13. a.e., II, Levha 41.
- Şekil 4.14. C.L.Striker, The Myrelaion (Bodrum Camii) in Istanbul, Princeton 1981, Şekil 1, 2, 6, 15.
- Şekil 4.15. İstanbul Karasurlarını ve Hendeklerini..., Harita N.108.

- Şekil 4.16. G.U.S.Corbett, "The Buildings to the North of the Bucoleon Harbour Called the 'House of Justinian'", The Great Palace of the Byzantine Emperors, Second Report, (ed.D.T. Rice), Edinburg 1958, ek D.
- Şekil 4.17. İstanbul Karasurlarını ve Hendeklerini..., Harita N.103.
- Şekil 4.18. W.Müller-Wiener, a.g.e., s.210 Şekil 237.
- Şekil 4.19. A.M.Schneider, B.Meyer-Plath, a.g.e., II, s.97 Şekil 23.
- Şekil 4.20. a.e., II, Levha 40.
- Şekil 4.21. İ.Aktuğ, A.Ersen, "Bir 15.Yüzyıl Yapısı Olan Tahtakale Hamamında Uygulanan Bazı Yapım Teknikleri", TAÇ Vakfı Yıllığı, I, 1991, s.27 Şekil 2.
- Şekil 4.22. A.Z.Nayır, İstanbul Medreseleri ve Çağdaş Kullanım Açısından Bir Değerlendirme, İTÜ Mimarlık Fakültesi yayınlanmamış Doçentlik Tezi, İstanbul 1980, Levha 13 Şekil 36.
- Şekil 4.23. H.Glück, Probleme des Wölbungsbaues I, Die Baeder Konstantinopels, XII, Viyana 1921, s.66 Şekil 25.
- Ek A Harita A1 Codex-Kultur Atlas, (Türkiye) Çanakkale 40/26, Bandırma 40/27.
- Ek A Harita A2 İTÜ Çevre ve Şehircilik UYG-AR Merkezi Harita Arşivi, İstanbul Haliç F21-C3.



EK A HARİTALAR



Marmara Mee

1/

Erdik Kariyal

40° 1' 2' 3' 4' 5' 6' 7' 8' 9' 10' 11' 12' 13' 14' 15' 16' 17' 18' 19' 20' 21' 22' 23' 24' 25' 26' 27' 28' 29' 30' 31' 32' 33' 34' 35' 36' 37' 38' 39' 40' 41' 42' 43' 44' 45' 46' 47' 48' 49' 50' 51' 52' 53' 54' 55' 56' 57' 58' 59' 60'



EK B TUĞLA BOYUT ÇİZELGELERİ

Çizelge B.1. Devam

Tuğla Kalın- lığı/cm Yapı Kodu	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	
KS																																
CA																																
A																																

Yapı Kodu	Tuğla Kenar Uzunluğu cm	28.0- 28.4 arası	28.5- 28.9 arası	29.0- 29.4 arası	29.5- 29.9 arası	30.0- 30.4 arası	30.5- 30.9 arası	31.0- 31.4 arası	31.5- 31.9 arası	32.0- 32.4 arası	32.5- 32.9 arası	33.0- 33.4 arası	33.5- 33.9 arası	34.0- 34.4 arası	34.5- 34.9 arası	35.0- 35.4 arası	35.5- 35.9 arası	36.0- 36.4 arası	36.5- 36.9 arası	37.0- 37.4 arası	37.5- 37.9 arası	38.0- 38.4 arası	38.5- 38.9 arası	39.0- 39.4 arası	39.5- 39.9 arası	40.0- 40.4 arası
KS																				•	•	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• •	• • • • •
CA																				• •	• •	• • • • •	• •	• •	•	
A																				• • • • • • • •	• • • • • • • •	• • • • • • • •	• •	• • • • • • • •	• •	•
İM																				• • • • • • • •	• •	• • • • • • • •	• • • • • • • •	• • • • • • • •	• • • • • • • •	•

Çızelge B.2. Devam



EK C FOTOĞRAFLAR

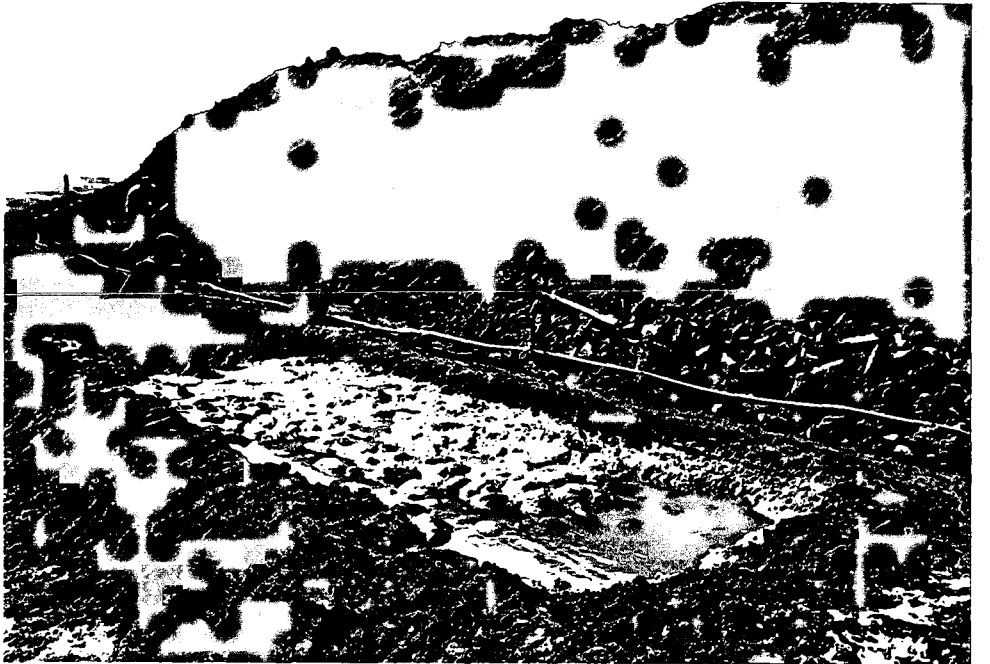
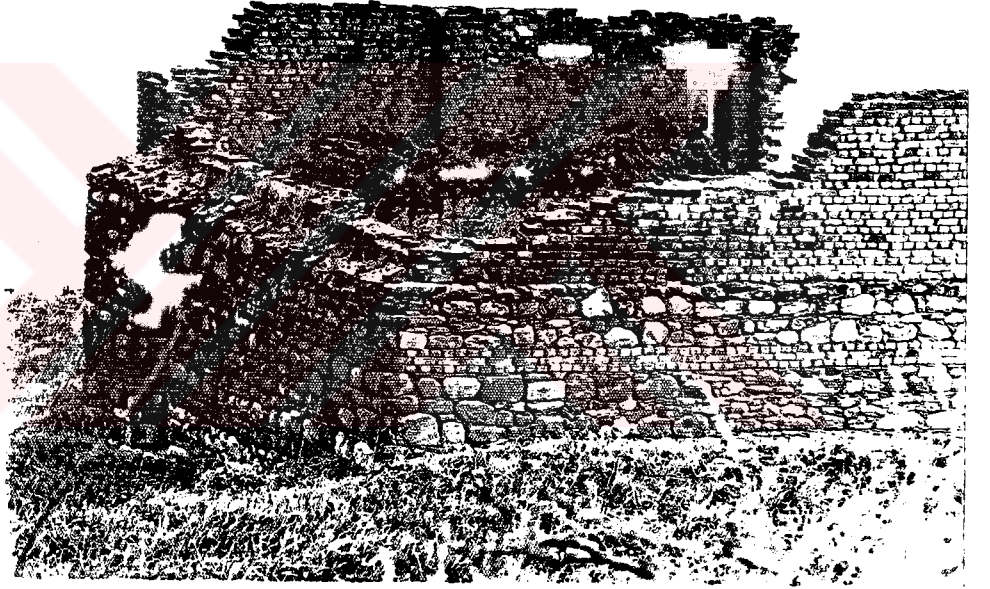
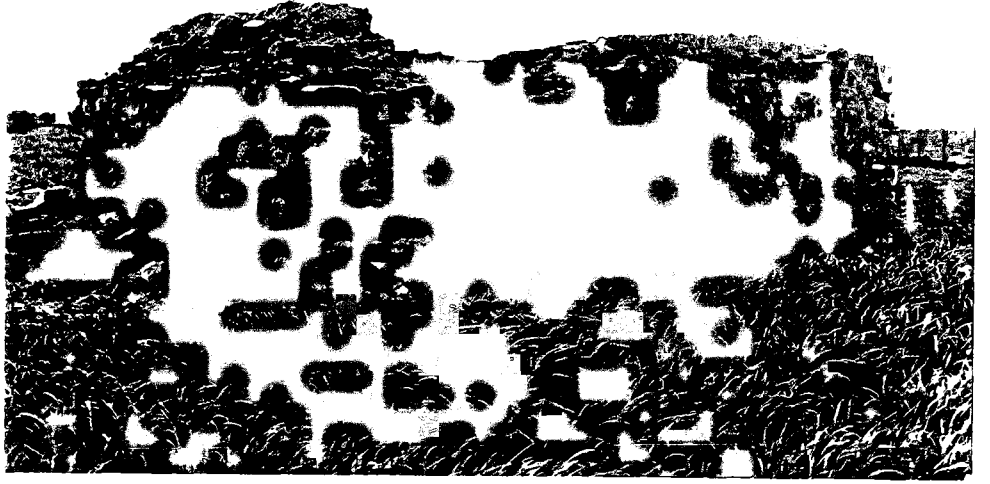


Foto. 1, 2
Hoşköy ve Mürefte'deki
eski tuğla fırınları

Foto. 3
Kilin dinlendirildiği
çukur

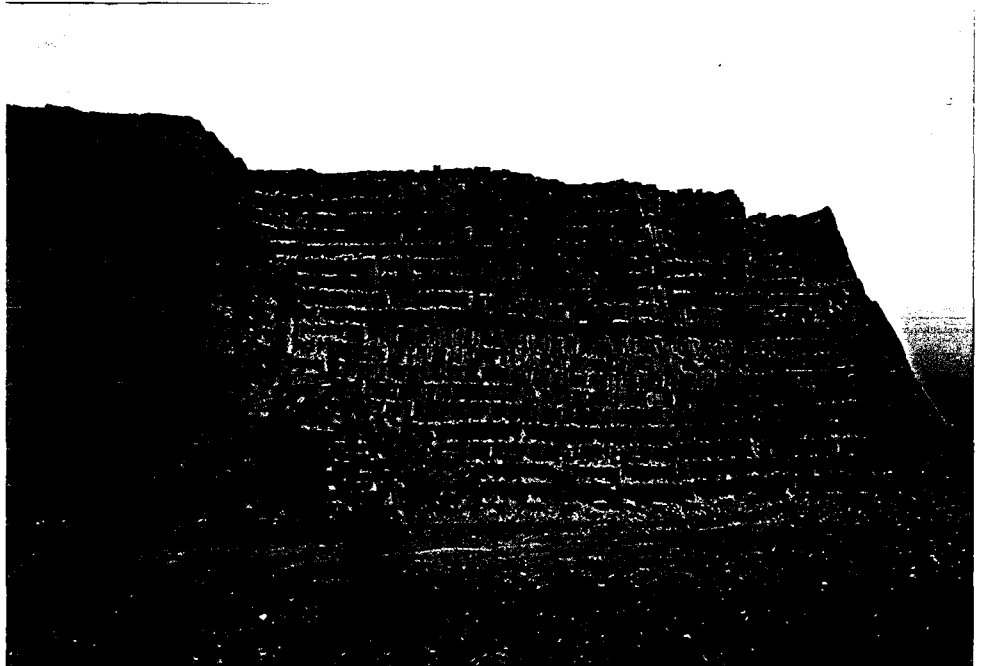


Foto. 4
Kalıpla şekillendirme
Foto. 5
Sergi alanında kurutma
Foto. 6
İstanbul Habipler Köyünde
"Kurt Tuğla" harmanı

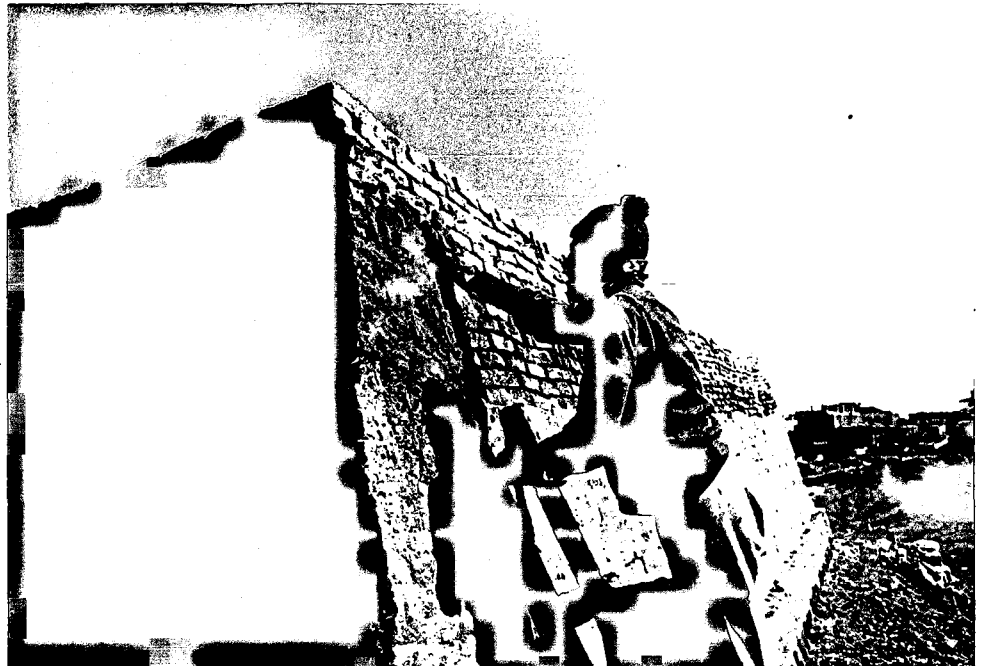
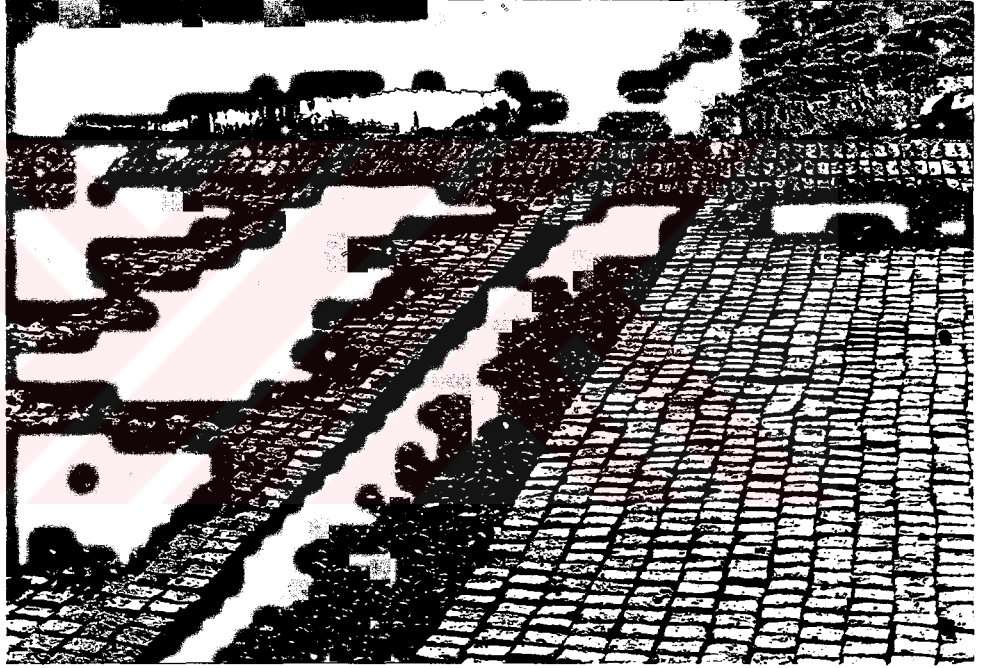


Foto. 7

Havalandırma kanalları

Foto. 8

Yığılı pişirmek üzere
yerleştirilen kömür

Foto. 9

Harmanın kil hamuru
ile sıvanışı

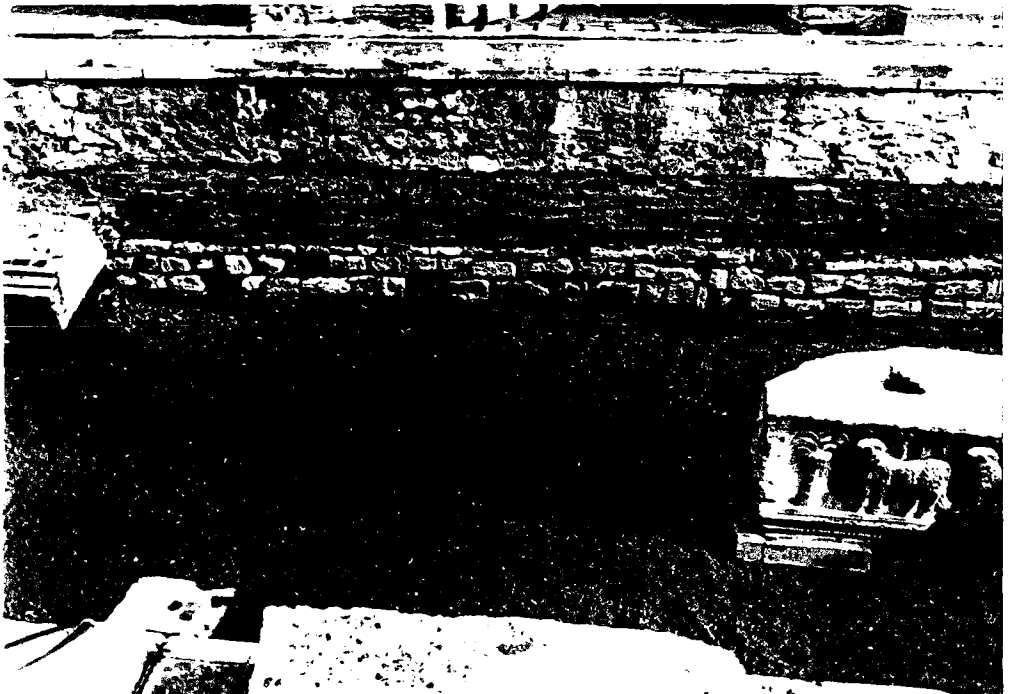
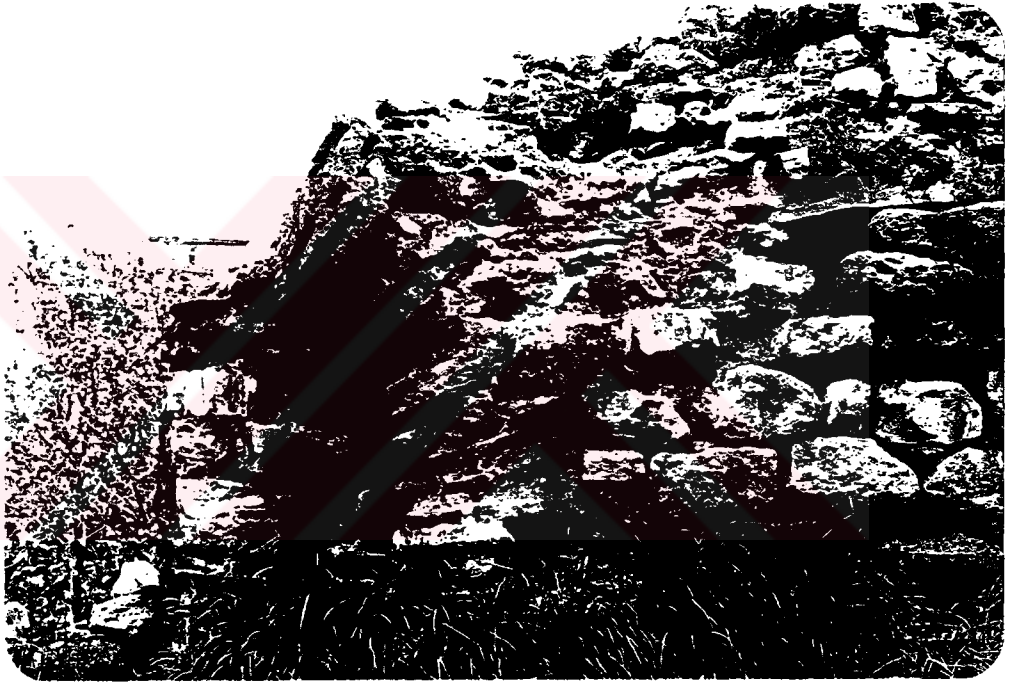
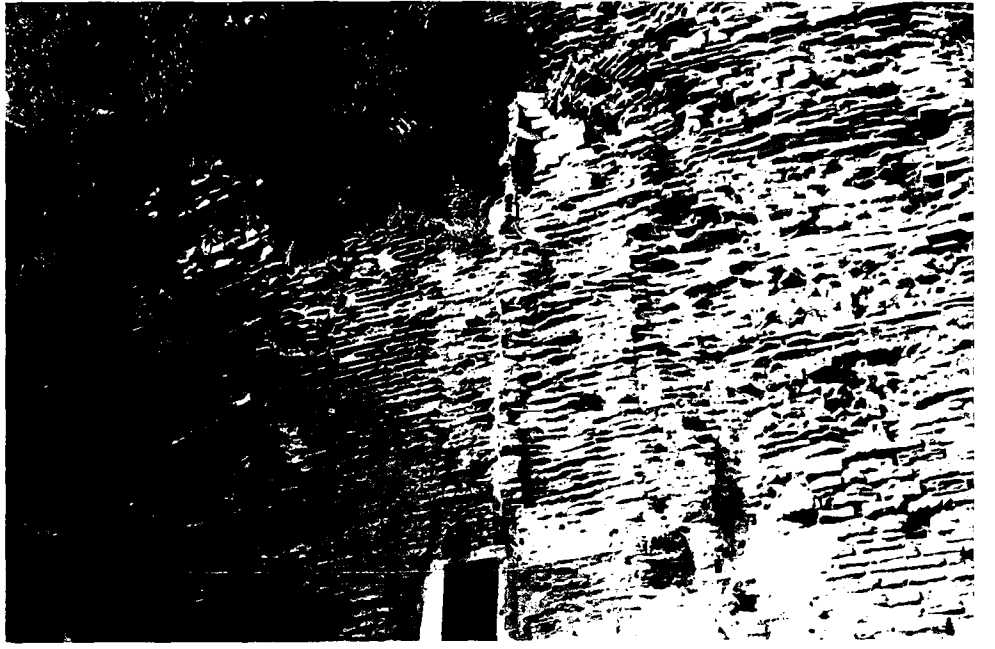


Foto. 10
Hippodrom/Sphendone

Foto. 11

Mumhane Duvarı

Foto. 12 Ayasofya

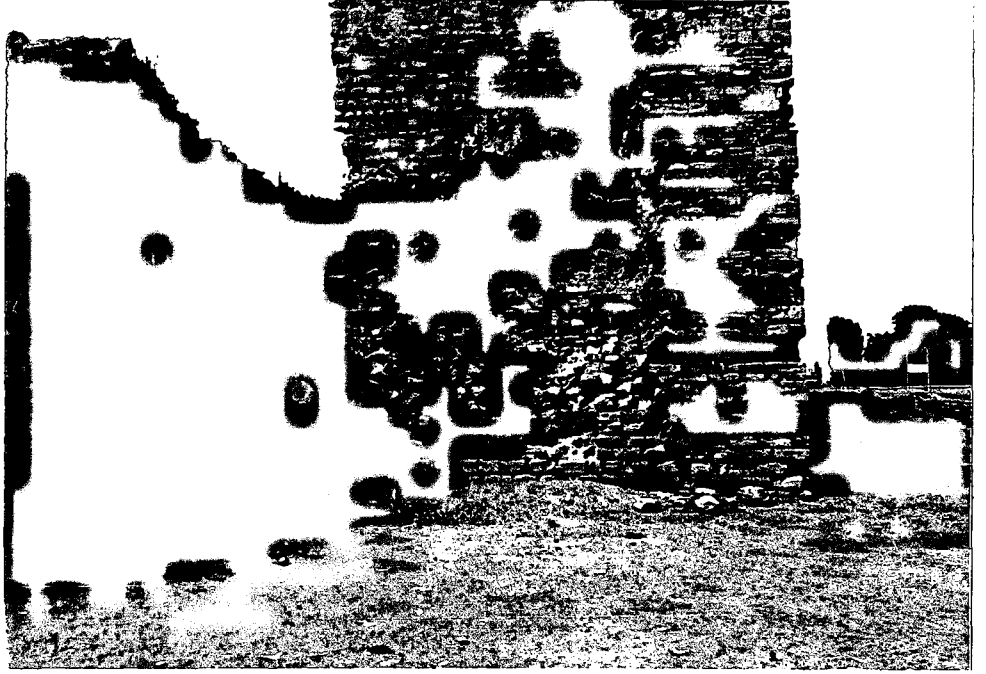
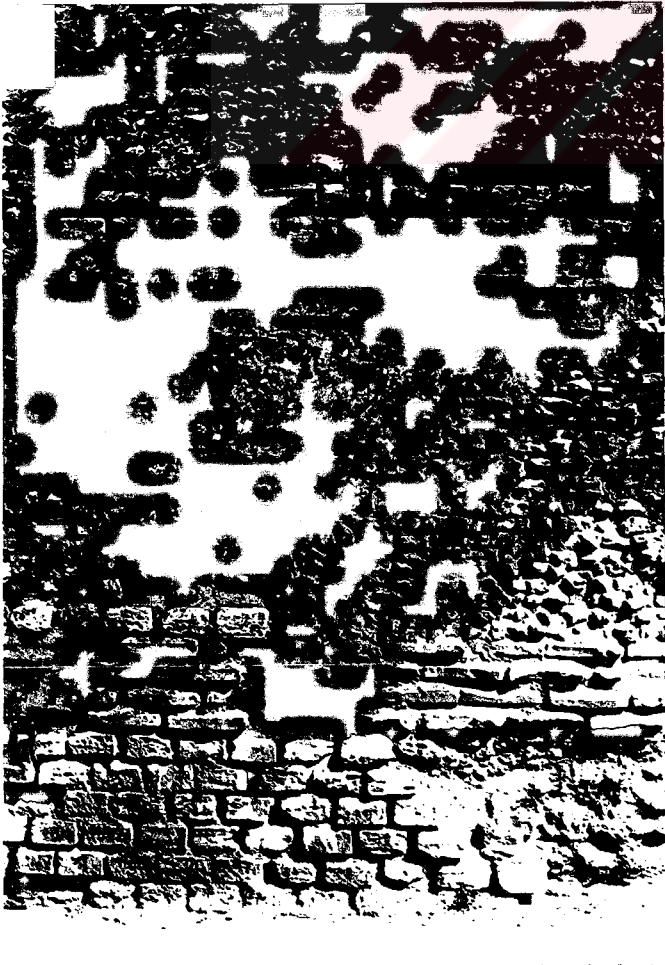


Foto. 13 Karasurları 95 No.lu Kule

Foto. 14 Aetios Sarnıcı

Foto. 15 Acem Ağa Mescidi/Chalkoprateia



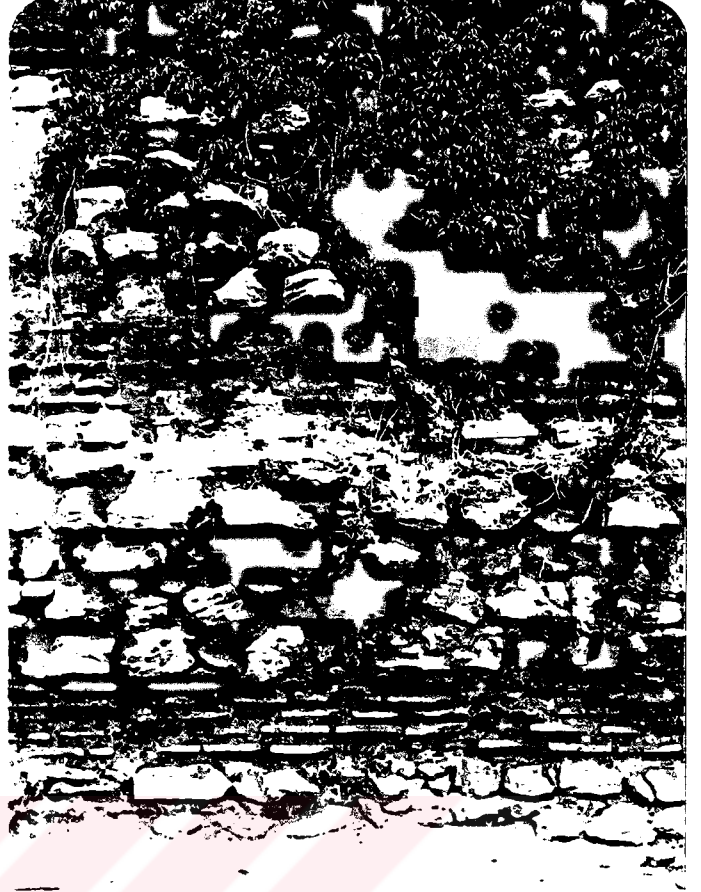
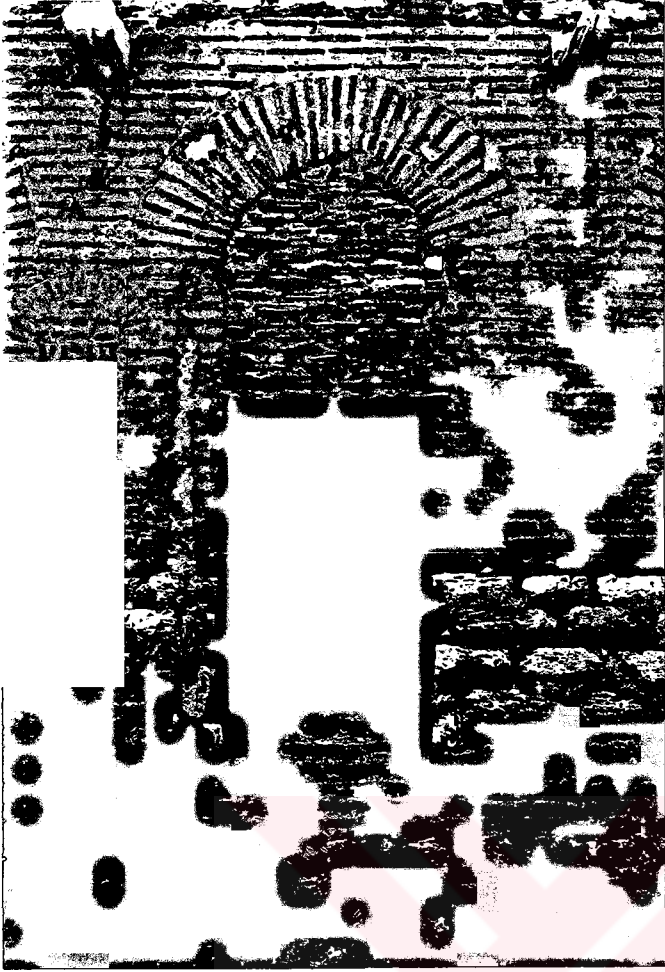


Foto. 16 İmrahor Camisi

Foto. 17 Aspar Sarnıcı

Foto. 18 Aspar Sarnıcı



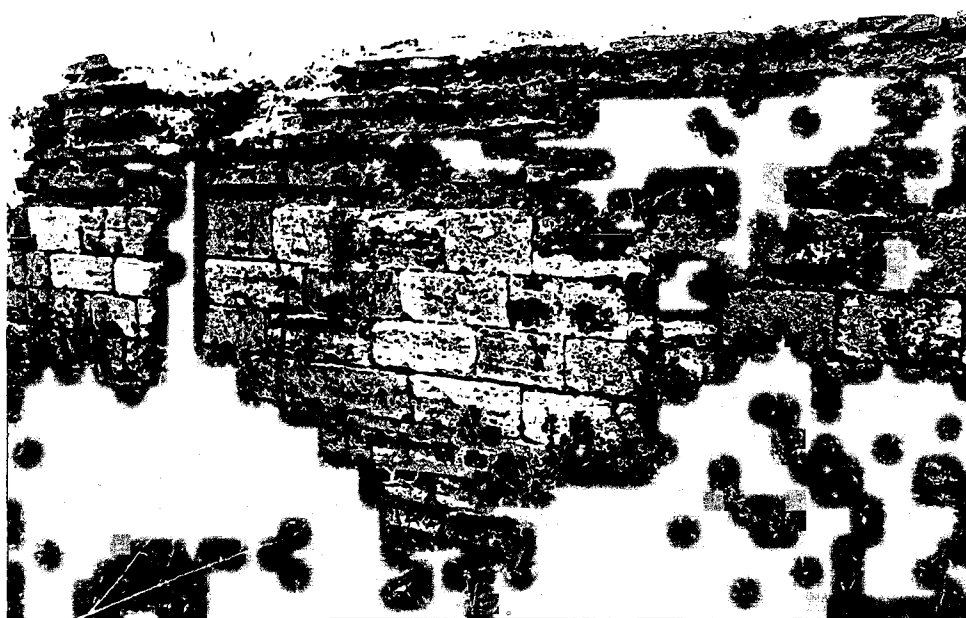
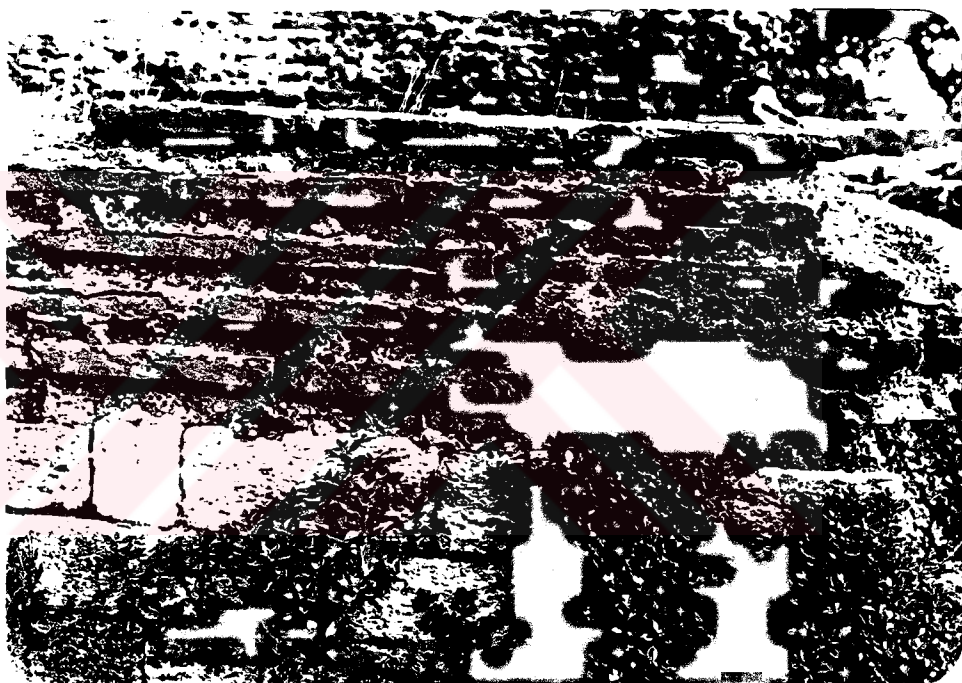
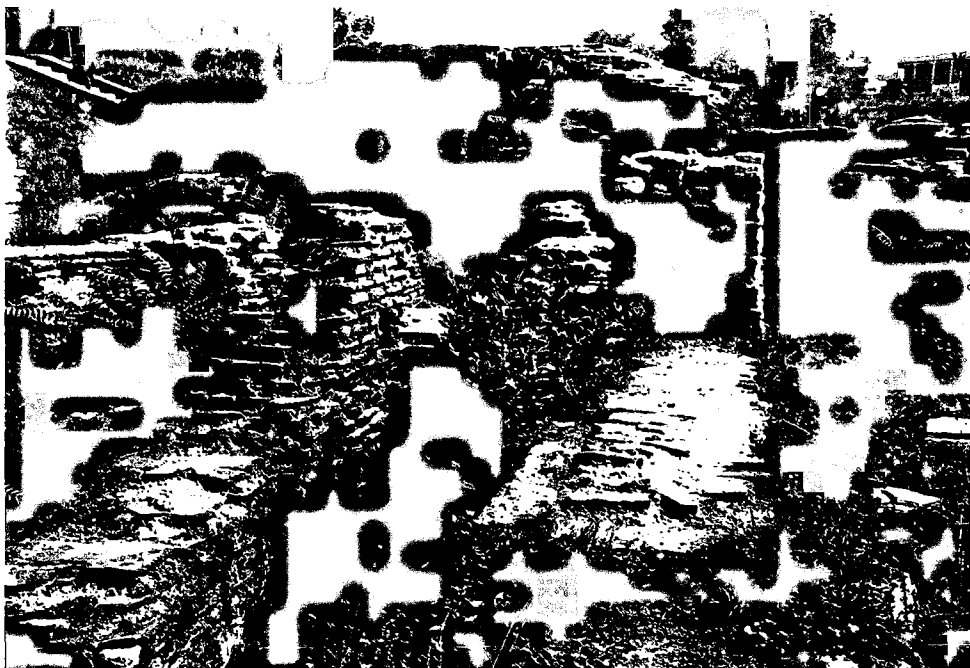


Foto. 19

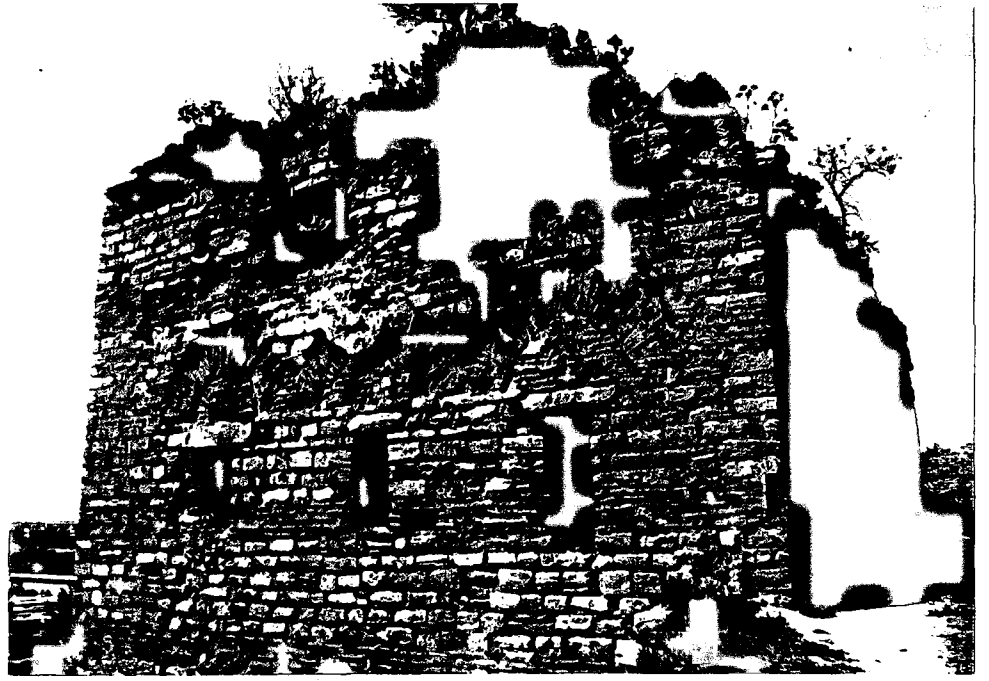
Hagios Polyuktos-P1

Foto. 20

Hagios Polyuktos-P2

Foto. 21

Hagios Polyuktos-PÜ



to. 22
rasurları 54 No.lu Kule
to. 23
rasurları 56 No.lu Kule
to. 24
rasurları B.15 No.lu Kule

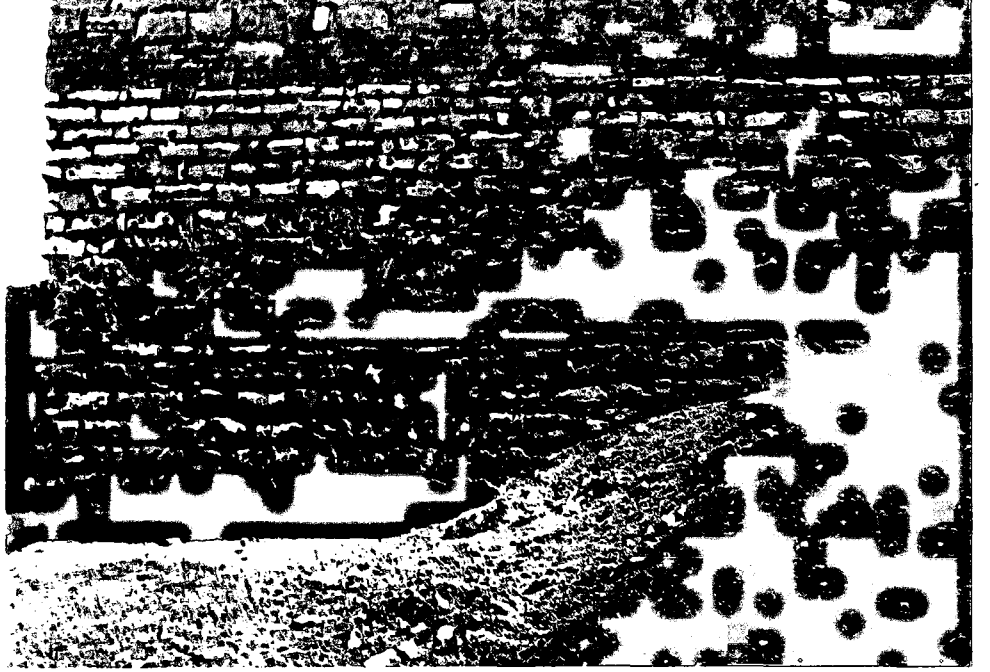
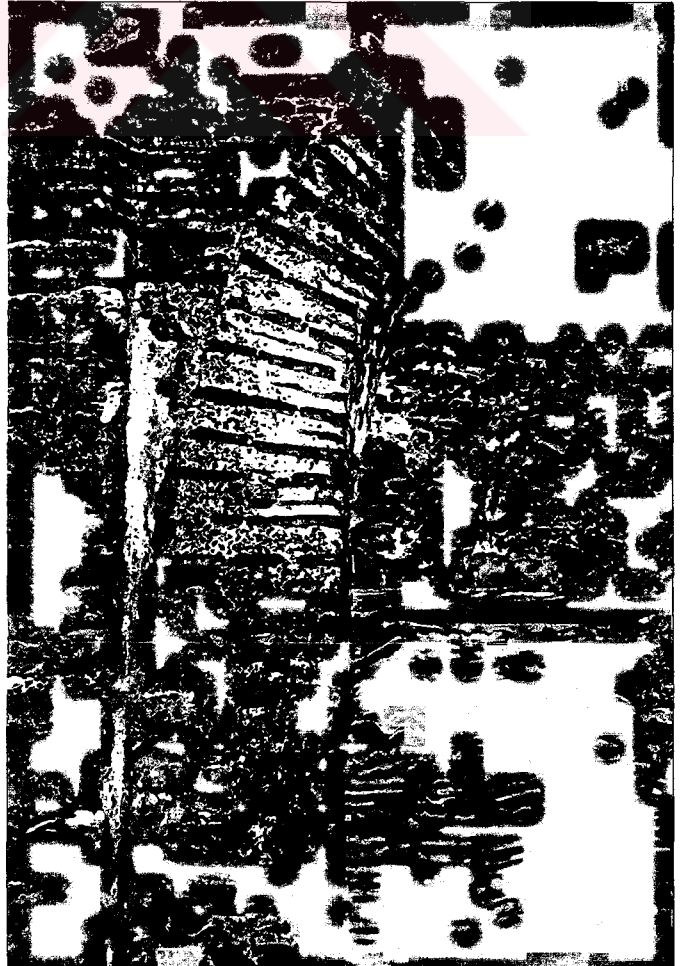


Foto. 25

Karasurları 57 No.lu Kule

Foto. 26 Zeyrek Kilise Camisi

Foto. 27 Zeyrek Kilise Camisi



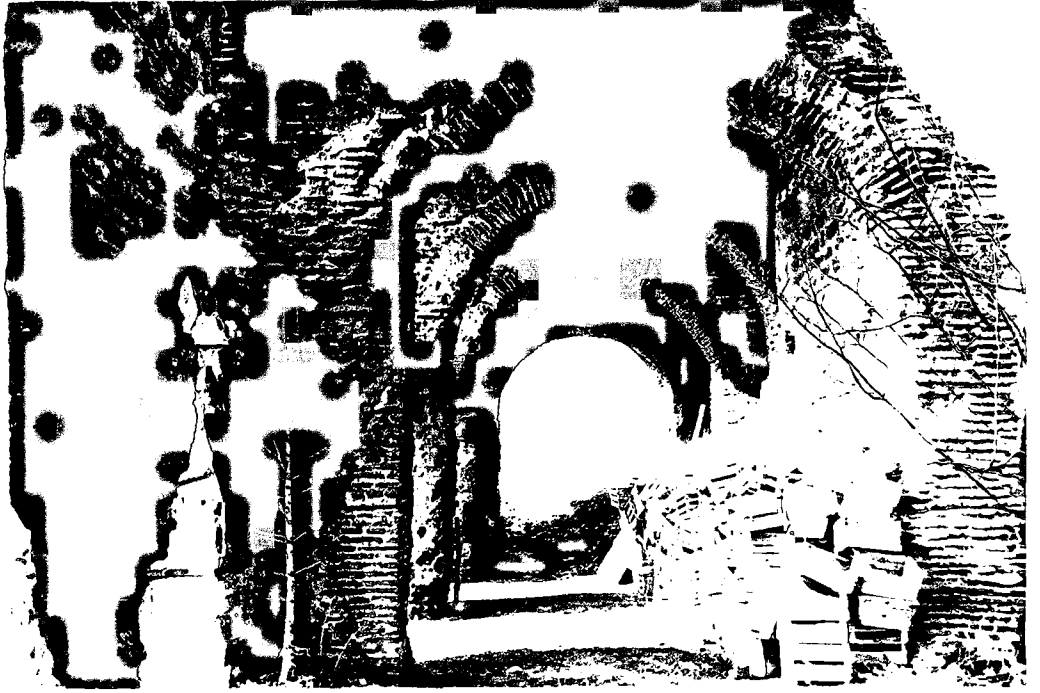
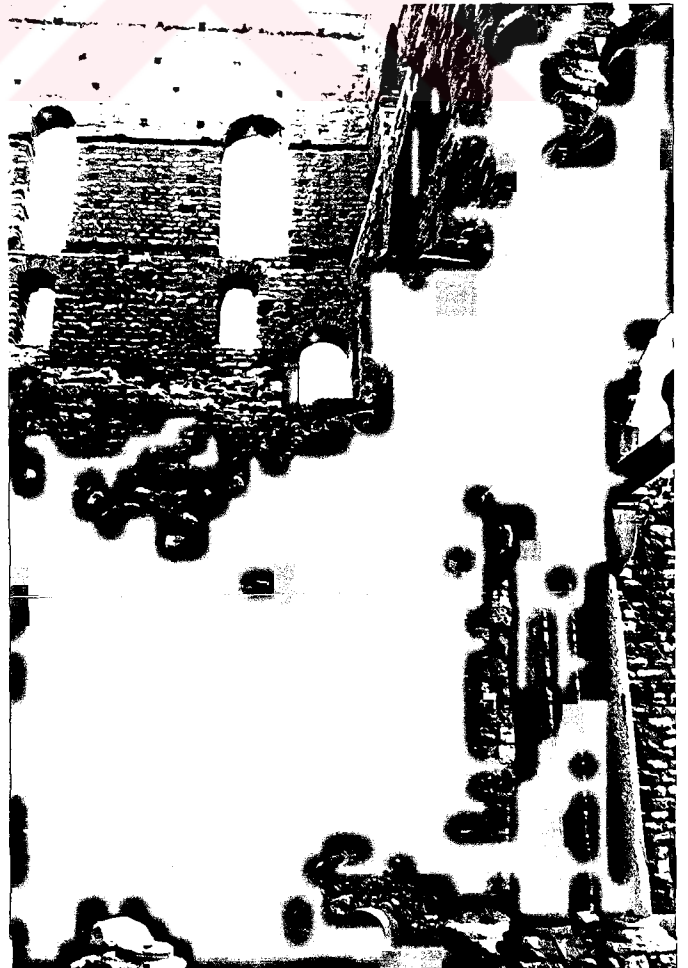
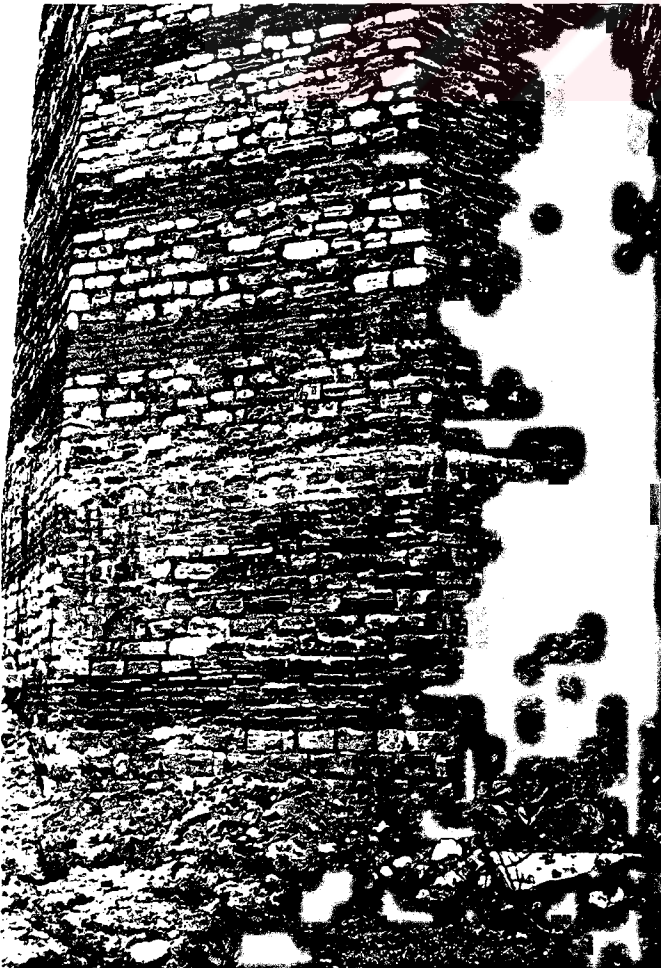


Foto. 28 Bukoleon Sarayı

Foto. 29 Karasurları 4 No.lu Kule

Foto. 30 Tekfur Sarayı



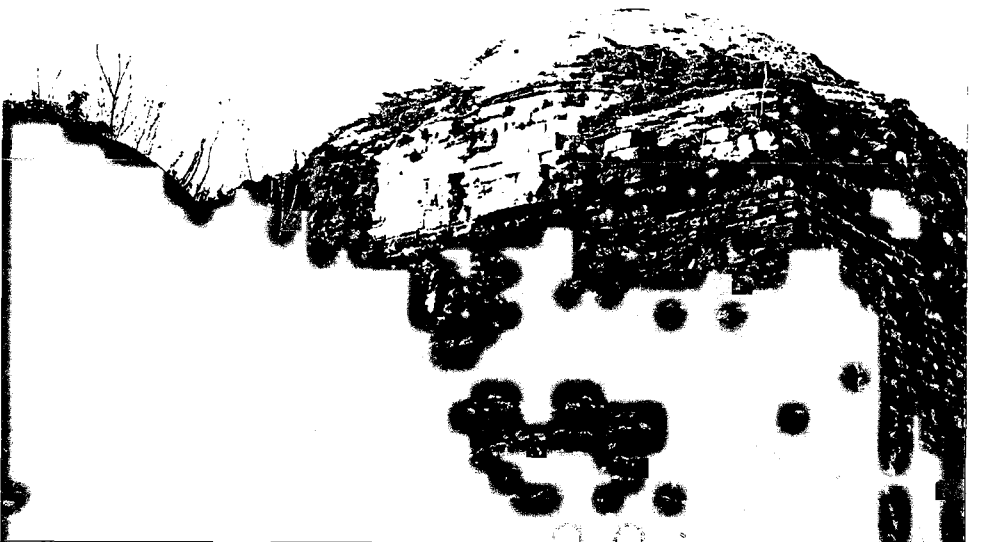
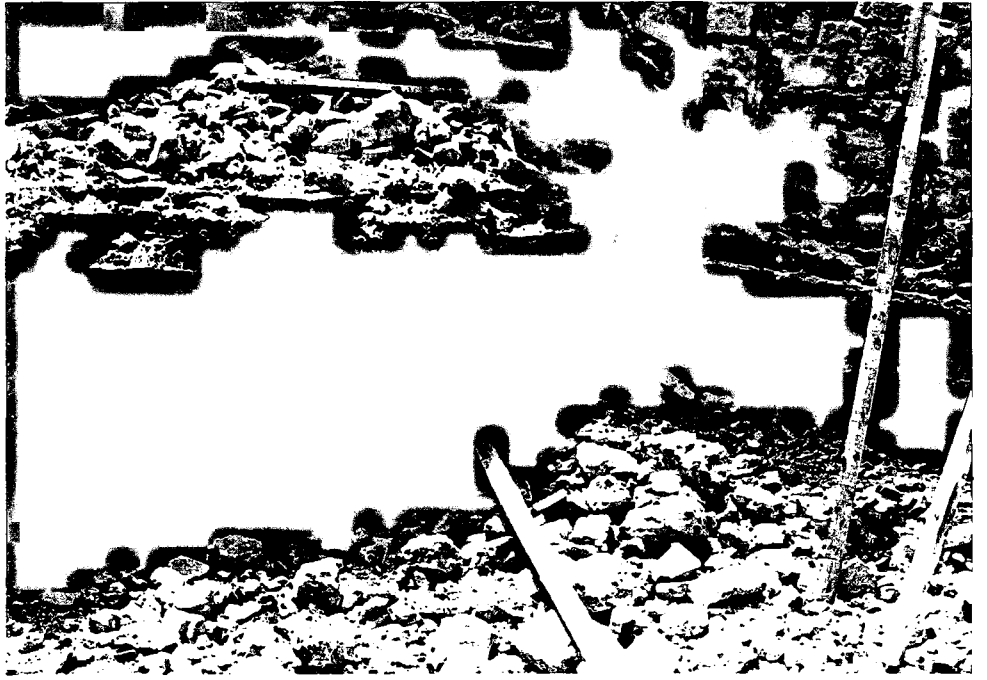


Foto. 31

Tahtakale Hamamı

Foto. 32

Davutpaşa Medresesi

Foto. 33

İshakpaşa Hamamı

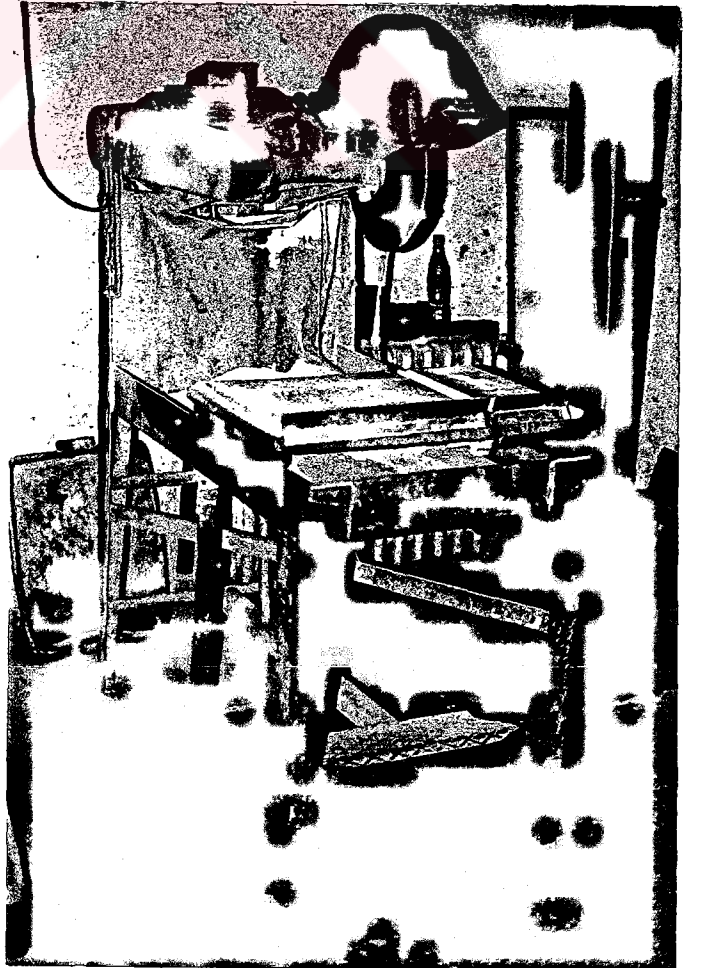
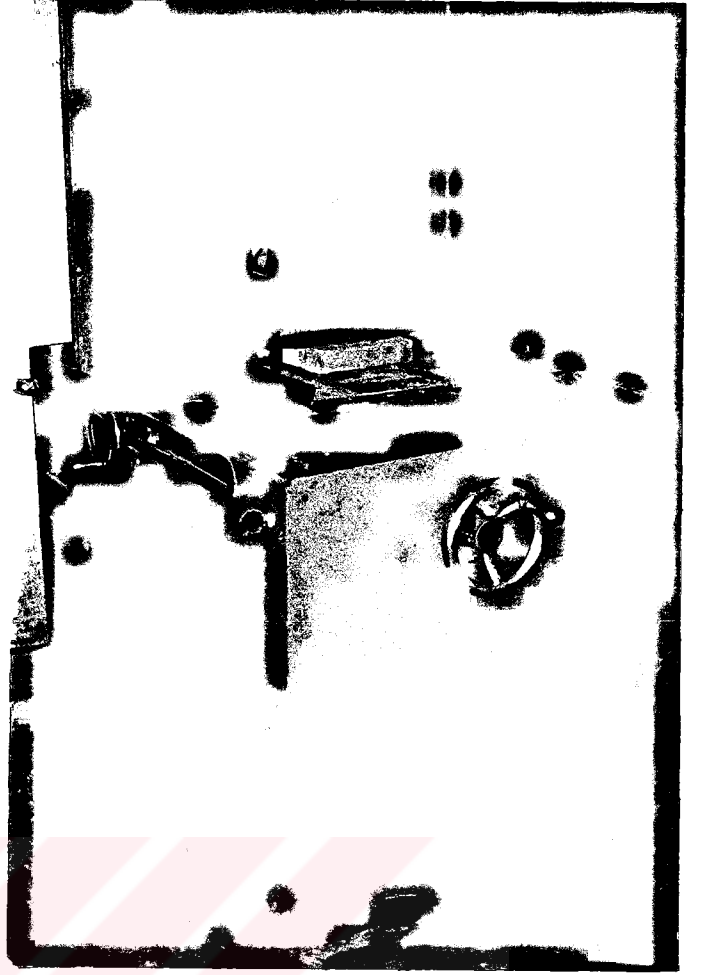


Foto. 34 Silindirik numune
"karot" alma aleti

Foto. 35 Taş kesme aleti

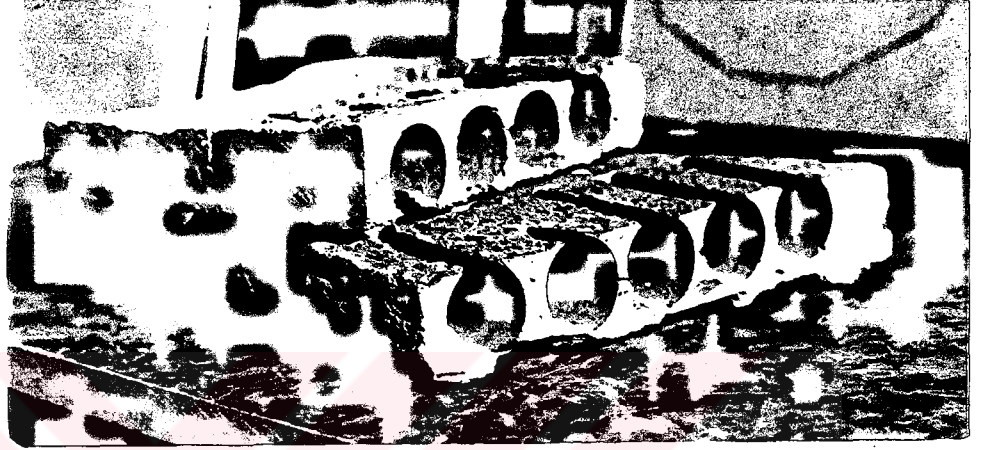
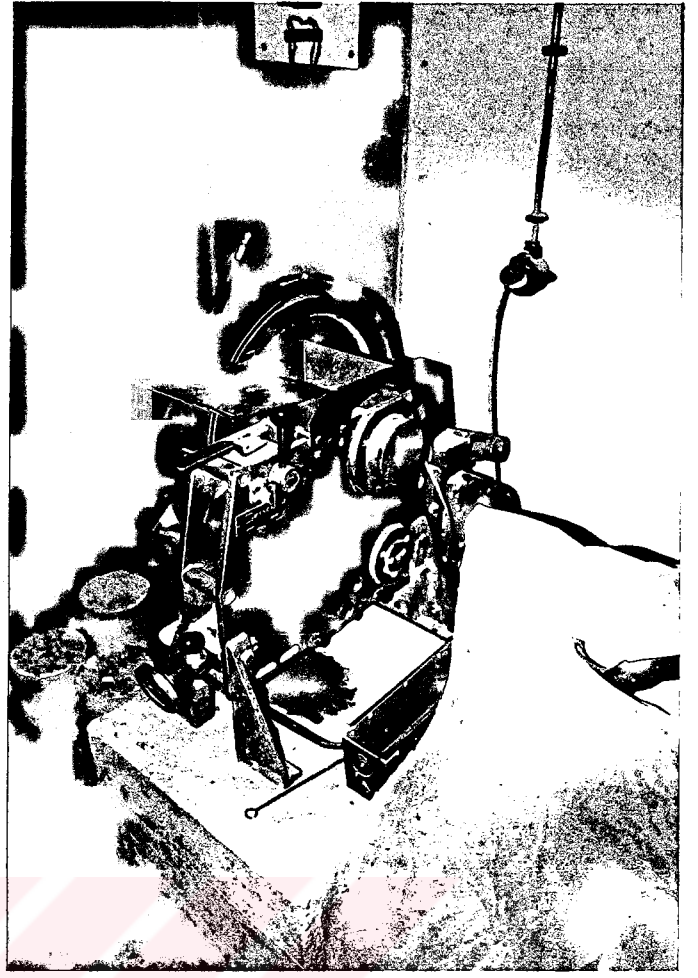
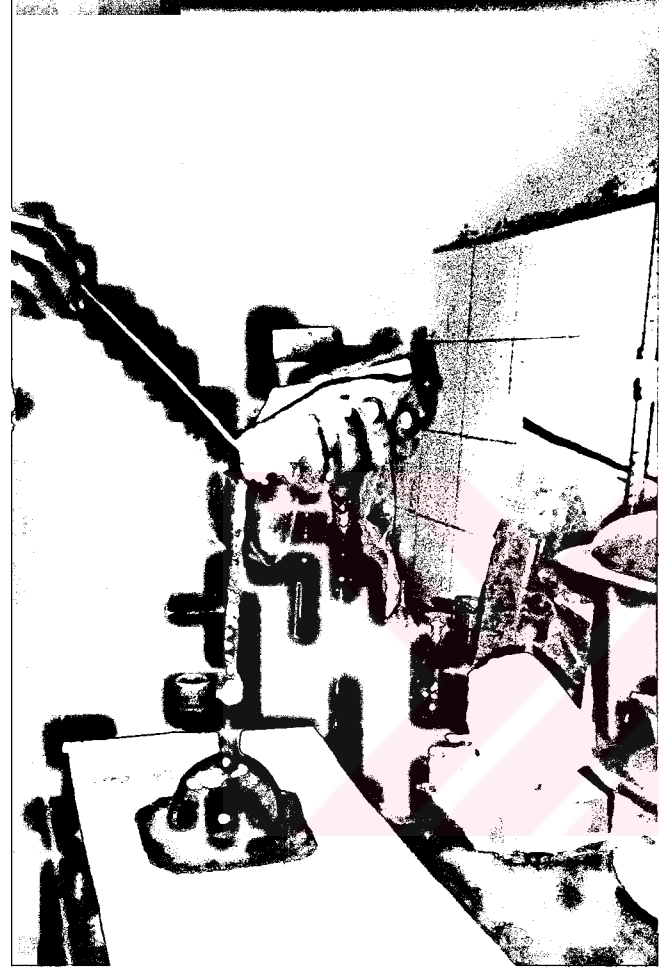
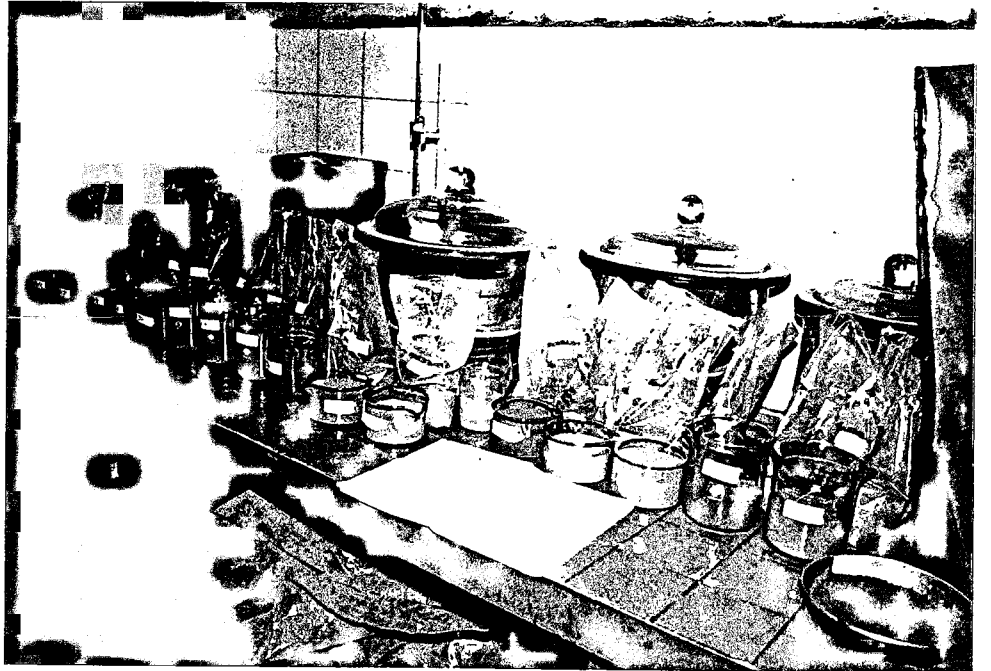


Foto. 36, 37
Bizans tuğlalarından
numune çıkarılma
biçimi

Foto. 38, 39
Silindirik kesilerek
deneylere hazır hale
getirilmiş numune
grupları



- Foto. 40 Tuğlanın değirmende öğütülmesi
Foto. 41 Piknometre ile özgül ağırlık deneyi
Foto. 42 Öğütülmüş ve elekten geçirilmiş
tuğla tozları



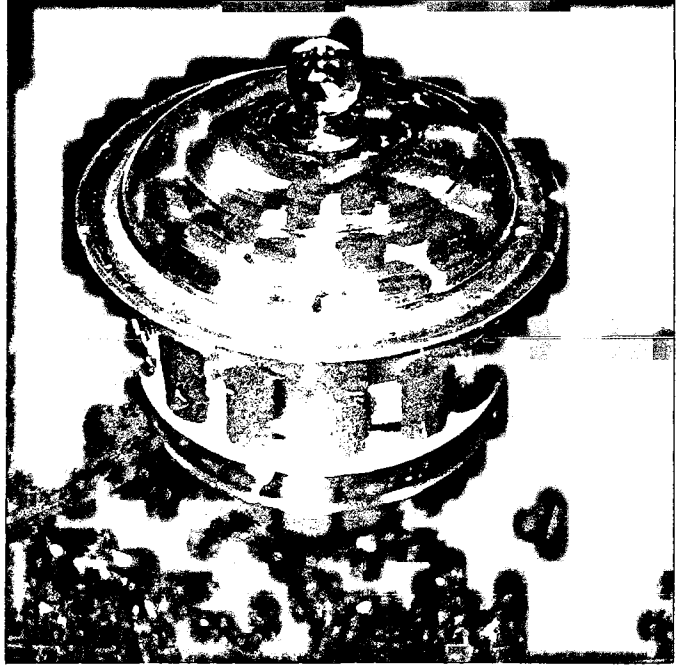


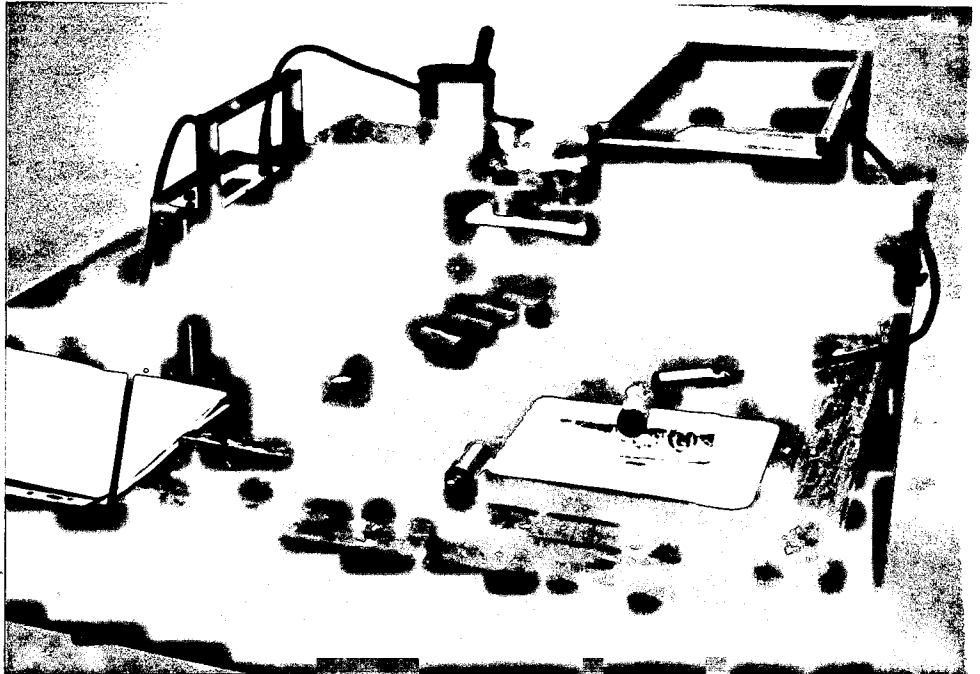
Foto. 43

Desikatör içinde saf suda bekletilen
numuneler

Foto. 44

Suya doygun birim hacim ağırlık deneyi

Foto. 45 Ultrases deneyi



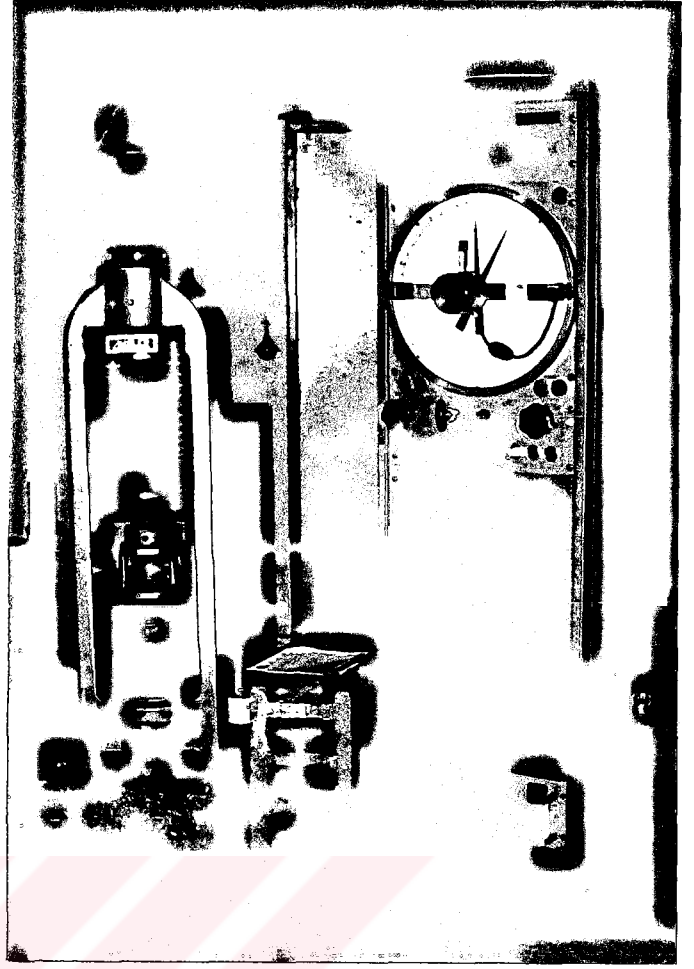
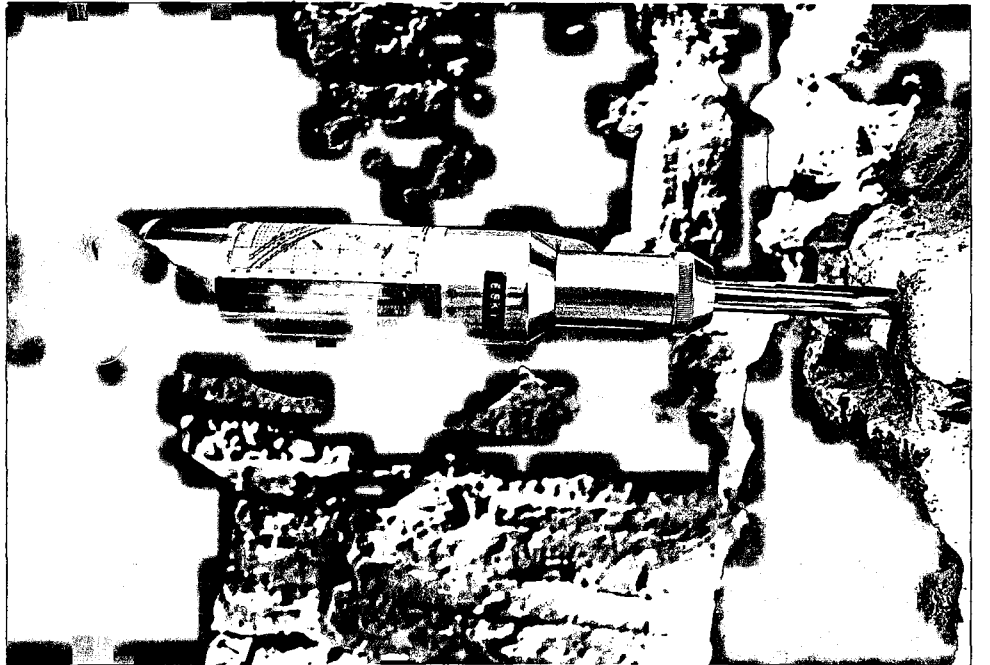
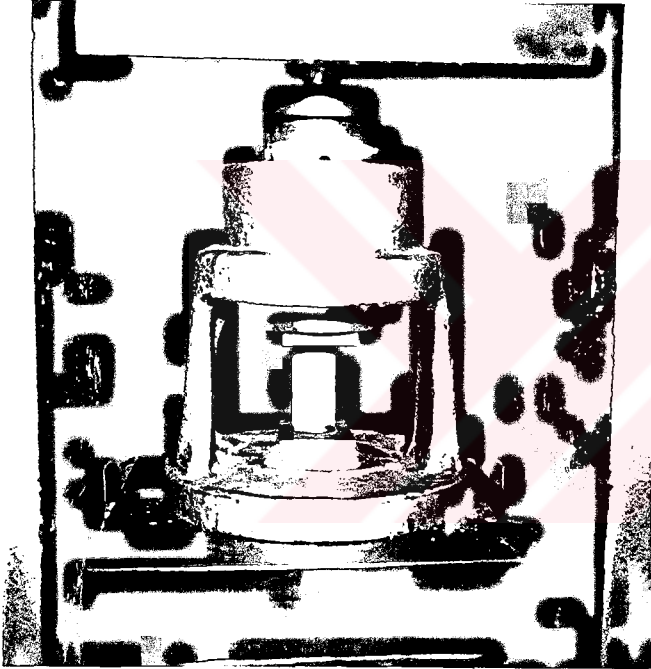
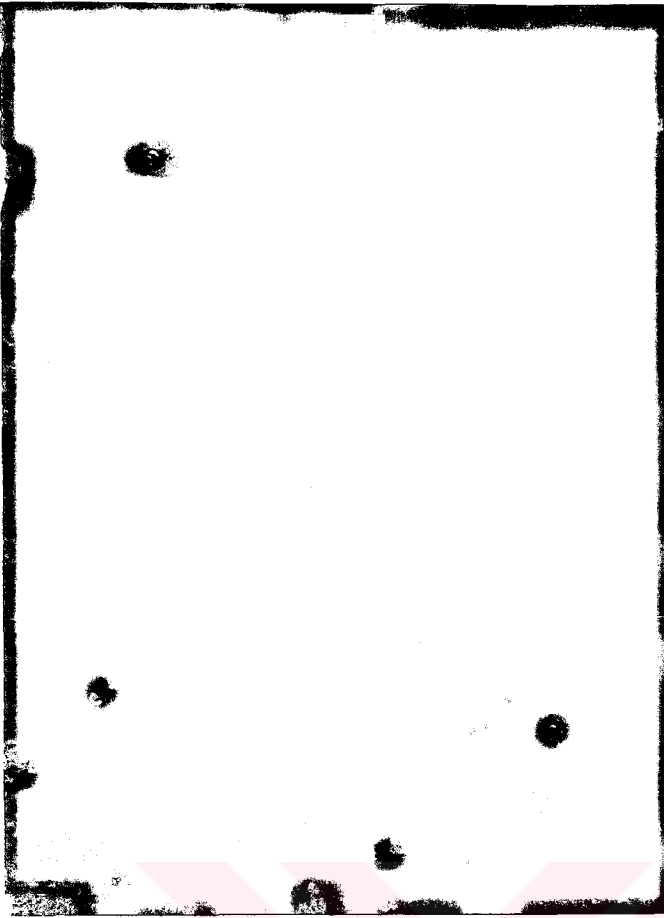


Foto. 46 Basing presi

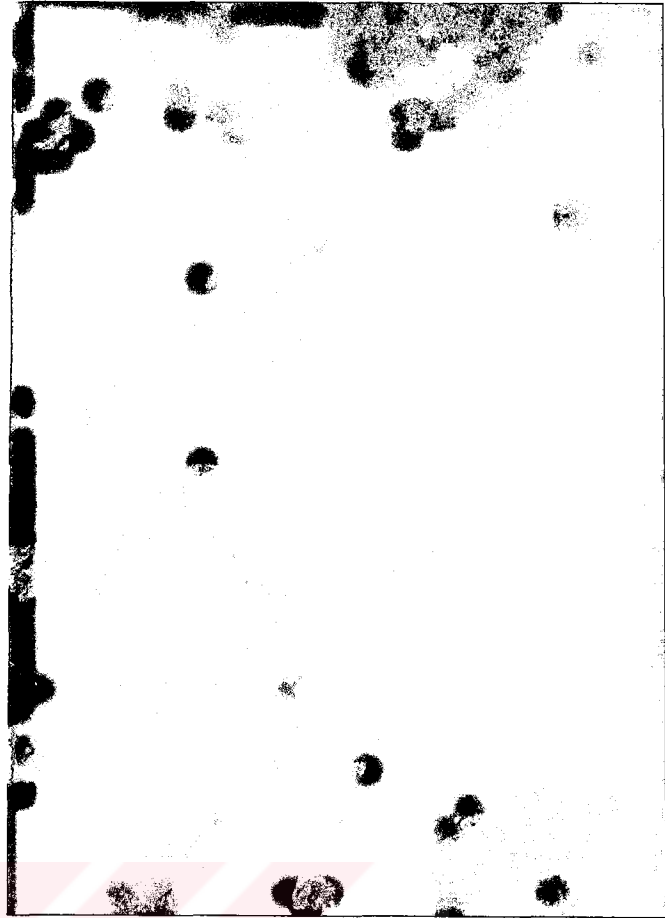
Foto. 47 Ara başlık

Foto. 48 Schmidt Çekici Tip N-12

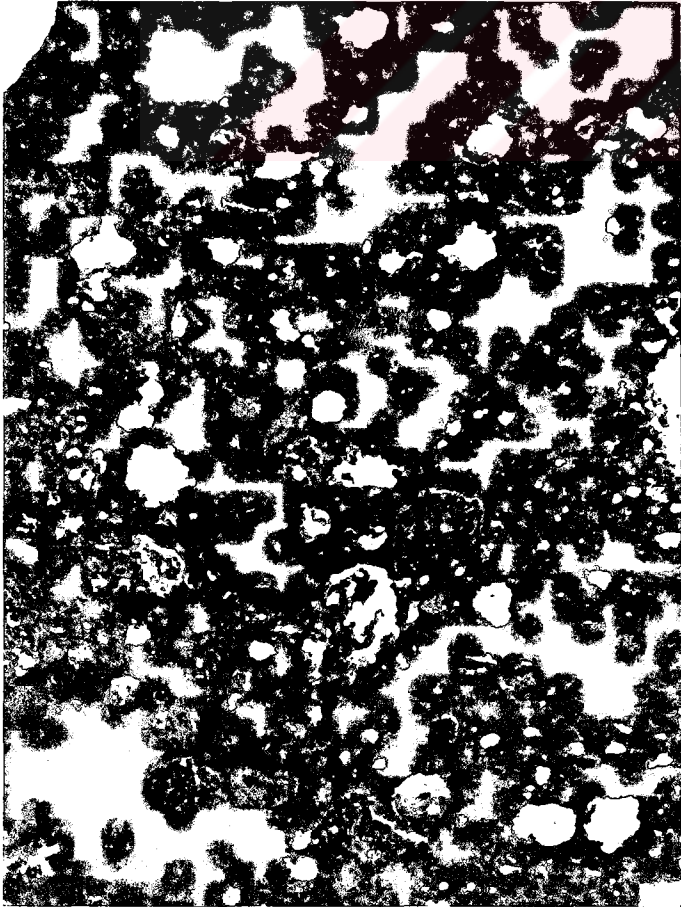




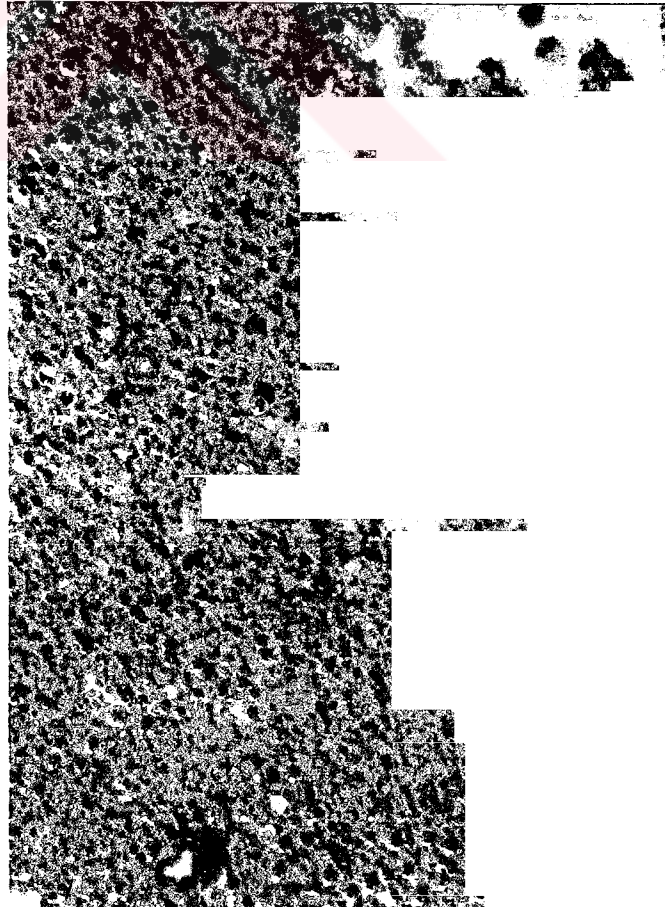
a. Karpos-Papylos Martyrionu (PK)



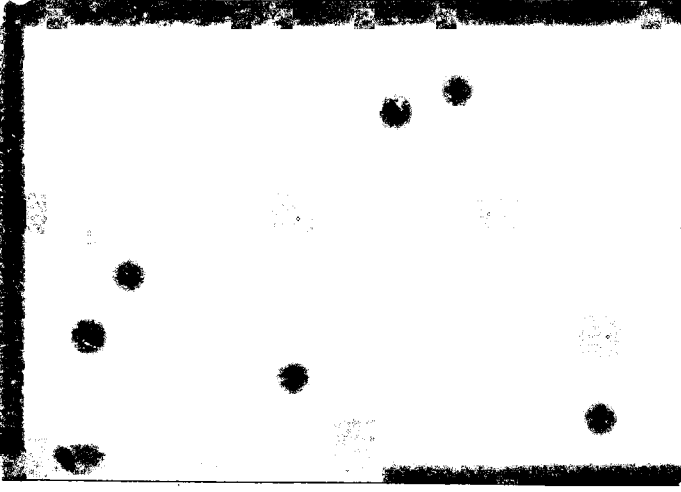
b. Karasurları 95 No.lu Kule (95-2)



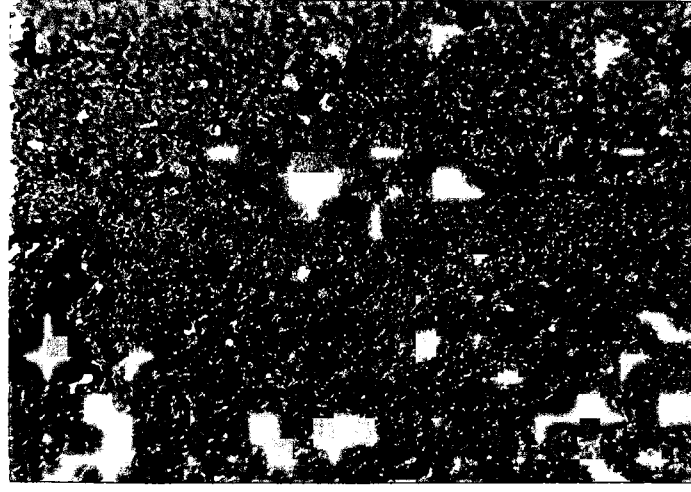
c. Aetios Sarnıcı (KS)



d. Karasurları B.15 No.lu Kule (PN1)



a. Hippodrom/Sphendone (SP)



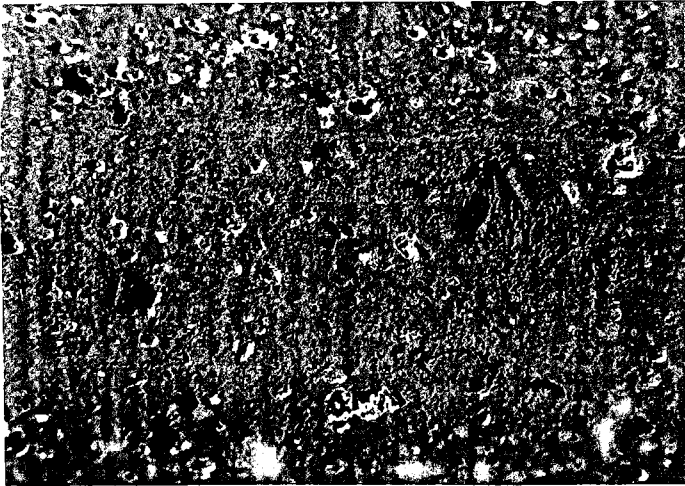
b. Mumhane Duvarı (MU)



c. Karpos-Papylos Martyrionu (PK)



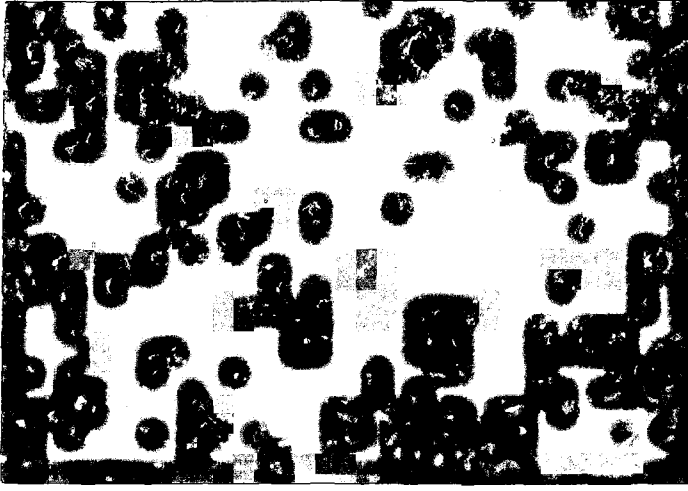
d. Ayasofya (AY)



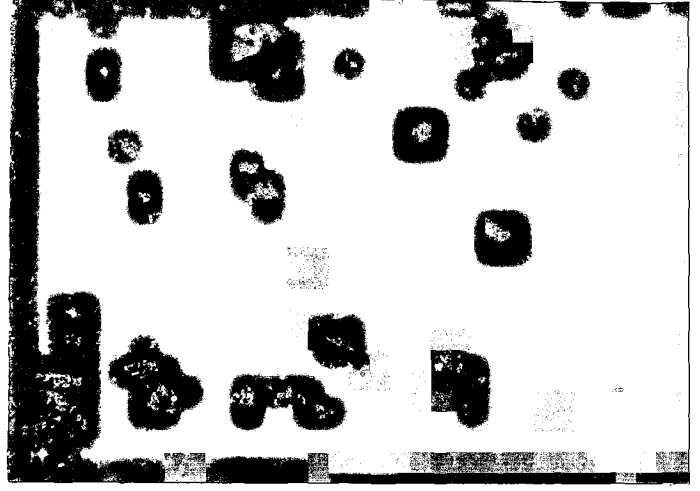
e. Karasurları 95 No.lu Kule (95-1)



f. Karasurları 95 No.lu Kule (95-2)



a. Karasurları 95 No.lu Kule (95-3)



b. Aetios Sarnıcı (KS)



c. Aspar Sarnıcı (A1)



d. Aspar Sarnıcı (A2)



e. Aspar Sarnıcı (A3)



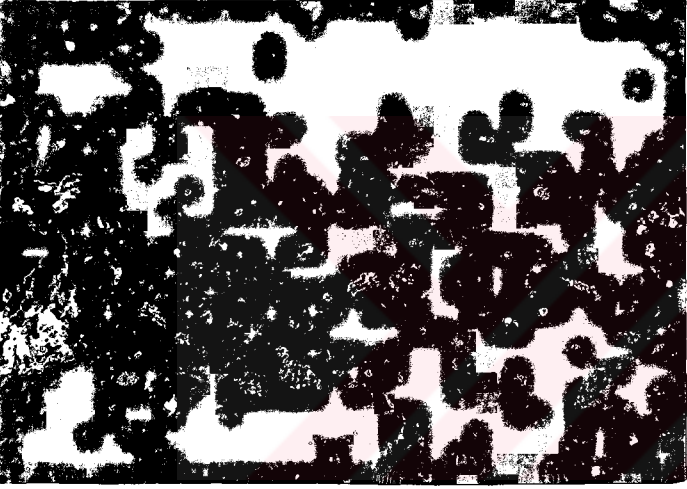
f. İmrahor Camisi (İM)



a. Hagios Polyeuktos (P1)



b. Hagios Polyeuktos (P2)



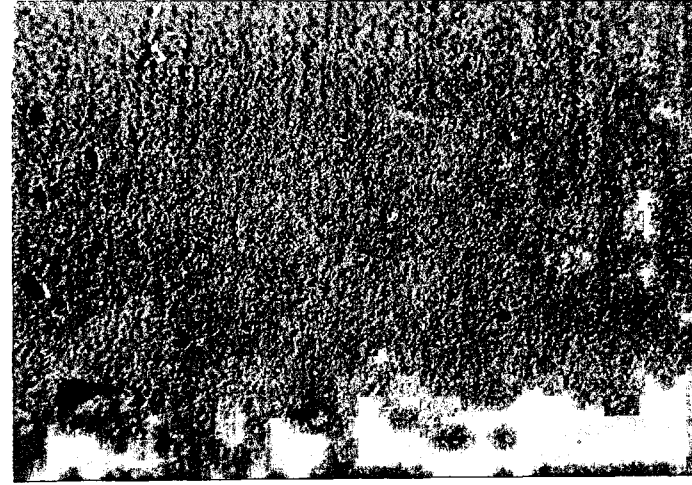
c. Hagios Polyeuktos (PÜ)



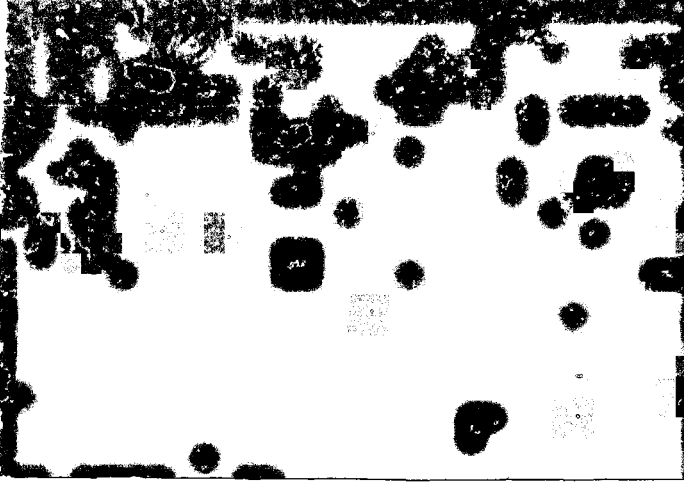
d. Karasurları 54 No.lu Kule (54)



e. Karasurları 56 No.lu Kule (56)



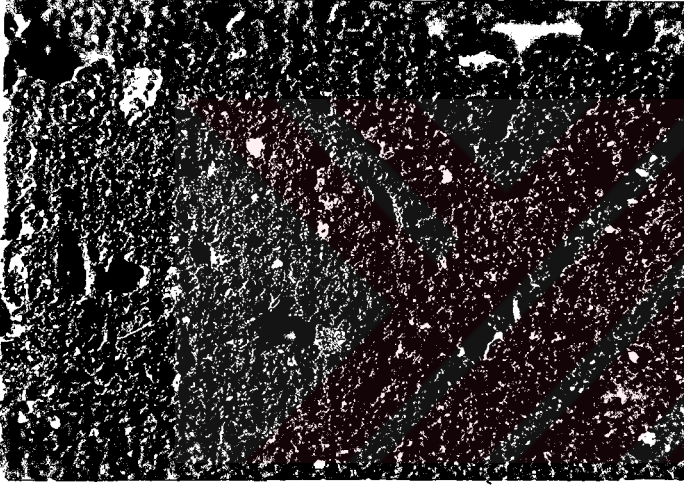
f. Karasurları B.15 No.lu Kule (PN1)



a. Karasurları B.15 No.lu Kule (PN2)



b. Bodrum Camisi/Myrelaion (B)



c. Karasurları 57 No.lu Kule (57)



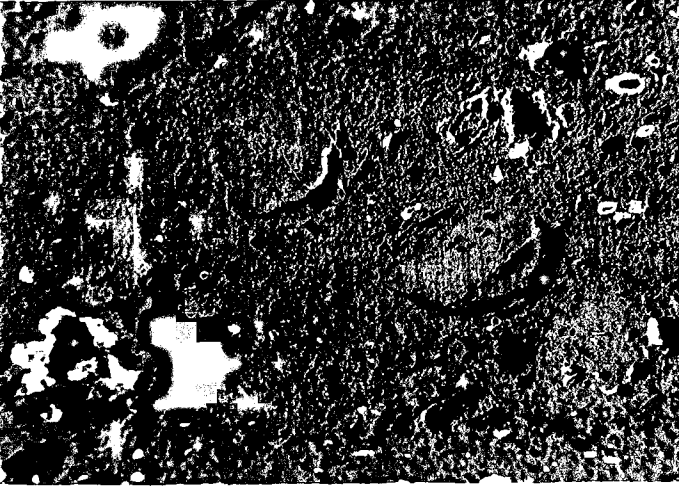
d. Karasurları 4 No.lu Kule (Y4)



e. Zeyrek Kilise Camisi/Pantokrator Kilisesi (ZP)



f. Tekfur Sarayı (TF)



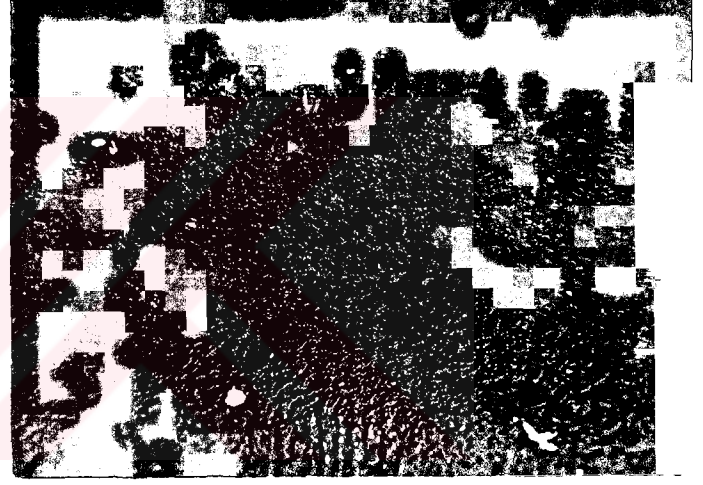
a. Tahtakale Hamamı (TH)



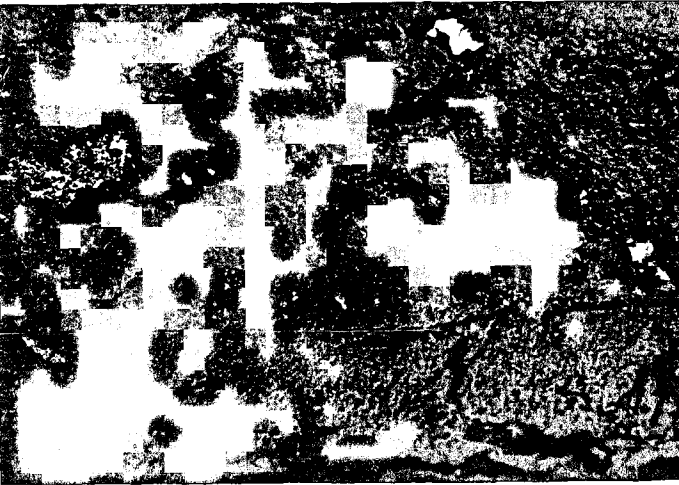
b. Davutpaşa Medresesi (DM)



c. İshakpaşa Hamamı (İŞ)



d. Beyazıt Hamamı (BH)



f. Kılıçoğlu Tuğla (KO)



e. Kurt Tuğla (KT)



EK D DENEY SONUÇ TABLOLARI

Tablo D.1. Fiziksel Özellikler

Kod	Ör- nek No.	Kuru B.H.A g/cm ³	Orta- lama B.H.A g/cm ³	Suya Doygun B.H.A g/cm ³	Orta- lama Suya Doy. B.H.A g/cm ³	Su Emme (Ağır- lıkça) %	Orta- lama Su Em. (Ağır- lıkça) %	Su Emme (Ha- cim.) %	Orta- lama Su Emme (Hacim) %	Poro- zite %	Orta- lama Poro- zite %
SP	1	1.683		1.944		15.45		26.01		26.01	
	2	1.729		1.977		14.38		24.86		24.85	
	3	1.717		1.965		14.45		24.81		24.80	
	4	1.724		1.966		14.02		24.17		24.17	
	5	1.694	1.71	1.952	1.96	15.21	14.70	25.77	25.12	25.77	25.12
MU	1	1.571		1.969		25.30		39.72		39.75	
	2	1.576		1.956		24.09		38.06		37.97	
	3	1.528		1.933		26.55		40.63		40.57	
	4	1.536		1.930		25.67		39.53		39.42	
	5	1.549	1.55	1.923	1.94	24.20	25.16	37.50	39.04	37.47	39.04
PK	1	1.741		2.048		17.65		30.73		30.73	
	2	1.721		2.032		18.09		31.13		31.12	
	3	1.739		2.050		17.91		31.15		31.14	
	4	1.683		1.999		18.77		31.60		31.59	
	5	1.733	1.72	2.037	2.03	17.55	17.99	30.42	31.01	30.42	31.00
AY	1	1.630		1.982		21.60		35.21		35.21	
	2	1.663		1.997		20.10		33.43		33.43	
	3	1.651		2.002		21.27		35.12		35.11	
	4	1.672		2.003		19.78		33.07		33.06	
	5	1.727	1.67	2.052	2.01	18.84	20.32	32.54	33.87	32.54	33.87
95-1	1	1.605		1.968		22.59		36.26		36.26	
	2	1.592		1.966		23.54		37.48		37.47	
	3	1.622		1.983		22.23		36.06		36.06	
	4	1.611		1.975		22.55		36.32		36.33	
	5	1.601	1.61	1.969	1.97	22.99	22.78	36.81	36.59	36.80	36.58
95-2	1	1.627		1.989		22.25		36.19		36.20	
	2	1.613		1.976		22.50		36.30		36.29	
	3	1.634		1.996		22.16		36.21		36.21	
	4	1.650		2.003		21.40		35.30		35.30	
	5	1.628	1.63	1.990	1.99	22.23	22.11	36.19	36.04	36.20	36.04
95-3	1	1.647		1.990		20.83		34.31		34.31	
	2	1.589		1.949		22.66		36.00		36.00	
	3	1.651		2.003		21.27		35.11		35.12	
	4	1.638		1.994		21.74		35.61		35.62	
	5	1.636	1.63	1.986	1.98	21.38	21.58	34.98	35.20	34.98	35.21

Tablo D.1. (Devam)

Kod	Ör- nek No.	Kuru B.H.A g/cm ³	Orta- lama B.H.A g/cm ³	Suya Doygun B.H.A g/cm ³	Orta- lama Suya Doy. B.H.A g/cm ³	Su Emme (Ağırlıkça) %	Orta- lama Su Em. (Ağırlıkça) %	Su Emme (Hacim.) %	Orta- lama Su Emme (Hacim) %	Poro- zite %	Orta- lama Poro- zite %
KS	1	1.789		2.094		17.02		30.46		30.46	
	2	1.790		2.096		16.91		30.27		30.31	
	3	1.800		2.104		16.91		30.44		30.436	
	4	1.735		2.030		16.967		29.44		29.44	
	5	1.790	1.78	2.100	2.09	17.36	17.07	31.07	30.34	31.07	30.34
CA	1	1.676		1.989		18.72		31.38		31.37	
	2	1.674		2.004		19.76		33.07		33.07	
	3	1.637		1.989		21.52		35.23		35.22	
	4	1.657		1.984		19.75		32.72		32.72	
	5	1.632	1.66	1.993	1.99	22.12	20.37	36.11	33.70	36.10	33.70
A1	1	1.785		2.069		15.91		28.40		28.41	
	2	1.798		2.077		15.50		27.87		27.88	
	3	1.725		2.022		17.21		29.69		29.69	
	4	1.800		2.059		14.39		25.91		25.91	
	5	1.826	1.79	2.091	2.06	14.47	15.50	26.42	27.66	26.42	27.66
A2	1	1.710		2.024		18.43		31.50		31.50	
	2	1.712		2.017		17.81		30.49		30.49	
	3	1.750		2.033		16.22		28.37		28.37	
	4	1.756		2.038		16.09		28.25		28.25	
	5	1.722	1.73	2.026	2.03	17.69	17.25	30.46	29.81	30.46	29.81
A3	1	1.653		1.975		19.50		32.24		32.23	
	2	1.675		1.984		18.47		30.93		30.93	
	3	1.694		2.001		18.14		30.72		30.72	
	4	1.627		1.952		20.00		32.53		32.53	
	5	1.627		1.960		20.47		33.30		33.31	
	6	1.652	1.66	1.998	1.97	20.88	19.58	34.49	32.37	34.49	32.37
İM	1	1.643		1.968		19.77		32.48		32.48	
	2	1.580		1.930		22.14		34.98		34.98	
	3	1.580		1.927		21.93		34.64		34.64	
	4	1.599		1.953		22.15		35.42		35.42	
	5	1.624	1.61	1.986	1.95	22.29	21.66	36.19	34.74	36.19	34.74
P1	1	1.617		1.971		21.85		35.33		35.34	
	2	1.657		2.023		22.12		36.65		36.65	
	3	1.671		2.019		20.84		34.82		34.81	
	4	1.668		1.996		19.65		32.78		32.78	
	5	1.717	1.67	2.057	2.01	19.76	20.84	33.93	34.70	33.94	34.70

Tablo D.1. (Devam)

Kod	Ör- nek No.	Kuru B.H.A g/cm ³	Orta- lama B.H.A g/cm ³	Suya Doygun B.H.A g/cm ³	Orta- lama Suya Doy. B.H.A g/cm ³	Su Emme (Ağır- lıkça) %	Orta- lama Su Em. (Ağır- lıkça) %	Su Emme (Ha- cim.) %	Orta- lama Su Emme (Hacim) %	Poro- zite %	Orta- lama Poro- zite %
P2	1 2 3 4 5	1.624 1.581 1.625 1.600 1.692	1.62	1.978 1.956 1.973 1.974 2.029	1.98	21.82 23.71 21.47 23.34 19.92	22.05	35.43 37.49 34.89 37.34 33.70	35.77	35.43 37.49 34.88 37.34 33.70	35.77
PÜ	1 2 3 4 5 6	1.704 1.717 1.732 1.750 1.750 1.653	1.72	2.021 2.052 2.057 2.059 2.060 1.998	2.04	18.60 19.49 18.79 17.69 17.55 20.88	18.83	31.69 33.46 32.53 30.96 30.76 34.51	32.32	31.69 33.46 32.53 30.96 30.76 34.50	32.32
54	1 2 3 4 5	1.777 1.736 1.738 1.762 1.732	1.75	2.082 2.050 2.058 2.057 2.053	2.06	17.19 18.06 18.41 16.71 18.52	17.78	30.55 31.35 32.00 29.44 32.08	31.08	30.54 31.36 32.00 29.45 32.09	31.09
56	1 2 3 4 5	1.788 1.788 1.736 1.763 1.758	1.77	2.043 2.070 2.054 2.061 2.051	2.06	14.26 15.74 18.30 16.87 16.68	16.37	25.49 28.13 31.77 29.75 29.31	28.89	25.49 28.14 31.77 29.76 29.31	28.89
PN-1	1 2 3 4 5	1.760 1.772 1.766 1.739 1.769	1.76	2.046 2.050 2.050 2.032 2.050	2.05	16.23 15.65 16.07 16.83 15.90	16.14	28.57 27.74 28.38 29.27 28.12	28.42	28.57 27.74 28.39 29.27 28.13	28.42
PN-2	1 2 3 4 5 6	1.734 1.727 1.757 1.726 1.732 1.746	1.74	2.01 2.00 2.01 2.00 2.01 2.01	2.01	15.78 15.77 14.47 16.02 15.77 15.21	15.50	27.37 27.24 25.42 27.72 27.31 26.56	26.94	27.37 27.24 25.42 27.65 27.31 26.57	
B	1 2 3 4 5	1.790 1.867 1.776 1.790 1.753	1.80	2.061 2.122 2.054 2.069 2.037	2.07	15.15 13.66 15.63 15.59 16.19	15.24	27.11 25.51 27.76 27.91 28.39	27.34	27.12 25.51 27.76 27.91 28.39	27.34

Tablo D.1. (Devam)

Kod	Ör- nek No.	Kuru B.H.A g/cm ³	Orta- lama B.H.A g/cm ³	Suya Doygun B.H.A g/cm ³	Orta- lama Suya Doy. B.H.A g/cm ³	Su Emme (Ağırlıkça) %	Orta- lama Su Em. (Ağırlıkça) %	Su Emme (Hacim.) %	Orta- lama Su Emme (Hacim) %	Porozite %	Orta- lama Porozite %
57	1 2 3 4 5	1.719 1.710 1.740 1.683 1.730	1.72	2.010 2.005 2.025 1.977 2.009	2.01	16.96 17.24 16.42 17.50 16.15	16.85	29.15 29.47 28.56 29.45 27.94	28.91	29.15 29.48 28.56 29.45 27.93	28.91
BU	1 2 3 4 5	1.823 1.804 1.790 1.821 1.800	1.81	2.062 2.042 2.035 2.048 2.038	2.05	13.10 13.17 13.69 12.46 13.25	13.13	23.88 23.77 24.50 22.69 23.86	23.74	23.88 23.76 24.50 22.69 23.85	23.74
Y4	1 2 3 4 5	1.650 1.644 1.649 1.646 1.632	1.64	1.974 1.979 1.979 1.978 1.963	1.98	19.60 20.39 20.05 20.13 20.26	20.09	32.34 33.52 33.06 33.13 33.07	33.02	32.35 33.52 33.05 33.13 33.06	33.02
ZP	1 2 3 4 5	1.622 1.626 1.612 1.661 1.627	1.63	1.935 1.931 1.920 1.951 1.957	1.94	19.27 18.77 19.12 17.47 20.29	18.98	31.25 30.51 30.82 29.02 33.01	30.92	31.25 30.52 30.81 29.01 33.00	30.92
TF	1 2 3 4 5	1.832 1.850 1.889 1.862 1.862	1.86	2.125 2.139 2.157 2.153 2.100	2.14	15.98 15.59 14.22 15.60 15.49	15.38	29.27 28.84 26.85 29.05 28.85	28.57	29.27 28.84 26.85 29.06 28.17	28.44
TH	1 2 3 4 5	1.795 1.820 1.817 1.728 1.769	1.79	2.075 2.098 2.097 2.038 2.064	2.07	15.57 15.28 15.41 17.91 16.70	16.17	27.95 27.82 28.00 30.95 29.55	28.85	27.95 27.82 28.00 30.96 29.54	28.85
DM	1 2 3 4 5	1.788 1.749 1.714 1.704 1.705	1.73	2.076 2.049 2.018 2.012 2.012	2.03	16.15 17.19 17.74 18.06 17.99	17.43	28.88 30.06 30.40 30.78 30.68	30.16	28.87 30.05 30.39 30.78 30.68	30.15

Tablo D.1. (Devam)

Kod	Ör- nek No.	Kuru B.H.A g/cm ³	Orta- lama B.H.A g/cm ³	Suya Doygun B.H.A g/cm ³	Orta- lama Suya Doy. B.H.A g/cm ³	Su Emme (Ağırlıkça) %	Orta- lama Su Em. (Ağırlıkça) %	Su Emme (Hacim.) %	Orta- lama Su Emme (Hacim) %	Poro- zite %	Orta- lama Poro- zite %
İS	1 2 3 4 5	1.839 1.874 1.910 1.937 1.890	1.89	2.118 2.149 2.180 2.162 2.154	2.15	15.23 14.67 14.14 11.61 13.91	13.91	28.00 27.49 27.00 22.49 26.29	26.25	27.99 27.48 27.00 22.49 26.30	26.25
BH	1 2 3 4 5	1.823 1.815 1.815 1.816 1.806	1.82	2.058 2.058 2.021 1.973 1.979	2.02	12.92 13.40 11.37 8.66 9.60	11.19	23.55 24.32 20.63 15.72 17.28	20.30	23.54 24.32 20.63 15.72 17.28	20.30
KT	1 2 3	1.570 1.619 1.578	1.59	1.929 1.970 1.930	1.94	22.89 21.74 22.33	22.32	35.94 35.20 35.23	35.46	35.93 35.19 35.23	35.45
KO	1 2 3 4 5	1.886 1.876 1.890 1.886 1.880	1.88	2.190 2.177 2.190 2.186 2.183	2.19	16.11 16.03 15.89 15.90 16.10	16.01	30.38 30.08 30.03 29.98 30.27	30.15	30.38 30.08 30.03 29.98 30.27	30.15

B.H.A. : Birim Hacim Ağırlık

Hacim. : Hacimce

Tablo D.2. Ultrases ve Basıncı Dayanımı

Kod	Örnek No.	Ses Geçiş Hızı mm/µsan	Ortalama Ses Geçiş Hızı mm/µsan	Basıncı Dayanımı N/mm2	Ortalama Basıncı Dayanımı N/mm2
SP	1 2 3 4 5	2.07 1.92 2.39 2.33 2.35	2.21	18.33 25.20 20.16 14.26 18.53	19.30
MU	1 2 3 4 5	2.30 2.47 2.25 2.30 2.44	2.35	15.30 19.55 16.33 16.70 16.50	16.88
PK	1 2 3 4 5	2.29 1.94 2.02 2.19 1.98	2.08	25.66 20.57 18.33 13.44 21.18	19.84
AY	1 2 3 4 5	1.90 1.93 1.82 1.85 1.91	1.88	18.79 18.58 20.57 19.76 22.20	19.98
95-1	1 2 3 4 5	2.37 2.08 2.13 2.44 1.97	2.20	26.88 19.55 17.92 29.94 21.79	23.22
95-2	1 2 3 4 5	2.71 2.60 2.41 2.69 2.64	2.61	29.94 27.09 21.18 23.01 29.33	26.11
95-3	1 2 3 4 5	2.72 2.62 2.28 2.16 2.58	2.47	23.22 36.66 23.22 21.79 26.48	26.27

Tablo D.2. (Devam)

Kod	Örnek No.	Ses Geçiş Hızı mm/µsan	Ortalama Ses Geçiş Hızı mm/µsan	Basınç Dayanımı N/mm2	Ortalama Basınç Dayanımı N/mm2
KS	1 2 3 4 5	3.01 3.11 3.11 2.82 3.20	3.05	42.16 44.20 58.45 45.62 60.69	50.22
CA	1 2 3 4 5	1.83 1.79 1.79 1.80 2.09	1.86	16.55 14.31 23.57 13.29 16.96	16.94
A1	1 2 3 4 5	1.94 1.99 1.91 1.99 1.95	1.96	20.16 31.16 17.77 35.13 16.55	24.15
A2	1 2 3 4 5	1.94 2.21 2.12 2.03 2.10	2.08	21.18 20.77 22.20 24.03 22.08	22.05
A3	1 2 3 4 5 6	2.84 2.24 2.36 2.23 2.24 2.79	2.45	22.81 37.18 33.20 21.79 21.18 34.42	28.43
İM	1 2 3 4 5	1.78 2.30 1.88 1.89 1.86	1.94	17.16 27.19 26.78 30.55 19.15	24.17
P1	1 2 3 4 5	4.09 3.13 3.90 2.95 2.60	3.33	27.49 27.29 30.55 31.57 32.59	29.90

Tablo D.2. (Devam)

Kod	Örnek No.	Ses Geçiş Hızı mm/µsan	Ortalama Ses Geçiş Hızı mm/µsan	Basınç Dayanımı N/mm2	Ortalama Basınç Dayanımı N/mm2
P2	1 2 3 4 5	3.42 2.89 3.71 3.72 2.78	3.30	32.99 17.26 19.14 17.31 27.70	22.88
PÜ	1 2 3 4 5	2.94 2.77 2.84 2.71 2.84	2.82	30.96 33.60 25.46 40.94 30.35	32.26
54	1 2 3 4 5	3.24 3.06 3.06 3.30 3.10	3.15	24.39 20.77 22.20 22.20 23.98	22.71
56	1 2	2.03 2.06	2.05	32.04 32.32	32.18
PN1	1 2 3 4 5	2.81 2.88 3.84 2.74 2.80	3.01	28.51 39.10 26.48 41.96 37.68	34.75
PN2	1 2 3 4 5	3.12 3.12 3.14 3.10 3.19	3.13	31.16 27.90 44.81 28.11 28.31	32.06
B	1 2 3 4 5	3.46 3.39 2.56 3.51 3.77	3.34	18.33 22.81 24.44 21.18 26.48	22.65
57	1 2 3 4 5	1.90 2.17 2.53 2.94 3.25	2.56	19.96 17.31 19.35 18.33 18.33	18.66

Tablo D.2. (Devam)

Kod	Örnek No.	Ses Geçiş Hızı mm/µsan	Ortalama Ses Geçiş Hızı mm/µsan	Basınç Dayanımı N/mm2	Ortalama Basınç Dayanımı N/mm2
BU	1 2 3 4 5	2.39 2.37 2.31 2.54 2.66	2.45	20.37 15.07 17.31 17.52 25.46	19.15
Y4	1 2 3 4 5	1.84 1.99 1.92 1.87 1.84	1.89	27.39 34.01 30.40 18.18 14.10	24.82
ZP	1 2 3 4 5	2.47 1.97 2.33 2.09 2.51	2.27	21.79 29.58 29.38 35.74 19.15	27.13
TF	1 2 3 4 5	2.16 2.12 3.54 3.34 2.11	2.65	23.98 33.81 28.16 20.16 25.36	26.29
TH	1 2 3 4 5	2.41 2.40 2.57 2.33 2.54	2.45	10.29 17.57 19.76 9.47 12.88	13.99
DM	1 2 3 4 5	2.20 2.02 1.78 1.92 2.18	2.02	9.57 9.98 7.33 6.72 7.74	8.27
İS	1 2 3 4 5	1.91 1.80 1.78 3.01 1.62	2.02	11.00 11.81 9.17 17.11 11.00	12.02

Tablo D.2. (Devam)

Kod	Örnek No.	Ses Geçiş Hızı mm/µsan	Ortalama Ses Geçiş Hızı mm/µsan	Basınç Dayanımı N/mm2	Ortalama Basınç Dayanımı N/mm2
BH	1 2 3 4 5	2.22 2.07 2.49 2.50 2.16	2.29	11.10 10.08 15.94 16.14 10.49	12.75
KT	1 2 3 4	1.55 1.71 1.48 1.57	1.58	5.09 4.07 6.11 5.10	5.09
KO	1 2 3 4 5	1.89 2.15 2.28 1.94 1.65	1.98	43.99 36.97 46.44 45.21 38.19	42.16

Tablo D.3. Petrografik Özellikler

MU Bu örnekte boyutları 1 mm ile 0.001 mm arasında değişen köşeli kuvars ve plajioloklas taneleri tek tük volkanik kayaa kırıntıları karbonatlı, killi bir malzemeyle tutturulmuş durumdadır.

Örnekte mikro karbonat kabarcıkları gözlenmektedir.

Tane: %10, gözenek: %30, gözenek boyu: 10-0.01 mm

PK Bu örnek tane boyları 1 mm ile 0.1 mm arasında değişen köşeli, küt köşeli volkanik kayaa, kuvarsit, kuvarssist, kumtaşı kayaa kırıntıları, kuvars ve feldspat taneleri ile karbonatlı, siltli, killi bir malzemeden oluşmuştur.

Ayrıca örnekte karbonat kabarcıkları görölmektedir.

Tane: %25, gözenek: %25, gözenek boyu: 4.0-0.2 mm

95-1 Bu örnek 1-0.02 mm arasında değişen boyutlarda küt köşeli volkanik kayaa kırıntıları, kuvars ve plajioloklas taneleri, karbonatlı killi bir malzemeyle tutturulmuş durumdadır.

Örnekte karbonat kabarcıkları gözlenmektedir.

Tane: %25, gözenek: %20, gözenek boyu: 3-0.2 mm

95-2 Malzeme içeriği diğeri 95-1 örneğiyle aynıdır. Bu örnekte de karbonat kabarcıkları mevcuttur.

Tane: %25, gözenek: %22-23, gözenek boyu: 5-0.2 mm

95-3 Diğeri 95 örnekleriyle aynı. Ancak malzemedeki tane boyu daha küçük (0.2-0.01), karbonat kabarcıkları yüzdesi daha az.

Tane: %20, gözenek: %20, gözenek boyu: 4-0.2 mm

KS Bu örnek tane boyutları 3 mm ile 0.02 mm arasında değişen küt köşeli, yuvarlak kuvarsit, kumtaşı, volkanik kayaa (bazalt, andezit) kırıntıları, kuvars ve plajioloklas taneleri ile karbonatlı, siltli, killi malzemeden oluşmuştur.

Tane: %35, gözenek: %20, gözenek boyu: 15-0.5 mm

A1 Bu örnek tane boyları 1.2-0.01 mm arasında değişen küt köşeli volkanik kayaa kırıntısı, çok az kuvars ve plajioloklas taneleri siltli, killi bir malzemeyle tutturulmuş durumdadır.

Örnekte mikro çatlaklar boyunca gelişmiş sekonder kalsit damarları gözlenmektedir.

Tane: %15, gözenek: %15, gözenek boyu: 3-1 mm

A2 Bu örnek de A1 nolu örneğin benzeri.

Tane: %10, gözenek: %15, gözenek boyu: 3-1 mm

A3 Bu örnekte boyutları 1-0.01 mm arasında değişen küt köşeli volkanik kayaç parçaları, çok az kuvars ve plajioklas taneleri, karbonatlı, siltli, killi bir malzemeye tutturulmuş durumdadır. Hamurun içinde çok miktarda iri kum bulunmaktadır.

54 Bu örnek tane boyutları 0.2-0.002 mm arasında değişen ince kum ve silt boyutlu küt köşeli ve yuvarlak kuvars taneleri ve tek tük volkanik kayaç kırıntıları ile mikalı killi karbonatlı bir hamurdan oluşmaktadır.

Tane: %20, gözenek: %20, gözenek boyu: 5-0.1 mm

56 Bu örnekte 1-0.1 mm arasında değişen köşeli, küt köşeli kuvars ve plajioklas taneleri, çok az kumtaşı kırıntıları ve organik madde ile az karbonatlı, siltli, killi bir malzemeden oluşmuştur.

Tane: %28, gözenek: %25, gözenek boyu: 5-0.2 mm

PN-1 Bu örnekte tane boyutları 1 mm-0.02 mm arasında değişen kumtaşı ve tek tük kireçtaşı kırıntıları, kuvars taneleri mikalı, siltli, killi bir malzemeye tutturulmuş durumdadır.

Örnekte tuğla toprağının suyla karışımı sırasında meydana geldiği sanılan kil topakları (yuvarlak) izlenmektedir. Bu topaklar bünyesinde su olmaması nedeniyle daha fazla pişmiş görünümündedirler.

Tane: %40, gözenek: %30, gözenek boyu: 8-1 mm

PN-2 Bu örnekte tane boyutları 0.4 mm ile 0.004 mm arasında değişen köşeli ve küt köşeli kuvars taneleri çok az kumtaşı ve tek tük kireçtaşı kırıntıları karbonatlı killi ve mikalı bir malzemeye tutturulmuş durumdadır.

Tane: %30, gözenek: %25, gözenek boyu: 4-0.2 mm

B Bu örnek tane boyutları 0.2-0.003 mm arasında değişen kuvars taneleri çok az kumtaşı kırıntıları çok az mika pulcukları ile mikalı killi bir malzemeden oluşmuştur.

Örnekte mikro boyutta karbonat kabarcıkları gözlenmektedir.

Tane: %30, gözenek: %20, gözenek boyu: 4-0.2 mm

57 Bu örnekte tane boyutları 4 mm ile 0.02 mm arasında değişen küt köşeli ve yuvarlak kumtaşı, kuvarsit, kilitaşı ve çok az volkanik kayaç kırıntıları ile kuvars ve az ayrılmış feldspat taneleri karbonatlı, siltli, killi bir malzemeye tutturulmuş durumdadır. Örnekte karbonat kabarcıkları, gözenek ve yarıklar mevcuttur.

Tane: %20, gözenek: %28, gözenek boyu: 4-0.3 mm

BU Bu örnekte tek tük 2 mm büyüklüğünde fakat daha çok silt boyutunda küt köşeli, az yuvarlak kuvars taneleri kuvarsit, kumtaşı ve çört kırıntıları bol mikalı, karbonatlı, killi bir malzeme

ile tutturulmuş durumdadır. Çok az karbonat kabarcıkları görülmektedir.

- TH Bu örnekte 1 mm ile 0.04 mm arasında değişen daha çok ince kum boyutunda köşeli ve küt köşeli kuvars, plajioloklas taneleri, az organik madde siltli-killi bir malzemeyle tutturulmuştur.

Örnekte çok çok az karbonat kabarcıkları gözlenmektedir.

Tane: %25, gözenek: % 25-26, gözenek boyu: 10-0.4 mm

- DM Bu örnekte tane boyutları 0.3-0.002 mm arasında değişen çok az kumtaşı, kuvarsit ve volkanik kayaç kırıntıları daha çok silt boyutunda köşeli kuvars taneleri 1 cm'ye varan boyutlarda kil topakları siltli killi bir malzemeyle tutturulmuş durumdadır.

Tane: %20, gözenek: %35, gözenek boyu: 10-0.3 mm

- İS Bu örnekte 1 cm ile 0.5 mm arasında değişen farklı boyutta az yuvarlak kil topakları, silttaşı, şist ve kuvarsit kırıntıları daha küçük, ince kum ve silt boyutunda kuvars ve plajioloklas taneleri killi bir malzemeyle tutturulmuş durumdadır.

Tane: %35, gözenek: %30, gözenek boyu: 8-0.8 mm

ÖZGEÇMİŞ

Yegân Kâhya 1.4.1959'da Tire'de doğdu. İlköğrenimini 1970 yılında İstanbul Aksaray Deneme İlkokulu'nda, ortaöğrenimini ise 1977'de İstanbul Erkek Lisesi'nde tamamladı. Aynı yıl başladığı İTÜ Mimarlık Fakültesi'ndeki Lisans eğitimini 1982 yılında bitirdi. 1982-84 yılları arasında İTÜ SBE Mimarlık Programı Restorasyon Dalı'nda Lisansüstü eğitimi gördü. Nisan 1984'de İTÜ Mimarlık Fakültesi Restorasyon Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen bu görevini sürdürmektedir.

