

2003-369



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

TARİHİ YAPILARDA MALZEME BOZULMASININ
SINIFLANDIRILMASI VE SORUNLARIN SAPTANMASINA
YÖNELİK BİR YÖNTEM ARAŞTIRILMASI

44385

PROJE NO : 1011035 (İÇTAG-I 304)

İnşaat ve Çevre Teknolojileri Araştırma Grubu
Construction and Environmental Technologies
Research Grant Committee

ÖZET

Tarihî yapılarda yürütülecek koruma uygulamalarında temel yaklaşımla, doğal malzemelerin en az rahatsızlık ile korunmasıdır. Ülkemizde, kamu ve özel kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen koruma uygulamalarına, genelde doğal malzeme korunmasına yönelik çalışmaların gerek duyulmadığı görülmektedir. Çünkü korumaya ilke ve metodların dışında başka bir yaklaşım, yanlış uygulamalara neden olarak tarihi yapılarda korunması yerine tahribata yol açmaktadır. Bu uygulamaların amacı, tarihi yapılarda doğal malzemelerin korunmasını sağlamak ve bunları için gerekli çözümleri bulmaktır. Bu doğrultuda çalışmada koruma korunması gerekli bir yapıda, doğal malzeme özelliklerinin, bozulma süreçlerinin, malzemelerin fiziksel, kimyasal ve yapısal özelliklerinin ve bozulma nedenlerinin belirlenmesi; meteorolojik verilerin korunmaları ile ilgili korunma ve koruma müdahaleleri için bu bilgilerin oluşturulmasıdır.

**TARİHİ YAPILARDA MALZEME BOZULMASININ
SINIFLANDIRILMASI VE SORUNLARIN SAPTANMASINA
YÖNELİK BİR YÖNTEM ARAŞTIRILMASI**

44385

PROJE NO : 1011035 (İÇTAG-I 304)

DOÇ. DR. BAŞAK İPEKOĞLU
DOÇ. DR. HASAN BÖKE
YRD. DOÇ. DR. MİNE HAMAMCIOĞLU
YRD. DOÇ. DR. SEDAT AKKURT
ARAŞ. GÖR. ÖZLEM ÇİZER

NİSAN 2003
İZMİR

ÖNSÖZ

Tarihi yapılarda yürütülecek koruma uygulamalarında temel yaklaşım, özgün malzemelerin en az müdahale ile korunmasıdır. Ülkemizde, kamu ve özel kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen koruma uygulamalarında, genelde özgün malzeme korumasına yönelik çalışmalara gerek duyulmamaktadır. Çağdaş korumanın ilke ve metodlarının oldukça uzağında olan bu yaklaşım, yanlış uygulamalara neden olarak tarihi yapıların korunması yerine tahribine yol açmaktadır. Bu araştırmanın amacı, tarihi yapılarda özgün malzemelerin korunmasına ilişkin yapılacak müdahalelerin doğru bir yaklaşımla gerçekleştirilmesini sağlamak ve bunun için gerekli çalışma etaplarını göstermektir. Bu doğrultuda çalışmanın konusu; korunması gerekli bir yapıda, özgün malzeme çeşitliliklerinin, bozulma çeşitliliklerinin, malzemelerin fiziksel, mineralojik, yapısal ve kimyasal özelliklerinin ve bozulma nedenlerinin belirlenmesi, meteorolojik verilerle bozulmaların ilişkisinin kurulması ve koruma müdahaleleri için ön bilgilerin oluşturulmasıdır.

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından İÇTAG-I304(10I035) proje numarasıyla desteklenen bu araştırma, tarihi yapılarda malzemeye yönelik incelemelerde sistematik bir çalışma yöntemi göstermesi ve her tarihi yapıya uyarlanabilir olması açısından malzeme korunmasına katkı sağlayacaktır.

Araştırmanın planlanmasını teşvik ederek destek olan İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Rektörü Prof.Dr. Semra Ülkü'ye ve sağladığı çalışma ortamı için Mimarlık Fakültesi Dekanı Prof.Dr. Cemal Arkon'a teşekkürlerimiz sonsuzdur. Ayrıca araştırma kapsamındaki mineralojik, yapısal ve kimyasal incelemelerimizi yürüttüğümüz İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi değerli çalışanlarına katkıları için teşekkür ederiz.

ÖZ

Tarihi yapıların özgün malzemelerinin olabildiğince korunması ve onların onarımlarında kullanılacak yeni malzemelerin özgün malzeme özellikleri dikkate alınarak belirlenmesi koruma çalışmalarının temel ilkelerindedir. Bu doğrultuda bu araştırmanın amacı, tarihi yapılardaki özgün malzemelerin korunabilmesi için gerekli olan çalışma etaplarını sistematik olarak örnekleme. Çalışma kapsamında, seçilen tarihi bir yapıda malzeme çeşitlilikleri, bozulma çeşitlilikleri, malzemelerin fiziksel, mineralojik, yapısal ve kimyasal özellikleri belirlenmiş, meteorolojik verilerle bozulmaların ilişkisi araştırılmış ve koruma müdahaleleri için temel bilgiler oluşturulmuştur.

Yapıda kullanılan malzemeler, malzeme bozulmaları ve yoğunlukları yapıya ait çizimler üzerinde belirtilmiştir. Yapıdan toplanan özgün malzeme örneklerinin fiziksel özellikleri (yoğunluk ve gözeneklilik); içerdikleri çözünen tuz oranları, harç ve sıvalarda ham madde oranları tespit edilmiştir. Örneklerin mineralojik, yapısal ve kimyasal özellikleri, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM Scanning Electron Microscope) ve X ışınları kırınım (X-Ray Diffraction) cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Her tarihi yapı, kendine özgü malzemeler ve sorunlar içermekle beraber özgün malzemelerin korunmasına yönelik çalışmaların belli etapları izlemesi gerekir. Bu araştırma kapsamında ele alınan ve her tarihi yapıda uygulanabilecek çalışma etapları; arazide yapı üzerinde gerçekleştirilecek çalışmalar, laboratuvar çalışmaları ve meteorolojik verilerin incelenmesi olarak üç başlık halinde önerilmiştir.

Araştırma özelinde ele alınan tarihi yapının inşasında kayrak taşı, tuğla ve kireç harcı kullanılmıştır. Duvar yüzeylerinde kireç sıva, üst yapıda ise horasan sıva kaplama malzemesidir. Çalışma kapsamında yapılan incelemeler sonucunda, malzemelerde gözlenen bozulmalarının ana kaynağının nem olduğu belirlenmiştir. Bozulmaların fazla olduğu bölgelerdeki malzemelerin, bozulmaların daha az olduğu bölgelerdeki malzemelere göre yoğunlukları düşük, gözeneklilikleri daha yüksek, içerdikleri çözünen tuz miktarları fazladır. Yerden yükselen nem ve üst yapının tahrip olması nedeniyle yapının zeminden ortalama 1 m. yükseklikte ve üst bölümlerinde bulunan malzemelerde gözlenen bozulmalar daha yoğundur. Bu nedenle çevre drenajının yapılması ve üst yapıda gerekli onarım müdahalelerinin gerçekleştirilmesi birinci dereceden önem taşımaktadır. Bu temel müdahaleler yanı sıra onarım malzemeleri olarak seçilecek yeni kayrak taşları ve tuğlaların nem ve sıcaklık değişimlerinde özgün malzemelerle benzer davranışı gösterecek temel fiziksel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Özgün kireç harç ve sıvaların onarımında bunların kompozisyonuna benzer kireç harç ve sıvalar kullanılmalıdır.

Türkiye’de tarihi yapıların korunması konusunda yapılan çalışmalar, onların mimari özelliklerinin korunmasını içermektedir. Ancak, yapılarda kullanılan malzemelerin özellikleri, bozulma sorunlarının belirlenmesi ve bunların değerlendirilmesi sonucu yapılacak müdahaleler ve müdahalelerde kullanılacak malzemelerin özellikleri konusunda çalışmalar gerçekleştirilmemektedir. Bu nedenle tarihi yapılara bilinçsizce müdahaleler yapılmaktadır. Bu çalışma, tarihi yapılarda özgün malzemelerin korunmasının önemini vurgulaması ve konuyla ilgili çalışma etaplarını göstermesi açısından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tarihi yapı malzemesi, Malzeme bozulması, Bozulma biçimleri, Taramalı Elektron Mikroskobu, X-ışınları kırınım cihazı.

...es performed in the conservation of historical buildings. Therefore, this research emphasizes the importance of the original materials in historical buildings and illustrates the investigation phases needed to be carried out for material conservation.

ABSTRACT

Preservation of original materials of historical buildings, as much as possible, and the determination of the use of new materials taking into account the existing original materials in their restorations, are among the essential principles of the conservation works. Within this context, the aim of this research is to illustrate the necessary investigation phases in order to preserve the original materials of the historical buildings in a systematic way. In this research, the types of materials, material deterioration and intensities are documented; physical, mineralogical, structural and chemical properties of the building materials are determined in a chosen historical building. The relationship between the material deterioration and the meteorological conditions are investigated and the essential data are obtained for the conservation.

Materials used in the buildings, material deterioration and intensities of damage are documented on the drawings of the building. The samples were taken from the building. The physical characteristics (density and porosity), the ratio of contained soluble salts and the ratio of raw materials in the mortars and plasters were determined. Mineralogical, structural and chemical properties of the samples were investigated by using Scanning Electron Microscopy and X-Ray diffraction.

In spite that each historical building has different types of materials and different material deterioration problems; the studies on the preservation of historical building materials should be followed through certain phases. The investigation phases, which are dealt within this research and may be used in each historical building, are proposed as three headings, which are the field survey on the buildings, laboratory researches and the analysis of the meteorological data.

The chosen historical building dealt within this research is constructed from slate stone, brick and lime mortar. The wall surfaces are covered with lime plaster and the domes are covered with horasan mortar. The result of the investigations in the content of the research, it was determined that the main source of the material deterioration was due to dampness. The densities of the materials, which are in the severely damaged sections, are lower while their porosity and ratios of contained soluble salts are higher than the materials, which are in the moderately damaged sections. As a result of the rising damp and the damages on the superstructure, the material deterioration on the sections of the walls up to approximately one meter from the ground and on the upper sections are dense. Therefore, implementation of a new drainage system for the site and the necessary interventions for the superstructure are primarily important. Besides these essential interventions, the restoration materials such as slate stones and bricks must have similar physical properties to provide compatible behavior of the original materials. In the restoration of the original lime mortars and plasters, compatible ones with their compositions must be used.

In Turkey, the works on the conservation of historical buildings constitute the conservation of their architectural characteristics. However, the studies concerning characteristics of the materials used in the buildings, the determination of material deterioration, the context of intervention as a result of these studies and the material characteristics, which will be used in the interventions, have not been researched. Consequently, unconscious interventions have

been performed in the conservation of historical buildings. Therefore, this research emphasizes the importance of the conservation of original materials in historical buildings and illustrates the investigation phases needed to be carried out for material conservation.

Key Words: Historical building material, Material deterioration, Decay forms, SEM, X-ray diffraction.

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

TABLOLAR LİSTESİ

GİRİŞ

1.1. Amaç

1.2. Konu ve Kapsam

1.3. Yöntem

2. YAPININ ÖZGÜN MALZEMELERİNİN VE BUNLARIN BOZULMA DURUMLARININ İNCELENMESİ

2.1. Yapının Tarihi ve Mimari Tanımı

2.2. Yapım Tekniği ve Malzeme Çeşitleri

2.3. Malzeme Bozulmalarının Sınıflandırılması

3. YAPIDA ORTAM SICAKLIĞI, YÜZEY SICAKLIĞI VE NİSBI NEM ÖLÇÜMLERİ

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Malzeme Örneklerinin Tanımı

4.2. Temel Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

4.3. Malzemelerde Bulunan Çözünen Tuz Oranlarının Belirlenmesi

4.4. Harçlarda ve Sivalarda Bağlayıcı - Agrega Oranları ve Agreganın Büyüklüklerinin Dağılımı

4.4.1. Agregaların Pozolanik Özellikleri

4.5. Malzemelerin Mineralojik, Yapısal ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

5. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

5.1. Temel Fiziksel Özellikler

5.1.1. Taş Örnekler

5.1.2. Tuğla Örnekler

5.1.3. Harç Örnekler

5.1.4. Siva Örnekler

5.2. Çözünen Tuzlar

5.3. Harçlarda ve Sivalarda Bağlayıcı - Agrega Oranları, Agreganın Büyüklüklerinin Dağılımı ve Agreganın Özellikleri

5.3.1. Harçlarda Kullanılan Kireç - Agrega Oranları, Agreganın Büyüklüklerinin Dağılımı ve Agreganın Özellikleri

5.3.2. Sivalarda Kullanılan Kireç - Agrega Oranları, Agreganın Büyüklüklerinin Dağılımı ve Agreganın Özellikleri

5.3.3. Agregaların Pozolanik Özellikleri

5.4. Malzemelerin Mineralojik, Yapısal ve Kimyasal Özellikleri

5.4.1. Taş

İÇİNDEKİLER

3.4.2. Tuğla	40
3.4.3. Harç	43
3.4.4. Sıvalar	46
ÖNSÖZ	ii
ÖZ	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	1
1.2. Konu ve Kapsam	1
1.3. Yöntem	2
2. YAPININ ÖZGÜN MALZEMELERİNİN VE BUNLARIN BOZULMA DURUMLARININ İNCELENMESİ	3
2.1. Yapının Tarihi ve Mimari Tanımı	3
2.2. Yapım Tekniği ve Malzeme Çeşitleri	6
2.3. Malzeme Bozulmalarının Sınıflandırılması	16
3. YAPIDA ORTAM SICAKLIĞI, YÜZEY SICAKLIĞI VE NİSBİ NEM ÖLÇÜMLERİ	16
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	26
4.1. Malzeme Örneklerinin Tanımı	26
4.2. Temel Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi	29
4.3. Malzemelerde Bulunan Çözünen Tuz Oranlarının Belirlenmesi	29
4.4. Harçlarda ve Sıvalarda Bağlayıcı - Agregata Oranları ve Agregata Büyüklüklerinin Dağılımı	29
4.4.1. Agregaların Puzolanlık Özellikleri	29
4.5. Malzemelerin Mineralojik, Yapısal ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi	29
5. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME	30
5.1. Temel Fiziksel Özellikler	30
5.1.1. Taş Örnekler	30
5.1.2. Tuğla Örnekler	30
5.1.3. Harç Örnekler	31
5.1.4. Sıva Örnekler	32
5.2. Çözünen Tuzlar	32
5.3. Harçlarda ve Sıvalarda Bağlayıcı - Agregata Oranları, Agregata Büyüklüklerinin Dağılımı ve Agregata Özellikleri	33
5.3.1. Harçlarda Kullanılan Kireç - Agregata Oranları, Agregata Büyüklüklerinin Dağılımı ve Agregata Özellikleri	33
5.3.2. Sıvalarda Kullanılan Kireç - Agregata Oranları, Agregata Büyüklüklerinin Dağılımı ve Agregata Özellikleri	35
5.3.3. Agregaların Puzolanlık Özellikleri	37
5.4. Malzemelerin Mineralojik, Yapısal ve Kimyasal Özellikleri	38
5.4.1. Taş	38

5.4.2. Tuğla	40
5.4.3. Harç	43
5.4.4. Sıvalar	46
5.4.4.1. Kireç Sıvalar	46
5.4.4.2. Horasan Sıvalar	50
6. BİRGİ'NİN METEOROLOJİK VERİLERİ	54
7. YAPIYA AFET OLAYLARININ ETKİSİ	59
8. YAPIDAKİ MALZEME SORUNLARININ ZEMİN ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRMESİ	60
9. SONUÇLAR	60
KAYNAKLAR	65
EKLER	70
EK A: Tablolar	70
EK B: Proje Kapsamında Oluşturulmakta Olan Yayın	75
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU	76

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Yapının genel görünüşü	3
Şekil 2. Avludan genel görünüş	4
Şekil 3. Avlu girişi	4
Şekil 4. Yapının kitabesi	5
Şekil 5. Kuzeydoğu cephe	5
Şekil 6. Güneydoğu revak	6
Şekil 7. Kuzeydoğu revak	6
Şekil 8. Avludan güneydoğu revak	7
Şekil 9. İç mekanda ocak	7
Şekil 10. Malzeme türlerinin analizi – plan	9
Şekil 11. Malzeme türlerinin analizi - A-A kesiti	10
Şekil 12. Malzeme türlerinin analizi - B-B kesiti	11
Şekil 13. Malzeme türlerinin analizi - C-C kesiti	12
Şekil 14. Malzeme türlerinin analizi - D-D kesiti	13
Şekil 15. Malzeme türlerinin analizi - Güneydoğu cephesi	14
Şekil 16. Malzeme türlerinin analizi -Kuzeydoğu cephesi	15
Şekil 17. Bozulma türlerinin analizi - A-A kesiti	18
Şekil 18. Bozulma türlerinin analizi - B-B kesiti	19
Şekil 19. Bozulma türlerinin analizi - C-C kesiti	20
Şekil 20. Bozulma türlerinin analizi - D-D kesiti	21
Şekil 21. Bozulma türlerinin analizi - Güneydoğu cephesi	22
Şekil 22. Bozulma türlerinin analizi - Kuzeydoğu cephesi	23
Şekil 23. Sıcaklık ve nem ölçüm değerleri	24
Şekil 24. Sıcaklık ve nem ölçüm değerleri	25
Şekil 25. Malzeme örneklerinin alındığı yerler	27
Şekil 26. Güneydoğu revak avlu cephesinde örnek alınan bölüm (T.R.1., H.R.3.)	28
Şekil 27. Güneydoğu revak avlu cephesinde örnek alınan bölüm (T.R.2., Tu.R.2., H.R.4.)	28
Şekil 28. 1 No.lu mekanda örnek alınan bölüm (Tu.D.1., H.D.2.)	28
Şekil 29. 5 No.lu mekanda güneydoğu duvarda örnek alınan bölüm (S.D.Ü.3., S.D.A.4.)	28
Şekil 30. Taş örneklerin ağırlıkça % gözeneklilikleri ve yoğunlukları	30
Şekil 31. Tuğla örneklerin ağırlıkça % gözeneklilikleri ve yoğunlukları	31
Şekil 32. Harç örneklerin ağırlıkça % gözeneklilikleri ve yoğunlukları	31
Şekil 33. Sıva örneklerin ağırlıkça % gözeneklilikleri ve yoğunlukları	32
Şekil 34. Taş, tuğla, harç ve sıva örneklerinde % çözünen tuz miktarları	33
Şekil 35. Harç örneklerde % kireç ve agreg a oranları	34
Şekil 36. Harç örneklerde agreg a büyüklüklerinin dağılımı	34
Şekil 37. Harç örneklerde bulunan 1180-500 mikron büyüklüğündeki agreg a lar	35
Şekil 38. İki katmanlı kireç sıvanın stereo mikroskop görüntüsü	36
Şekil 39. Horasan sıvanın stereo mikroskop görüntüsü	36
Şekil 40. Sıva örneklerde % kireç ve agreg a oranları	36
Şekil 41. Sıva örneklerde agreg a büyüklüklerinin dağılımı	37
Şekil 42. S.R.A.2 sıva örneğinde 500-250 mikron büyüklüğündeki agreg a lar	37

Şekil 43. Yapıda kullanılan taşların XRD kırınım deseni	38
Şekil 44. Taş örneğin taramalı elektron mikroskop görüntüsü, EDX ve % elemental oksit kompozisyonu	39
Şekil 45. Bozulmaların gözleendiği bölgeden alınan taş örneğin (T.R.2.) taramalı elektron mikroskop görüntüsü (K1, K2, K3 katmanları göstermektedir)	40
Şekil 46. Yapıda kullanılan açık kahverengi tuğlaların XRD kırınım deseni	41
Şekil 47. Yapıda kullanılan koyu kahverengi tuğlaların XRD kırınım deseni	41
Şekil 48. Açık kahverengi tuğla örneğin taramalı elektron mikroskop görüntüsü, EDX ve % elemental oksit kompozisyonu	42
Şekil 49. Koyu kahverengi tuğla örneğin taramalı elektron mikroskop görüntüsü, EDX ve % elemental oksit kompozisyonu	43
Şekil 50. Taş-taş arası duvar (H.D.1.) ve tuğla-tuğla arası revak (H.R.3.) harçlarının XRD kırınım deseni	44
Şekil 51. Bozulmaların daha az gözleendiği harçlarda kireç matriksin yoğun olduğu bölgeden alınan EDX spektrumu ve % elemental kompozisyonları A: (H.D.1.), B: (H.R.3.) örnekleri	45
Şekil 52. Bozulmaların daha az gözleendiği bölgede agrega kireç matriksin taramalı elektron mikroskop görüntüsü	45
Şekil 53. Bozulmaların daha fazla gözleendiği A: (H.D.2.), B: (H.R.4.) örneklerinde gözlenen çatlakların taramalı elektron mikroskop görüntüleri	46
Şekil 54. İç duvarlarda kullanılan üst sıva katmanlarının XRD kırınım deseni	46
Şekil 55. Üst sıva katmanı örneğinde (S.D.Ü.3.) mikritik kalsit kristalleri, EDX spektrumu ve % elemental kompozisyonları	47
Şekil 56. Üst sıva matriksinde (S.D.Ü.3.) gözlenen mikro çatlaklar	48
Şekil 57. İç duvarlarda kullanılan alt sıva katmanlarının XRD kırınım deseni	48
Şekil 58. Alt katman sıvadaki (S.D.A.4.) mikritik kalsit kristalleri, EDX spektrumu ve % elemental kompozisyonları	49
Şekil 59. Alt katman sıvalarda gözenekli matriks, agregalar (A) ve yapıda gözlenen mikro çatlaklar (S.D.A.4.)	50
Şekil 60. Horasan sıvanın stereo mikroskop görüntüsü (A), horasan sıvanın genel matriks içinde taş agregası (B), matriks içinde tuğla agregası (C)	51
Şekil 61. Horasan sıva içinde tuğla agregaları ile kirecin oluşturduğu kalsiyum silikat hidratlar	52
Şekil 62. Horasan sıvanın XRD kırınım deseni	52
Şekil 63. Horasan sıvanın kireç matriksi (A) ve içindeki tuğla agregasının (B) EDX spektrumu ve % elemental kompozisyonu	53
Şekil 64. 1990 ve 2001 yılları arasında aylık ortalama ortam sıcaklığı, nisbi nem ve çişleşme sıcaklığı değerleri (saat 7:00, 14:00, 21:00' de ölçülen değerler)	56
Şekil 65. 1990 ve 2001 yılları arasındaki ortalama aylık ortam sıcaklığı, nisbi nem ve çişleşme sıcaklığı değerlerinin ortalama değerleri (saat 7:00, 14:00, 21:00' de ölçülen değerler)	57
Şekil 66. 1990 ve 2001 yılları arasında aylık ortalama rüzgar hızı değerleri ve bu yıllar arasındaki ortalama aylık rüzgar hızı değerlerinin ortalama değerleri	58
Şekil 67. 1990 ve 2001 yılları arasında aylık ortalama yağış değerleri ve bu yıllar arasındaki ortalama aylık yağış değerlerinin ortalama değerleri	59

bu yapıların oluşturulması, dışarıya doğru suyun süzülmesi gerektiğinden suya geçirgen bir yapı Kurumuzu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu yapıların doğru şekilde ve kaliteli malzemeler kullanılarak yapılması, bu tür yapıların gelecekteki kullanımını ve bakımını kolaylaştırır. Bu yapıların doğru şekilde yapılması, bu tür yapıların gelecekteki kullanımını ve bakımını kolaylaştırır.

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.	Malzeme türlerinin sınıflandırılması	8
Tablo 2.	Bozulma türlerinin sınıflandırılması ve derecelendirilmesi	17
Ek Tablo 1.	Taş, tuğla, harç ve sıva örneklerin gözeneklilik ve yoğunluk değerleri	70
Ek Tablo 2.	Taş, tuğla, harç ve sıva örneklerinde % çözünen tuz miktarları	71
Ek Tablo 3.	Sıva ve harçlarda bağlayıcı- agrega oranları ve % agrega büyüklük dağılımı	72
Ek Tablo 4.	Taş, tuğla, harç ve sıva örneklerin XRD sonuçları	73
Ek Tablo 5.	1990 ve 2001 yılları arasındaki ortalama aylık ortam sıcaklığı, nisbi nem ve çığleşme sıcaklığı değerlerinin ortalama değerleri (saat 7.00 de ölçülen değerler)	73
Ek Tablo 6.	1990 ve 2001 yılları arasındaki ortalama aylık ortam sıcaklığı, nisbi nem ve çığleşme sıcaklığı değerlerinin ortalama değerleri (saat 14.00 de ölçülen değerler)	74
Ek Tablo 7.	1990 ve 2001 yılları arasındaki ortalama aylık ortam sıcaklığı, nisbi nem ve çığleşme sıcaklığı değerlerinin ortalama değerleri (saat 21.00 de ölçülen değerler)	74

1. Amaç

Bu araştırmanın amacı, tarihi yapılarındaki fiziksel bozulmaların korunabilmesi için yapılacak tedbirlerin doğru bir yaklaşımla gerçekleştirilmesini sağlamak ve ayrıca çin çimento malitlik değişimleri konusunda bir yöntem önermektir. Bu yöntemi uygulayarak tarihi yapıların bozulmasını önlemek, bunların gelecekteki kullanımını ve bakımını kolaylaştırmak için bir yöntem önermektedir.

2. Konu ve Kapsam

Bu araştırmanın amacı, tarihi yapılarındaki fiziksel bozulmaların korunabilmesi için yapılacak tedbirlerin doğru bir yaklaşımla gerçekleştirilmesini sağlamak ve ayrıca çin çimento malitlik değişimleri konusunda bir yöntem önermektir. Bu yöntemi uygulayarak tarihi yapıların bozulmasını önlemek, bunların gelecekteki kullanımını ve bakımını kolaylaştırmak için bir yöntem önermektedir.

1. GİRİŞ

Tarihi yapıların korunması, disiplinlerarası bilimsel çalışmalar gerektiren çok boyutlu bir konudur. Korumaya yönelik yapılacak uygulamalarda doğru malzeme ve doğru müdahale yöntemleri kullanılmalıdır. Bunun gerçekleşebilmesi için herhangi bir koruma uygulamasından önce yapının mevcut durumunun tarihi ve teknik yönden incelenmesi gereklidir. Bu kapsamda, tarihi yapının inşasında kullanılan özgün yapı malzemelerinin çeşitlerinin belirlenmesi, bunların bileşimlerinin, mineralojik yapılarının, fiziksel özelliklerinin ve bozulma durumlarının tespiti önemlidir. Bu incelemeler, tarihi yapıya müdahale aşamasında önerilecek yeni malzemelerin ve ilgili uygulama tekniklerinin sağlıklı bir biçimde belirlenmesini sağlar. Özgün malzemelerin olabildiğince korunması, yeni onarım malzemelerinin özgün malzeme özellikleri dikkate alınarak belirlenmesi, koruma çalışmalarının temel ilkelerindedir.

Ülkemizde bugüne kadar gerek devlet kurumlarının, gerekse özel kurumların yaptığı restorasyon çalışmaları, yaygın olarak malzeme üzerine yapılmış bilimsel araştırmalara dayanmadan pratik müdahaleler ile gerçekleşmektedir. Bu müdahaleler tarihi yapıların korunması yerine onların daha hızlı bir bozulma sürecine girmelerine neden olmaktadır. Türkiye tarafından da kabul edilen uluslararası tüzük ve sözleşmelerde tanımlanan temel ilkelerden biri özgün malzemeyi en az müdahale ile korumaktır (6, 30, 31). Bu doğrultuda özgün malzemeye gerekenden fazla müdahale yapılmamalı, müdahaleler geri dönüşebilir olmalıdır.

Türkiye tarihi yapılar açısından zengin bir mirasa sahip olmasına rağmen ülkemizde tarihi yapı malzemelerinin korunmasına yönelik olarak yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Buna karşılık, yurtdışında konuyla ilgili yoğun araştırmalar sürdürülmektedir. Türkiye’de ve yurtdışında yapılan bu çalışmalar; tarihi yapılardaki malzeme özelliklerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar (1, 2, 3, 24, 25, 27, 37, 38, 39), tarihi yapılardaki malzeme özelliklerini inceleyen ve bozulma sorunlarını belirli parametreler açısından irdeleyen araştırmalar (4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 31, 32, 33, 45, 48, 49, 50, 51, 53, 57), ve malzeme bozulmalarının görsel analizi konusundaki araştırmalar (7, 18, 19, 20, 21, 22, 48, 49) olarak gösterilebilir.

Bu araştırma, Türkiye’de korunması istenilen her tarihi yapıda malzemeye ilişkin olarak gerçekleştirilecek disiplinlerarası genel çalışma yaklaşımını bir bütün olarak tanımlaması açısından önem taşımaktadır.

1.1. Amaç

Bu araştırmanın amacı, tarihi yapılardaki özgün malzemelerin korunabilmesi için, yapılacak müdahalelerin doğru bir yaklaşımla gerçekleştirilmesini sağlamak ve bunun için gerekli analitik çalışmalar konusunda bir yöntem önermektir. Bu yöntem, seçilen bir tarihi yapıda malzeme çeşitlerinin, bunların bileşimlerinin, mineralojik yapılarının, fiziksel özelliklerinin analiz edilmesi ve bozulma durumlarının belirlenmesinde izlenecek çalışma etaplarını örnekleme şeklindedir.

1.2. Konu ve Kapsam

Çalışmanın konusu, seçilen tarihi bir yapıda özgün malzeme çeşitlerinin, bunların fiziksel, mineralojik, kimyasal özelliklerinin ve bozulma durumlarının belirlenmesi, iklimsel verilerle bozulmaların ilişkisinin kurulması ve koruma müdahaleleri için ön bilgilerin oluşturulmasıdır. Çalışmanın malzemeye yönelik araştırmalar üzerinde yoğunlaşması yaklaşımıyla çizimleri

mevcut bir örneğin seçilmesi düşünülmüştür. Bu doğrultuda çalışma örneği olarak İzmir, Birgi'deki Dervişağa Medresesi belirlenmiştir. Ancak, yapının geleneksel yöntemlerle hazırlanmış olan mevcut çizimleri (26), proje kapsamına uygun olarak bilgisayar ortamında yeniden üretilmiştir.

1.3. Yöntem

Her tarihi yapı kendine özgü malzemeler ve sorunlar içerir. Bu araştırma kapsamında tarihi yapılarda malzeme korumasına yönelik çalışmaların izlenmesi gerekli etaplar belirlenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, arazide yapının mevcut çizimleri üzerinde özgün malzemeler ve bu malzemelerde gözlenen bozulmalar belirlenmiştir. Bundan sonra, yapı üzerinde farklı yüksekliklerde yüzey sıcaklık ölçümleri, kapalı ve açık mekanlarda bağıl nem ölçümleri yapılmış, laboratuvar çalışmaları için malzeme örnekleri toplanmıştır. Yapının içinde bulunduğu meteorolojik verilerin bozulmalarla ilişkisini araştırmak üzere Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden gerekli veriler sağlanmıştır. Bu çalışmaların aşamaları aşağıda özetlenmiştir:

- Arazide yapı üzerinde gerçekleştirilecek çalışmalar
- Laboratuvar çalışmaları
- Meteorolojik verilerin incelenmesi

Bu incelemeler sonucu elde edilen veriler birbiriyle ilişkilendirilerek değerlendirmeler yapılmıştır.

Arazide yapı üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar:

- Tarihi yapıya ait mevcut çizimler üzerinde yapının özgün malzemeleri belirlenmiş (taş, tuğla, harç, sıva v.b),
- Malzemelerde gözlenen bozulmalar görsel olarak tespit edilmiş (malzeme kaybı, malzemede ayrışmalar, yüzey birikintileri ve renklenme gibi),
- Bozulma yoğunlukları;
 - Birinci derece bozulma (yenileme, tamamlama ve sağlamlaştırma işlemlerinin yoğun olarak uygulanacağı bölümler)
 - İkinci derece bozulma (yenileme, tamamlama ve sağlamlaştırma işlemlerinin kısmi olarak uygulanacağı bölümler) bölgeleri olarak tespit edilmiş,
- Yapıda ortam sıcaklığı, yüzey sıcaklığı ve bağıl nem ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yüzey sıcaklık değerleri; zeminden, 1m., 2.5m., ve 4m. yüksekliklerden tespit edilmiştir.
- Laboratuvar çalışmaları için örnekler toplanmıştır. Bunlar:
 - Yapıda bozulmaların daha az gözlendiği özgün malzemelerden toplanan örnekler
 - Farklı dereceden bozulmaların gözlendiği bölgelerden toplanan örnekler olarak

gruplandırılmıştır.

Laboratuvar Çalışmaları

Örneklerin fiziksel özellikleri, içerdikleri çözünen tuz oranları, sıva ve harçlarda ham madde oranları, mineralojik, yapısal ve kimyasal özelliklerinin tespiti:

- Fiziksel özellikler; yoğunluk ve toplam gözeneklilik olarak belirlenmiştir.
- Çözünen tuz oranlarının tespiti, iletkenlik cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

- Ham madde oranlarının tespiti, harç ve sıvalarda gerçekleştirilmiştir. Seyreltik HCl asit kullanılarak kireç, agrega ve agrega büyüklüklerinin dağılımları belirlenmiştir.

Mineralojik, yapısal ve kimyasal özellikler; Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM Scanning Electron Microscope) ve X Işınları Kırınım (X-Ray Diffraction) cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Meteorolojik verilerin incelenmesi

Bu çalışmada, yapının içinde bulunduğu iklim koşulları; sıcaklık, nem, sis, hakim rüzgar yönü parametreleri ile tanımlanmıştır. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan bu veriler doğrultusunda yapının içinde bulunduğu iklim koşullarının bozulma ile olan ilişkisi incelenmiştir.

2. YAPININ ÖZGÜN MALZEMELERİNİN VE BUNLARIN BOZULMA DURUMLARININ İNCELENMESİ

2.1. Yapının Tarihi ve Mimari Tanımı

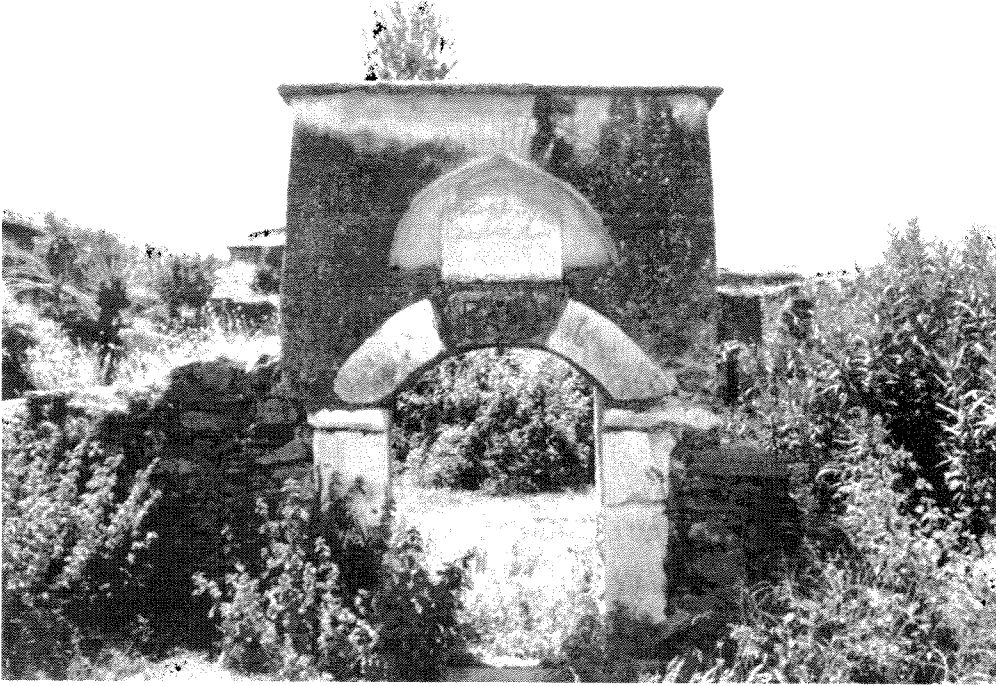
İzmir İli, Ödemiş İlçesi, Birgi Beldesi'nde bulunan Derviş Ağa Medresesi (Şekil 1, 2), avlu girişi üzerindeki kitabeye göre 1068 H./1657 M. tarihinde Derviş Mehmet Ağa tarafından yaptırılmıştır (Şekil 3, 4). Vakıflar Genel Müdürlüğü mülkiyetinde bulunan yapı, 17. yy. Osmanlı dönemi medreseleri içinde bölgesel bir örnektir. Bir açık avlu etrafında L plan şemasına göre düzenlenmiş olan yapı, tek katlıdır (Şekil 2). Kuzeydoğu cephesinde yer alan portalden avluya girilir (Şekil 5). Avlunun güneybatı ve kuzeybatı yönünde konumlanmış olan L planlı bir kitle oluşturur. Kuzeybatıda beş medrese hücresi, güneybatıda iki medrese hücresi ve dersane planlanmış, bu kapalı mekanların önünde ise revak düzenlenmiştir. Kapalı mekanlar kubbe, revak ise ahşap çatı ile örtülmüştür. Ancak revak çatısı bugün yıkılmış durumdadır (Şekil 6, 7).



Şekil 1. Yapının genel görünüşü



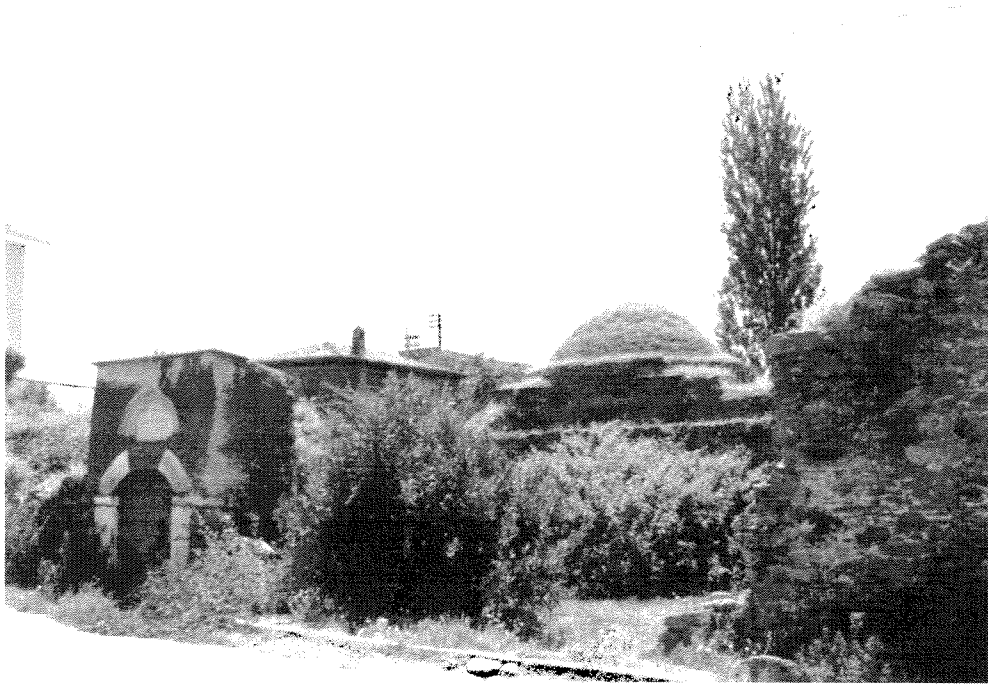
Şekil 2. Avludan genel görünüş



Şekil 3. Avlu girişi



Şekil 4. Yapının kitabesi



Şekil 5. Kuzeydoğu cephe



Şekil 6. Güneydoğu revak

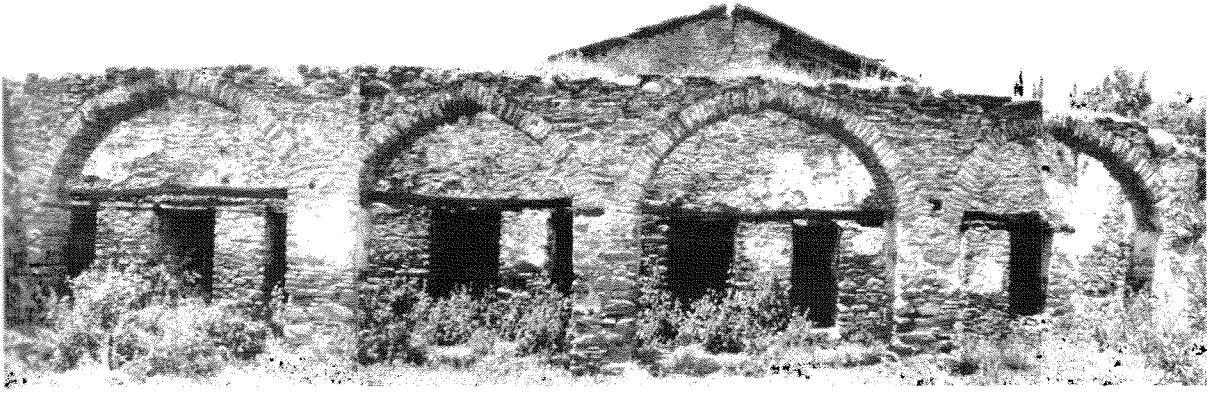


Şekil 7. Kuzeydoğu revak

2.2. Yapım Tekniği ve Malzeme Çeşitleri

Yapı, yığma sistemde inşa edilmiştir. Duvarlar ve revakları oluşturan ayaklar; kayrak taşı, tuğla ve az miktarda kiremit kırıkları ile örülmüştür. Revak kemerleri, kubbeler, odalarda kubbeğe geçişi sağlayan pandantifler ve ocak kemerleri tuğla malzeme ile oluşturulmuştur (Şekil 8, 9). Avluya girişi sağlayan portalde geçiş açıklığı yanlarında yer alan sütunlar ve açıklık kemeri devşirme mermer malzemedir. Revak kemerlerinde gergi elemanları ve duvarlarda belli aralıklarda yer alan hatıllar ahşap malzemedir. Yapının sokağa ve komşu parsellere bakan duvarları sıvasız, avluya bakan cepheleri ve iç mekanlar sıvalıdır. Sıva tabakası, alt ve üst olmak üzere iki katmandır. Üst yapıda kubbe eteğinde horasan sıva kullanılmıştır.

Yapıdaki özgün malzemeler ve sonradan yapılan müdahalelerde kullanılan malzemeler çizimler üzerinde siyah-beyaz grafik anlatım tekniği ile belirtilmiştir. Çizimlerde kullanılan grafik gösterimler Tablo 1 de verilmiştir. Yapım tekniği ve malzeme kullanımına ilişkin bilgilerin verildiği çizimler (Şekil 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) olarak hazırlanmıştır.


















Şekil 8. Avludan güneydoğu revak



Şekil 9. İç mekanda ocak

Tablo 1. Malzeme türlerinin sınıflandırılması

STRÜKTÜREL ELEMANLARI OLUŞTURAN MALZEMELER	GÖSTERİM TEKNİĞİ
KAYRAK TAŞI+TUĞLA+KİREMİT+HARÇ (DERZLER MALZEME YÜZEYİNDEN GERİDE) özgün	
KAYRAK TAŞI+TUĞLA+KİREMİT+HARÇ (DERZLER MALZEME YÜZEYİNDEN DIŞARIDA) müdahale	
KAYRAK TAŞI+TUĞLA+HARÇ özgün	
KAYRAKTAŞI+TUĞLA müdahale	
KAYRAKTAŞI müdahale	
TUĞLA+HARÇ özgün	
MERMER+HARÇ özgün	
AHŞAP özgün	
KAPLAMA MALZEMELERİ	
ÜST SIVA TABAKASI özgün	
ALT SIVA TABAKASI özgün	
TEK SIVA TABAKASI müdahale	
KİREMİT özgün	
KAYRAKTAŞI müdahale	
TOPRAK	
BETON müdahale	

MALZEME TÜRLERİNİN ANALİZİ ANALYSIS OF MATERIAL TYPES

STRÜKTÜREL ELEMANLARI OLUŞTURAN MALZEMELER

MATERIALS FORMING STRUCTURAL ELEMENTS

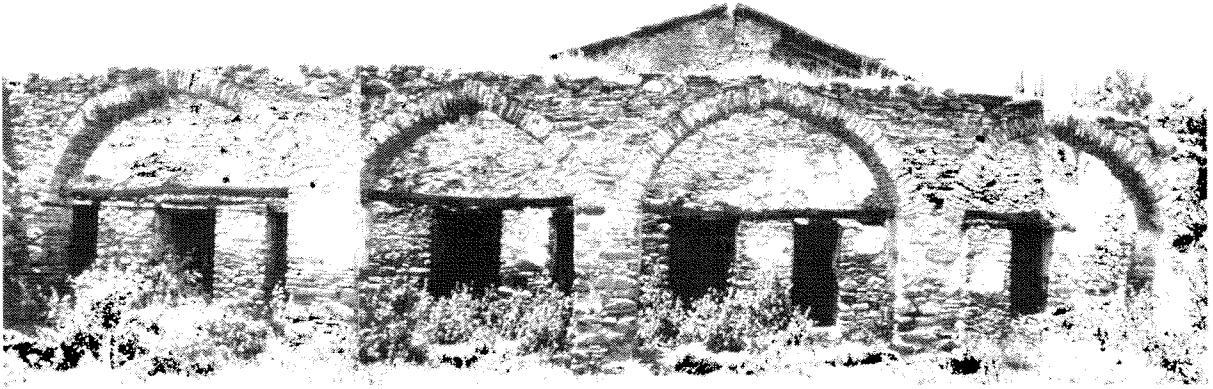
	KAYRAK TAŞ TUĞLA-KİREMIT+HARÇ (DERZLER MALZEME YÜZÜNDEN GERDE) örün SLATESTONE-BRICK-TILE+MORTAR (JOINTS RECESSED FROM SURFACE) intercession		KAYRAK TAŞ TUĞLA+HARÇ örün SLATESTONE-BRICK+MORTAR original		KAYRAK TAŞ TUĞLA örün SLATESTONE intercession		TUĞLA+HARÇ örün BRICK+MORTAR original		MERMER+HARÇ örün MARBLE+MORTAR original		ALIŞAP örün TIMBER original
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------

KAPLAMA MALZEMELERİ

COVERING MATERIALS

	ÜST SIVA TABAKASI örün TOP PLASTER LAYER original		ALT SIVA TABAKASI örün UNDER PLASTER LAYER original		KIRIMIT örün TILE original		KAYRAK TAŞI örün SLATESTONE intercession		TOPRAK EARTH		BETON örün CONCRETE intercession
--	--	--	--	--	-------------------------------------	--	---	--	-----------------	--	---

Şekil 10. Malzeme türlerinin analizi - plan


















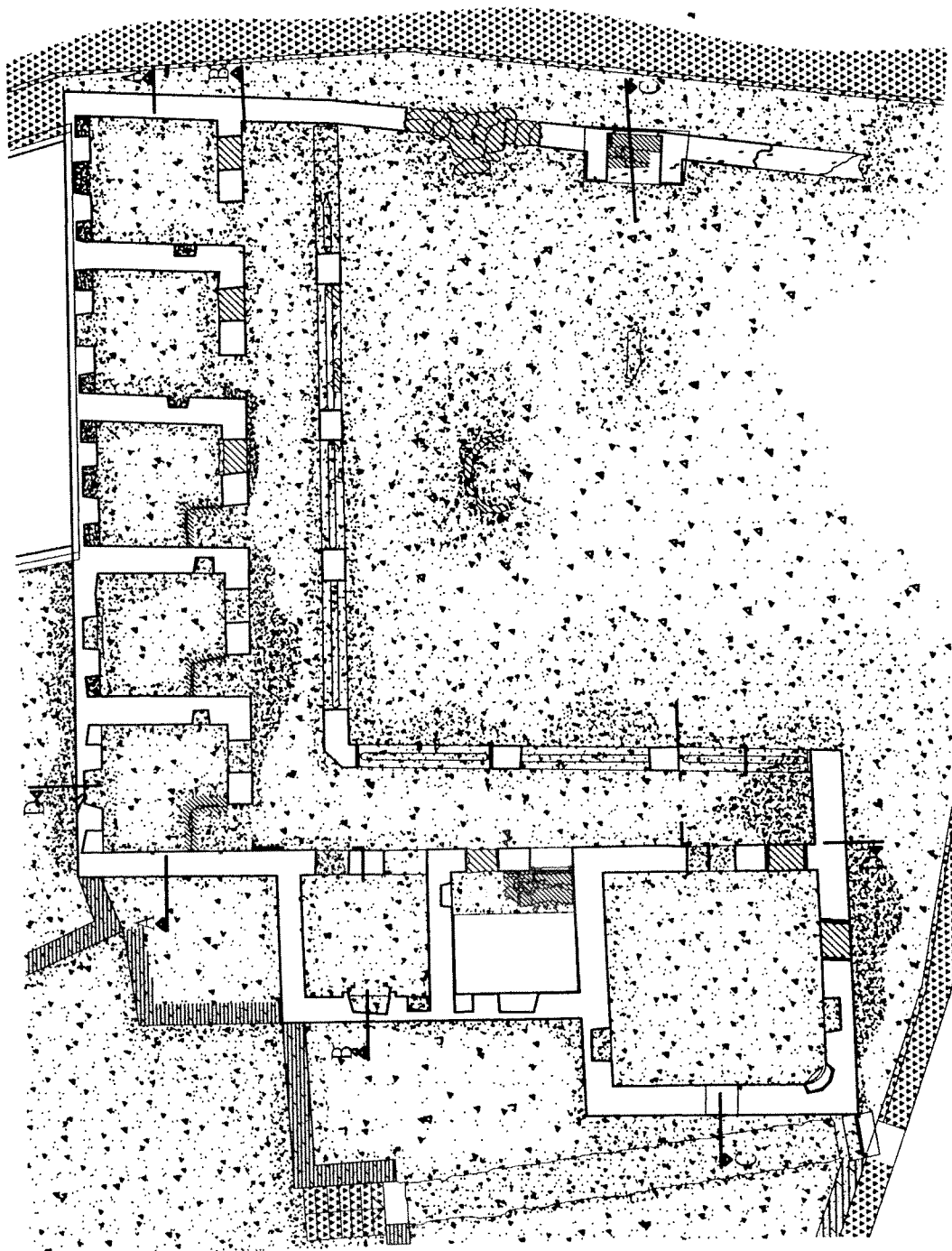
Şekil 8. Avludan güneydoğu revak

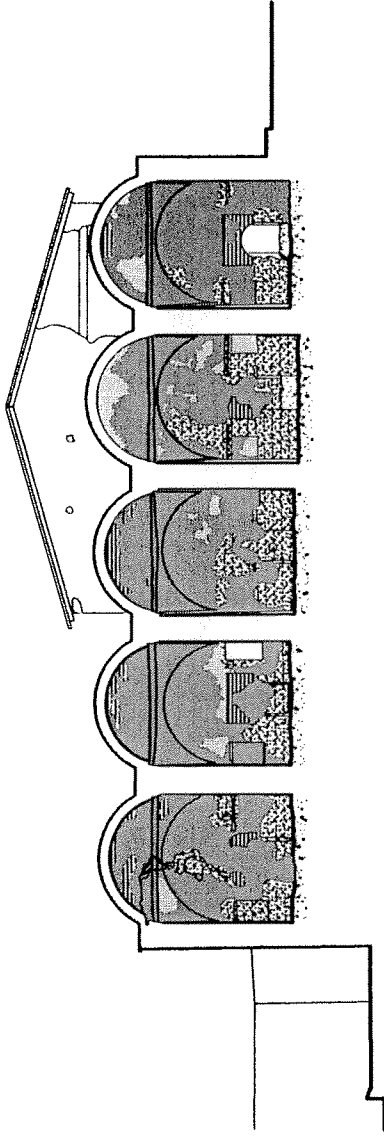


Şekil 9. İç mekanda ocak

Tablo 1. Malzeme türlerinin sınıflandırılması

STRÜKTÜREL ELEMANLARI OLUŞTURAN MALZEMELER	GÖSTERİM TEKNİĞİ
KAYRAK TAŞI+TUĞLA+KİREMİT+HARÇ (DERZLER MALZEME YÜZEYİNDEN GERİDE) özgün	
KAYRAK TAŞI+TUĞLA+KİREMİT+HARÇ (DERZLER MALZEME YÜZEYİNDEN DIŞARIDA) müdahale	
KAYRAK TAŞI+TUĞLA+HARÇ özgün	
KAYRAKTAŞI+TUĞLA müdahale	
KAYRAKTAŞI müdahale	
TUĞLA+HARÇ özgün	
MERMER+HARÇ özgün	
AHŞAP özgün	
KAPLAMA MALZEMELERİ	
ÜST SIVA TABAKASI özgün	
ALT SIVA TABAKASI özgün	
TEK SIVA TABAKASI müdahale	
KİREMİT özgün	
KAYRAKTAŞI müdahale	
TOPRAK	
BETON müdahale	





A-A KESİTİ
SECTION A-A

MALZEME TÜRLERİNİN ANALİZİ ANALYSIS OF MATERIAL TYPES

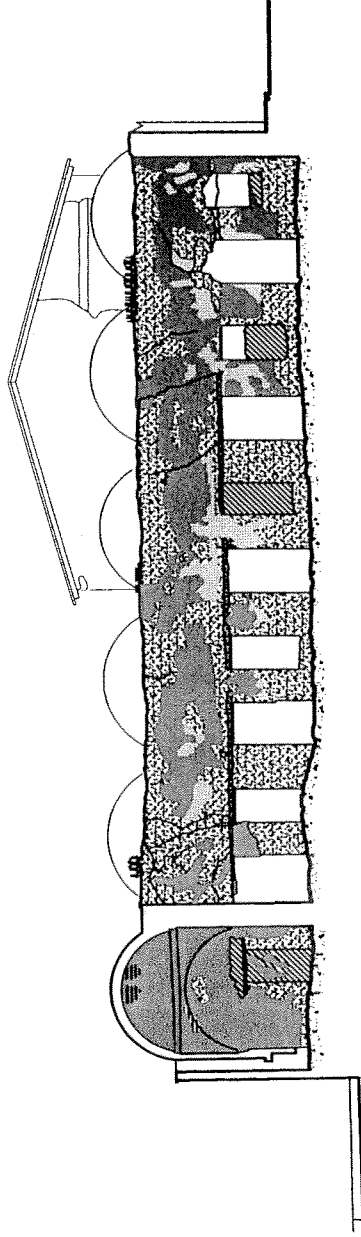
STRÜKTÜREL ELEMANLARI OLUŞTURAN MALZEMELER MATERIALS FORMING STRUCTURAL ELEMENTS

	KAYRAK TAŞ+TUĞLA+KİREMIT+HARÇ (DİĞERLER MALZEME YÜZÜNDEN GRUDE)		KAYRAK TAŞ+TUĞLA+HARÇ		TUĞLA+HARÇ		MERMER+HARÇ		AHSAP
	KAYRAK TAŞ+TUĞLA+HARÇ		KAYRAK TAŞ+TUĞLA		TUĞLA+HARÇ		MERMER+HARÇ		AHSAP
	KAYRAK TAŞ+TUĞLA+HARÇ		KAYRAK TAŞ+TUĞLA		TUĞLA+HARÇ		MERMER+HARÇ		AHSAP
	KAYRAK TAŞ+TUĞLA+HARÇ		KAYRAK TAŞ+TUĞLA		TUĞLA+HARÇ		MERMER+HARÇ		AHSAP
	KAYRAK TAŞ+TUĞLA+HARÇ		KAYRAK TAŞ+TUĞLA		TUĞLA+HARÇ		MERMER+HARÇ		AHSAP
	KAYRAK TAŞ+TUĞLA+HARÇ		KAYRAK TAŞ+TUĞLA		TUĞLA+HARÇ		MERMER+HARÇ		AHSAP
	KAYRAK TAŞ+TUĞLA+HARÇ		KAYRAK TAŞ+TUĞLA		TUĞLA+HARÇ		MERMER+HARÇ		AHSAP
	KAYRAK TAŞ+TUĞLA+HARÇ		KAYRAK TAŞ+TUĞLA		TUĞLA+HARÇ		MERMER+HARÇ		AHSAP
	KAYRAK TAŞ+TUĞLA+HARÇ		KAYRAK TAŞ+TUĞLA		TUĞLA+HARÇ		MERMER+HARÇ		AHSAP
	KAYRAK TAŞ+TUĞLA+HARÇ		KAYRAK TAŞ+TUĞLA		TUĞLA+HARÇ		MERMER+HARÇ		AHSAP

KAPLAMA MALZEMELERİ COVERING MATERIALS

	ÜST SIVA TABAKASI		KAYRAK TAŞI		BETON
	ÜST SIVA TABAKASI		KAYRAK TAŞI		BETON
	ÜST SIVA TABAKASI		KAYRAK TAŞI		BETON
	ÜST SIVA TABAKASI		KAYRAK TAŞI		BETON
	ÜST SIVA TABAKASI		KAYRAK TAŞI		BETON
	ÜST SIVA TABAKASI		KAYRAK TAŞI		BETON
	ÜST SIVA TABAKASI		KAYRAK TAŞI		BETON
	ÜST SIVA TABAKASI		KAYRAK TAŞI		BETON
	ÜST SIVA TABAKASI		KAYRAK TAŞI		BETON
	ÜST SIVA TABAKASI		KAYRAK TAŞI		BETON

Şekil 11. Malzeme türlerinin analizi - A-A kesiti



B-B KESİTİ
SECTION B-B

MALZEME TÜRLERİNİN ANALİZİ ANALYSIS OF MATERIAL TYPES

STRÜKTÜREL ELEMANLARI OLUŞTURAN MALZEMELER MATERIALS FORMING STRUCTURAL ELEMENTS

KAYRAK TAŞ-TUĞLA-KİREMIT-HAÇ
(DEĞİŞLER MALZEME YÜZEYİNDEKİLERDE)
örneğin
SALİSTONE-ARKAY-TUĞLA-BAKAR
(KONKRETELERİN SÜZGEÇİ)
örneğin

KAYRAK TAŞ-TUĞLA-KİREMIT-HAÇ
(DEĞİŞLER MALZEME YÜZEYİNDEKİLERDE)
örneğin
SALİSTONE-ARKAY-TUĞLA-BAKAR
(KONKRETELERİN SÜZGEÇİ)
örneğin

KAYRAK TAŞ-TUĞLA-HAÇ
örneğin
SALİSTONE-BAKAR
örneğin

KAYRAK TAŞ-TUĞLA
örneğin
SALİSTONE-BAKAR
örneğin

KAYRAK TAŞI
örneğin
SALİSTONE
örneğin

TUĞLA-HAÇ
örneğin
BAKAR-HAÇ
örneğin

MERMER-HAÇ
örneğin
MARMER-HAÇ
örneğin

AHŞAP
örneğin
TUĞLA
örneğin

KAPLAMA MALZEMELERİ COVERING MATERIALS

ÜST SIVA TABAKASI
örneğin
TOP PLASTER LAYER
örneğin

ALT SIVA TABAKASI
örneğin
UNDER PLASTER LAYER
örneğin

TEK SIVA TABAKASI
örneğin
SINGLE PLASTER LAYER
örneğin

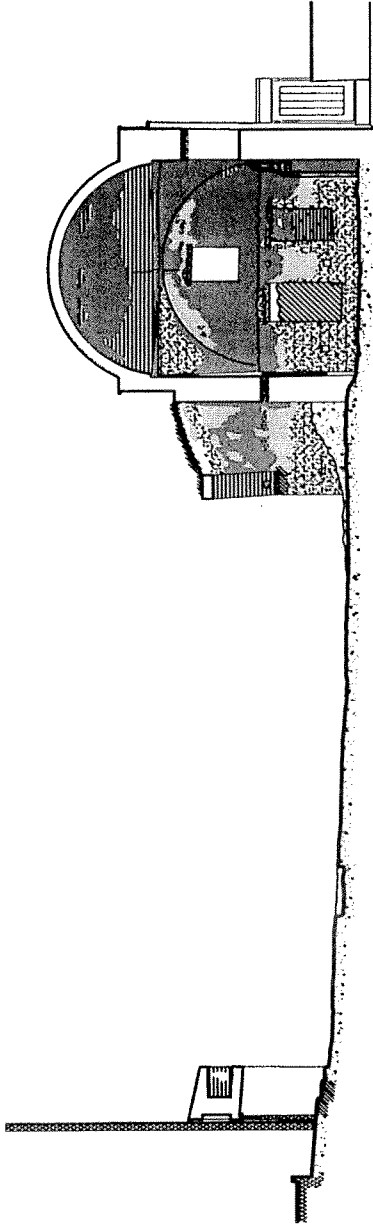
KİREMIT
örneğin
TILE
örneğin

KAYRAK TAŞI
örneğin
SALİSTONE
örneğin

TOPRAK
örneğin
EARTH
örneğin

BETON
örneğin
CONCRETE
örneğin

Şekil 12. Malzeme türlerinin analizi - B-B kesiti



C-C KESİTİ
SECTION C-C

MALZEME TÜRLERİNİN ANALİZİ ANALYSIS OF MATERIAL TYPES

STRÜKTÜREL ELEMANLARI OLUŞTURAN MALZEMELER MATERIALS FORMING STRUCTURAL ELEMENTS

KAYRAK TAŞ/TUĞLA-KİREMIT-HAĞÇ
(DERZLER MALZEME YÜZÜNDEN GÖRÜLÜR)
öğün
SLATES/STONE-BRICK/TILE-MORTAR
(JOINTS PROJECTED FROM SURFACE)
acma

KAYRAK TAŞ/TUĞLA-KİREMIT-HAĞÇ
(DERZLER MALZEME YÜZÜNDEN DİKKARDA)
öğün
SLATES/STONE-BRICK/TILE-MORTAR
(JOINTS PROJECTED FROM SURFACE)
acma

KAYRAK TAŞ/TUĞLA-HAĞÇ
öğün
SLATES/STONE-BRICK-MORTAR
acma

KAYRAK TAŞ/TUĞLA
öğün
SLATES/STONE-BRICK
acma

KAYRAK TAŞI
öğün
SLATES/STONE
acma

TUĞLA-HAĞÇ
öğün
BRICK-MORTAR
acma

MERKEZ HAĞÇ
öğün
MIDDLE-MORTAR
acma

AHŞAP
öğün
TRUSS
acma

KAPLAMA MALZEMELERİ COVERING MATERIALS

ÜST SIVA TABAKASI
öğün
TOP PLASTER LAYER
acma

AĞ SIVA TABAKASI
öğün
UNDER PLASTER LAYER
acma

TEK SIVA TABAKASI
öğün
SINGLE PLASTER LAYER
acma

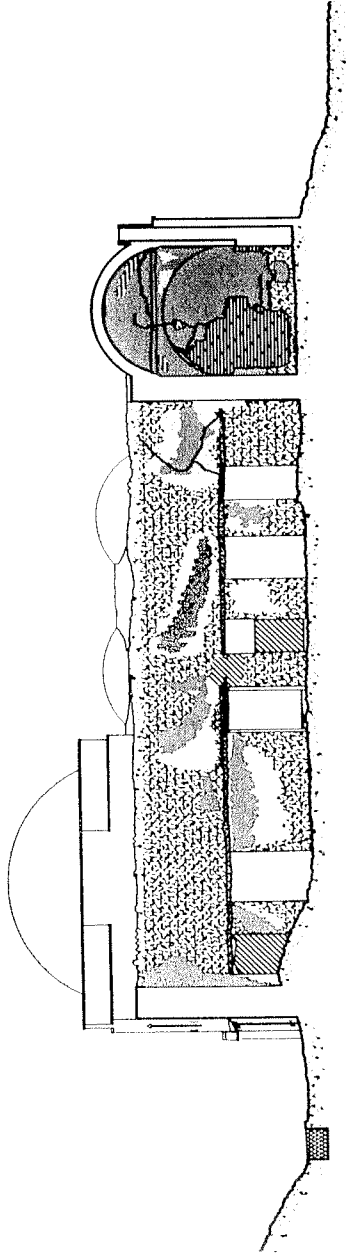
KÜREMLİT
öğün
TILE
acma

KAYRAK TAŞI
öğün
SLATES/STONE
acma

TOPRAK
öğün
EARTH
acma

BETON
öğün
CONCRETE
acma

Şekil 13. Malzeme türlerinin analizi - C-C kesiti



D-D KESİTİ
SECTION D-D

MALZEME TÜRLERİNİN ANALİZİ ANALYSIS OF MATERIAL TYPES

STRUKTÜREL ELEMANLARI OLUŞTURAN MALZEMELER

MATERIALS FORMING STRUCTURAL ELEMENTS

KAYRAK TAŞ-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ
QUEZELER MALZEME YÜZEYİNDEKİLERİ
Öğütü
SAYESİNE BEZELİ ANKARLI
KAYRAKTAŞ (KAYRAKTAŞ)
Öğütü

KAYRAK TAŞ-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ
İREZLER MALZEME YÜZEYİNDEKİLERİ
Öğütü
SAYESİNE BEZELİ ANKARLI
KAYRAKTAŞ (KAYRAKTAŞ)
Öğütü

KAYRAK TAŞ-TUĞLA-HARÇ
Öğütü
SAYESİNE BEZELİ ANKARLI
KAYRAKTAŞ (KAYRAKTAŞ)
Öğütü

KAYRAKTAŞ-TUĞLA
TUĞLA
SAYESİNE BEZELİ ANKARLI
KAYRAKTAŞ (KAYRAKTAŞ)
Öğütü

KAYRAKTAŞ
TUĞLA
SAYESİNE BEZELİ ANKARLI
KAYRAKTAŞ (KAYRAKTAŞ)
Öğütü

TUĞLA-HARÇ
Öğütü
SAYESİNE BEZELİ ANKARLI
KAYRAKTAŞ (KAYRAKTAŞ)
Öğütü

MERMER-HARÇ
Öğütü
SAYESİNE BEZELİ ANKARLI
KAYRAKTAŞ (KAYRAKTAŞ)
Öğütü

AHŞAP
Öğütü
TUĞLA
Öğütü

KAPLAMA MALZEMELERİ

COVERING MATERIALS

ÜST SİVA TABAKASI
Öğütü
TİPİKAL LİTE
YERİ

ALT SİVA TABAKASI
Öğütü
SAYESİNE BEZELİ ANKARLI
KAYRAKTAŞ (KAYRAKTAŞ)
Öğütü

TEK SİVA TABAKASI
Öğütü
SAYESİNE BEZELİ ANKARLI
KAYRAKTAŞ (KAYRAKTAŞ)
Öğütü

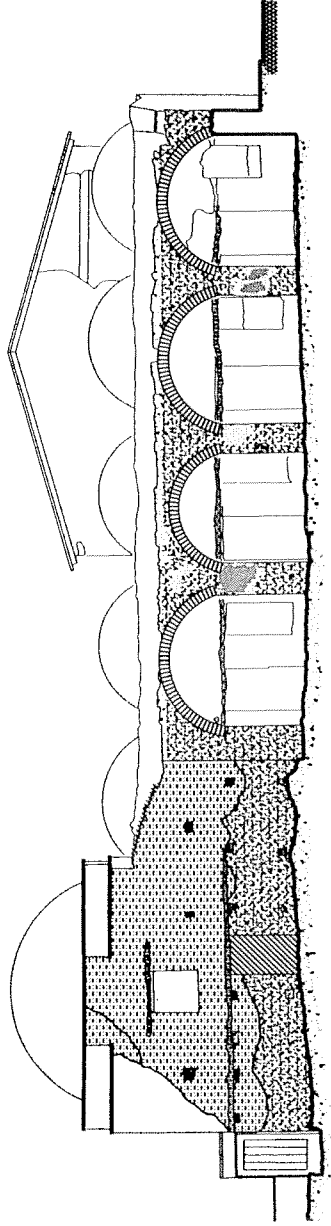
KİREMIT
Öğütü
TUĞLA
Öğütü

KAYRAKTAŞ
TUĞLA
SAYESİNE BEZELİ ANKARLI
KAYRAKTAŞ (KAYRAKTAŞ)
Öğütü

TUĞRAK
DÜZ
YERİ

BETON
Öğütü
CONCRETE
REINFORCED

Şekil 14. Malzeme türlerinin analizi - D-D kesiti



GÜNEYDOĞU CEPHESİ
SOUTH - EAST ELEVATION



MALZEME TÜRLERİNİN ANALİZİ ANALYSIS OF MATERIAL TYPES

STRÜKTÜREL ELEMANLARI OLUŞTURAN MALZEMELER

MATERIALS FORMING STRUCTURAL ELEMENTS

KAYIRAK TAŞI TUĞLA-KİREMIT-HARÇ
(DİZEKLER MALZEME YÜZÜNDEN GİRİŞE)
öğün
SLAYTONE-BROCK-TİLE-MORTAR
(POINTS PRODUCED FROM SURFACE)
arşın



KAYIRAK TAŞI TUĞLA-KİREMIT-HARÇ
(DİZEKLER MALZEME YÜZÜNDEN DAĞINDA)
öğün
SLAYTONE-BROCK-TİLE-MORTAR
arşın



KAYIRAK TAŞI TUĞLA-HARÇ
öğün
SLAYTONE-BROCK-MORTAR
arşın



KAYIRAK TAŞI TUĞLA
maddelik
SLAYTONE-BROCK
arşın



KAYIRAK TAŞI
maddelik
SLAYTONE
arşın



TUĞLA-HARÇ
öğün
BROCK-MORTAR
arşın



MERMER-HARÇ
öğün
MARBLE-MORTAR
arşın



AHŞAP
öğün
TÜKER
arşın



KAPLAMA MALZEMELERİ

COVERING MATERIALS

ÜST SIVA TABAKASI
öğün
TOP PLASTER LAYER
arşın



ALT SIVA TABAKASI
öğün
UNDER PLASTER LAYER
arşın



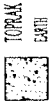
TEK SIVA TABAKASI
maddelik
SINGLE PLASTER LAYER
arşın



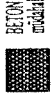
KİREMIT
öğün
TİLE
arşın



KAYIRAK TAŞI
maddelik
SLAYTONE
arşın

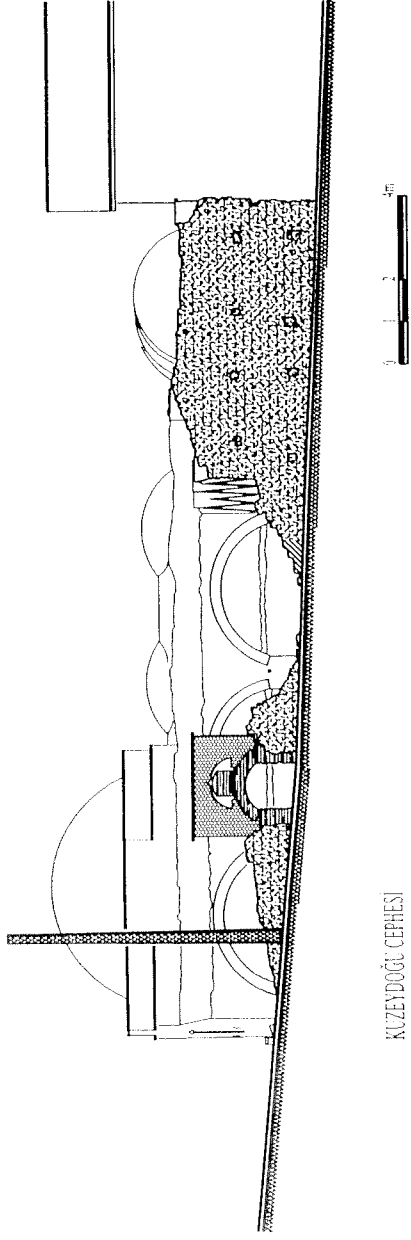


TOPRAK
EMTİ



BETON
maddelik
CONCRETE
arşın




































Şekil 15. Malzeme türlerinin analizi - Güneydoğu cephesi



KUZEYDOĞU ÇEPHESİ
NORTH ELEVATION

MALZEME TÜRLERİNİN ANALİZİ ANALYSIS OF MATERIAL TYPES

STRÜKTÜREL ELEMANLARI OLUŞTURAN MALZEMELER MATERIALS FORMING STRUCTURAL ELEMENTS

	KAYRAK TAN-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ BEZELER MALZEME YÜZÜNDEN GÖRÜLÜR öğün		KAYRAK TAN-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ BEZELER MALZEME YÜZÜNDEN GÖRÜLÜR öğün		KAYRAK TAN-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ BEZELER MALZEME YÜZÜNDEN GÖRÜLÜR öğün		KAYRAK TAN-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ BEZELER MALZEME YÜZÜNDEN GÖRÜLÜR öğün		KAYRAK TAN-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ BEZELER MALZEME YÜZÜNDEN GÖRÜLÜR öğün		MERMER-HARÇ öğün		AĞAÇ öğün
	SARAYIN İÇİNE KULLANILAN KAYRAK TAN-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ BEZELER MALZEME YÜZÜNDEN GÖRÜLÜR öğün		SARAYIN İÇİNE KULLANILAN KAYRAK TAN-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ BEZELER MALZEME YÜZÜNDEN GÖRÜLÜR öğün		SARAYIN İÇİNE KULLANILAN KAYRAK TAN-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ BEZELER MALZEME YÜZÜNDEN GÖRÜLÜR öğün		SARAYIN İÇİNE KULLANILAN KAYRAK TAN-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ BEZELER MALZEME YÜZÜNDEN GÖRÜLÜR öğün		SARAYIN İÇİNE KULLANILAN KAYRAK TAN-TUĞLA-KİREMIT-HARÇ BEZELER MALZEME YÜZÜNDEN GÖRÜLÜR öğün		MERMER-HARÇ öğün		AĞAÇ öğün
	ÜST SIVA TABAKASI öğün		ÜST SIVA TABAKASI öğün		ÜST SIVA TABAKASI öğün		ÜST SIVA TABAKASI öğün		ÜST SIVA TABAKASI öğün		MERMER-HARÇ öğün		AĞAÇ öğün
	TOPLAK öğün		TOPLAK öğün		TOPLAK öğün		TOPLAK öğün		TOPLAK öğün		MERMER-HARÇ öğün		AĞAÇ öğün
	BETON öğün		BETON öğün		BETON öğün		BETON öğün		BETON öğün		MERMER-HARÇ öğün		AĞAÇ öğün

Şekil 16. Malzeme türlerinin analizi -Kuzeydoğu cephesi

2.3. Malzeme Bozulmalarının Sınıflandırılması

Malzeme bozulmaları;

- Malzemede Kayıp
- Malzemede Ayrılma
 - . Kabarma (sıvada)
 - . Yapraklanma (taşta tabakalarda ayrılma, tuğlada geriye doğru oyularak tabakalanma)
 - . Tanelere ayrılma (harçlarda)
- Yüzey Birikintisi ve Renk Değişimi
 - . Siyah, yeşil, kahverengi kabuklaşma (taşta, sıvada)
 - . Grileşme, siyahlaşma (ahşapta)
 - . İs
 - . Bitki oluşumu

olarak gruplandırılmıştır (7, 18, 19, 22, 48, 49).

Malzemede kayıp; sıva, tuğla ve harcın bozularak yok olmasıdır. Malzemede ayrılma; sıvalarda kabarma, kayrak taşı tabakalarında ayrılma, tuğlada geriye doğru oyularak tabakalanma ve harçlarda tanelere ayrılma biçimindedir. Yüzey birikintisi ve renk değişimi; yağış ve güneşe açık olan yüzeylerde bitki oluşumu, kabuklaşma, güneşe açık ahşaplarda grileşme ve zaman içinde avluda ve ocaklarda yakılan ateş nedeniyle ahşapların islenmesidir. Bozulma yoğunluğu fazla olan bölgeler ve az olan bölgeler, sırasıyla I. derece bozulma ve II derece bozulma bölgeleri olarak isimlendirilmiştir. I. derece bozulma, zeminden ortalama bir metre yükseklikteki ve üst bölümlerdeki malzemelerde, II. derece bozulma bu iki bölge arasındaki malzemelerde gözlenmiştir.











Yapısal bozulmaların ve bozulma yoğunluklarının çizimler üzerinde gösterildiği grafik anlatımlar Tablo 2 de verilmiştir. Bozulmaların yapıdaki dağılımını gösteren çizimler (Şekil 17, 18, 19, 20, 21, 22) olarak hazırlanmıştır.

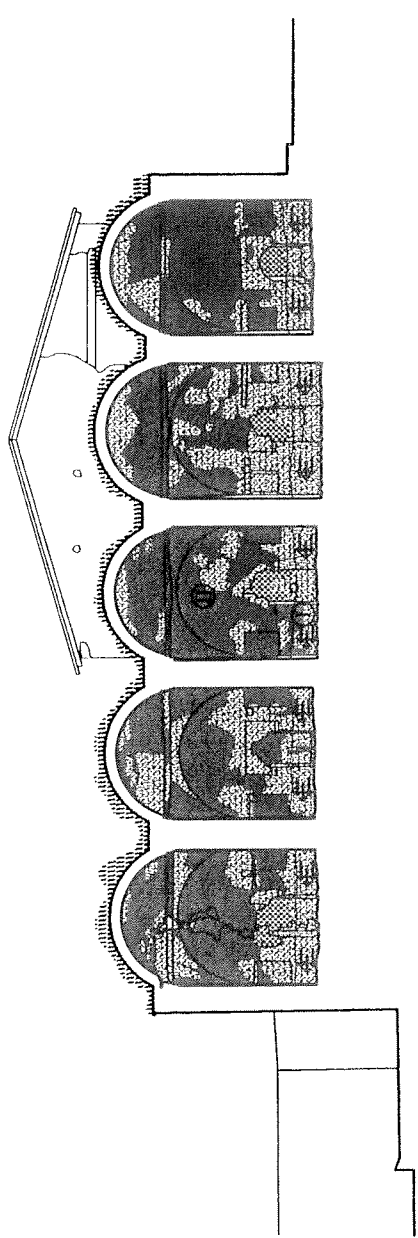
3. YAPIDA ORTAM SICAKLIĞI, YÜZEY SICAKLIĞI VE NİSBI NEM ÖLÇÜMLERİ

Yapıda 2001 yılında mikroklimatik çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapının içinde ve dışında ortam sıcaklığı, bağıl nem ve duvarlarda yüzey sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır (Şekil 23, 24). Yapının iç mekanlarında nisbi nem %58-62, sıcaklıklar ise 26-27°C arasında değişmektedir. Dış mekanda ise nisbi nem %40, sıcaklık 35°C' dir. Bu sonuçlardan yapının iç mekanlarında sıcaklığa bağlı olarak nemin daha fazla olduğu görülmektedir.

Yapının iç mekan duvarlarının 1m., 2.5m., ve 4 m. yüksekliklerinden yüzey sıcaklık ölçümleri alınmıştır. Yerden 1 m. yüksekliğe kadar olan duvarlarda yüzey sıcaklıkları 2.5m. ve 4m. yüksekliklerden daha düşük olduğu görülmüştür (Şekil 23, 24). Bu farklılığın yerden yükselen nemden kaynaklandığı söylenebilir. Yapıda bu bölgelerdeki malzemelerde gözlenen bozulmaların daha yoğun olması da bunu desteklemektedir.
















Tablo 2. Bozulma türlerinin sınıflandırılması ve derecelendirilmesi

BOZULMA TÜRLERİ	GÖSTERİM TEKNİĞİ
MALZEMEDE KAYIP	
TAŞ, TUĞLA, HARÇ VE / VEYA SIVADA KAYIP AHŞAPTA KAYIP	
MALZEMEDE AYRILMA	
SIVANIN KABARMASI	
YAPRAKLANMA (TAŞTA VE TUĞLADA)	
TANELERE AYRILMA (HARÇLARDA)	
RENK DEĞİŞİMİ VE YÜZEY BİRİKİNTİSİ	
SIYAH, YEŞİL VE KAHVERENGİ KABUKLAŞMA	
AHŞAPTA GRİLEŞME	
İS	
BİTKİ OLUŞUMU	
BOZULMALARIN DERECELENDİRİLMESİ	
1. DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN FAZLA OLDUĞU BÖLGE	
2. DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN AZ OLDUĞU BÖLGE	

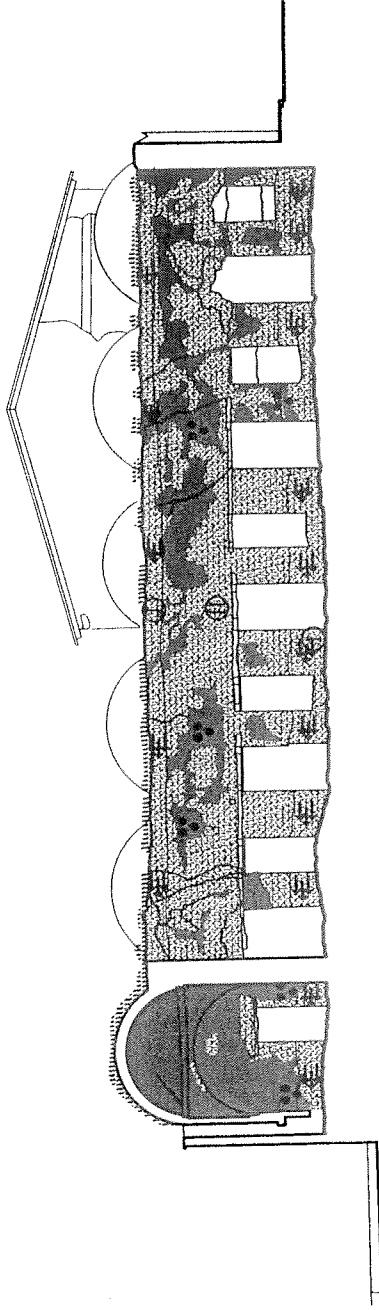


A-A KESİTİ
SECTION A-A

BOZULMA TÜRLERİNİN ANALİZİ ANALYSIS OF MATERIAL DECAY

 MALZEMEDE KAYIP LOSS OF MATERIAL	 MALZEMEDE AYRILMA DETACHMENT OF MATERIAL	 RENK DEĞİŞİMİ VE YÜZEY BİRİKİNTİSİ DISCOLORATION AND DEPOSIT	 BOZULMALARIN DERECELENDİRİLMESİ DEGREE OF MATERIAL DECAY
 TAŞ, TUĞLA, HARÇ VE/VEYA SIVADA KAYIP AŞAĞIYA KAYIP LOSS OF STONE, BRICK, MORTAR AND/OR PLASTER LOSS OF TIMBER	 SIVANIN KABARMASI DETACHMENT OF PLASTER	 SIYAH, YEŞİL VE KAHVERENGİ KABUKLAŞMA BLACK, YELLOW AND BROWN CRUST	 I. DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN FAZLA OLDUĞU BÖLGE SEVERE DAMAGE
	 YAPRAKLANMA (TAŞTA VE TUĞLADA) SPALLING	 AHAŞTA GRİLEŞME GRAYING OF TIMBER	 II. DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN AZ OLDUĞU BÖLGE MODERATE DAMAGE
	 TANELERE AYRILMA (HARÇLARDA) GRAINULAR DISINTEGRATION (MORTARS)	 IS SOOT	
		 BITKİ OLUŞUMU PLANTING	

Şekil 17. Bozulma türlerinin analizi - A-A kesiti

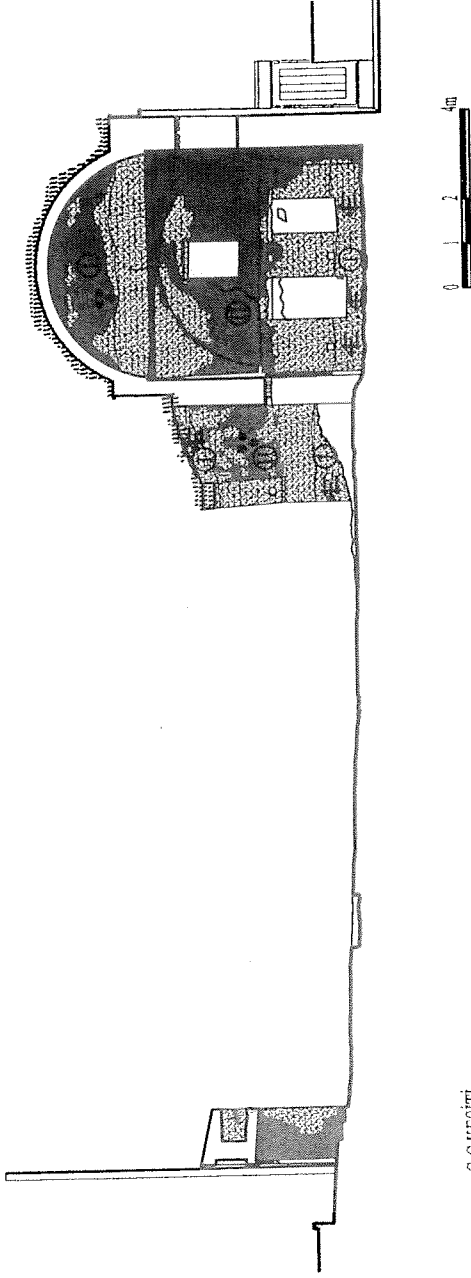


B-B KESİTİ
SECTION B-B

BOZULMA TÜRLERİNİN ANALİZİ
ANALYSIS OF MATERIAL DECAY















MALZEMEDE KAYIP LOSS OF MATERIAL	MALZEMEDE AYRILMA DETACHMENT OF MATERIAL	RENK DEĞİŞİMİ VE YÜZEY BİRİKİNTİSİ DISCOLORATION AND DEPOSIT	BOZULMALARIN DERECELENDİRİLMESİ DEGREE OF MATERIAL DECAY
TAŞ, TUĞLA, HARÇ VE/VEYA SIVADA KAYIP AHSAPTA KAYIP LOSS OF STONE, BRICK, MORTAR AND/OR PLASTER LOSS OF TIMBER	SIVANIN KABARMASI DETACHMENT OF PLASTER	SIYAH, YEŞİL VE KAHVERENGİ KABUKLAŞMA BLACK, YELLOW AND BROWN CRUST	I. DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN FAZLA OLDUĞU BÖLGE SEVERE DAMAGE
	YAPRAKLANMA (TAŞTA VE TUĞLADA) SPALLING	AHSAPTA GRİLEŞME GRAYING OF TIMBER	II. DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN AZ OLDUĞU BÖLGE MODERATE DAMAGE
	TANELERE AYRILMA (HARÇLARDA) GRANULAR DİSİTEGRATION (MORTARS)	İS SOOT	
		BİTKİ OLUŞUMU PLANTING	

Şekil 18. Bozulma türlerinin analizi - B-B kesiti

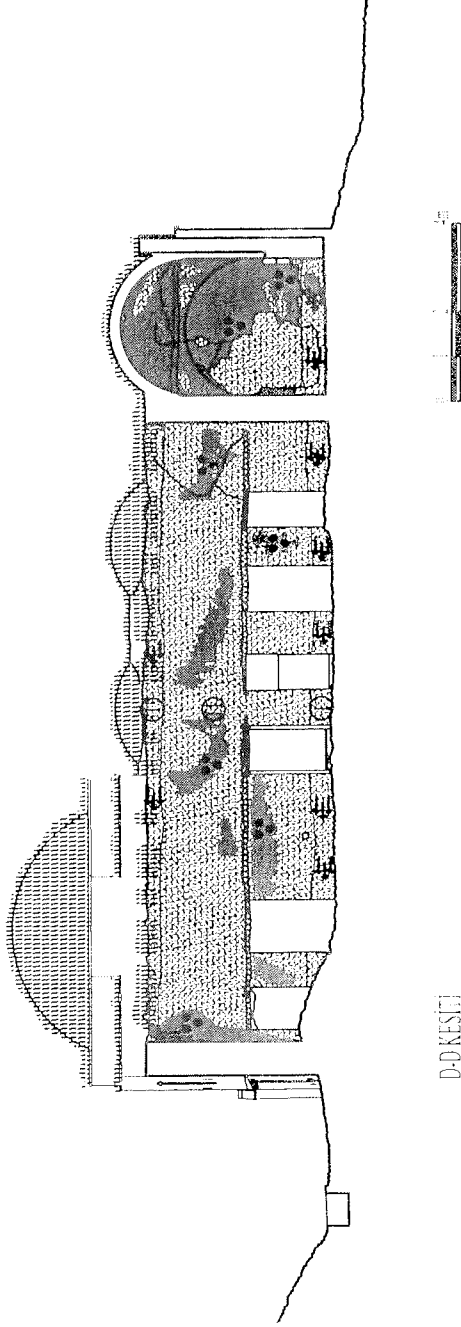


C-C KESİTİ
SECTION C-C

BOZULMA TÜRLERİNİN ANALİZİ
ANALYSIS OF MATERIAL DECAY

 MALZEMEDE KAYIP LOSS OF MATERIAL	 MALZEMEDE AYRILMA DETACHMENT OF MATERIAL	 RENK DEĞİŞİMİ VE YÜZEY BİRİKİNTİSİ DISCOLORATION AND DEPOSIT	 BOZULMALARIN DERECELENDİRİLMESİ DEGREE OF MATERIAL DECAY
 TAŞ, TUĞLA, HARÇ VE/VEYA SIVADA KAYIP AHSAPTA KAYIP LOSS OF STONE, BRICK, MORTAR AND/OR PLASTER LOSS OF TIMBER	 SIVANIN KABARMASI DETACHMENT OF PLASTER	 SIYAH, YESİL VE KAHYERENGİ KABUKLAŞMA BLACK, YELLOW AND BROWN CRUST	 I. DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN FAZLA OLDUĞU BÖLGE SEVERE DAMAGE
 YAPRAKLANMA (TAŞTA VE TUĞLADA) SPALLING	 AHSAPTA GRİLEŞME GRAYING OF TIMBER	 İS SOOT	 II. DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN AZ OLDUĞU BÖLGE MODERATE DAMAGE
 TANELERE AYRILMA (HARÇLARDA) GRANULAR DISINTEGRATION (MORTARS)	 BİTKİ OLUŞUMU PLANTING		

Şekil 19. Bozulma türlerinin analizi - C-C kesiti

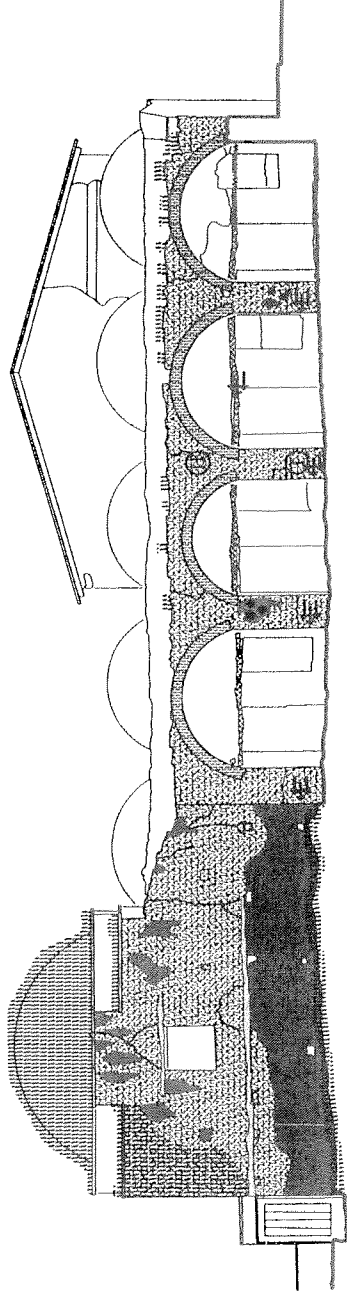


D-D KESİTİ
SECTION D-D

BOZULMA TÜRLERİNİN ANALİZİ ANALYSIS OF MATERIAL DECAY

MALZEMEDE KAYIP LOSS OF MATERIAL	MALZEMEDE AYRILMA DETACHMENT OF MATERIAL	RENK DEĞİŞİMİ VE YÜZEY BİRKİNTİSİ DISCOLORATION AND BIRKINTI	BOZULMALARIN DERECELENDİRİLMESİ DEGREE OF MATERIAL DECAY
TAS, TUĞLA, BRÜÇ VE VİYA SIVADAKİ KAYIP AKIŞTIRMA KAYIP LOSS OF STONE BRICK, MORTAR AND ORNAMENTS LOSS OF PLASTER	SIVANIN KALDIRILMASI REMOVAL OF PLASTER	SİYAH, YEŞİL VE KAHVERENGİ KABUKLAŞMA BEKLENMEYEN BİR DURUM BLACK, YELLOW AND BROWN CRUST UNEXPECTED SITUATION	I 1 DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN FAZLA OLDUĞU BÖLGE SEVERE DAMAGE
TAŞ, TUĞLA, BRÜÇ VE VİYA SIVADAKİ KAYIP AKIŞTIRMA KAYIP LOSS OF STONE BRICK, MORTAR AND ORNAMENTS LOSS OF PLASTER	YAPRAKLANMA (TAŞTA VE TUĞLADA) SPALLING	AHŞAPTA ÇÜRESME CRACKING OF TIMBER	II 2 DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN AZ OLDUĞU BÖLGE MODERATE DAMAGE
TANLARA AYRILMA (HARÇLARDA) CRACKING OF MORTAR (MORTARS)	BETONUN ÇÜRESME CRACKING	IS SIFIR	
		BETONUN ÇÜRESME CRACKING	

Şekil 20. Bozulma türlerinin analizi - D-D kesiti



GÜNEYDOĞU CEPHESİ
SOUTH - EAST ELEVATION



BOZULMA TÜRLERİNİN ANALİZİ ANALYSIS OF MATERIAL DECAY

MALZEMEDE KAYIP
LOSS OF MATERIAL



TAŞ, TUĞLA, HARÇ VE / VYA SIVADA KAYIP
AHSAPTA KAYIP
LOSS OF STONE, BRICK, MORTAR AND / OR PLASTER
LOSS OF TIMBER

TAŞ, TUĞLA, HARÇ VE / VYA SIVADA KAYIP
AHSAPTA KAYIP
LOSS OF STONE, BRICK, MORTAR AND / OR PLASTER
LOSS OF TIMBER

MALZEMEDE AYRILMA
DETACHMENT OF MATERIAL



SIVANIN KABARMASI
DETACHMENT OF PLASTER



YAPRAKLANMA (TAŞTA VE TUĞLADA)
SPALLING



TANELERE AYRILMA (HARÇLARDA)
GRANULAR DISINTEGRATION (MORTARS)

RENK DEĞİŞİMİ VE YÜZEY BİRİKİNTİSİ
DISCOLORATION AND DEPOSIT



SIYAH, YESİL VE KAHVERENGİ KABUKLAŞMA
BLACK, YELLOW AND BROWN CRUST



AHSAPTA GRİLEŞME
GRAYING OF TIMBER



İS
SOOT



BITKİ OLUŞUMU
FLANTING

BOZULMALARIN DERECELENDİRİLMESİ
DEGREE OF MATERIAL DECAY

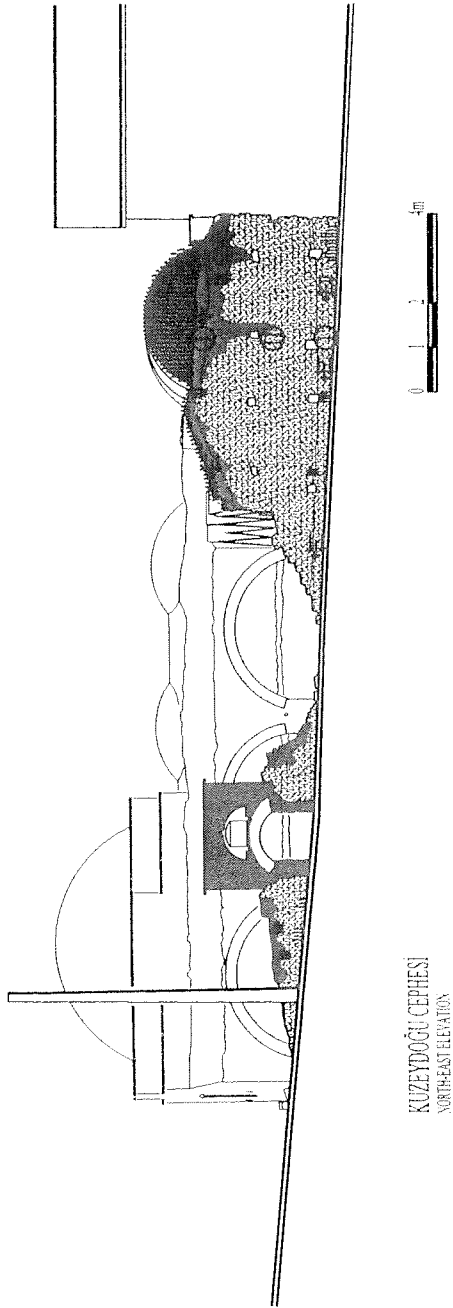


1. DERECE BOZULMALAR
BOZULMALARIN FAZLA OLDUĞU BÖLGE
SEVERE DAMAGE



2. DERECE BOZULMALAR
BOZULMALARIN AZ OLDUĞU BÖLGE
MODERATE DAMAGE

Şekil 21. Bozulma türlerinin analizi - Güneydoğu cephesi



KUZUYDOĞU CEPHESİ
NORtheast HEVIATION

BOZULMA TÜRLERİNİN ANALİZİ ANALYSIS OF MATERIAL DECAY

MALZEMEDE KAYIP LOSS OF MATERIAL	TAŞ, TUĞLA, HARÇ VE MEVA SIVADA KAYIP AHSAPTA KAYIP LOSS OF STONE, BRICK, MORTAR AND/OR PLASTER LOSS OF TIMBER	MALZEMEDE AYRILMA DETACHMENT OF MATERIAL	SIVANIN KABARMASI DETACHMENT OF PLASTER	RENK DEĞİŞİMİ VE YÜZEY BİRİKİNTİSİ DISCOLORATION AND DEPOSIT	BOZULMALARIN DERECELENDİRİLMESİ DEGREE OF MATERIAL DECAY
		YAPRAKLANMA (TAŞTA VE TUĞLADA) SPALLING	YAPRAKLANMA (TAŞTA VE TUĞLADA) SPALLING	SİYAH, YEŞİL VE KAHVERENGİ KABUKLAŞMA BLACK, YELLOW AND BROWN CRUST	I 1. DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN FAZLA OLDUĞU BÖLGE SEVERE DAMAGE
		TANELERE AYRILMA (HARÇLARDA) GRAIN DISINTEGRATION (MORTARS)	TANELERE AYRILMA (HARÇLARDA) GRAIN DISINTEGRATION (MORTARS)	AHSAPTA ÇRİLEŞME CRACKING OF TIMBER	II 2. DERECE BOZULMALAR BOZULMALARIN AZ OLDUĞU BÖLGE MODERATE DAMAGE
				İS SOOT	
				BİTKİ OLUŞUMU PLANTING	

Şekil 22. Bozulma türlerinin analizi - Kuzeydoğu cephesi

SICAKLIK VE NEM ÖLÇÜMLERİ
MEASUREMENTS OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY

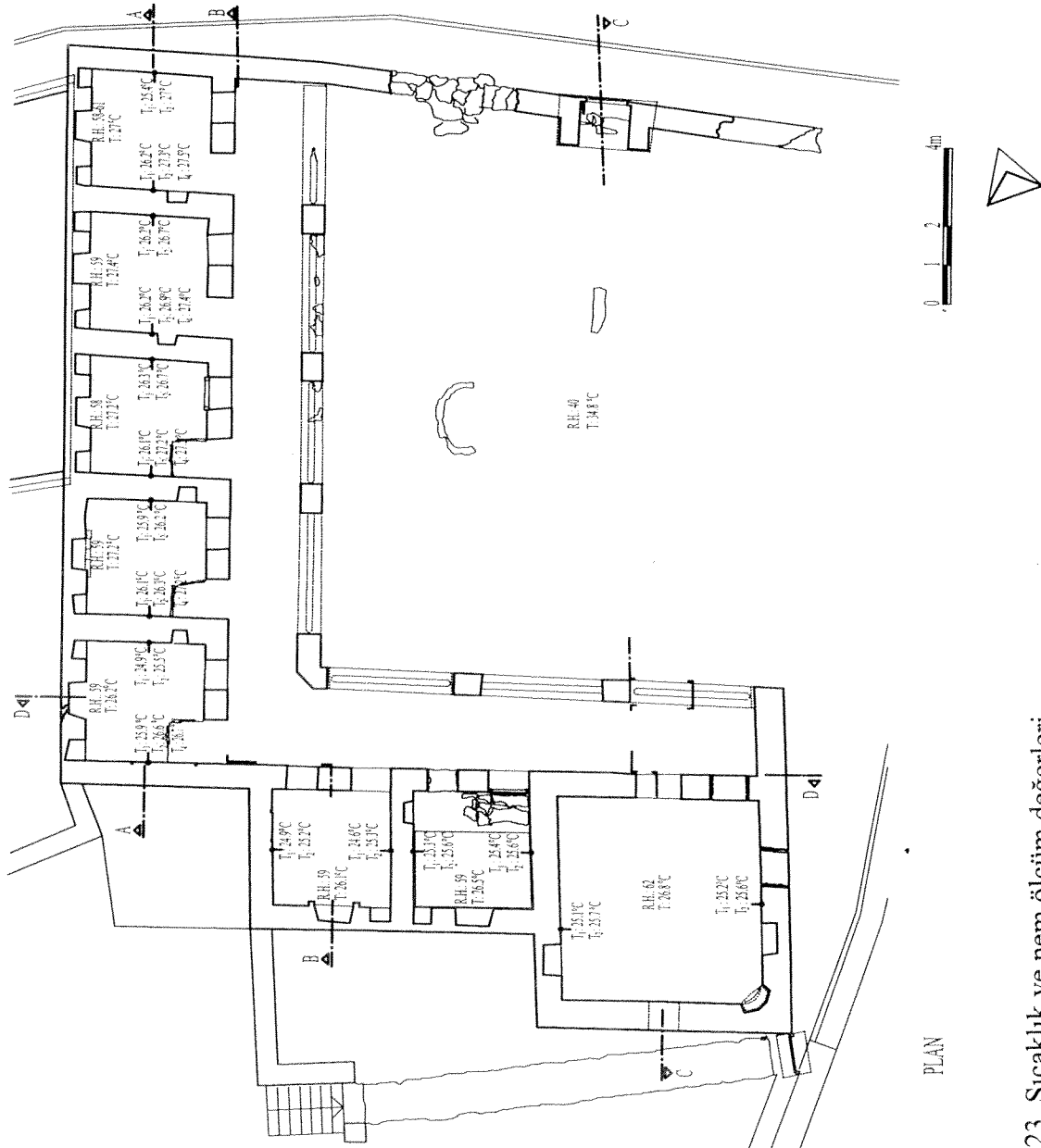
R.H.: NEM
RELATIVE HUMIDITY

T: ODA SICAKLIĞI
ROOM TEMPERATURE

T₁: 1 m YÜKSEKLİKTE SICAKLIK
TEMPERATURE AT THE HEIGHT OF 1m

T₂: 2,5m YÜKSEKLİKTE SICAKLIK
TEMPERATURE AT THE HEIGHT OF 2.5m

T₄: 4m YÜKSEKLİKTE SICAKLIK
TEMPERATURE AT THE HEIGHT OF 4m



PLAN

Şekil 23. Sıcaklık ve nem ölçüm değerleri

SICAKLIK VE NEM ÖLÇÜMLERİ
MEASUREMENTS OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY

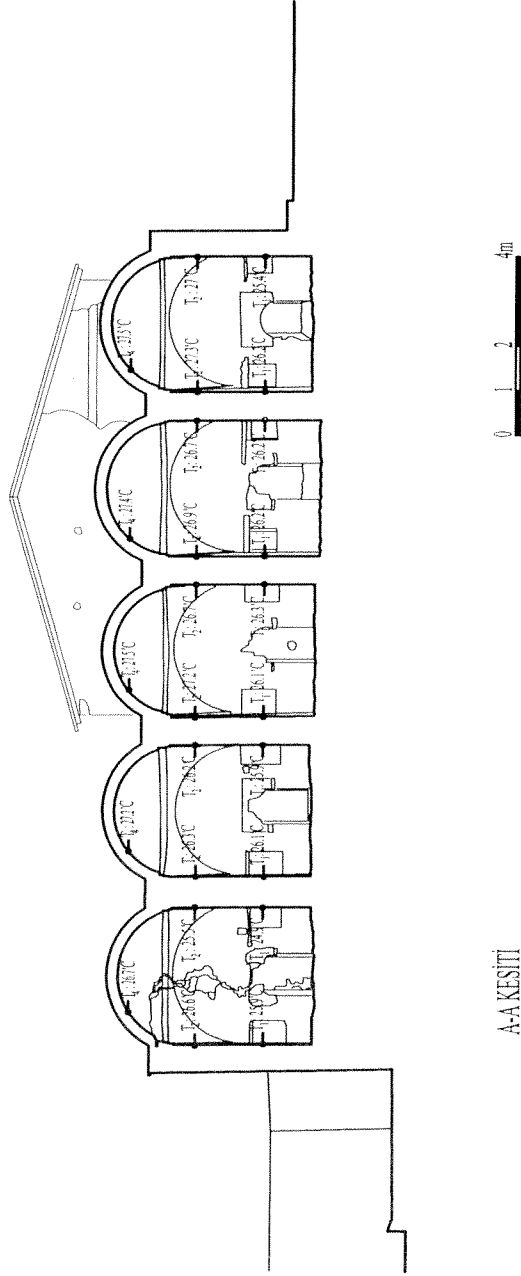
R.H.: NEM
RELATIVE HUMIDITY

T: ODA SICAKLIĞI
ROOM TEMPERATURE

T₁: 1 m YÜKSEKLİKTE SICAKLIK
TEMPERATURE AT THE HEIGHT OF 1m

T₂: 2,5m YÜKSEKLİKTE SICAKLIK
TEMPERATURE AT THE HEIGHT OF 2,5m

T₄: 4m YÜKSEKLİKTE SICAKLIK
TEMPERATURE AT THE HEIGHT OF 4m



Şekil 24. Sıcaklık ve nem ölçüm değerleri

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Malzeme Örneklerinin Tanımı

Yapının dış, iç yüzeylerinden ve üst örtüsünden taş, tuğla, harç ve sıva örnekleri toplanmıştır. Örneklerin alındıkları yerler Şekil 25, 26, 27, 28, 29 da gösterilmektedir. Bu örneklerin cinsi harf ile, örneğin taş (T), tuğla (Tu), harç (H), sıva (S), yapıdaki yeri revak (R), kemer (K), üst örtü (Ö), duvar (D) ile; örnek numarası ise sayı ile (1,2) belirtilmiştir. Sıva örnekleri katmanlarına göre dıştan içe; üst (Ü) ve alt (A) ile kodlandırılmışlardır. Her örnekten iki analiz yapılmış ve ortalama değerleri alınmıştır. Bunlar (1), (2) ve (ort.) ile belirtilmiştir.

Taş örnekleri:

- **T.R.1** : Yerden 2m. yükseklikte bozulmaların daha az gözlendiği güneydoğu revak avlu cephesinden alınan örnek.
- **T.R.2** : Yerden 1m. yükseklikte bozulmaların daha fazla gözlendiği güneydoğu revak avlu cephesinden alınan örnek.

Tuğla örnekleri:

- **Tu.D.1** : 1 No.lu mekandan içte bozulmaların daha fazla gözlendiği güneydoğu duvardan alınan örnek.
- **Tu.R.2** : Yerden 1m. yükseklikte bozulmaların daha fazla gözlendiği güneydoğu revak avlu cephesinden alınan örnek.
- **Tu.K.3** : Bozulmaların daha az gözlendiği güneydoğu revak kemerinden alınan örnek.
- **Tu.Ö.4** : Bozulmaların daha az gözlendiği dışta kubbeden alınan örnek.
- **Tu.Ö.5** : Bozulmaların daha az gözlendiği dışta kubbe eteğinden alınan örnek.

Harç örnekleri:

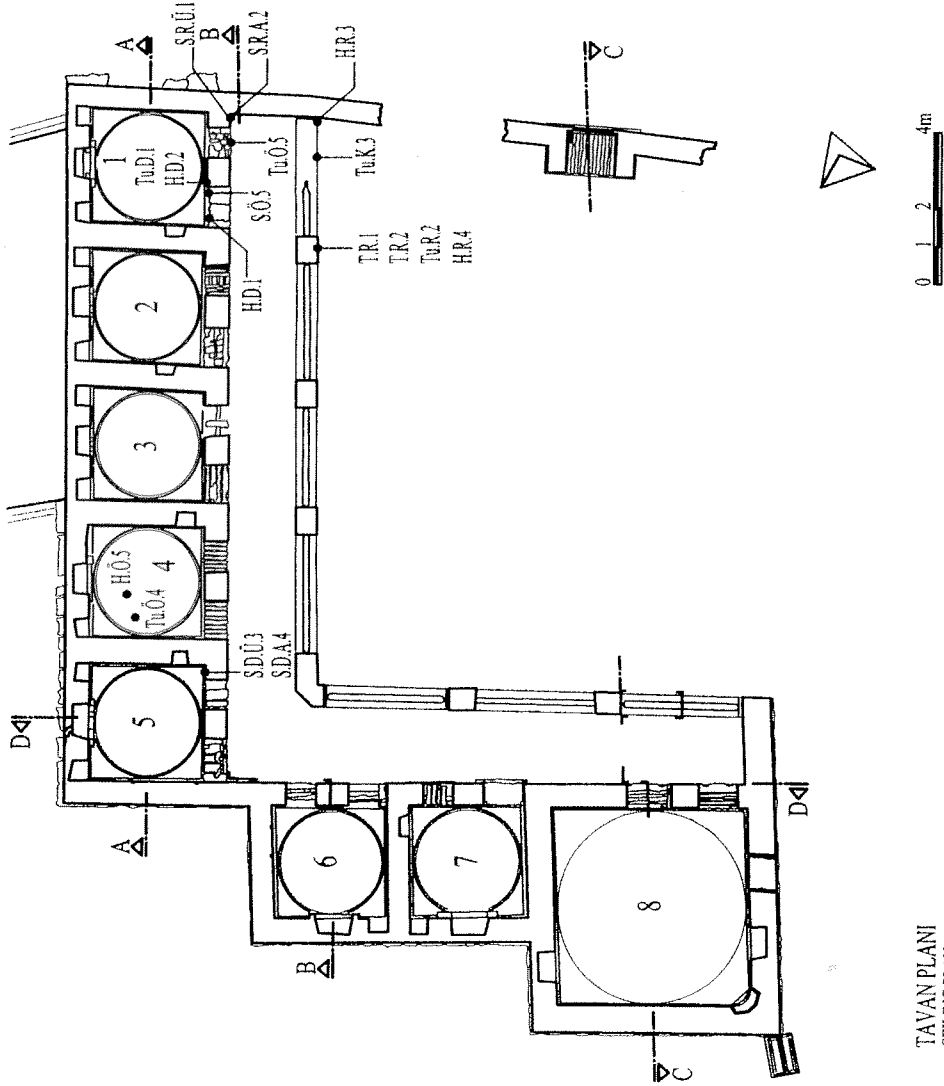
- **H.D.1** : 1 No.lu mekandan içte yerden 2 m. yükseklikten bozulmaların daha az gözlendiği güneydoğu duvardan taş-taş arası alınan örnek.
- **H.D.2** : 1 No.lu mekandan içte yerden 1 m. yükseklikten bozulmaların daha fazla gözlendiği güneydoğu duvardan taş-taş arası alınan örnek.
- **H.R.3** : Yerden 2 m. yükseklikten bozulmaların daha az gözlendiği güneydoğu revak avlu cephesinden tuğla-tuğla arası alınan örnek.
- **H.R.4** : Yerden 1 m. yükseklikten bozulmaların daha fazla gözlendiği güneydoğu revak avlu cephesinden tuğla-tuğla arası alınan örnek.
- **H.Ö.5** : Bozulmaların daha az gözlendiği dışta kubbeden tuğla-tuğla arası alınan örnek.

Sıva örnekleri:

- **S.R.Ü.1** : Yerden 2 m. yükseklikten bozulmaların daha az gözlendiği güneydoğu cepheden üst sıva tabakasından alınan örnek.
- **S.R.A.2** : Yerden 2m. yükseklikten bozulmaların daha az gözlendiği güneydoğu cepheden alt sıva tabakasından alınan örnek.
- **S.D.Ü.3** : 5 No.lu mekandan içte yerden 2 m. yükseklikten bozulmaların daha az gözlendiği güneydoğu duvarda üst sıva tabakasından alınan örnek.
- **S.D.A.4** : 5 No.lu mekandan içte yerden 2 m. yükseklikten bozulmaların daha az gözlendiği güneydoğu duvarda alt sıva tabakasından alınan örnek.
- **S.Ö.5** : Bozulmaların daha az gözlendiği dışta kubbe eteğinden alınan örnek

MALZEME ÖRNEKLERİNİN ALINDIĞI YERLER

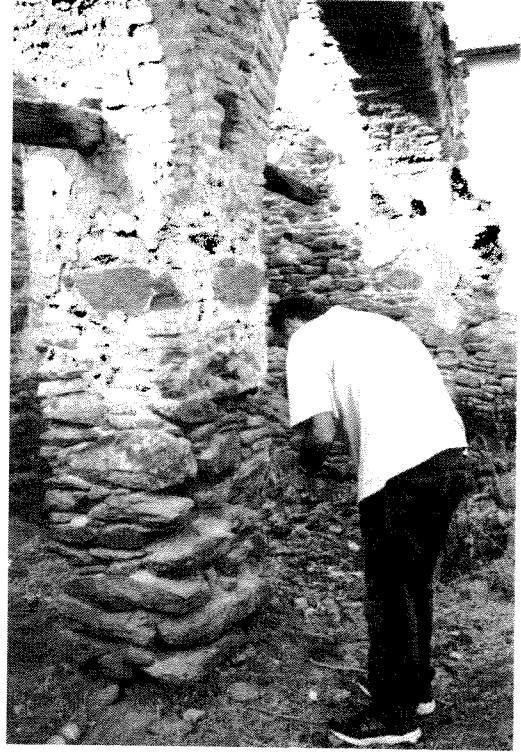
TR.1 :	Güneydoğu revak avlu cephesinden 2m yükseklikten Taş	SR.Ü.1 :	Güneydoğu cephesinden 2m yükseklikten Üst sıva tabakası
TR.2 :	Güneydoğu revak avlu cephesinden 1m yükseklikten Taş	SR.A.2 :	Güneydoğu cephesinden 2m yükseklikten Alt sıva tabakası
Tu.D.1 :	1 No' lu mekandan Güneydoğu duvardan Tuğla	SD.Ü.3 :	5 No' lu mekandan Güneydoğu duvardan 2m yükseklikten Üst sıva tabakası
Tu.R.2 :	Güneydoğu revak avlu cephesinden 1m yükseklikten Tuğla	SD.A.4 :	5 No' lu mekandan Güneydoğu duvardan 2m yükseklikten Alt sıva tabakası
Tu.K.3 :	Güneydoğu revak kemerinden Tuğla	SD.Ö.5 :	Dışta kubbe eğiminden Sıva
Tu.Ö.4 :	Dışta kubbeden Tuğla		
Tu.Ö.5 :	Dışta kubbe eğiminden Tuğla		
HD.1 :	1 No' lu mekandan Güneydoğu duvardan 2m yükseklikten Taş-taş arası harç		
HD.2 :	1 No' lu mekandan Güneydoğu duvardan 1m yükseklikten Taş-taş arası harç		
HR.3 :	Güneydoğu revak avlu cephesinden 2m yükseklikten Tuğla-tuğla arası harç		
HR.4 :	Güneydoğu revak avlu cephesinden 1m yükseklikten Tuğla-tuğla arası harç		
H.Ö.5 :	Dışta kubbeden Tuğla-tuğla arası harç		



Şekil 25. Malzeme örneklerinin alındığı yerler



Şekil 26. Güneydoğu revak avlu cephesinde örnek alınan bölüm (T.R.1, H.R.3)



Şekil 27. Güneydoğu revak avlu cephesinde örnek alınan bölüm (T.R.2, Tu.R.2, H.R.4)



Şekil 28. 1 No.lu mekanda örnek alınan bölüm (Tu.D.1, H.D.2)



Şekil 29. 5 No.lu mekanda örnek alınan bölüm (S.D.Ü.3, S.D.A.4)

4.2. Temel Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Toplanan taş, tuğla, harç ve sıva örneklerinin, yoğunlukları ve gözeneklilikleri standart testler kullanılarak tesbit edilmiştir (RILEM 1980, TS 699). Örnekler, düşük sıcaklıkta (40°C) kurutulduktan sonra hassas terazide (AND HF-3000G) tartılmış, daha sonra vakum altında suya doygun hale getirilmişlerdir. Bu işlem Vakumlu Etüv (Lab-Line 3608-6CE) kullanılarak yapılmıştır. Su içindeki ağırlıkları (arşimed ağırlığı) hassas terazi kullanılarak belirlenmiştir.

4.3. Malzemelerde Bulunan Çözünen Tuz Oranlarının Belirlenmesi

Örnekler içindeki % çözünen tuzlar, iletkenlik cihazı (WTW MultiLine P3 pH/LF) kullanılarak belirlenmiştir. Bu analizler için 1gr. örnek toz haline getirildikten sonra, 50 ml. saf suyla karıştırılarak tuzların çözeltiye geçmesi sağlanmıştır. Bu çözelti süzöldükten sonra iletkenlik cihazı kullanılarak iletkenlik ölçülmüştür (8). Ölçülen bu değerlerde, örneklerde % tuz miktarı aşağıdaki formül kullanılarak tesbit edilmiştir.

$$\% \text{ tuz} = [A \times V_{\text{çöz.}}(\text{ml}) / 1000] \times [100 / \text{örnek ağırlığı (mg)}]$$

A= 640 x iletkenlik (ölçülen değer)

A= tuz konsantrasyonu mg/lt 640 = çevrim faktörü

iletkenlik = mS/cm = mmho/cm

% tuz oranı belirlendikten sonra, çözeltilerde bulunan anyonlar; sülfat (SO₄)⁻², klorür (Cl)⁻, nitrat (NO₃)⁻, karbonat (CO₃)⁻², fosfat (PO₄)⁻³ iyonları spot testlerle belirlenmiştir (4, 8).

4.4. Harçlarda ve Sıvalarda Bağlayıcı - Agregata Oranları ve Agregata Büyüklüklerinin Dağılımı

Bağlayıcı ve agregata oranları bağlayıcı olarak kullanılan karbonatlaşmış kirecin (CaCO₃) agregatardan seyreltik hidroklorik asitte (%5) çözülerek ayrılması ile tayin edilmiştir (37). Asitte çözülmeyen agregatlar, çözülen kısımdan filtre kağıdından süzülerek ayrılmış, saf su ile yıkayıp, kurutulduktan sonra tartılmıştır. Daha sonra bu agregatlar, elek çalkalama cihazı (Retsch AS200) kullanılarak, <53, 53, 125, 250, 500, ≥1180 mikron çaplı eleklerden (Retsch marka) geçirilerek parçacık büyüklüklerine göre ayrılmış ve tartılmışlardır.

4.4.1. Agregatların Puzolanlık Özellikleri

Harçların içinden ayrılan 53 mikron altındaki agregatların puzolanik aktiviteleri doygun kalsiyum hidroksit ile oluşturdukları reaksiyon sonucu gözlenen elektrik iletkenliği değişimlerinin ölçülmesi ile belirlenmiştir (36).

4.5. Malzemelerin Mineralojik, Yapısal ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Malzemelerin mineralojik yapıları Philips X-Pert Pro X Işınları Kırınım (XRD) cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Malzemelerin yapısal özellikleri ve yüzde elemental kompozisyonları EDS ünitesi Philips XL30-SFEG Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak belirlenmiştir.

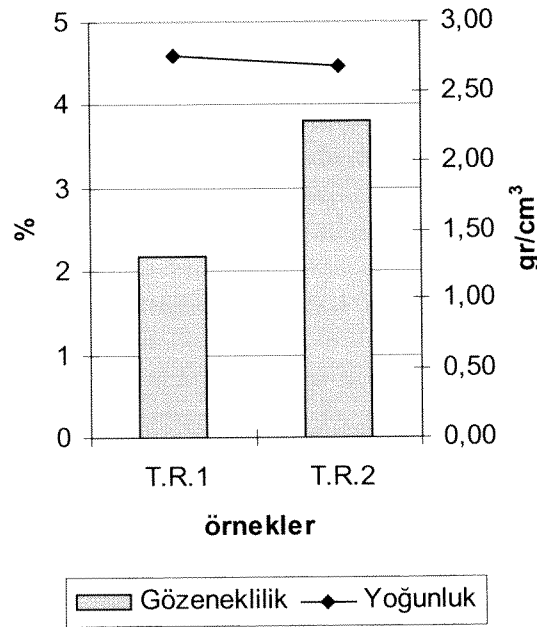
5. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

5.1. Temel Fiziksel Özellikler

Fiziksel özellikler; bozulmamış ve bozulmuş taş, tuğla, harç ve sıva örneklerinde yoğunluk ve toplam gözeneklilik olarak belirlenmiş, bozulma durumları ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

5.1.1. Taş Örnekler

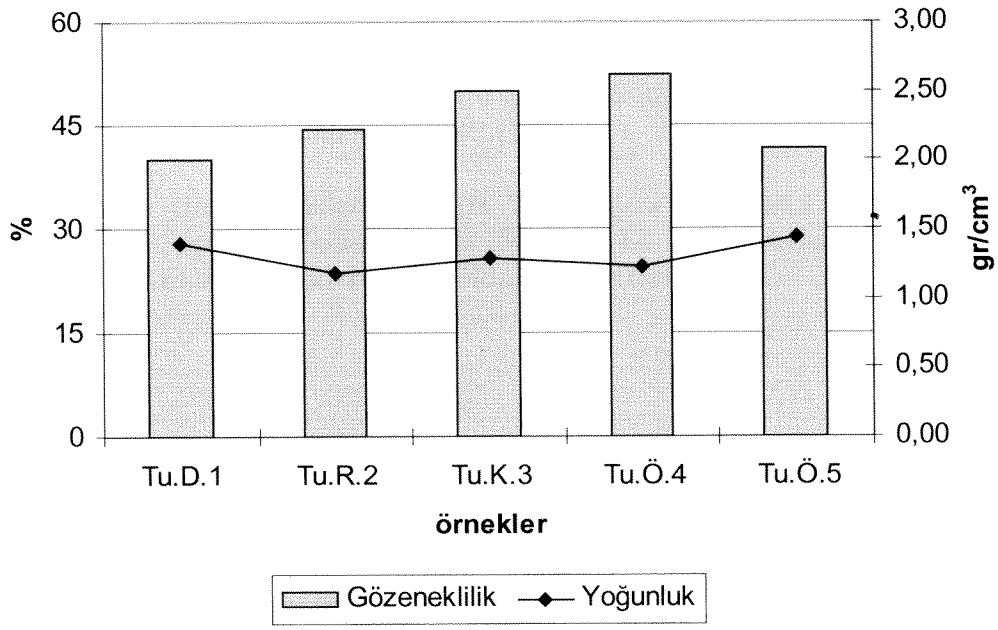
Yapıda bozulmaların daha fazla gözlemlendiği kısımlardan toplanan taş örneklerin (T.R.2) gözenekliliğinin, bozulmaların daha az gözlemlendiği bölgelerden toplanan örneklerden (T.R.1) daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu örneklerin yoğunlukları da bozulmanın daha az gözlemlendiği örneklerden daha düşüktür (Şekil 30, Ek Tablo 1). Bu sonuçlar, yerden bir metre yükseklikteki taş örneklerdeki bozulmaların yoğun olduğunu göstermektedir. Bu bozulmaların kaynağını yerden yükselen nemin oluşturduğu söylenebilir. Yerden iki metre yükseklikteki taş örneklerin gözeneklilik değerlerinin daha düşük olması bunu desteklemektedir.



Şekil 30. Taş örneklerin ağırlıkça % gözeneklilikleri ve yoğunlukları

5.1.2. Tuğla Örnekler

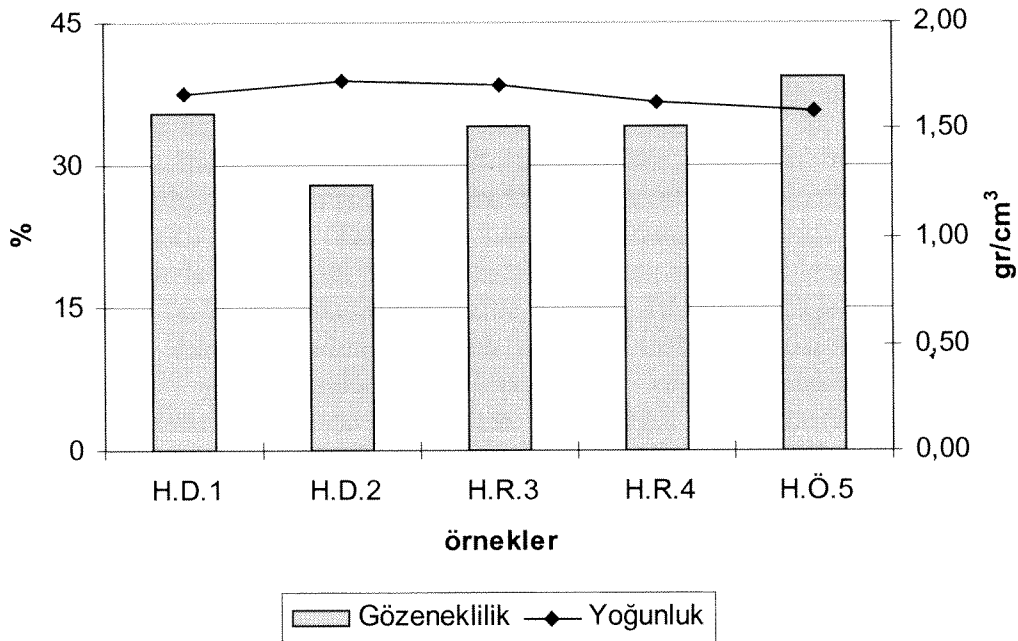
Tuğla örneklerin yoğunlukları 2.0 gr/cm^3 ile 2.5 gr/cm^3 arasında, gözeneklilikleri ise %40 ile %50 arasında değişmektedir (Şekil 31, Ek Tablo 1). Gözeneklilik ve yoğunluk değerlerindeki bu farklılıklar, taşlarda olduğu gibi tuğlaların bozulma durumları hakkında bir bilgi vermemektedir. Bu değerlerdeki farklılığın nedeni tuğlaların yapım sürecinde homojen malzemelerin kullanılmaması ve pişirilme sıcaklıklarının farklı olmasından kaynaklanabilir (17). Tuğlaların bozulmuşluklarına ait bilgi, içerdikleri % tuz miktarlarının karşılaştırılmasıyla elde edilmiştir (Şekil 34, Ek Tablo 2).



Şekil 31. Tuğla örneklerin ağırlıkça % gözeneklilikleri ve yoğunlukları

5.1.3. Harç Örnekler

Yapıda kullanılan kireç harçlarının gözeneklilikleri yaklaşık %30 ile %40 arasında, yoğunlukları ise 1.60gr/cm^3 ile 1.75gr/cm^3 arasında değişmektedir (Şekil 32, Ek Tablo 1). Bu sonuçlar tarihi harçlarda yapılan çalışmalarda tespit edilen değerlere uygundur (54). Tuğla örneklerinde olduğu gibi gözeneklilik ve yoğunluk değerlerinden harçların bozulmuşluk durumları hakkında birşey söylenememektedir. Ancak, içerdikleri % tuz miktarları harçların bozulma sorunları hakkında bilgi vermektedir (Şekil 34, Ek Tablo 2).

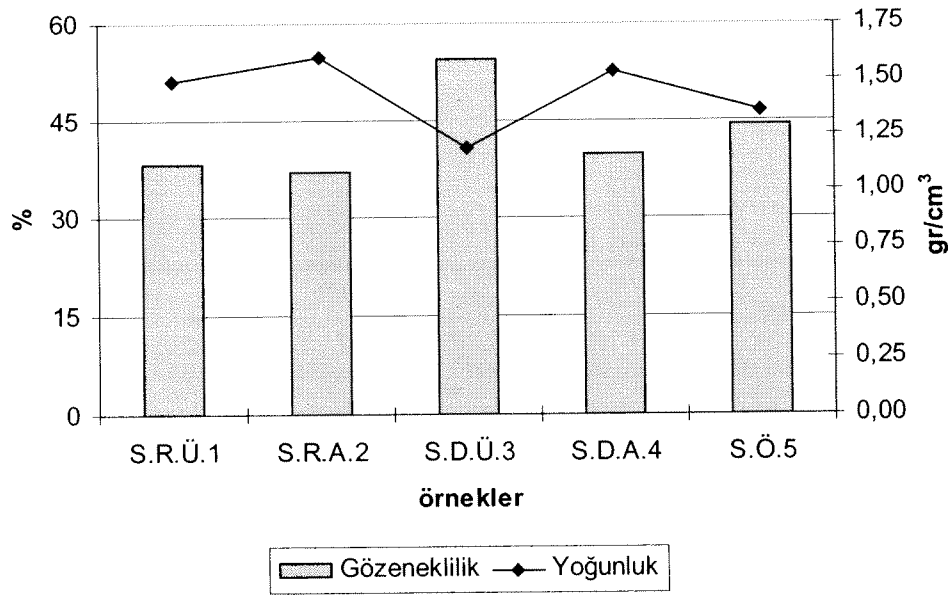


Şekil 32. Harç örneklerin ağırlıkça % gözeneklilikleri ve yoğunlukları

5.1.4. Sıva Örnekler

Yapının iç ve dış mekanlarında kullanılan sıvalar iki katmanlı kireç sıvalardır. Kubbe eteğinde ise horasan sıva (kireç ve öğütülmüş tuğla kırığından oluşan sıva) kullanılmıştır. Horasan sıvaların üst örtüde kullanılmasının amacı, taşıdığı hidrolik özelliklerinden dolayı yapının yağmur sularından korunması olabilir (1, 24, 25).

Sıva katmanlarının gözeneklilikleri yaklaşık %35 ile %40 arasında, yoğunlukları ise 1.5 gr/cm^3 ile 1.6 gr/cm^3 arasında değişmektedir (Şekil 33, Ek Tablo 1). Bu değerler, katmanların birbiri ile uyumlu fiziksel özelliklere sahip olduğunu göstermektedir.

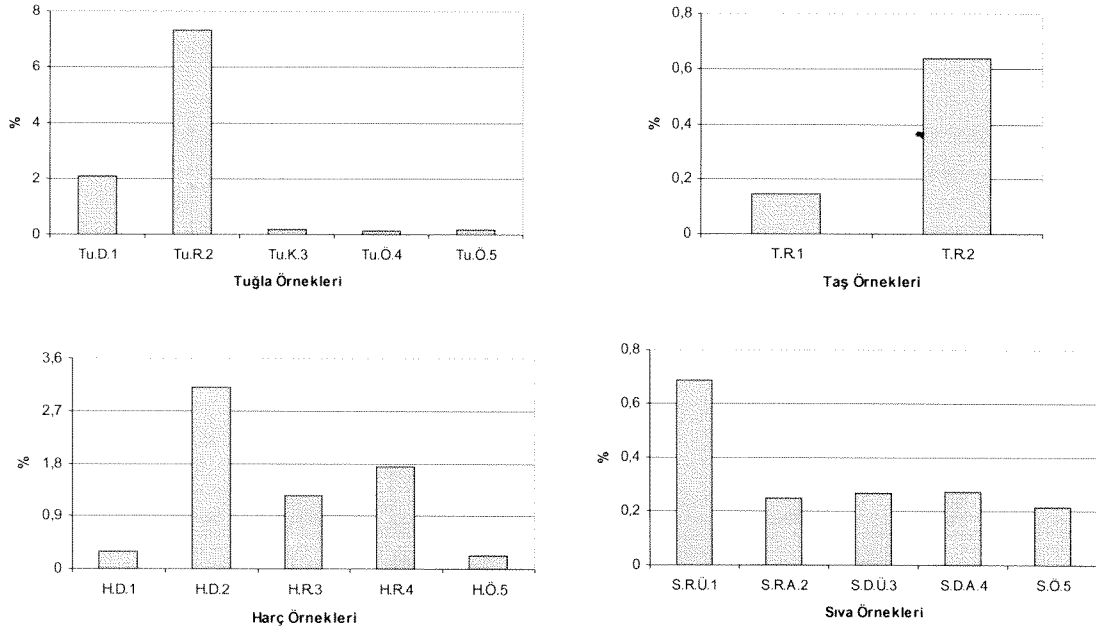


Şekil 33. Sıva örneklerin ağırlıkça % gözeneklilikleri ve yoğunlukları

5.2. Çözünen Tuzlar

Yerden bir metre yükseklikten, bozulmaların daha fazla gözlendiği bölgelerden (Şekil 17-22) alınan taş, tuğla ve harç malzemelerde çözünen tuz miktarlarının, bu yüksekliğin üzerinde alınan örneklerden daha fazla tuz içerdiği gözlenmiştir. Taşlarda bozulmaların daha az gözlendiği bölgelerde çözünen tuz miktarları %0.2 civarında iken bozulmuş bölgelerde %0.6'nın üstündedir (Şekil 34, Ek Tablo 2). Taşa göre daha gözenekli olan tuğlalarda ise, bozulmanın daha fazla gözlendiği bölgelerde çözünen tuz oranı %8 lere yaklaşmaktadır. Taş ve tuğlaların daha fazla bozulduğu bölgelerde (yerden 1m. yüksekliğe kadar) sıvalar tespit edilememiştir. Bu durum, yerden yükselen nem ve tuzların etkisiyle sıva tabakalarının bozulması duvar yüzeylerinden ayrılmasından kaynaklanmaktadır. Bozulmaların gözlenmediği sıva örneklerinde ise (yerden 1m. yüksekliğin hemen üzerindeki bölgeler) % tuz oranları az miktarlarda olup %0.2 ile 0.7 arasında değişmektedir (Şekil 34, Ek Tablo 2). Çözünen tuzların nitel anyon analizlerinden temel olarak nitrat iyonları ve klorür iyonları gözlenmiştir.

Bu sonuçlar 1. derecede bozulmaların kaynağının (Şekil 17-22) yerden yükselen nem ile topraktan taşınan tuzlar olduğunu göstermektedir (3, 44).



Şekil 34. Taş, tuğla, harç ve sıva örneklerinde % çözünen tuz miktarları

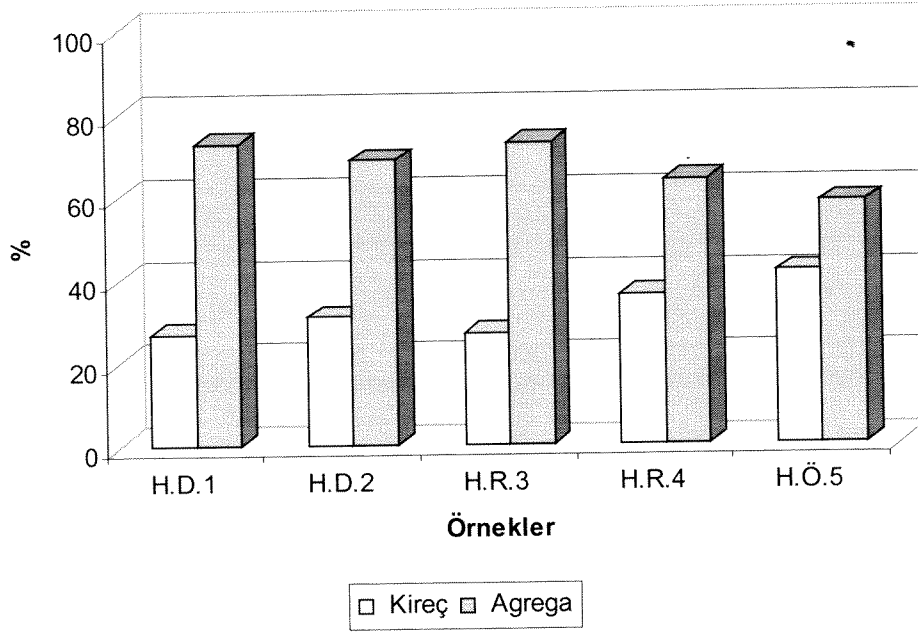
5.3. Harçlarda ve Sıvalarda Bağlayıcı - Agrega Oranları, Agrega Büyüklüklerinin Dağılımı ve Agrega Özellikleri

Bağlayıcı-Agrega oranları, agrega büyüklüklerinin dağılımı; harçlarda taş-taş arası ve tuğla-tuğla arası olarak, sıvalarda ise iç ve dış mekanlardaki iki katmanlı kireç sıva ve üst örtüde kullanılan horasan sıva örneklerinde incelenmiştir.

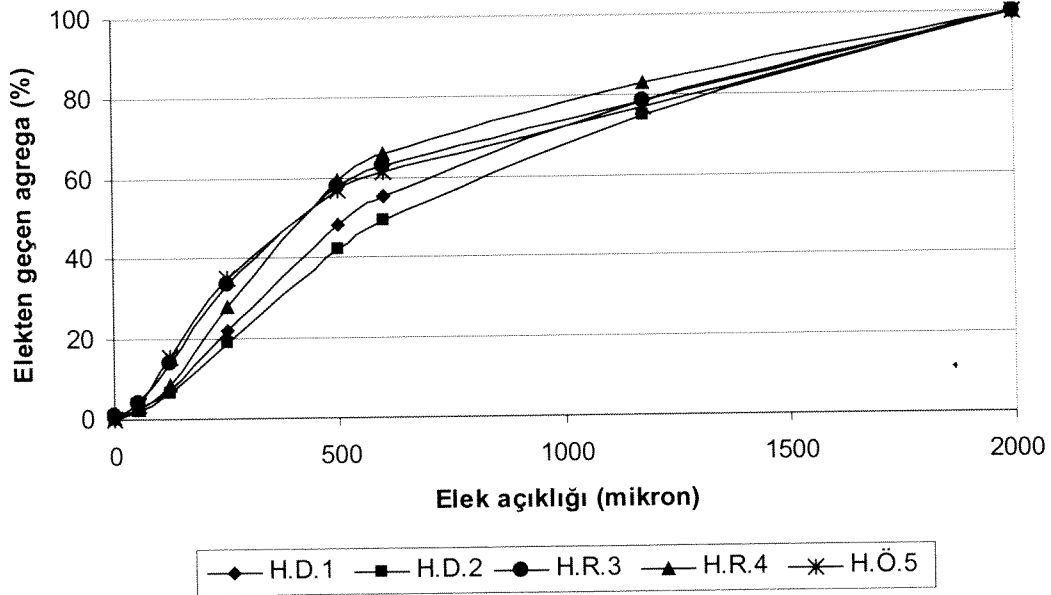
5.3.1. Harçlarda Kullanılan Kireç - Agrega Oranları, Agrega Büyüklüklerinin Dağılımı ve Agrega Özellikleri

Yapıdan taş-taş arası ve tuğla-tuğla arası alınan harç örneklerinde yaklaşık ağırlıkça agrega/kireç oranları 1.8-2.8 arasında değişmektedir (Şekil 35, Ek Tablo 3). Bu oran, bir çok tarihi yapının inşasında kullanılan kireç harçlarında bulunan oranlar ile benzerlik göstermektedir (38, 39). Üst yapıdan, tuğla-tuğla arasından alınan harçların taş-taş arasından alınan örneklerden daha fazla kireç içerdikleri gözlenmiştir (Şekil 35). Bu sonuç, tarihi Selçuklu yapılarında kullanılan harç kompozisyonları ile benzerlik göstermektedir (54).

Harçlarda kullanılan agregaların ince kumdan oluştuğu gözlenmektedir. 53 - 1180 mikron arasında parçacık büyüklüğüne sahip olan agregaların oranı bütün örneklerde daha fazladır ve toplam agregaların %85 ile %95 ini teşkil etmektedir (Şekil 36, Ek Tablo 3). 53 mikron büyüklüğündeki agregalar (mil) %3 ile %7 arasında değişmektedir. Bu büyüklüğün altındaki agregalar ise (mil ve kil karışımları) en fazla %2 dir.

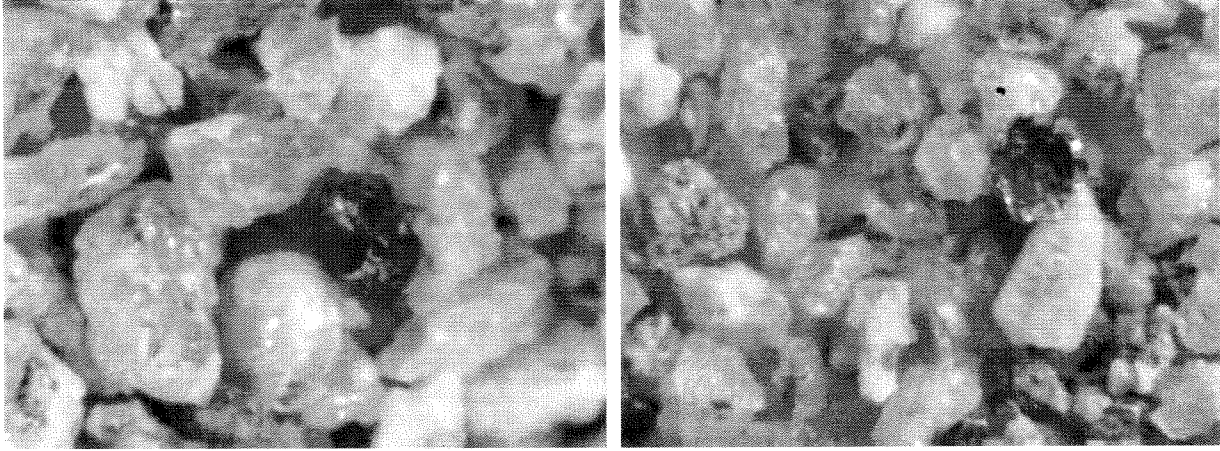


Şekil 35. Harç örneklerde % kireç ve agrega oranları



Şekil 36. Harç örneklerde agrega büyüklüklerinin dağılımı

Harçlarda kullanılan agregalar genellikle saydam ve yer yer siyah renklidir. Biçimleri, çoğunlukla yuvarlaktır ve düzgün yüzeylere sahip değildir (Şekil 37).



Şekil 37. Harç örneklerde bulunan 1180-500 mikron büyüklüğündeki agregalar

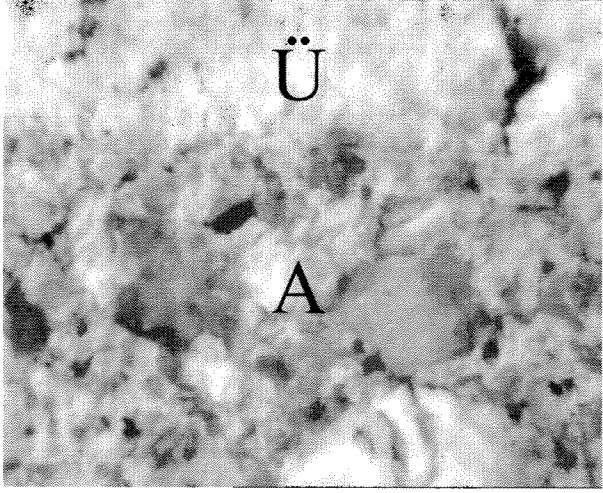
5.3.2. Sıvalarda Kullanılan Kireç - Agrega Oranları, Agrega Büyüklüklerinin Dağılımı ve Agrega Özellikleri

Yapının iç ve dış mekanlarında kullanılan sıvalar iki katmanlı kireç sıvalardır (Şekil 38). Üst örtüde kullanılan horasan sıva ise tek katmanlıdır (Şekil 39). Ortalama 0.5 cm. kalınlığında olan üst katman kireç sıvalarının kireç oranları yüksek olup yaklaşık % 97-99 arasındadır (Şekil 40). Tarihi yapılarda kullanılan iki katmanlı sıvalarda bu özellik yaygın olarak gözlenmektedir (29).

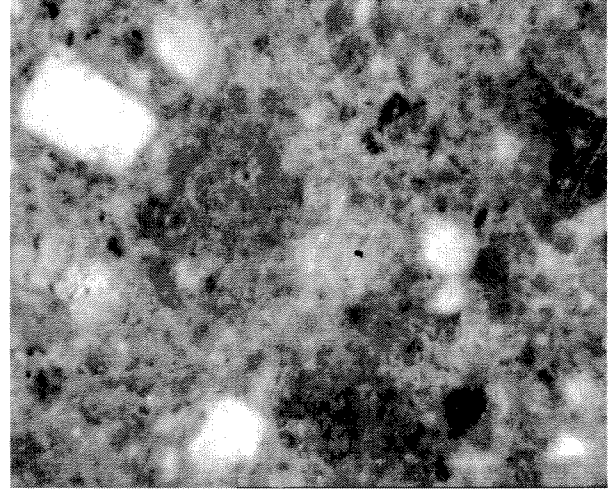
Alt katmanlarda kullanılan sıva tabakalarının kalınlığı ortalama 1.3-2.5 cm. arasında değişmektedir. Bu sıvalarda yaklaşık ağırlıkça %60 agrega, %40 kireç belirlenmiştir (Şekil 40). Sıva örneklerindeki agrega dağılımları harçlarda kullanılan agrega dağılımı ile benzerlik göstermektedir (Şekil 41).

Üst örtüde kullanılan horasan sıvada ise tuğla ve taş kırıkları agrega olarak kullanılmıştır. Bu sıvalarda yaklaşık ağırlıkça %60 kireç, %40 tuğla ve taş kırığı belirlenmiştir (Şekil 40). 1000 mikronun üstünde kullanılan agregalar en fazla yüzdeye sahip olup yaklaşık %18 civarındadır (Şekil 41). En küçük boyuttaki agregalarda (53 mikron altı) ise oran %1 e düşmektedir.

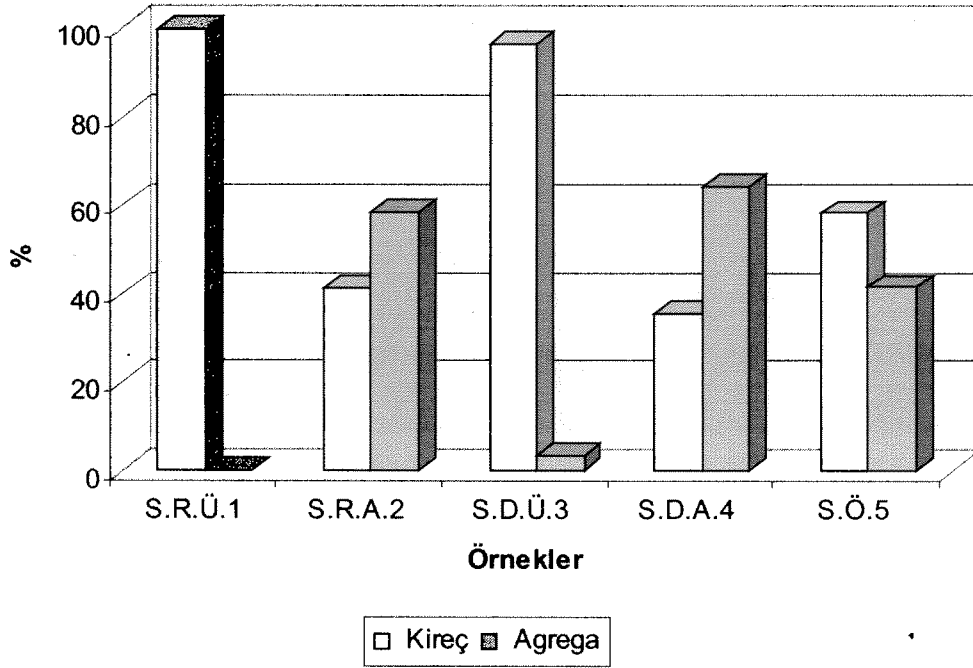
Sıvalarda kullanılan agregalar, harçlarda kullanılan agregalar gibi saydam ve yer yer siyah renklidir. Biçimleri, genellikle yuvarlaktır ve düzgün yüzeylere sahip değildir (Şekil 42).



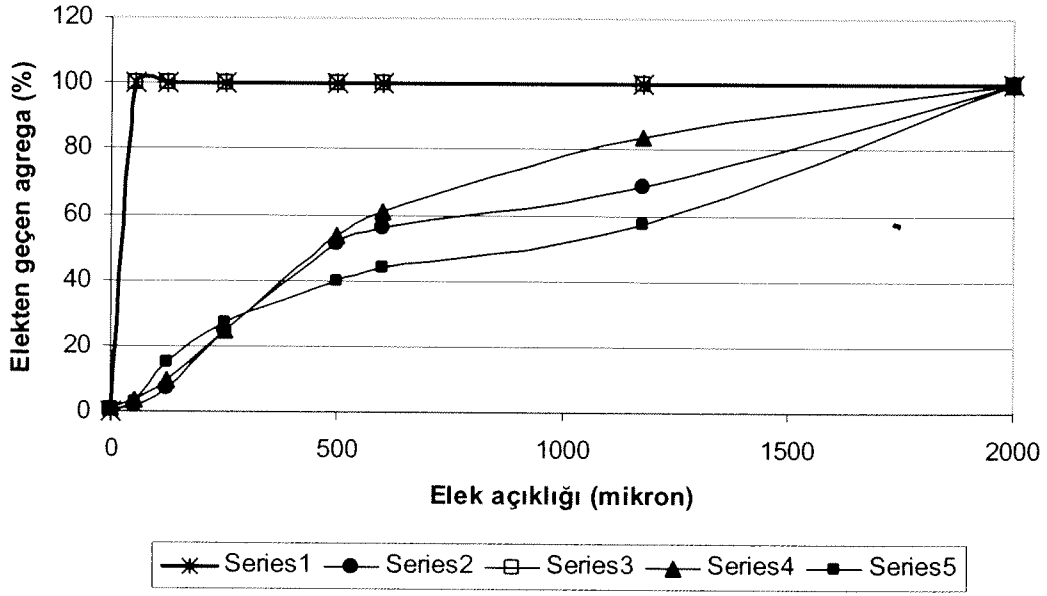
Şekil 38. İki katmanlı kireç sıvanın stereo mikroskop görüntüsü
Ü: Üst katman, A: Alt katman



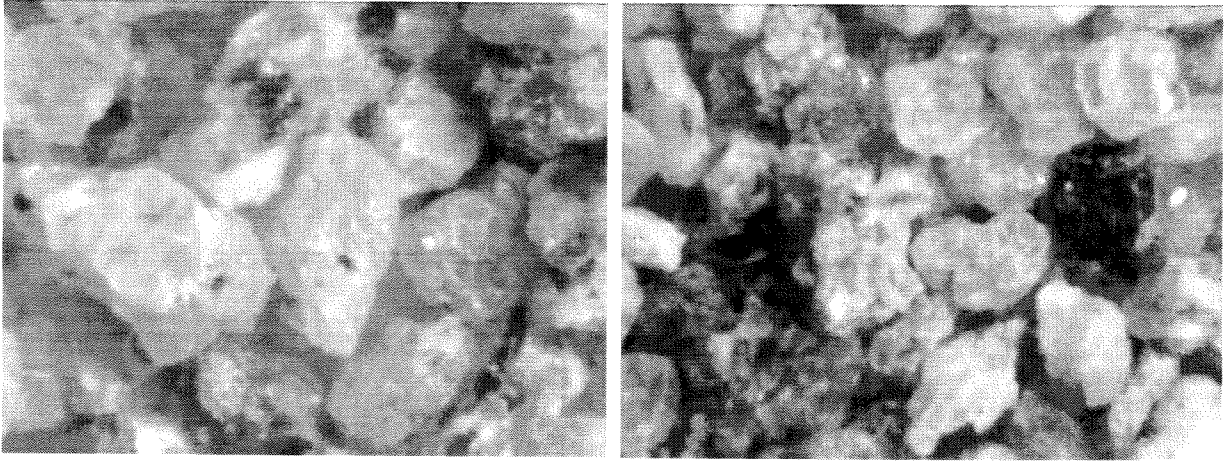
Şekil 39. Horasan sıvanın stereo mikroskop görüntüsü



Şekil 40. Sıva örneklerde % kireç ve agrega oranları



Şekil 41. Sıva örneklerde agrega büyüklüklerinin dağılımı



Şekil 42. S.R.A.2 sıva örneğinde 500-250 mikron büyüklüğündeki agregalar

5.3.4. Agregaların Puzolanlık Özellikleri

Kireç harcı ve sıvaları ile horasan sıvadan ayrılan 53 mikron altındaki agregaların puzolan özelliği taşıdığı tespit edilmiştir. Doygun kalsiyum hidroksit çözeltisinin bu agregalar ile karıştırılmadan ve karıştırıldıktan sonraki elektrik iletkenlik değişim değerleri 1.2 ms/cm den daha büyük bulunmuştur. Bu sonuç, kireç harç ve sıvalarda kullanılan 53 mikron altı agregalar ile horasan harcında kullanılan tuğlaların puzolan özelliğe sahip olduklarını göstermektedir (36).

Puzolanlar doğal ve suni olarak iki grupta incelenmektedir (35). Doğal puzolanlar genelde volkanik tüf ve çökeltilerden oluşmaktadır. Suni puzolanlar ise tuğla, kiremit gibi pişirilmiş kil malzemelerden elde edilmektedir. Killer 600-900 °C sıcaklıklarda kalsinasyona tabi

tutulursa sıcaklık derecelerine ve sahip oldukları mineralojik yapıya bağlı olarak farklı puzolanlık derecelerine sahip olmaktadır (27). Kireç harçları, hidrolik ve hidrolik olmayanlar olarak iki grupta incelenebilir (29). Hidrolik harçlar hidrolik kireç veya saf kireç ile puzolanların karıştırılması ile elde edilir (35). Hidrolik kireç kullanılarak elde edilen harçlarda, kireçte bulunan kalsiyum silikatlar, kalsiyum silikat hidrat ürünlerini oluştururlar (35). Puzolan kullanılarak elde edilen hidrolik harçlarda kireç, puzolanlar ile reaksiyona girerek kalsiyum silikat hidrat, kalsiyum alüminat hidrat, v.b. ürünleri oluşturur (41). Hidrolik harçların mukavemetleri oluşan bu ürünlerden dolayı hidrolik olmayanlardan daha fazladır (1, 54).

5.4. Malzemelerin Mineralojik, Yapısal ve Kimyasal Özellikleri

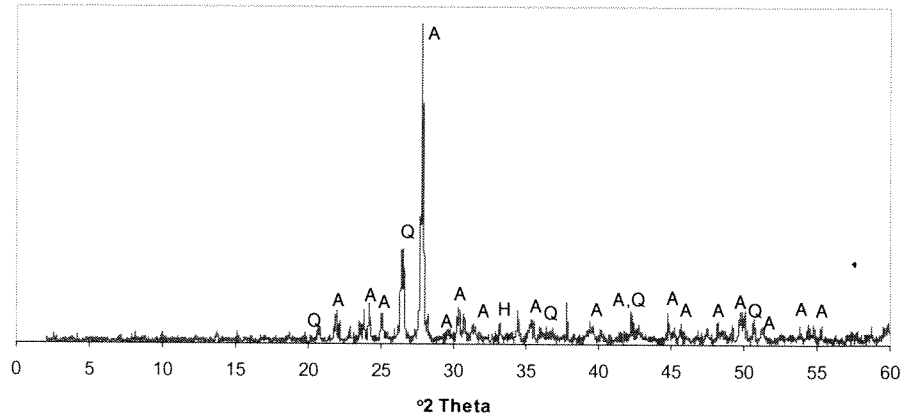
5.4.1. Taş

Yapının inşasında kayrak taşı ve tuğla parçaları birlikte kullanılmıştır. Kayrak taşı volkanik kökenli minerallerin çökmesi ve basınç altında sıkışması sonucunda oluşmaktadır (44). Bu oluşum sonucunda kayrak taşı, üstüste gelen tabakalar halinde bir yapı göstermektedir. Bu taşın yapısının temel olarak feldispat ve kuvars minerallerinden oluştuğu XRD analiz sonuçlarından tespit edilmiştir (Şekil 43, Ek Tablo 4).

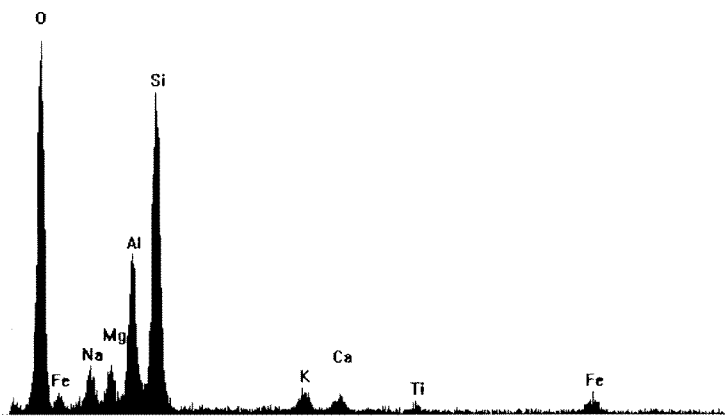
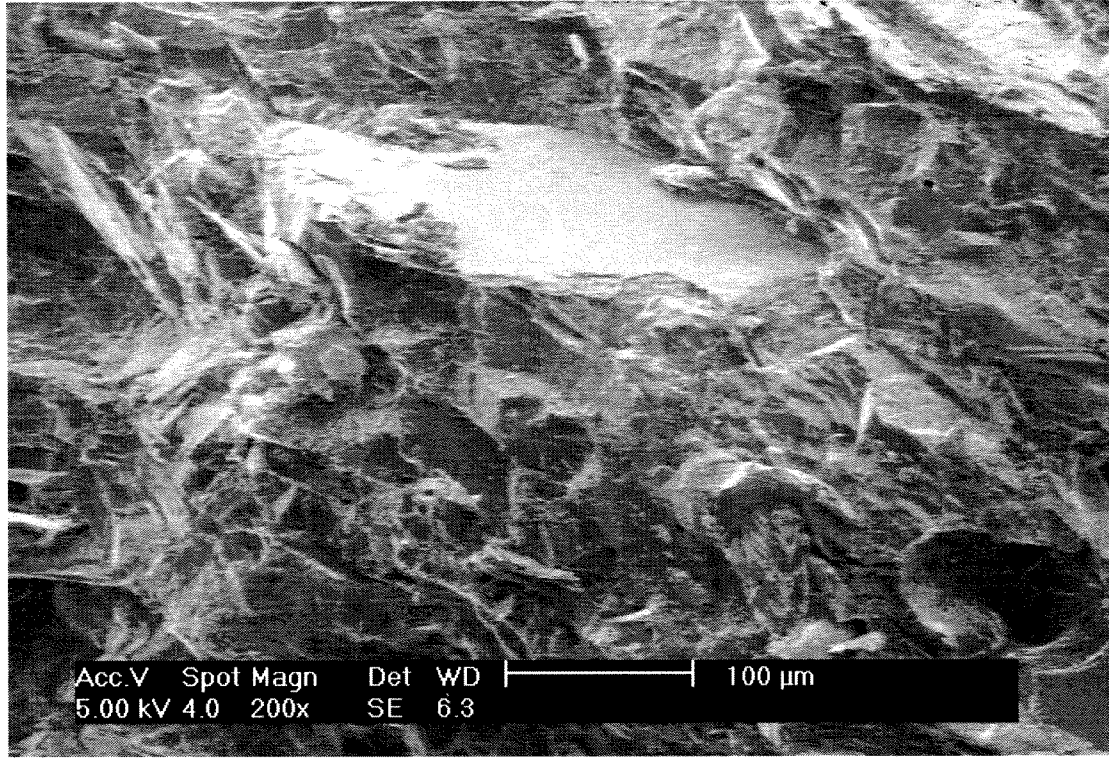
Bozulmanın daha az gözlemlendiği örneklerde olası kil mineralleri gözlenememiş buna karşılık bozulmuş örneklerde kil mineralleri gözlenmiştir (Ek Tablo 4). Bozulmanın olduğu bölgelerde taşların tabakalar halinde ayrılması, kil minerallerinin varlığı ile açıklanabilir (Şekil 45). Taşlarda katmanların ayrılması şeklinde gözlenen bu bozulmaların; yerden yükselen nem ile kil minerallerinin taşın ıslanma ve kuruma süreçlerinde şişip büzülmesi, ayrıca yerden yükselen nem ile gelen çözünen tuzların taş katmanlarının ara yüzeylerinde kristallenerek bozulmaya neden olduğu düşünülebilir (5, 10, 13, 14, 32, 45).

EDX ile yapılan taşların kimyasal kompozisyon analizlerinden temel olarak silisyum, alüminyum ve demir elementleri gözlenmiştir (Şekil 44).

T. R. 2

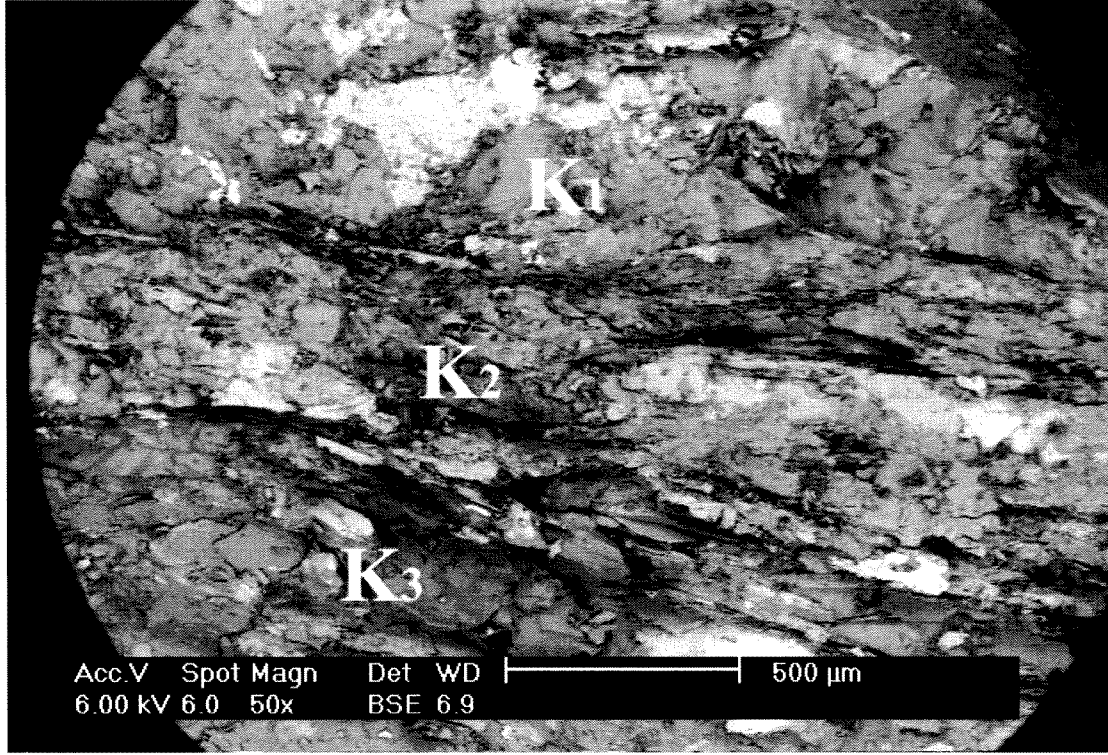


Şekil 43. Yapıda kullanılan taşların XRD kırınım deseni



<u>% Oksit</u>	
Na ₂ O	5.40
MgO	5.49
Al ₂ O ₃	20.94
SiO ₂	48.94
K ₂ O	3.25
CaO	3.08
TiO ₂	2.50
Fe ₂ O ₃	10.39
Toplam	100.00

Şekil 44. Taş örneğin taramalı elektron mikroskop görüntüsü, EDX ve % elemental oksit kompozisyonu



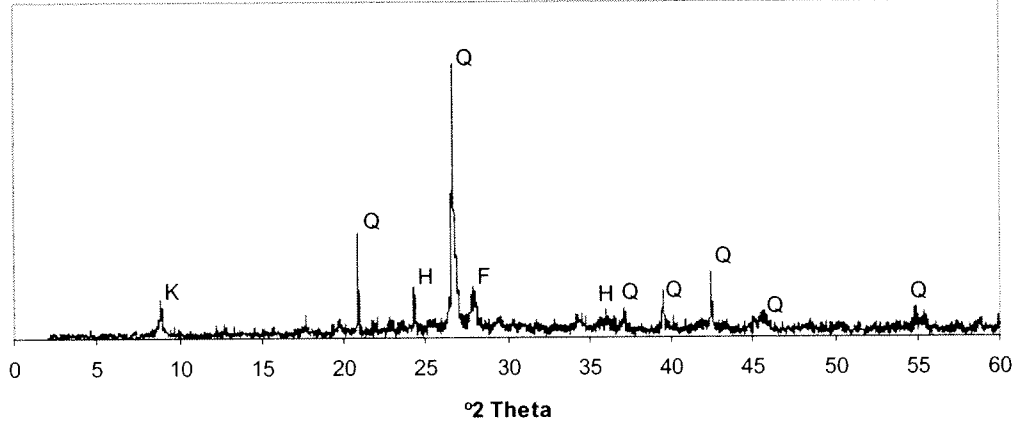
Şekil 45. Bozulmaların gözleendiği bölgeden alınan taş örneğın (T.R.2) taramalı elektron mikroskop görüntüsü (K₁, K₂, K₃ katmanları göstermektedir)

5.4.2. Tuğla

Yapıda tuğlalar; revak kemerlerinde, kubbelerde ve mekanların içinde yer alan ocaklarda kullanılmış; duvarlarda ise kayrak taşı ile birlikte kullanılmıştır. Kullanılan tuğlalar iki farklı renktedir. Revak kemerlerinde açık kahverengi (Tu.R.2), üst örtü olan kubbelerde koyu kahverengi (Tu.Ö.4) tuğlalar kullanılmıştır. Açık kahverengi tuğlaların temel olarak kuvars, feldispat ve hematit (demir oksit) minerallerinden oluştuğu XRD analizleri ile tespit edilmiştir. Bu tuğlalarda az miktarlarda kil mineralleri de gözlenmiştir (Şekil 46). Kil minerallerinin gözlenmesi tuğlaların pişirilme sıcaklıklarının 850 °C ın üstüne çıkmadığını göstermektedir (42). Koyu kahverengi tuğlalarda ise açık kahverengi tuğlalardan farklı olarak 20-30 dereceleri arasında gözlenen eğrideki artıştan, bu tuğlalarda amorf minerallerin daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 47). Bu, koyu kahverengi tuğlaların hazırlanmasında daha fazla kil minerallerinin kullanılmış olabileceğini göstermektedir (46).

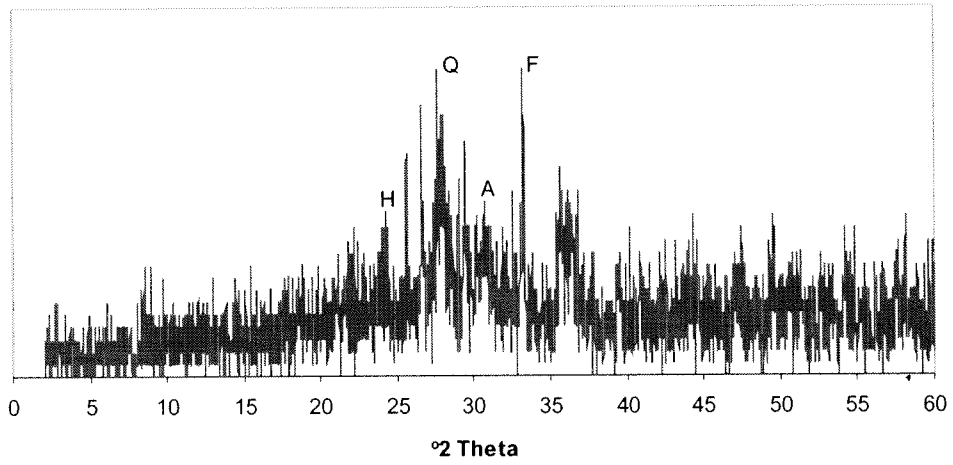
EDX ile yapılan kimyasal kompozisyon analizlerinden tuğlalarda silisyum, alüminyum ve demir oranlarının fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 48, 49).

Tu. R. 2

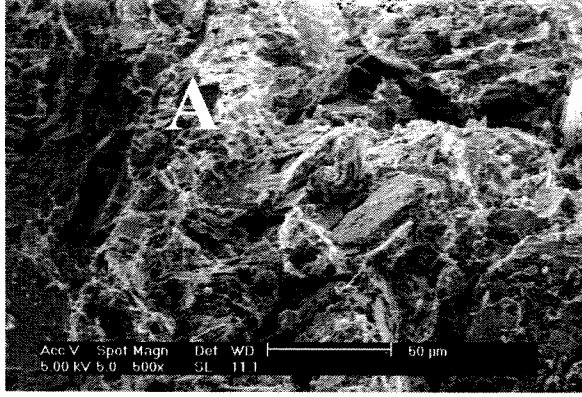


Şekil 46. Yapıda kullanılan açık kahverengi tuğlaların XRD kırınım deseni

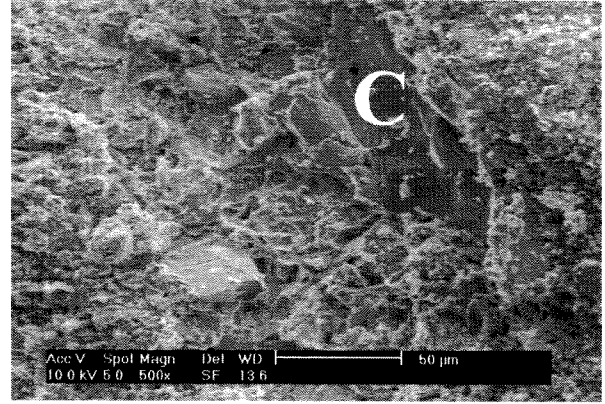
Tu. Ö. 4



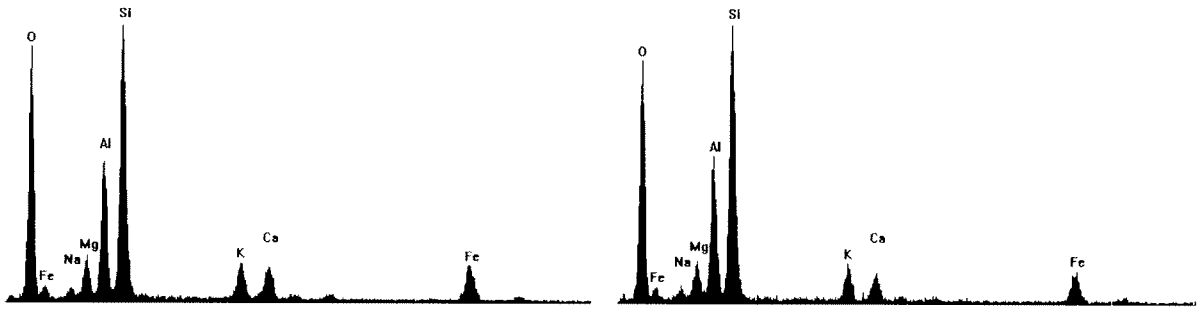
Şekil 47. Yapıda kullanılan koyu kahverengi tuğlaların XRD kırınım deseni



Amorf fazın (A) olduğu bölgeler



Camsı fazın (C) olduğu bölgeler



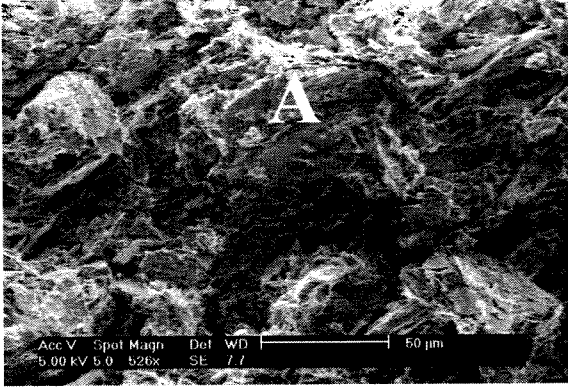
% Oksit

Na ₂ O	1.91
MgO	6.03
Al ₂ O ₃	21.81
SiO ₂	45.14
K ₂ O	4.62
CaO	5.25
Fe ₂ O ₃	15.24
Toplam	100.00

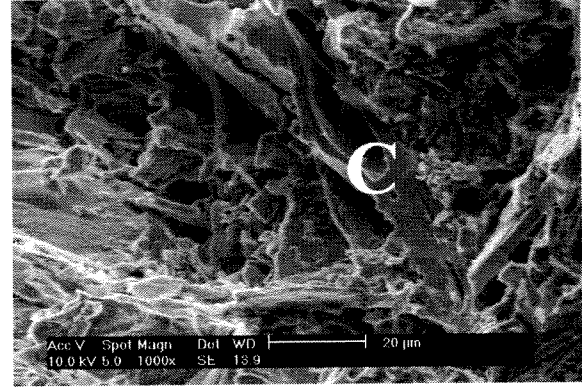
% Oksit

Na ₂ O	1.81
MgO	5.92
Al ₂ O ₃	22.15
SiO ₂	47.86
K ₂ O	4.39
CaO	4.33
Fe ₂ O ₃	13.55
Toplam	100.00

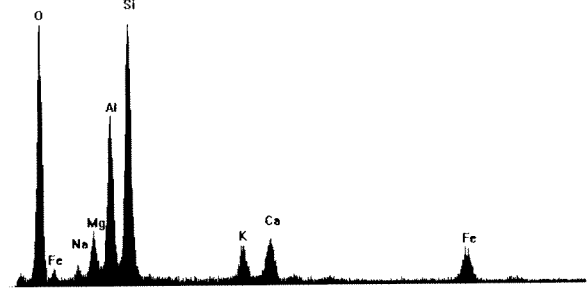
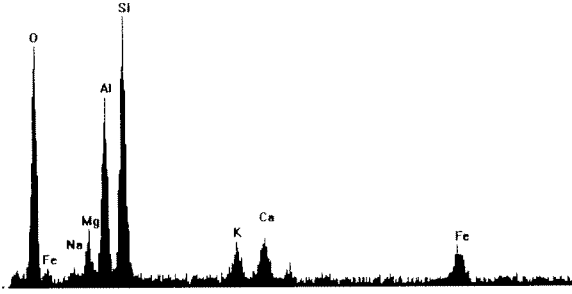
Şekil 48. Açık kahverengi tuğla örneğin taramalı elektron mikroskop görüntüsü, EDX ve % elemental oksit kompozisyonu



Amorf fazın (A) olduğu bölgeler



Camsı fazın (C) olduğu bölgeler



% Oksit

Na ₂ O	2.56
MgO	6.47
Al ₂ O ₃	25.95
SiO ₂	41.22
K ₂ O	4.11
CaO	6.12
Fe ₂ O ₃	13.57
Toplam	100.00

% Oksit

Na ₂ O	2.35
MgO	6.64
Al ₂ O ₃	24.97
SiO ₂	43.58
K ₂ O	4.21
CaO	6.30
Fe ₂ O ₃	11.95
Toplam	100.00

Şekil 49. Koyu kahverengi tuğla örneğin taramalı elektron mikroskop görüntüsü, EDX ve % elemental oksit kompozisyonu

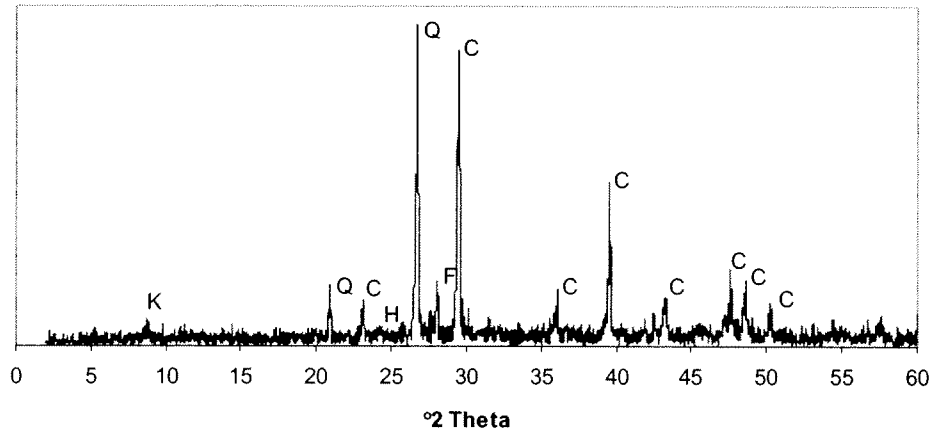
5.4.3. Harç

Taş-taş arası ve tuğla-tuğla arasında kullanılan harçlarda, bağlayıcı malzeme olarak kireç, dolgu malzemesi olarak taş agregalar kullanılmıştır. Bu harçlarda 53 mikron altındaki agregaların puzolanik özelliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak, karışımda yaklaşık %2 civarında olan bu özellikteki agregaların, harçlara hidrolik özellik verebilmesi için yeterli miktarlarda olmadığı söylenebilir (35).

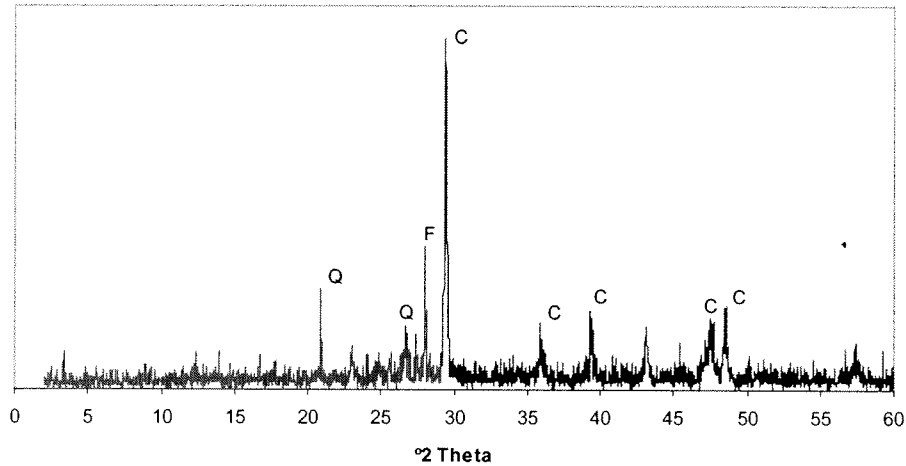
Harçlarda, bağlayıcı malzemeden gelen kalsit, agregalardan gelen kuvars ve feldispat minerallerin pikleri XRD analizleri ile tesbit edilmiştir (Şekil 50, Ek Tablo 4). Harçların içinde kireç matriksin yoğun olduğu bölgelerde EDX ile yapılan kimyasal kompozisyon analizlerden kalsiyum oksit miktarı yaklaşık %95 civarında, magnezyum oksit miktarı ise %2 civarında gözlenmiştir (Şekil 51). Bu sonuç, harçların hazırlanmasında düşük miktarlarda magnezyum içeren saf kireç kullanıldığını göstermektedir.

Bozulmaların az gözlendiği örneklerde kireç ile agregaların ara yüzeylerinde boşluklar ve çatlaklar daha az gözükmemektedir (Şekil 51, 52). Bu durum, harç hazırlama sürecinde kireç ile agregaların çok iyi karıştırıldıklarını göstermektedir. Bozulmaların daha çok gözlendiği harç örneklerinde ise matriksde çatlaklar gözükmemektedir (Şekil 53). Bu çatlak oluşumları, harcın fiziksel özelliklerini etkilemekte, örneğin gözenekliliğini artırıp, basınç dayanımını düşürmektedir (29).

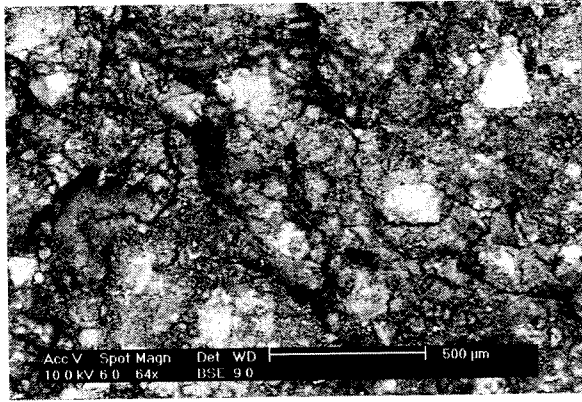
H. D. 1



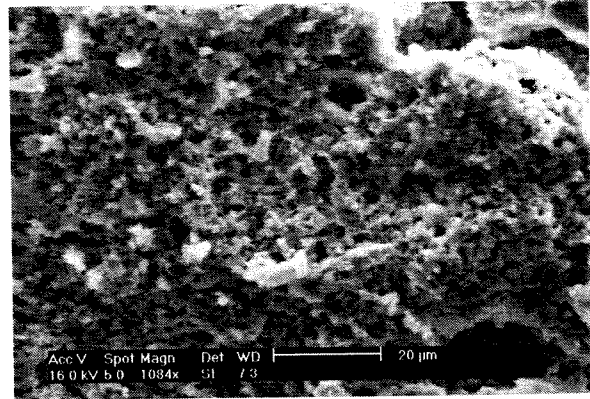
H. R. 3



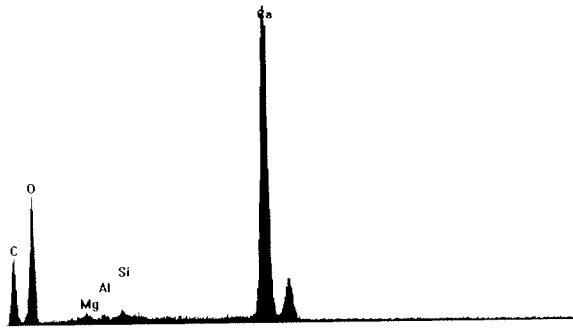
Şekil 50. Taş-taş arası duvar (H.D.1) ve tuğla-tuğla arası revak (H.R.3) harçlarının XRD kırınım deseni



A: (H.D.1)



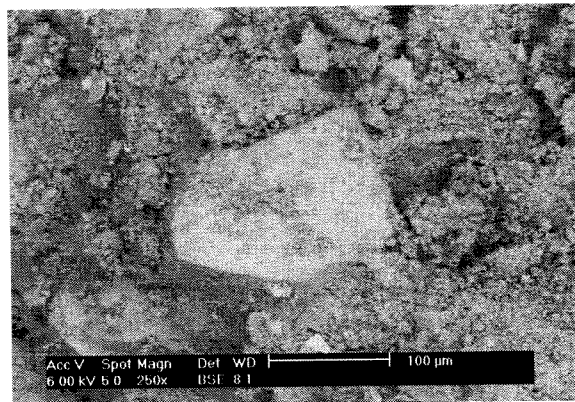
B: (H.R.3)



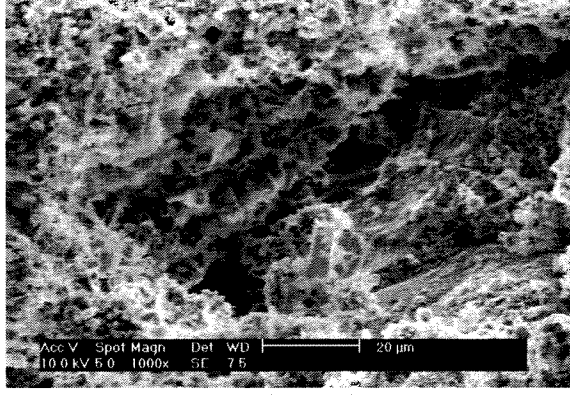
% Oksit

MgO	1.68
Al ₂ O ₃	1.42
SiO ₂	2.27
CaO	94.63
Toplam	100.00

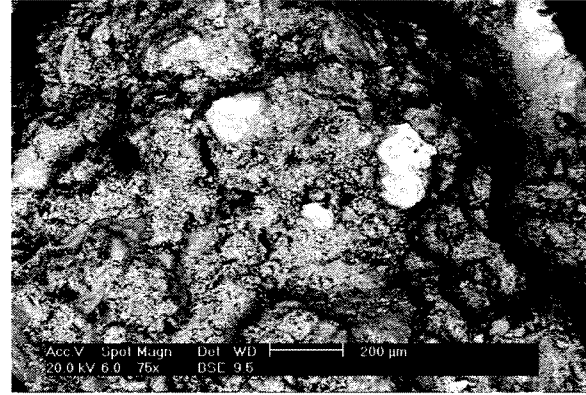
Şekil 51. Bozulmaların daha az gözlendiği harçlarda kireç matriksin yoğun olduğu bölgeden alınan EDX spektrumu ve % elemental kompozisyonları A: (H.D.1), B: (H.R.3) örnekleri



Şekil 52. Bozulmaların daha az gözlendiği bölgede agrega kireç matriksin taramalı elektron mikroskop görüntüsü



A: (H.D.2)



B: (H.R.4)

Şekil 53. Bozulmaların daha fazla gözlendiği A: (H.D.2) ve B: (H.R.4) örneklerinde gözlenen çatlakların taramalı elektron mikroskop görüntüleri

5.4.4. Sıvalar

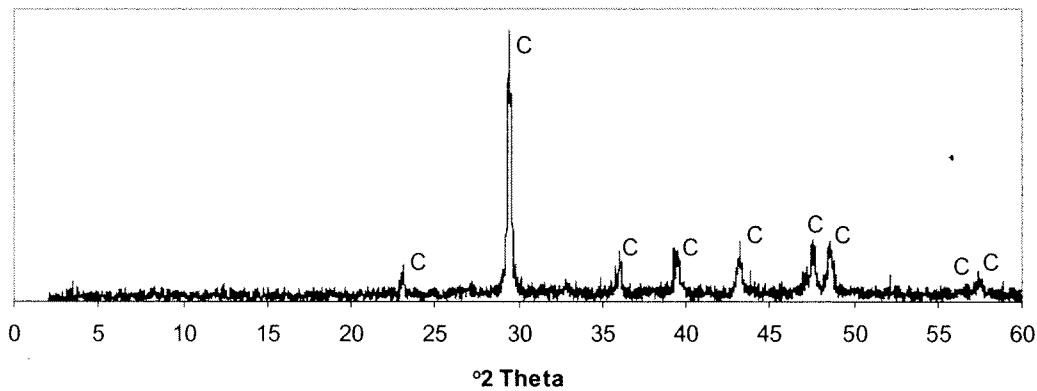
Yapının iç ve dış mekanlarında kireç sıvalar iki katman olarak kullanılmıştır. Horasan sıvanın ise çatıda yağmurun yapıya girmesini önleyen tek katman izolasyon malzemesi olarak kullanıldığı düşünülmektedir.

5.4.4.1. Kireç Sıvalar

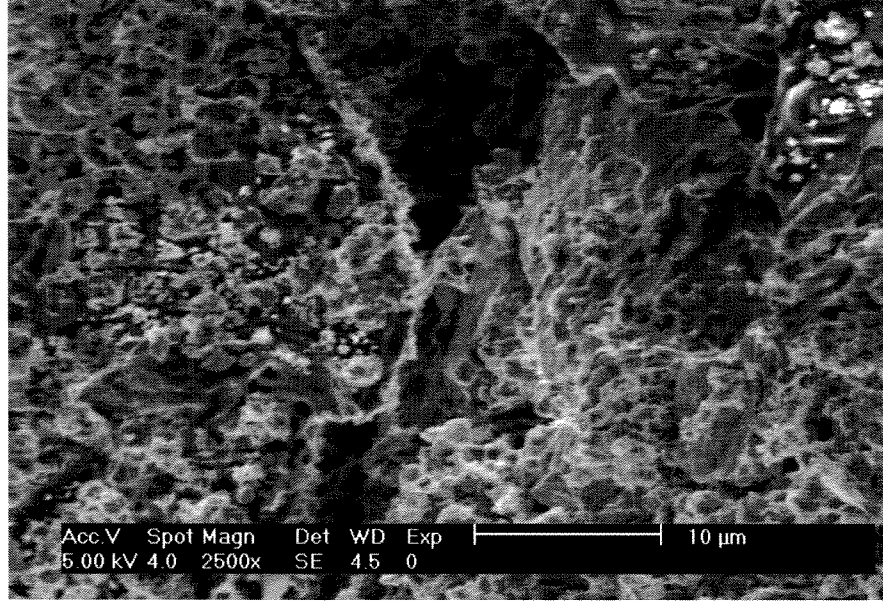
İki katmanlı kireç sıvanın, üst katmanı agregasız, alt katmanı ise agregalıdır. Üst katman sıvanın XRD kırınım desenlerinde sadece kalsit mineralinin gözlenmesi bunu desteklemektedir (Şekil 54). Kalsit kristalleri mikritik yapıdadır (Şekil 55). Bu kristallerin EDS ile yapılan % elemental kompozisyon analizlerinde yüksek oranlarda kalsiyum tespit edilmiştir (Şekil 55). Bu sonuç, üst katman sıvaların hazırlanmasında kullanılan kirecin saf kalsiyum hidroksitten oluştuğunu göstermektedir (28).

Üst katman sıvaların yapılarında mikro çatlaklar gözükmemektedir (Şekil 56). Bu çatlakların, agregasız saf kireç kullanımının yanı sıra nem ve sıcaklık değişikliklerinden kaynaklandığı söylenebilir (29).

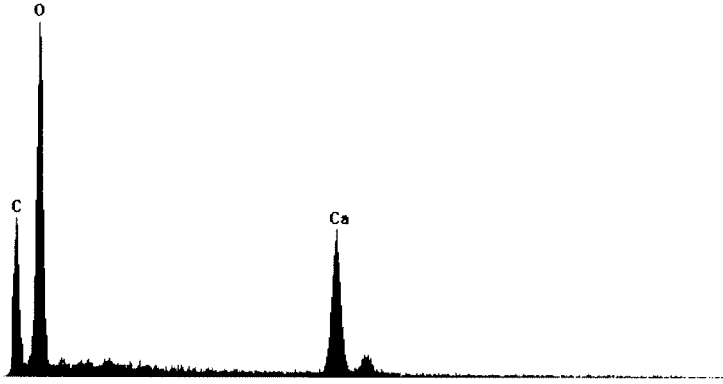
S. D. Ü. 3



Şekil 54. İç duvarlarda kullanılan üst sıva katmanlarının XRD kırınım deseni

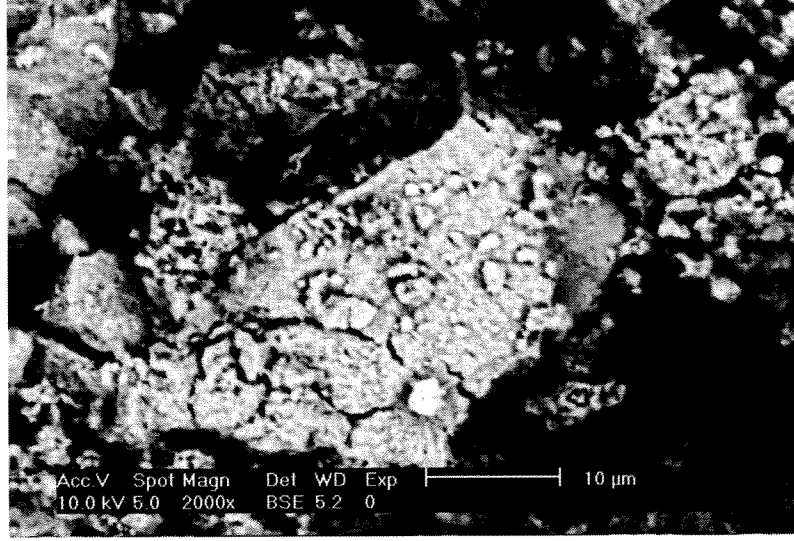


S.D.Ü.3 Sıva örneğinde mikritik kalsit kristalleri



<u>% Oksit</u>	
CaO	100.00
Toplam	100.00

Şekil 55. Üst sıva katmanı örneğinde (S.D.Ü.3) mikritik kalsit kristalleri, EDX spektrumu ve % elemental kompozisyonları

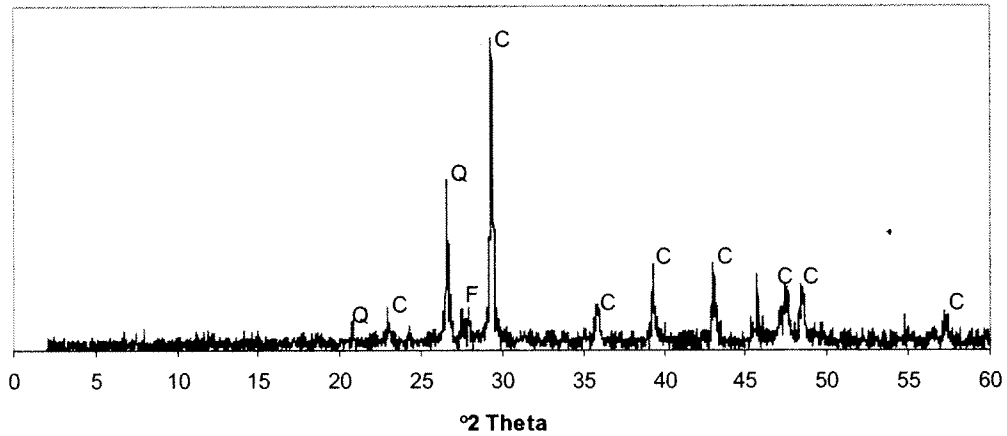


Şekil 56. Üst sıva matriksinde (S.D.Ü.3) gözlenen mikro çatlaklar

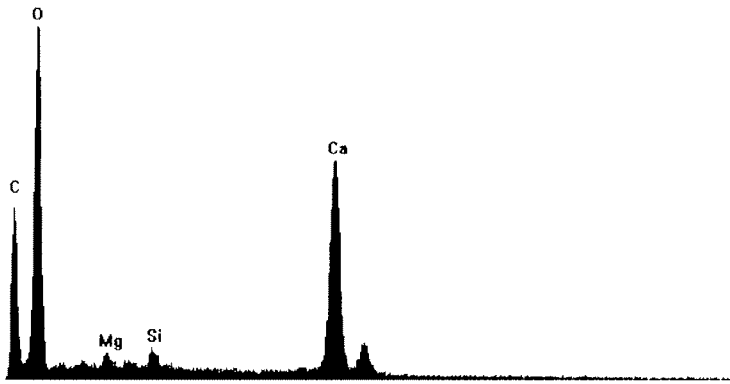
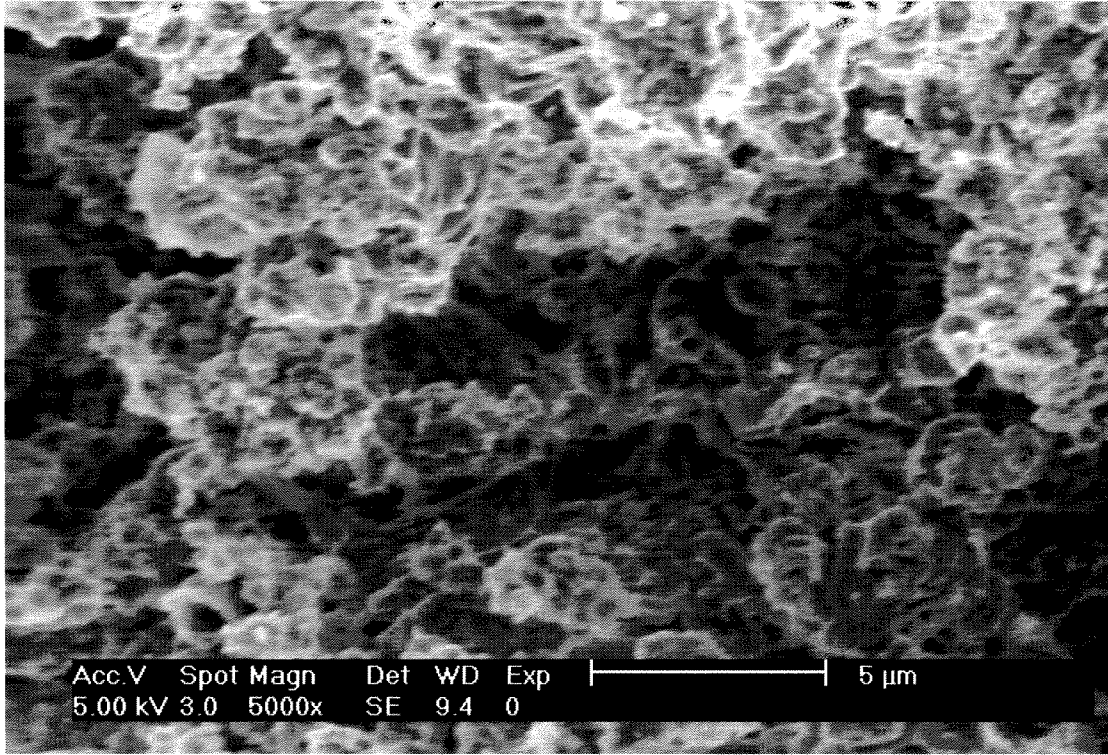
Alt katman sıvanın XRD kırınım desenlerinde kalsit mineralinin yanı sıra agregalardan gelen kuvars ve feldispat minerallerinin pikleri gözlenmiştir (Şekil 57). Kalsit kristalleri üst sıva katmanında gözlendiği gibi mikritik yapıdadır (Şekil 58). Bu kristallerin EDS ile yapılan % elemental kompozisyon analizlerinde kalsiyumun yanı sıra agregalardan kaynaklanan silisyum da gözlenmiştir.

Taramalı elektron mikroskop görüntülerinde, alt katman sıvalardaki agregaların bağlayıcı ile olan ara yüzeylerinde boşluklar ve çatlaklar gözükmemektedir (Şekil 59). Bu durum, sıvaların bozulmasından kaynaklanabilir ve bozulmanın kaynağını nem ve sıcaklık değişimleri oluşturabilir.

S. D. A. 4



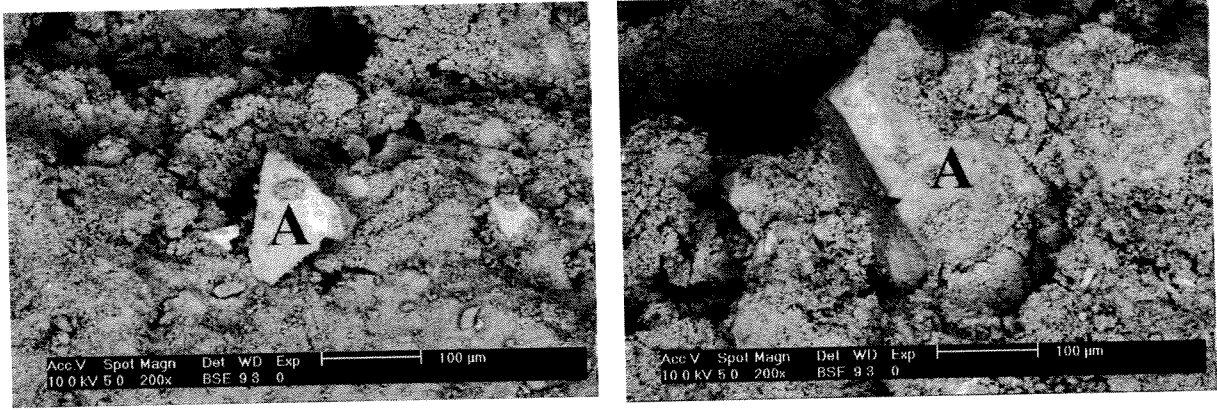
Şekil 57. İç duvarlarda kullanılan alt sıva katmanlarının XRD kırınım deseni



% Oksit

MgO	2.22
SiO ₂	3.75
CaO	94.03
Toplam	100.00

Şekil 58. Alt katman sıvadaki (S.D.A.4) mikritik kalsit kristalleri, EDX spektrumu ve % elemental kompozisyonları

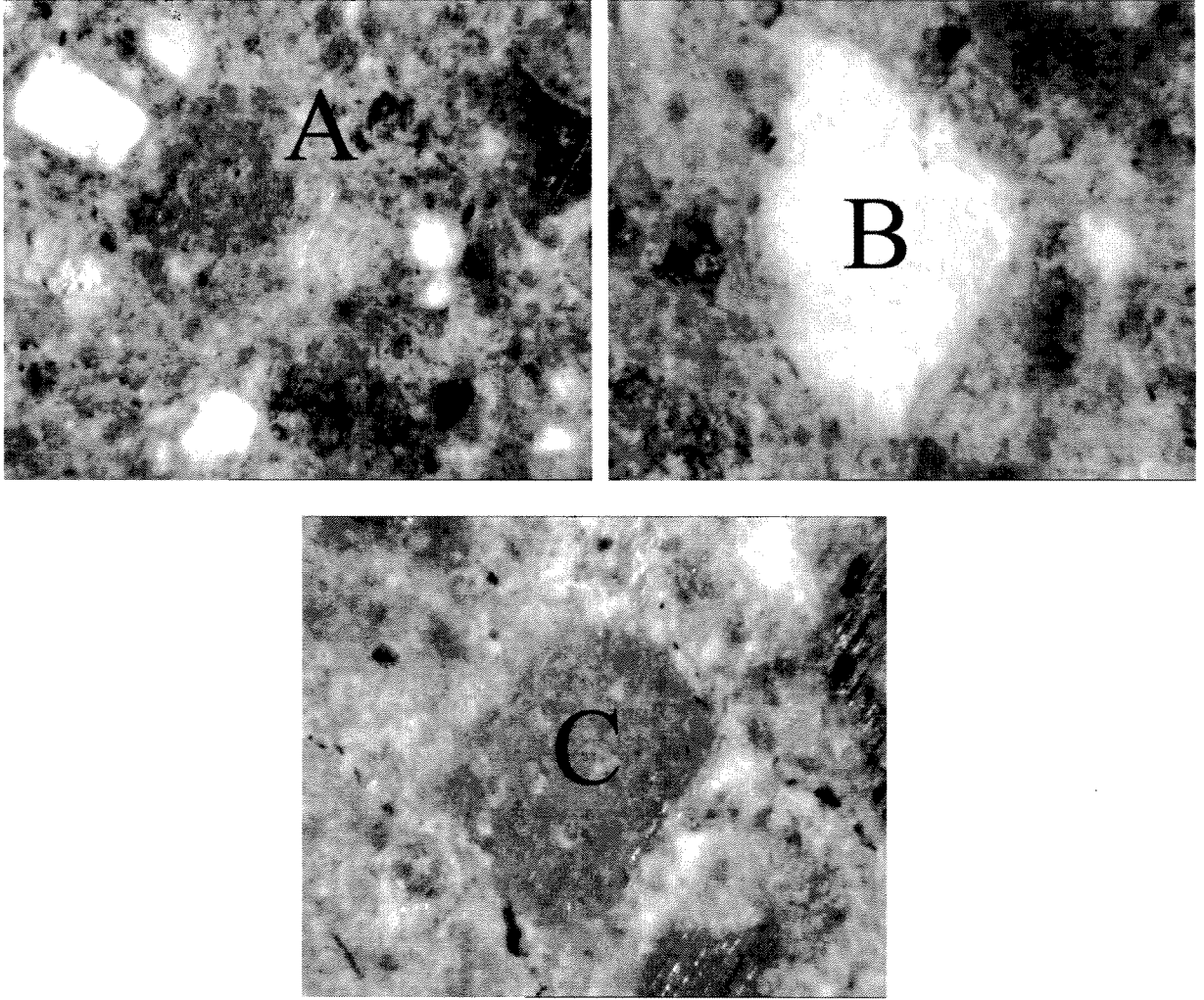


Şekil 59. Alt katman sıvalarda gözenekli matriks, agregalar (A) ve yapıda gözlenen mikro çatlaklar (S.D.A.4)

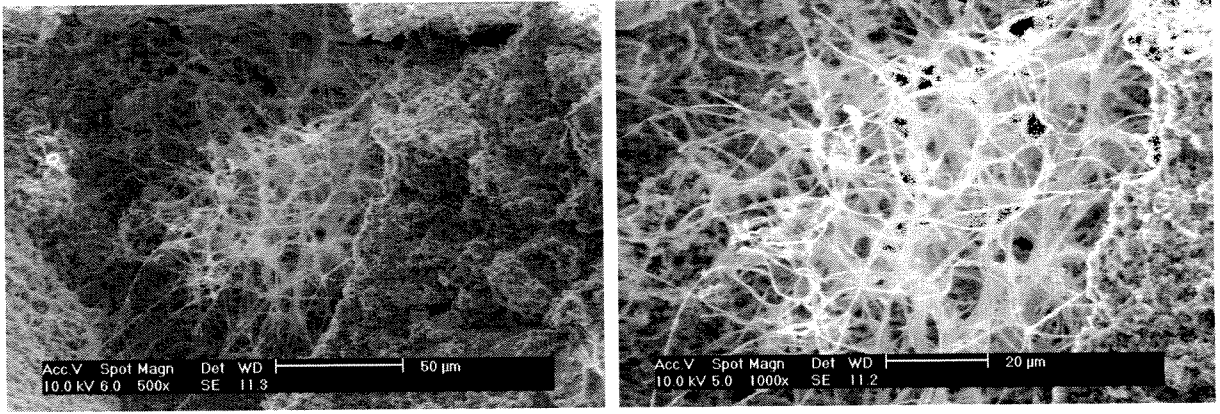
5.4.4.2. Horasan Sıvalar

Yapıda kullanılan horasan sıvalar; bağlayıcı olarak kireç, agrega olarak tuğla ve taş kırıklarından oluşmaktadır (Şekil 60). Agregaların kireç ile birbirine iyi bağlandıkları ve sıva matriks içinde çatlakların oluşmadığı gözlenmektedir (Şekil 60). Kireç sıvalarda gözlenen bozulmaların horasan sıvalarda gözlenmemesi bu sıvaların kireç ile puzolanik tuğla kırıklarının reaksiyonu sonucu oluşan kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum alüminat hidrat oluşumları ile açıklanabilir (57) (Şekil 61). Bu oluşumlar, horasan sıvaların hidrolik özellikte olmasını sağlamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı horasan sıvalar tarihi yapılarda ıslak mekanlarda su geçirimsiz malzeme olarak kullanılmıştır (1).

Horasan sıvanın XRD kırınım desenlerinde kalsit mineralinin yanı sıra kuvars mineralleri de gözlenmiştir (Şekil 62). Kireç matriksin EDS ile yapılan % elemental kompozisyon analizlerinde temel element olarak kalsiyumun yanısıra düşük oranlarda tuğla veya taş agregalardan geldiği tahmin edilen silisyum ve alüminyum elementleri de gözlenmiştir (Şekil 63). Sıva matriks içinde bulunan tuğla agregaların EDS ile yapılan % elemental kompozisyon analizlerinde temel elementler olarak silisyum, alüminyum ve demir gözlenmiştir (Şekil 63). Demirin temel element olarak gözlenmesi, tuğla yapımında kullanılan toprağın yüksek oranlarda demir oksit içerdiğini göstermektedir.

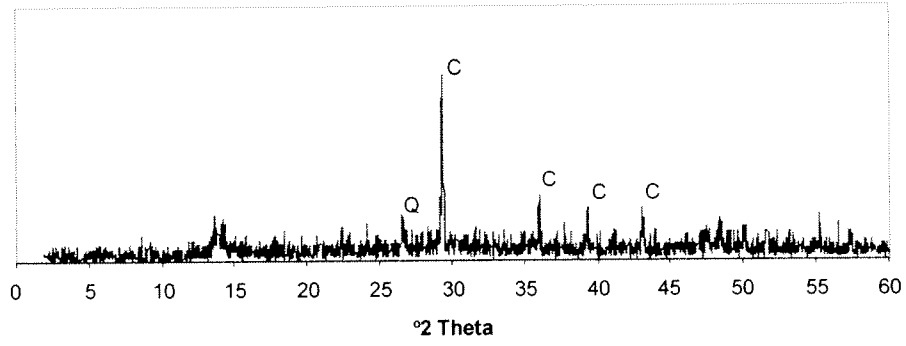


Şekil 60. Horasan sıvanın stereo mikroskop görüntüsü (A), horasan sıvanın genel matriks içinde taş agrega (B), matriks içinde tuğla agrega (C)

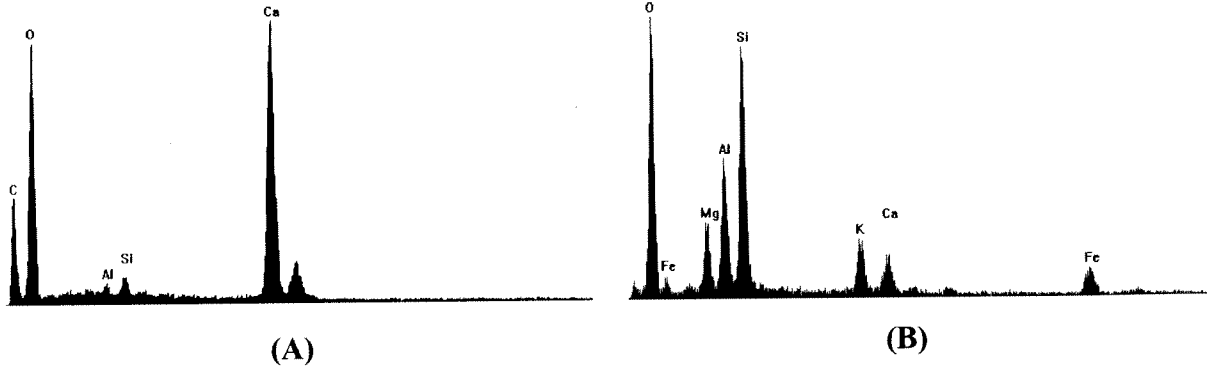
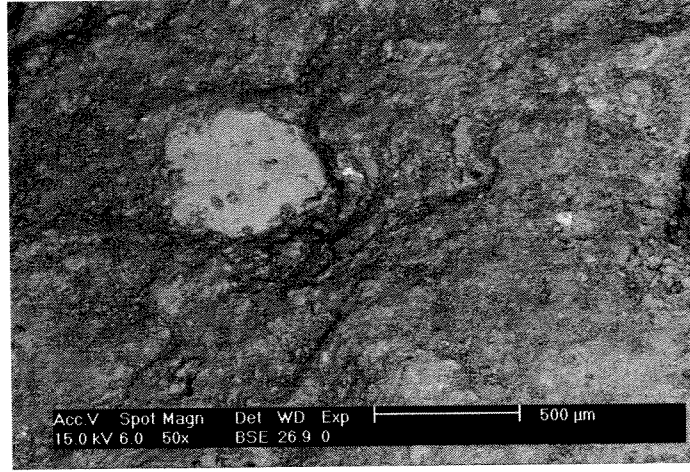


Şekil 61. Horasan sıva içinde tuğla agregalar ile kirecin oluşturduğu kalsiyum silikat hidratlar

S. Ö. 5



Şekil 62. Horasan sıvanın XRD kırınım deseni



% Oksit

Al ₂ O ₃	2.32
SiO ₂	4.87
CaO	92.81
Toplam	100.00

% Oksit

MgO	8.91
Al ₂ O ₃	18.74
SiO ₂	37.81
K ₂ O	7.75
CaO	7.46
Fe ₂ O ₃	19.32
Toplam	100.00

Şekil 63. Horasan sıvanın kireç matriksi (A) ve içindeki tuğla agreganın (B)'EDX spektrumu ve % elemental kompozisyonu

6. BİRĞİ'NİN METEOROLOJİK VERİLERİ

Tarihi yapı malzemelerinin bozulmasını etkileyen en önemli faktörlerden birisi yapı malzemelerinin içinde bulunduğu iklim verileridir. Temel iklim verileri, sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve yağış miktarıdır. Yapı malzemelerinin bozulmasını yüksek nem, düşük sıcaklıklar, gece ve gündüz arasında gözlenen yüksek sıcaklık farklılıkları, yüksek yağış miktarları artırmaktadır. Bu bölümde yapının içinde bulunduğu iklim verileri tartışılarak yapıda gözlenen bozulmalarla olan ilişkisi tartışılacaktır.

Birgi'de yaz ayları sıcak, kış ayları ise daha soğuk geçmektedir. Ocak 1990 ile Ocak 2001 yılları arasında Birgi'de saat 7:00, 14:00, 21:00 de alınan ortalama sıcaklık, çığleşme sıcaklıkları ve nem değerleri verilmiştir (Şekil 64). Kış aylarında nisbi nem fazla ve sıcaklıklar düşüktür. Yaz aylarında ise nisbi nem azalırken sıcaklıklar artmaktadır. Bahar aylarında ise bu değerler kış ve yaz aylarında gözlenen sıcaklık ve nem değerlerinin arasındadır.

Şekil 65 de son on iki yılın her bir ayın ortalamasında gözlenen ortalama sıcaklık, çığleşme sıcaklıkları ve nem değerleri verilmektedir. Bu sonuçlar aynı zamanda Ek Tablo 5, 6, 7 de \pm sapma değerleri ile de gösterilmektedir. Şekil 65 de görüldüğü gibi kış aylarında saat 7:00 de sıcaklıklar 5°C altında ve nisbi nem ise 80 nin üstündedir. Bu saatte çığleşme sıcaklıkları ortam sıcaklıklarına çok yakın değerlerdedir (Ek Tablo 5). Su buharının yoğunlaşması için çığleşme sıcaklığının ortam sıcaklığı ile aynı olması gerekmektedir. Eğer yapı malzemesinin yüzey sıcaklığı çığleşme sıcaklığından daha düşük olursa havadaki nem yapı malzemesinde yoğunlaşır (40). Bu sonuçlar bu saatte kış aylarında suyun yapı malzemelerinde yoğunlaşma olasılığının çok fazla olduğunu göstermektedir. Saat 14:00 de ise sıcaklık 10°C üstüne çıkmakta, çığleşme sıcaklıkları ile ortam sıcaklığı arasındaki fark artmakta ve nisbi nem azalmaktadır (Ek Tablo 6). Bu sonuçlar kış aylarında öğlen saatlerinde suyun yoğunlaşma ihtimalinin az olduğunu göstermektedir. Saat 21:00 de sıcaklıklar tekrar 10°C altına düşmekte, çığleşme sıcaklıkları ortam sıcaklığına yaklaşırken nisbi nem artmaktadır. Bu sonuçlar kış aylarında saat 21:00 ile saat 7:00 arasında sıcaklıkların düştüğünü, çığleşme sıcaklıklarının ortalama sıcaklıklara yaklaştığını ve nemin arttığını göstermektedir (Ek Tablo 7). Bu sonuçlardan kış aylarında gece boyunca suyun yapı malzemelerinde yoğunlaşma riskinin çok fazla olduğu anlaşılmaktadır.

İlkbahar ve sonbahar aylarından, Mart, Nisan, Ekim ve Kasım aylarında saat 7:00 de sıcaklıklar $5-12^{\circ}\text{C}$ arasında değişmekte ve nisbi nem ise kış aylarından daha fazla olup 85-90 arasında değişmektedir. Bu saatte çığleşme sıcaklıkları ortam sıcaklıklarına yakın değerlerdedir (Ek Tablo 5). Bu sonuçlar, belirtilen aylarda suyun yapı malzemelerinde yoğunlaşma olasılığının olduğunu göstermektedir. Saat 14:00 de ise sıcaklık 15°C üstüne çıkmaktadır. Bu saatte çığleşme sıcaklıkları ile ortam sıcaklığı arasındaki fark artmakta ve nisbi nem azalmaktadır. Bu sonuçlar, öğlen saatlerinde suyun yoğunlaşma ihtimalinin olmadığını ancak yoğunlaşan suyun artan sıcaklıklar nedeniyle buharlaşma olasılığının arttığını göstermektedir. Saat 21:00 de sıcaklıklar 15°C altına düşmekte, çığleşme sıcaklıkları ortam sıcaklığına yaklaşmakta ve nisbi nem artmaktadır. Bu sonuçlar, bu aylarda saat 21:00 ile saat 7:00 arasında nemin yoğunlaşma riskinin olduğunu göstermektedir.

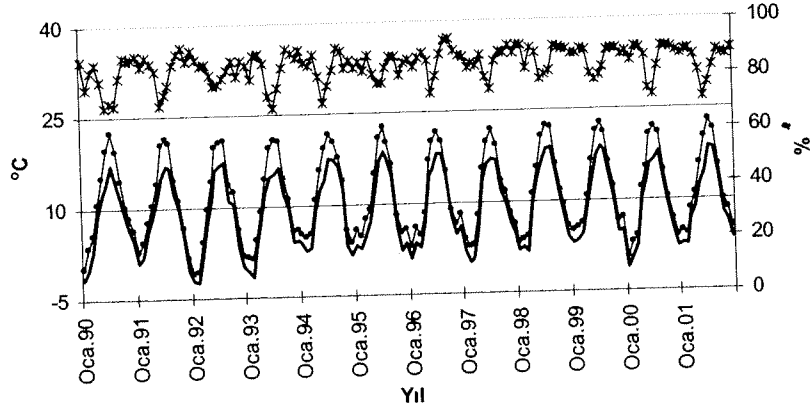
Yaz aylarında saat 7:00 de sıcaklıklar 20°C civarında, nisbi nem 80 civarındadır. Çığleşme sıcaklıkları ortam sıcaklıklarından daha düşük değerlerdedir (Ek Tablo 5). Bu sonuçlar, yaz aylarında suyun yapı malzemelerinde yoğunlaşma olasılığının az olduğunu göstermektedir. Saat

14:00 de ise sıcaklık 30°C nin üstüne çıkmaktadır, bu saatte çığleşme sıcaklıkları ile ortam sıcaklığı arasındaki fark artmakta ve nisbi nem azalmaktadır (Ek Tablo 6). Bu sonuçlar öğlen saatlerinde suyun yoğuşma ihtimalinin olmadığını göstermektedir. Saat 21:00 de sıcaklıklar 30° C nin altına düşmekte, ve nisbi nem artmaktadır (Ek Tablo 7). Bu sonuçlar bu aylarda saat 21:00 ile saat 7:00 arasında nemin yoğuşma riskinin olmadığını göstermektedir.

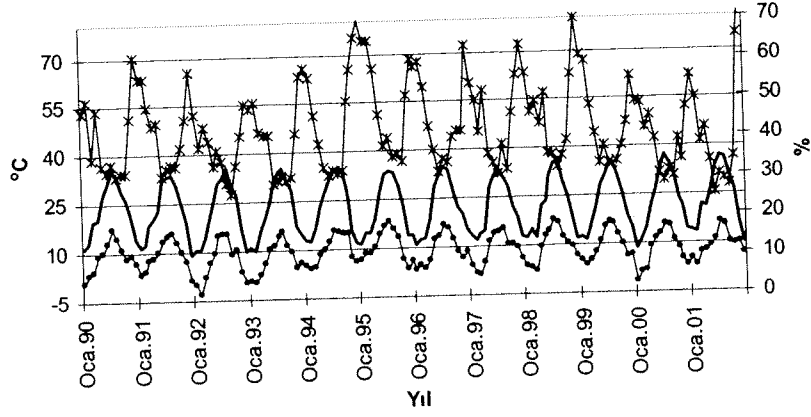
İlkbahar ve sonbahar aylarından olan Mayıs ve Eylül ayı ise bahar ve yaz aylarının ortasında sıcaklık ve nem değerlerine sahiptir.

Tüm ayların sıcaklık değerleri incelendiğinde sıcaklığın sıfır ve altı derecelere düşmediği gözlenmektedir. Bu durum, yapı malzemelerinde suyun donmasının gerçekleşmediğini göstermektedir.

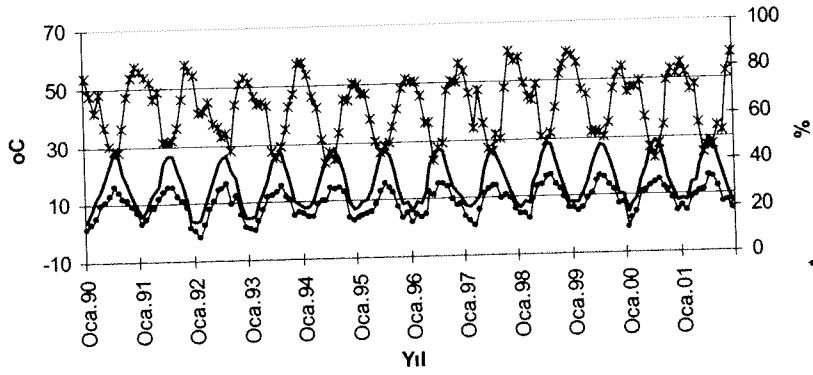
Saat 7:00



Saat 14:00

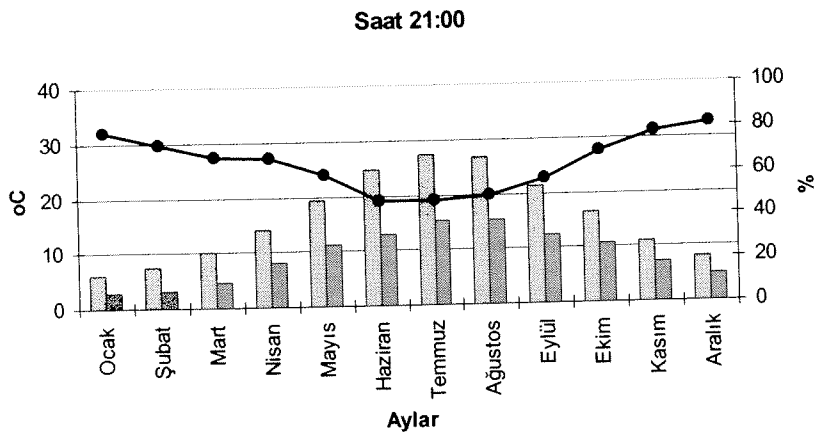
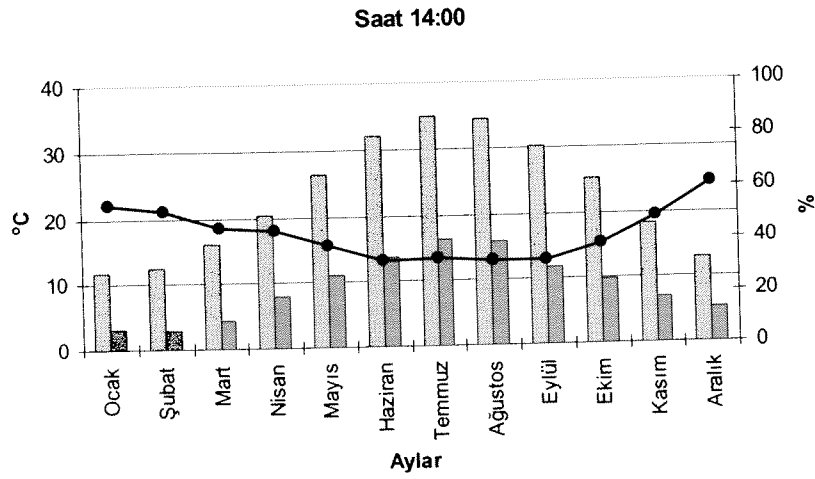
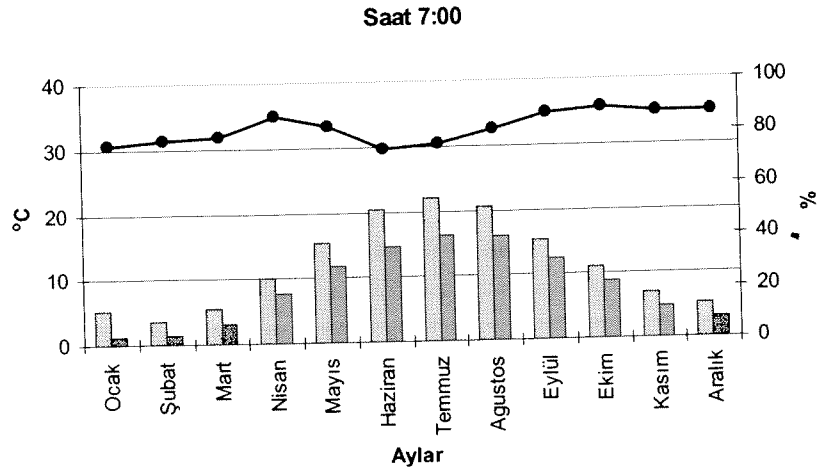


Saat 21:00



— Ortam Sıc. — Çiğleşme Sıc. * Nisbi Nem

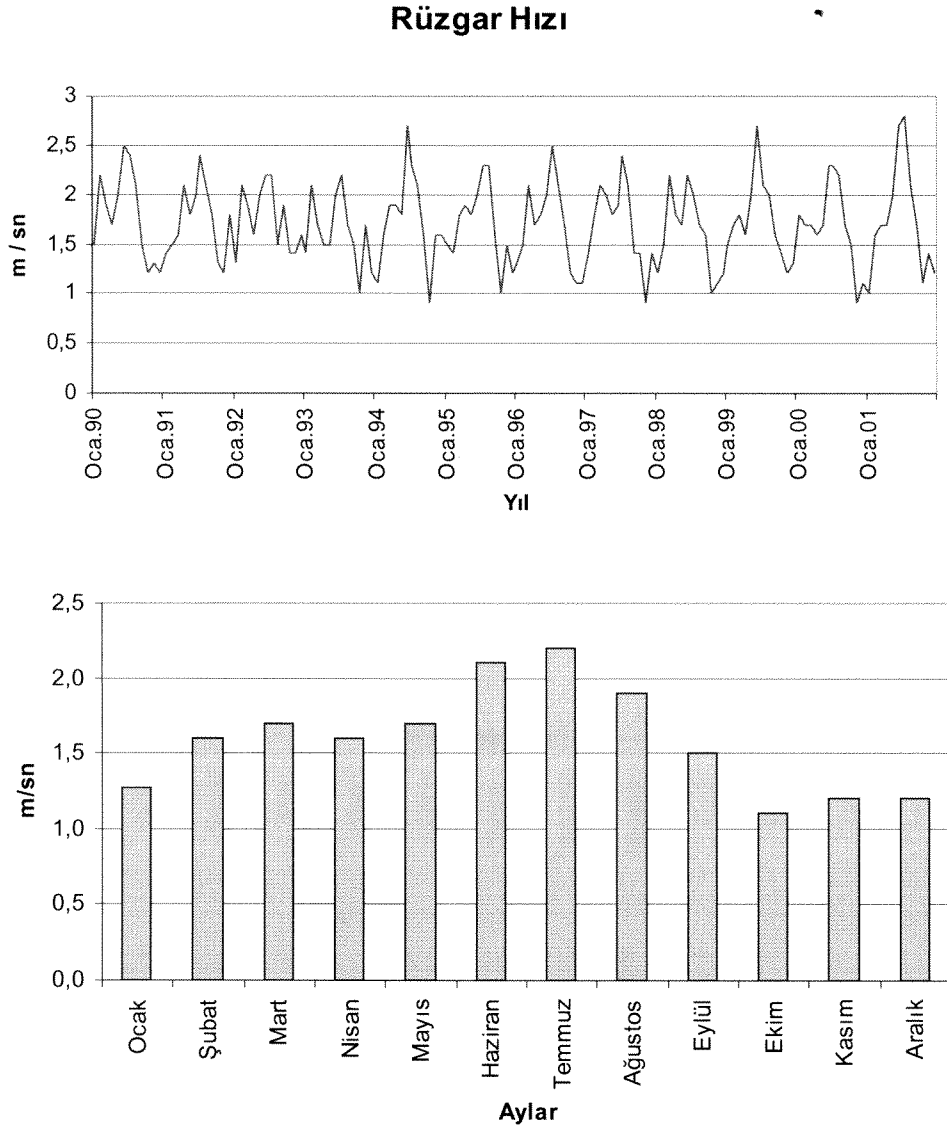
Şekil 64. 1990 ve 2001 yılları arasında aylık ortalama ortam sıcaklığı, nisbi nem ve çiğleşme sıcaklığı değerleri (saat 7:00, 14:00, 21:00' de ölçülen değerler)



Ortam Sic.
 Çiğleşme Sic.
 Nisbi Nem

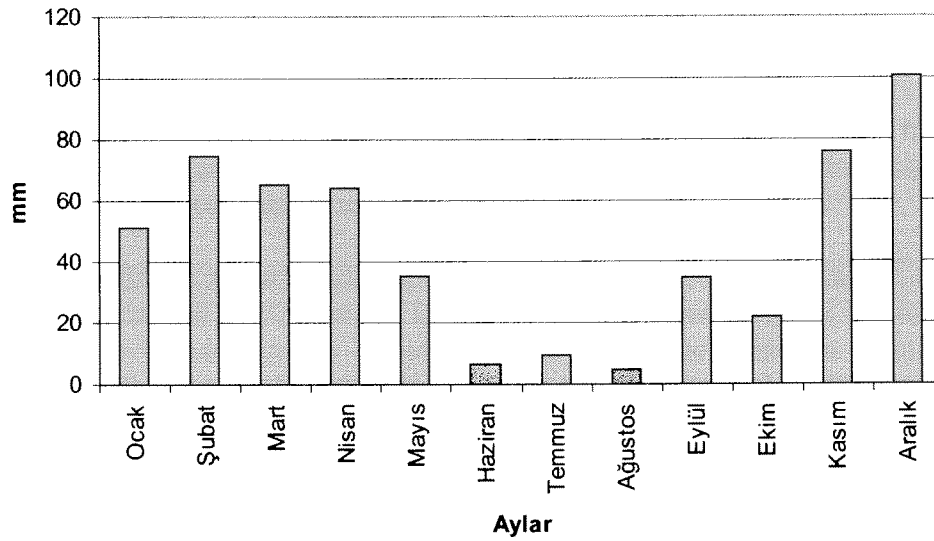
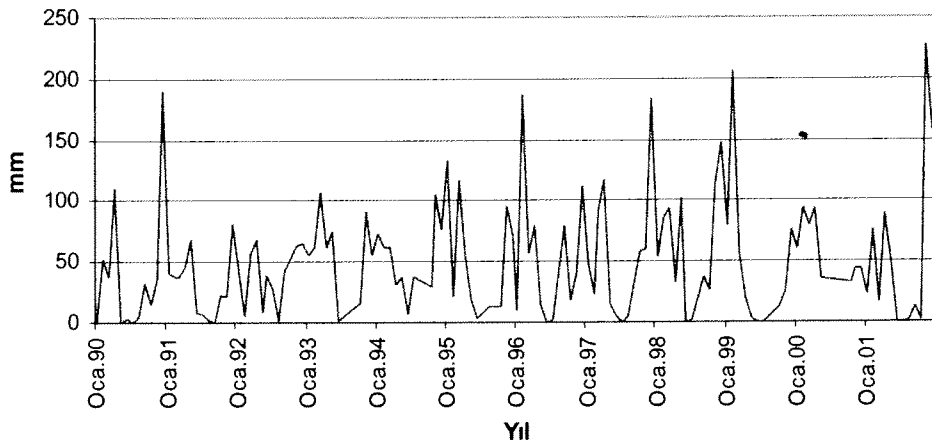
Şekil 65. 1990 ve 2001 yılları arasındaki ortalama aylık ortam sıcaklığı, nisbi nem ve çığleşme sıcaklığı değerlerinin ortalama değerleri (saat 7:00, 14:00, 21:00' de ölçülen değerler)

Birgi' de yaz aylarında ortalama yağış miktarı az, rüzgar hızı ise fazladır (Şekil 52, 53). Bu durum, daha kuru bir ortam yaratarak yapıdaki nemin azalmasına neden olmaktadır. Bahar ve kış aylarında ise ortalama yağış miktarının fazla ve rüzgar hızının az olması, ortamdaki nem miktarını artırarak yapıdaki nem sorunlarını artırmaktadır.



Şekil 66. 1990 ve 2001 yılları arasında aylık ortalama rüzgar hızı değerleri ve bu yıllar arasındaki ortalama aylık rüzgar hızı değerlerinin ortalama değerleri

Toplam Yağış



Şekil 67. 1990 ve 2001 yılları arasında aylık ortalama yağış değerleri ve bu yıllar arasındaki ortalama aylık yağış değerlerinin ortalama değerleri

7. YAPIYA AFET OLAYLARININ ETKİSİ

Birgi, 1. Derecede tehlikeli deprem bölgesindedir. Küçük Menderes ovasındaki deprem merkezlerinin etkisinde bulunur (47, 56). Ancak bu araştırmada inceleme konusu yapıda herhangi bir deprem hasarı gözlenmemiştir. Benzer şekilde yapıda; fırtına, sel gibi afetlerin etkilerine ilişkin herhangi bir bilgi ve kayda rastlanmamıştır. Bu nedenle incelenen yapıda afet olaylarıyla ilişkili bir değerlendirme yapılması mümkün gözükmemektedir. Görsel olarak gözlenemeyen bu etkilerin farklı bir araştırma grubu ile örneğin inşaat mühendisliği, jeoloji mühendisliği gibi disiplinlerden uzmanlarla daha kapsamlı olarak araştırılması gereklidir.

8. YAPIDAKİ MALZEME SORUNLARININ ZEMİN ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRMESİ

Birgi yerleşmesinin tamamı metamorfik şistler üzerindedir (47). Yapının oturduğu zemin alüvyon karakterlidir. Granülometrik olarak çakıllı kil ve siltten oluşan bir dağılım gösterir. Konum olarak yapı, çukurda kaldığından yüzey sularından etkilenmektedir. Bu suyun çevre drenajı ile hemen yanından geçen dereye verilmesi uygun olacaktır. Bunun sonucu yapıyı oluşturan malzemelerin kapiler su emmeleri, gözeneklerde su tutmaları gibi sorunlar çözülecektir. Yerleşmede yer altı su seviyesi derindedir. Bu nedenle, yer altı suyunun mevsimsel olarak değişmesi, özellikle kış ve ilkbaharda yağış sonucu yükselmesi düşünülmekle birlikte yapı için sorun oluşturmamaktadır.

9. SONUÇLAR

Bu çalışmada, inceleme örneği olarak seçilen tarihi yapıda malzeme bozulma sorunları ve malzemelerin temel fiziksel, mineralojik, kimyasal, yapısal ve ham madde kompozisyonları belirlenmiştir. Bu belirleme, yapının içinde bulunduğu bozulma sorunlarını ve yapının fiziksel bünyesini tanımlamaktadır. Yapının bünyesi tanımlanmadan müdahale edilmesi durumunda, yapı sahip olduğu tarihi ve özgün niteliklerini yitirir.

İncelenen yapıda bozulmaların ana kaynağını nem teşkil etmektedir. Bu sorun, malzemelerin içerdikleri çözünen tuzların analizi, temel fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve yapıda yürütülen mikroklimatik çalışma ile tespit edilmiştir.

Yapıda kullanılan özgün taşlar; volkanik kökenli olan kayrak taşıdır. Kayrak taşı nem ile topraktan taşınan tuzların çözülmesi ve kristallenmesi ve barındırdıkları kil minerallerinin şişip büzülmesi ile bozulmaktadır. Taşlarda tabakalar halinde gözlenen bozulmalarda bu mekanizmanın etkili olduğu söylenilebilir. Yapıda kullanılan tuğlalar, düşük sıcaklıklarda pişirilmiş tuğlalardır. Harç ve sıvalar kireç harç ve sıvalarıdır. Bu harçlarda kullanılan kireç saf kireçtir. Agregada olarak ince kum kullanılmıştır. Kireç harç ve sıvalardaki bozulmalar nemin ve tuzların etkisi ile gözenekliliklerin artması ve bunun sonucunda sahip oldukları bağlayıcı özelliklerinin yitilmesi şeklinde gelişmektedir. Horasan sıvalar kireç, tuğla kırığı ve kum agregalardan oluşmaktadır. Kullanılan tuğlalar puzolanik özelliğe sahiptir. Tuğla ve kum agregalar matris içinde kireç ile iyi bağlanmış durumdadır. Çatıda kullanılan bu sıvalar çatı ile olan temas yüzeylerinde bağlayıcı olma özelliğini yitirerek ayrılmakta fakat ayrılan parçalarda ufalanma, dağılma gibi bozulmalar gözlenmemektedir. Bu ayrılmalarda, özgün çatı detayının bozulması sonucu, temas yüzeylerine taşınan killerin, nemin ve bununla bağlantılı olarak bitki oluşumlarının etkili olduğu düşünülmektedir.

Yapıda en yoğun bozulmalar, çatının onarıma ihtiyaç gösterdiği bölümler ile cephelerde zeminden yaklaşık bir metreye kadar olan bölgelerdedir. Bu bölgelerde bulunan malzemelerde, tuzlanmanın ve bitki oluşumlarının yol açtığı ufalanmalar, kabuklanmalar ve tabakalar halinde ayrılmalar gözlenmektedir. Bu bölgelerdeki sıvalar yüzeyden ayrılarak dökülmüşlerdir. Bunun sonucunda yapının bu bölümleri neme karşı daha dayanıksız hale gelmiştir.

Yapıda gözlenen bozulmalar, yağmur sularından kaynaklanmaktadır. İncelenen kaynaklarda yer altı suyunun derinde olduğu belirtilmektedir (47). Bu derinliğin muhtemelen temel seviyesinin altında olduğu dikkate alınır, yapıda gözlenen bozulmaların kaynağını yağmur

suları oluşturmaktadır. Çatı ve çevre drenaj sisteminin tahrip olması sonucunda yapı çevresinde yağmur suları toplanmaktadır. Buna bağlı olarak, yapı malzemeleri ıslanmakta, suyun buharlaşması yapı malzemelerinin üzerinden olmakta ve bu süreçte topraktaki çözünen tuzlar malzemeye taşınarak malzemelerde bozulmaya yol açmaktadır. Yapıda yürütülen mikroklimatik çalışmada, yerden bir metreye kadar olan yüksekliklerdeki yüzey sıcaklıklarının daha düşük olması ve bu bölgelerdeki malzemelerde çözünen tuzların daha fazla olması bunu desteklemektedir.

Yapıda gözlenen bozulmaları kontrol altına alabilmek için öncelikli olarak nem sorununun çözümlenmesi gerekmektedir. Bozulmaların temel kaynağını yağmur suları oluşturmaktadır. Çatının işlevini yitirmesi, ve yapı etrafındaki drenaj sisteminin bozulması (özgün eğimler v.b) sonucunda yağmur suları yapı içinde ve etrafında toplanmaktadır. Bu sorunu çözmek için:

- Özgün çatı ve çevre drenaj sisteminin araştırılarak projelendirilmesi gerekmektedir.
- Projenin uygulama aşamasında çimento ve/veya polimer malzemeler kullanılmamalıdır. Uygulamada kireç harcı ve horasan sıva kullanılmalıdır.
- Yapıda gözlenen çatlakların doldurularak kapatılması gerekmektedir. Kullanılacak dolgu malzemesi kireç harcı olmalıdır. Kireç harcı yapıda kullanılan ve analizlerle temel özellikleri tespit edilen özgün harçlarla uyumlu olmalıdır.
- Özgün durumda var olan fakat daha sonra dökülen duvar sıvaları, özgün karışımlar göz önüne alınarak yenilenmelidir.
- Özgün sıvalar korunmalı ancak sağlamlaştırmaya ihtiyaç duyulan yerlerde kireç sıva kullanılmalıdır. Çimento veya sentetik katkı malzemeler kullanılmamalıdır.

Yapıda zeminden bir metreye kadar olan yüksekliklerden toplanan örneklerde çözünen tuz miktarları bu bölgelerin dışından toplanan örneklerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, yerden yükselen nem ile topraktan taşınan çözünen tuzların suyun buharlaşması sonucunda bu bölgelerdeki malzemelerde kristallenerek toplandığını göstermektedir. Islanma kuruma periyotlarında tuzların çözülmesi ve kristallenmesi ile meydana gelen basınç artışı ile bu bölgedeki malzemelerin gözeneklilikleri artmakta, ufalanmalar, kabuklanmalar ve tabakalalar halinde ayrılmalar gözlenmektedir.

- Yapıda nem sorunu çözüldükten sonra, bu bölgelerde tuzların temizlenmesi gerekmektedir. Bunun için nemlendirilmiş kağıt hamuru veya zayıf ve gözenekli geçici bir kireç sıva uygulanabilir.
- Gözlenen bitki oluşumlarının yapıya daha fazla zarar vermesini önlemek için temizlenmesi gerekmektedir.
- Cephelelerde mikroorganizmaların (yosun, mantar, bakteri) yol açtığı patinaların temizlenmesini gerekli kılacak bozulma gözlenmemektedir. Yapıda nem sorununun çözülmesi ile bu oluşumlar zaman içinde ortadan kalkacaktır.

Yapıda kullanılan özgün malzemelerin tespit edilen yoğunluk ve gözeneklilik değerlerinden yeni onarım malzemelerinin sahip olması gereken temel fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Daha az bozulmaların olduğu bölgelerdeki malzemelerin yoğunlukları, bozulmaların daha fazla gözlemlendiği bölgelerden daha yüksek, gözeneklilikleri ise daha düşüktür. Bu sonuçlar nemin ve tuzların etkisi ile malzemelerin gözenekliliğinin arttığını ve dayanımlarının azaldığını göstermektedir. Bu sonuçlara göre, onarım çalışmalarında kullanılacak yeni kayrak taşlarının nem ve sıcaklık değişimlerinde eski ile aynı davranışı gösterecek temel fiziksel özelliklere sahip olması gerekmektedir.

Yapıda kullanılan tuğlalar, düşük yoğunluk ve yüksek gözeneklilik değerlerine sahiptir. Onarımlarda, taş seçiminde olduğu gibi bu özelliklere sahip tuğlalar kullanılmalıdır. Günümüzde üretilen fabrika tuğlaları yüksek yoğunluk ve düşük gözeneklilik değerlerine sahiptir. Bu tuğlaların özgün tuğla ile birlikte kullanılması durumunda özgün tuğlaların bozulma süreci hızlanacaktır.

Yapıda kullanılan kireç harç ve sıvaları da düşük yoğunluk ve yüksek gözeneklilik değerlerine sahiptir. Bu nedenle, onarım çalışmalarında kullanılacak harçlar ve sıvalar bu özellik göz önüne alınarak hazırlanmalıdır. Harçların hazırlanmasında çimento, gerek ana malzeme gerekse katkı malzemesi olarak kullanılmamalıdır. Çimento harç ve sıvaları, çözünen tuzları içermekte, kireç harç ve sıvalara göre daha az gözenekli ve daha yoğun malzemelerdir. Nem ve ısı değişimlerinde özgün malzemedeki farklı davranan bu malzemeler birlikte oldukları özgün malzemelerin bozulmalarını hızlandırmaktadırlar.

Meteorolojik verilerin değerlendirilmesi sonucunda; kış, ilkbahar ve sonbahar aylarında yapı malzemeleri üzerinde gece saatlerinde saat 21:00 ile 7:00 arasında yoğunlaşma riskinin fazla olduğu yaz aylarında ise yoğunlaşma riski olmadığı belirlenmiştir. Ancak sıcaklık sıfır derece ve altına düşmediği için malzemelerde suyun donma ve çözülmesi oluşmamaktadır. Bu durum, yapı malzemelerinde gözlenen bozulmanın, suyun donma ve erimesinden kaynaklanmadığını göstermektedir. Buna karşılık bozulmaların, malzemenin periyodik ıslanma ve kurumasından kaynaklandığı düşünülebilir.

Tarihi yapılarda gerçekleştirilecek müdahaleler; yapının içinde bulunduğu yukarıda değinilen sorunların tespiti, malzemelerde gözlenen bozulma türleri ve yoğunluklarının belirlenmesi ve özgün malzemelerin özelliklerinin araştırılmasından sonra yapılmalıdır. Tüm bu çalışmalar disiplinlerarası işbirliğini gerektirir. Genel olarak, Türkiye’de tarihi yapılara bu çalışmalar yapılmadan müdahale edilmektedir. Özgün malzemelerin özellikleri araştırılmadan seçilen yeni malzemelerin kullanılması sonucu özgün malzemeler daha fazla zarar görmektedir. Bozulma türleri, dereceleri tespit edilmeden yapılan müdahaleler, bilinçsizce olmakta, müdahale gerektirmeyen taş, tuğla gibi özgün malzemeler değiştirilerek yapının tarihi nitelikleri yok edilmektedir.

Bu çalışma kapsamında ele alınan inceleme yaklaşımı, tarihi yapılarda özgün malzemelerin korunması konusuna dikkat çekmesi açısından önem taşımaktadır. Koruma uygulamaları yapan kurum ve kuruluşlara malzeme koruma konusunda çalışma etaplarını göstermesi ve her tarihi yapıya uyarlanabilir ve gerektiğinde genişletilebilir olması araştırmanın bu alana katkısını belirlemektedir. Bu bağlamda, tarihi yapılardaki malzemelere ilişkin yapılacak araştırmalar, yapının bir bütün olarak ele alınarak incelenmesi kapsamında önemli bir çalışma etabıdır. Bu doğrultuda yapılacak çalışmalar aşağıda verilen aşamalarda gerçekleştirilmelidir:

- **Yapının Ön İnceleme Çalışması**

Yapının tarihi, kültürel önemini ve yaşamı süresince kullanım durumunun belirlenmesine yönelik yazılı ve görsel, bilgi ve belgelerin toplanması.

- **Yapının Durumunu Belgeleme Çalışmaları**

- Yapının belgelenmesi:

Mevcut çizimlerin araştırılması ve kontrolü, eğer yoksa yapının tanımlanacağı kapsamda çizimlerin hazırlanması.

- Çizimler üzerinde bilgilerin oluşturulması:
 - Yapım tekniği ve malzeme çeşitleri; özgün nitelikler, müdahaleler.
 - Yapısal hasarların görsel olarak belirlenmesi ve tanımlanması.
 - Malzemelerde gözlenen bozulmaların görsel olarak belirlenmesi ve olası kaynakların tespiti.
 - Malzemelerde gözlenen bozulma yoğunluklarının belirlenmesi:
 - > Birinci derece bozulma bölgeleri (yenileme, tamamlama, sağlamlaştırma işlemlerinin yoğun olarak uygulanacağı bölümler).
 - > İkinci derece bozulma (yenileme, tamamlama ve sağlamlaştırma işlemlerinin kısmi olarak uygulanacağı bölümler).
- Tahribatsız test metotları ile yapının sorunlarının belirlenmesi:
 - Çatlakların belirlenmesi ve takibine yönelik çalışmalar.
 - Metal bağlantı elemanlarının tespiti ve yarattığı sorunlara yönelik çalışmalar.
 - Özgün malzemelerin yerinde fiziksel özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar.
- **Yapının İçinde Bulunduğu Meteorolojik Verilerin İncelenmesi**
 - Sıcaklık, nem, sis, hakim rüzgar yönü ve hava kirliliği değerlerinin incelenmesi.
 - Yapıda mikroklimatik çalışmalar (ortam sıcaklığı, yüzey sıcaklığı ve bağıl nem ölçümleri).
- **Yapıya Afet Olaylarının Etkisi ve Zemin İncelemeleri**

Yapının bulunduğu alanın jeolojik incelemesi: Zemin karakteri, yer altı su seviyesi, deprem, sel, fırtına durumuna ilişkin araştırmalar.
- **Malzeme Özellikleri ve Bozulma Sorunlarını Belirlemeye Yönelik Laboratuvar Çalışmaları**
 - Malzeme Örneklerinin Toplanması:
 - Bozulmaların daha az gözlemlendiği özgün malzemelerden örneklerin toplanması.
 - Farklı dereceden bozulmaların gözlemlendiği bölgelerden örneklerin toplanması.
 - > Taş, tuğla, harç ve sıva malzemeler için:
 - Fiziksel özelliklerin belirlenmesi (yoğunluk, gözeneklilik, ıslanma kuruma hızları, su buharı geçirgenliği).
 - Çözünen tuz oranlarının tespiti.
 - Mineralojik özelliklerin belirlenmesi.
 - Yapısal ve kimyasal özelliklerin belirlenmesi.
 - Dayanıklılık ve mukavemet özelliklerinin belirlenmesi.
 - > Harç ve sıva malzemeler için:
 - Ham madde oranlarının tespiti.
 - Bağlayıcı madde özelliklerinin tespiti.
 - Agrega özelliklerinin tespiti.
 - > Ahşap malzeme için:
 - Ahşap cinsinin belirlenmesi.
 - Fiziksel özelliklerin belirlenmesi.
 - Dayanıklılık ve mukavemet özelliklerinin belirlenmesi.

- > Metal malzeme için:
 - . Bileşimlerin belirlenmesi.
 - . Fiziksel özelliklerin belirlenmesi.
 - . Dayanıklılık ve mukavemet özelliklerinin belirlenmesi.

- **Onarımlarda Kullanılacak Malzemelerin Özelliklerinin Tespiti**

Yapılan laboratuvar çalışmaları doğrultusunda özgün malzemelerin; fiziksel, kimyasal ve yapısal özelliklerine uygun malzemelerin seçimi, bunların laboratuvarda ve yapıda özgün malzemelerle uygunluklarının test edilme çalışmaları.

KAYNAKLAR

1. Akman M.S., Güner A., Aksoy İ.H., "Horasan Harcı ve Betonunun Tarihi ve Teknik Özellikleri", II. Uluslararası Türk ve İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongresi, İstanbul, (1986), p.1-18.
2. Amoroso, G.G., Fassina, V., Stone Decay and Conservation, Elsevier, Amsterdam, (1983).
3. Arnold A., "Nature and Reactions of Saline Minerals In Walls", The Conservation of Stone II - Preprints of the Contributors to the International Symposium, Bologna, Italy, (1981), p.13-23.
4. Arnold A., "Determination of Saline Minerals from Monuments", GP News Letter, 4, p.4-15, (1983).
5. Arnold, A., Zehnder, K., "Salt Weathering on Monuments", 1st International Symposium of the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Bari, Italy, (1989), p.31-58.
6. "Avrupa Mimari Mirasının Korunması Sözleşmesi", Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıkları Mevzuatı, T.C. Kültür Bakanlığı, Ankara, (1990).
7. Ball J., Young M.E "Mapping the Decay and Weathering of Stone: A technique for the Assessment of Large Numbers of Buildings", Proceedings of the New Millennium International Forum on Conservation of Cultural Property, South Korea, (2000), p.134-147.
8. Black C.A., Methods of Soil Analysis, Part 2, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, (1965).
9. Böke H., Göktürk H., Caner -Saltık E.N., "Effect of Particulate Matter on the Sulphation of Calcareous Stone in Humid Atmosphere Containing Sulphur Dioxide Stone", 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Berlin, Germany, (1996), p.407-414.
10. Camuffo D., "Physical Weathering of Stones", The Science of the Total Environment, 167, p.1-14, (1995).
11. Camuffo, D., "The Role of Climate on Stone Weathering", Origin, Mechanism and Effects of Salts on Degradation of Monuments in Marine and Continental Environments, Proceeding of the Workshop held in Bari, Italy, (1996), p.157-165.
12. Camuffo, D., Sturaro, G., and Valentino, A., "Urban Climatology Applied to the Deterioration of Pisa Leaning Tower, Italy", Theoretical and Applied Climatology, 63, p.223-231, (1999).

13. Caner E.N., Seeley N.J., "X-ray Diffraction and Microprobe Studies on the Alteration of Limestones From Historical Monuments", *The Conservation of Stone I, Proceedings of the International Symposium, Bologna, Italy, (1976)*, p.23-26.
14. Caner E.N., Seeley N.J., "Dissolution and Precipitation of Limestone", *3rd International Congress on the Deterioration and Preservation of Stones, Venezia, Italy, (1979)*, p.107-129.
15. Caner, E.N., Böke H., "Occurrence of Calcium Oxalates on Marble Monuments in Anatolia", *International Symposium: The Oxalate Films: Origin and Significance in the Conservation of Works of Art; Proceedings, Milano, Italy, (1989)*, p.299-307.
16. Caner-Saltık E.N, Demirci Ş., Türkmenoğlu A., Özgenoğlu A., Göktürk H., Özer A., Böke H., İnalpulat E. (1995) "Examination of Surface Deterioration of Göreme Tuffs for the Purpose of Conservation" *The Safeguard of the Rock-Hewn Churches of the Göreme Valley, Proceedings of an International Seminar, Ürgüp, Cappadocia, Turkey, 5-10 September 1993, ICCROM Publication, (1995)*, p.85-94.
17. Cultrone G., Sebastian E., Cazalla O., Nechar M., Romero R., Bagur M.G., "Ultrasound and Mechanical Tests Combined with ANOVA to Evaluate Brick Quality", *Ceramics International, 27*, p.401-406, (2001).
18. Fitzner, B., and Kownatzki, R., "Studies on Natural Stone Monuments- Methodology and examples", *Science, Technology and European Cultural Heritage: Proceedings of the European Symposium, Bologna, Italy, (1991)*, p.930-934.
19. Fitzner B., Heinrichs K., and Kownatzki R., "Classification and Mapping of Weathering Forms", *Proceedings of the 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Lisbon, Portugal, (1992)*, p.957-968.
20. Fitzner, B., Heinrichs, K., and Volker, M., Perez, R.C., "Damage Investigations on Natural Stone Monuments in Minas Gerais, Brazil", *Conservation of Stone and Other Materials Proceedings of the RILEM/UNESCO Congress, Paris, France, (1993)*, p.360-367.
21. Fitzner B., and Heinrichs K., "Damage Diagnosis at Monuments Carved from Bedrocks in Petra Jordan", *The Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin – Proceedings of the 3rd International Symposium, Venezia, Italy, (1994)*, p.663-671.
22. Fitzner B., Heinrichs K., and Kownatzki R., "Weathering Forms – Classification and Mapping", *Verwitterungsformen - Klassifizierung und Kartierung. - Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung I, Förderprojekt des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, (1995)* p.41-88.
23. Gleize, P., Silva, D.A., Nappi, S., "Ancient Rendering Mortars from a Brazilian Palace Its Characteristics and Microstructure", *Cement and Concrete Research, 30*, p.1609-1614, (2000).

24. Güleç A., Tulun T., “Studies of Old Mortars and Plasters from the Roman, Byzantine and Ottoman Period of Anatolia”, *Architectural Science Review*, 39, p.3-13, (1996).
25. Güleç A., Tulun T., “Physico-Chemical and Petrographical Studies of Old Mortars and Plasters of Anatolia”, *Cement and Concrete Research*, 27, 2, p.227-234, (1997).
26. Hamamcıoğlu M., “Restoration Project for Dervişağa Medresesi in Birgi, Ödemiş, İzmir”, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (1994).
27. He C., Osbaeck B., and Makovicky E., “Pozzolanic Reactions of Six Principal Clay Minerals: Activation, Reactivity Assesments and Technological Effects”, *Cement and Concrete Research*, 25, 8, p.1691-1702, (1995)
28. Hodgson F.T., *Plaster and Plastering: Mortars and Cements, How to Make and How to Use*, The Industrial Publication Company, New York, (1901).
29. Holmes S. and Wingate M., *Building with Lime*, Intermediate Technology Publications, London, (1997).
30. http://www.icomos.org/docs/venice_charter.html, “The Venice Charter”.
31. <http://www.tufts.edu/departments/fletcher/multi/wwwbh872.html>, “Convention for the Protection of the Architectural Heritage of Europe”.
32. Iñigo A.C., Vicente M.A., Rives V., “Weathering and Decay of Granitic Rocks: Its Relation to their Pore Network”, *Mechanics of Materials*, 32, p.555-560, (2000).
33. İpekoğlu, B., Demircioğlu, N., Daniş, Ü., “Erzurum’da Tarihi Yapılardaki Taş Bozunması Üzerine Azot Oksitlerin Etkisi”, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 20, 4, p. 211-216, (1996).
34. Keskinler, B., İpekoğlu, B., Daniş, Ü., Acar, F., Özbay, O., “Hava Kirliliğinin Erzurum’da Tarihi Yapıtlara Etkisi”, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 18, 2, p.169-174, (1994).
35. Lea, F.M., “Investigations on Pozzolans”, *Building Research Technical Paper No.27*, London.
36. Luxan M.P, Madruga F., Saavedra J., “Rapid Evaluation of Pozzolanic Activity of Natural Products by Conductivity Measurements”, *Cement and Concrete Research*, 19, p.63-68, (1989).
37. Middendorf B., Knöfel D., “Use of Old and Modern Analytical Methods for the Determination of Ancient Mortars in Northern Germany”, *Proceedings of the 3rd Expert Meeting, Hamburg, NATO - CCMS Pilot Study on Conservation of Historic Brick Structures, Berlin, Germany, (1990), p.75-92.*

38. Moropoulou A., Bakolas A., Bisbikou K., "Characterization of Ancient, Byzantine and Later Historic Mortars by Thermal and X-ray Diffraction Techniques", *Thermochimica Acta*, 269/270, p.779-795, (1995).
39. Moropoulou A., Bakolas A., Bisbikou K., "Investigation of the Technology of Historic Mortars", *Journal of Cultural Heritage*, 1, p.45-58, (2000).
40. Oxley, T.A., and Gobert, E.G., *The Professionals and Home Owners Guide to Dampness in Buildings Diagnosis Treatment Instruments*, Butterworths, England, (1985).
41. Prince W, Castanier G., Giafferi J.L., "Similarity between Alkali – Aggregate Reaction and the Natural Alteration of Rocks", *Cement and Concrete Research*, 31, p.271-276, (2001).
42. Richard S., Steven C.H., "Heated Mineral Mixtures Related to Ancient Ceramic Pastes", *Archaeological Chemistry*, 8, p.145-155, (1989).
43. RILEM, *Tests Defining the Structure, Materials and Construction*, 13, No.73, (1980).
44. Schaffer, R.J., *The Weathering of Natural Building Stone*, Building Research Station, Garston, 1972, p.56-72.
45. Shiavon N., Chiavari G., Schiavon G., Fabbri D., "Nature and Decay Effects of Urban Soiling on Granitic Building Stones", *The Science of the Total Environment*, 167, 87-101, (1995).
46. Sujeong L., Kim Y.K., Moon H.S., "Phase Transformation Sequence from Kaolinite to Mullite Investigated by an Energy-Filtering Transmission Electron Microscope", *Journal of American Ceramic Society*, 82, (10) 5, p.2841-2848, (1999).
47. Tabban, A., *Kentlerin Jeolojisi ve Deprem Durumu*, Ankara, (2000).
48. Tavukçuoğlu A., Caner-Saltık E.N., "Mapping of Visual Decay Forms and Infrared Imaging of Stone Structures for the Maintenance and Monitoring Studies", *Durability of Building Materials and Components* 8, Vol.1, NRC Research Press, Canada, (1999), p.613-623.
49. Tavukçuoğlu, A., "Taş Yapılarda Malzeme Bozulmalarının Görsel Analizi, Ağzı Karahan Örneği", *Yapı Dergisi*, 223, p.100-106, (2000).
50. Topal, T., and Doyuran, V., "Analyses of Deterioration of the Cappadocian Tuff, Turkey", *Environmental Geology*, 34, p.5-20, (1998).
51. Tuğrul, A., and Zarif, İ.H., "Research on Limestone Decay in a Polluting Environment, İstanbul – Turkey", *Environmental Geology*, 38, p.149-158, (1999).
52. Tuncoku S.S., "The Restoration Project of a XIIIth Century Anatolian Seljuk 'Mescid' in Konya with the Emphasis on the Materials and Related Problems", (Yayınlanmamış

Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1993, Ankara.

53. Tuncoku S.S., Caner-Saltık, E.N., and Böke, H., "Definition of the Materials and Related Problems of a XIIIth Century Anatolian Seljuk 'Mescid': A Case Study in Konya City", Conservation of Stone and Other Materials Proceedings of the RILEM/UNESCO Congress, Paris, France, (1993), p.368-375.
54. Tuncoku S.S., "Characterization of Masonary Mortars used in some Anatolian Seljuk Monuments in Konya, Beyşehir and Akşehir", (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001, Ankara.
55. Türk Standartları, Methods of Testing for Natural Building Stones, TSE 699 Ocak Ankara, p.9-15, (1987).
56. Utku, M., Özyalın, Ş., Utku, Z., "İzmir Depremleri: İzmir ve Çevresi'nin Deprem Riski", III. İzmir ve Çevresi'nin Deprem-Jeoteknik Sempozyumu, CD-ROM, İzmir, (2001).
57. Wang H., Gillot J.E., "Mechanisms of Alkali-Silica Reaction and the Significance of Calcium Hydroxide", Cement and Concrete Research, 21, p.647-654, (1991).

EKLER

EK A: Tablolar

Tablo 1. Taş, tuğla, harç ve sıva örneklerin gözeneklilik ve yoğunluk değerleri

Örnekler	Gözeneklilik (%)	Yoğunluk (gr/cm ³)
T. R. 1 (1)	2,15	2,73
T. R. 1 (2)	2,23	2,77
ortalama	2,19	2,75
T. R. 2 (1)	3,69	2,70
T. R. 2 (2)	3,93	2,66
ortalama	3,81	2,68
Tu. D. 1 (1)	42,25	1,35
Tu. D. 1 (2)	38,20	1,45
ortalama	40,22	1,40
Tu. R. 2 (1)	40,18	1,24
Tu. R. 2 (2)	48,38	1,12
ortalama	44,28	1,18
Tu. K.3 (1)	50,24	1,27
Tu. K. 3 (2)	49,56	1,28
ortalama	49,90	1,28
Tu. Ö. 4 (1)	52,21	1,23
Tu. Ö. 4 (2)	52,75	1,20
ortalama	52,48	1,22
Tu. Ö. 5 (1)	43,77	1,44
Tu. Ö. 5 (2)	39,29	1,45
ortalama	41,53	1,44
H. D. 1 (1)	34,91	1,67
H. D. 1 (2)	35,72	1,67
ortalama	35,31	1,67
H. D. 2 (1)	30,17	1,72
H. D. 2 (2)	25,70	1,73
ortalama	27,94	1,73
H. R. 3 (1)	32,88	1,73
H. R. 3 (2)	36,68	1,65
H. R. 3 (3)	32,73	1,75
H. R. 3 (4)	34,21	1,72
ortalama	34,12	1,71
H. R. 4 (1)	32,45	1,64
H. R. 4 (2)	35,75	1,61
ortalama	34,10	1,62
H. Ö .5 (1)	38,38	1,60
H. Ö .5 (2)	40,79	1,55
H. Ö .5 (3)	38,87	1,60
ortalama	39,35	1,58

S. R. Ü. 2 (1)	38,29	1,49
S. R. A. 2 (2)	36,42	1,61
S. R. A. 2 (3)	37,65	1,60
ortalama	37,03	1,60
S. D. Ü. 3 (1)	55,36	1,17
S. D. Ü. 3 (2)	53,73	1,20
ortalama	54,55	1,19
S. D. A. 4 (1)	39,03	1,58
S. D. A. 4 (2)	40,31	1,51
S. D. A. 4 (3)	40,24	1,54
ortalama	39,86	1,54
S. Ö. 5 (1)	44,57	1,35
S. Ö. 5 (2)	44,43	1,37
ortalama	44,50	1,36

Tablo 2. Taş, tuğla, harç ve sıva örneklerinde % çözünen tuz miktarları

Örnekler	Derişim (%)
T.R.1	0,144
T.R.2	0,6368
Tu.D.1	2,0832
Tu.R.2	0,007296
Tu.K.3	0,1888
Tu.Ö.4	0,1536
Tu.Ö.5	0,16
H.D.1	0,3008
H.D.2	3,0976
H.R.3	1,2448
H.R.4	1,7408
H.Ö.5	0,2368
S.R.Ü.1	0,688
S.R.A.2	0,2464
S.D.Ü.3	0,2656
S.D.A.4	0,272
S.Ö.5	0,2144

Tablo 3. Sıva ve harçlarda bağlayıcı- agrega oranları ve % agrega büyüklük dağılımı

Örnekler	%Kireç	%Agrega	Agrega Dağılımı (%)					
			$\geq 1180\mu\text{m}$	$500\mu\text{m}$	$250\mu\text{m}$	$125\mu\text{m}$	$53\mu\text{m}$	$< 53\mu\text{m}$
S.R.Ü.1 (1)	99,9	0,1	0	0	0	0	0	0,1
S.R.Ü.1 (2)	99,7	0,3	0	0	0	0	0	0,3
ortalama	99,8	0,2	0	0	0	0	0	0,2
S.R.A.2 (1)	38,8	61,2	25,9	8,6	13,3	9,3	3	0,9
S.R.A.2 (2)	44	56	11,6	11,4	17,7	11,1	3	0,8
ortalama	41,4	58,6	18,75	10	15,5	10,2	3	0,85
S.D.Ü.3 (1)	97	3	0	0	0	0	0	3
S.D.Ü.3 (2)	96,3	3,7	0	0	0	0	0	3,7
ortalama	96,65	3,35	0	0	0	0	0	3,35
S.D.A.4 (1)	35,7	64,3	10,2	19,3	18,5	9,6	4,2	1,2
S.D.A.4 (2)	35,8	64,2	10,2	19,5	18,6	9,8	4,1	1,4
ortalama	35,75	64,25	10,2	19,4	18,55	9,7	4,15	1,3
S.Ö.5 (1)	56	44	20,3	7,2	5,3	5,3	4,9	1,1
S.Ö.5 (2)	60,8	39,2	15,4	7,4	5,3	5	5,2	1,2
ortalama	58,4	41,6	17,85	7,3	5,3	5,15	5,05	1,15
H.D.1 (1)	27,3	72,7	16,2	22,3	19	10,4	3,4	1,1
H.D.1 (2)	26,6	73,4	15,1	21,8	19,3	10,6	4,6	1,3
ortalama	26,95	73,05	15,65	22,05	19,15	10,5	4	1,2
H.D.2 (1)	30,5	69,5	19,6	21,8	15,7	8,1	3,1	1,2
H.D.2 (2)	31,6	68,4	14,8	23,2	16,7	8,7	3,4	1,2
ortalama	31,05	68,95	17,2	22,5	16,2	8,4	3,25	1,2
H.R.3 (1)	26,6	73,4	14	15,6	18,3	14,3	7,6	2,5
H.R.3 (2)	27,6	72,4	17,6	14,2	16,8	13,9	7,6	2,1
ortalama	27,1	72,9	15,8	14,9	17,55	14,1	7,6	2,3
H.R.4 (1)	35,3	64,7	12,9	14,6	19,5	12,3	3,9	1
H.R.4 (2)	36,7	63,3	8,9	15,5	20,6	12,9	3,7	1,5
ortalama	36	64	10,9	15,05	20,05	12,6	3,8	1,25
H.Ö.5 (1)	38,2	61,8	15,3	12,4	13,3	11,9	7	1,9
H.Ö.5 (2)	45,1	54,9	11,7	11,1	11,9	11,2	6,9	2,1
ortalama	41,65	58,35	13,5	11,75	12,6	11,55	6,95	2

Tablo 4. Taş, tuğla, harç ve sıva örneklerin XRD sonuçları

ÖRNEKLER	MİNERALLER					
	Kalsit (C)	Kuvars (Q)	Feldispat (F)	Hematit (H)	Kil min. (K)	Amorf (A)
T.R.1	-	++	+++	-	-	-
T.R.2	-	++	+++	-	+	-
Tu.D.1	-	+++	++	+	++ (Illite)	+
Tu.R.2	-	+++	++	+	++ (Illite)	+
Tu.K.3	-	+++	++	+	++ (Illite)	+
Tu.Ö.4	-	++	++	+	-	+++
Tu.Ö.5	-	++	++	+	-	+++
H.D.1	+++	+++	++	-	+(Illite)	-
H.D.2	+++	+++	++	-	+(Illite)	-
H.R.3	+++	+	+	-	-	-
H.R.4	+++	+	+	-	-	-
H.Ö.5	+++	+	+	-	-	-
S.R.Ü.1	+++	-	-	-	-	-
S.R.A.2	+++	++	+	-	-	-
S.D.Ü.3	+++	-	-	-	-	-
S.D.A.4	+++	++	+	-	-	-
S.Ö.5	+++	+	-	-	-	-

+++ Temel mineral
 ++
 +
 -

Tablo 5. 1990 ve 2001 yılları arasındaki ortalama aylık ortam sıcaklığı, nisbi nem ve çığleşme sıcaklığı değerlerinin ortalama değerleri (saat 7.00 de ölçülen değerler)

Aylar	Ortam Sıc.	Çığleşme Sıc.	Nisbi Nem
Ocak	5,3 ± 2,2	1,2 ± 2,0	76,7 ± 2,2
Şubat	3,6 ± 1,8	1,4 ± 2,0	78,6 ± 3,6
Mart	5,5 ± 1,7	3,2 ± 1,8	79,7 ± 2,7
Nisan	10,1 ± 1,2	7,6 ± 1,4	87,4 ± 1,8
Mayıs	15,4 ± 0,9	11,7 ± 1,0	83,4 ± 3,0
Haziran	20,3 ± 0,6	14,5 ± 1,1	74,5 ± 3,4
Temmuz	22,0 ± 0,7	16,3 ± 1,1	75,9 ± 3,5
Agustos	20,7 ± 0,8	16,1 ± 1,3	81,2 ± 4,4
Eylül	15,3 ± 1,3	12,4 ± 1,7	87,5 ± 3,5
Ekim	11,1 ± 1,6	8,8 ± 1,6	89,2 ± 1,9
Kasım	7,0 ± 1,3	4,8 ± 1,6	87,3 ± 3,7
Aralık	5,2 ± 2,0	3,2 ± 2,0	87,4 ± 1,1

Tablo 6. 1990 ve 2001 yılları arasındaki ortalama aylık ortam sıcaklığı, nisbi nem ve çığleşme sıcaklığı değerlerinin ortalama değerleri (saat 14.00 de ölçülen değerler)

Aylar	Ortam Sıc.	Çığleşme Sıc.	Nisbi Nem
Ocak	11,8 ± 1,5	3,0 ± 2,6	55,2 ± 6,7
Şubat	12,5 ± 1,5	3,0 ± 2,8	52,5 ± 7,1
Mart	16,0 ± 2,7	4,3 ± 2,4	46,3 ± 7,8
Nisan	20,3 ± 2,1	7,9 ± 1,6	44,9 ± 5,5
Mayıs	26,4 ± 1,9	11,0 ± 1,6	38,7 ± 6,0
Haziran	32,0 ± 0,8	13,6 ± 1,7	32,9 ± 4,0
Temmuz	34,9 ± 1,3	16,3 ± 1,3	33,3 ± 3,3
Ağustos	34,6 ± 1,4	15,7 ± 0,6	32,6 ± 2,6
Eylül	30,2 ± 1,6	11,8 ± 1,7	32,5 ± 3,9
Ekim	25,2 ± 2,1	9,8 ± 2,0	38,3 ± 5,8
Kasım	18,1 ± 2,3	6,9 ± 2,2	48,6 ± 9,0
Aralık	12,8 ± 2,2	5,4 ± 2,4	61,0 ± 8,8

Tablo 7. 1990 ve 2001 yılları arasındaki ortalama aylık ortam sıcaklığı, nisbi nem ve çığleşme sıcaklığı değerlerinin ortalama değerleri (saat 21.00 de ölçülen değerler)

Aylar	Ortam Sıc.	Çığleşme Sıc.	Nisbi Nem
Ocak	6,0 ± 1,8	2,7 ± 2,3	79,5 ± 4,9
Şubat	7,4 ± 1,4	3,1 ± 2,1	74,0 ± 5,2
Mart	10,2 ± 1,7	4,6 ± 2,4	68,2 ± 5,4
Nisan	14,0 ± 1,4	8,1 ± 1,8	67,9 ± 5,0
Mayıs	19,2 ± 1,3	11,1 ± 1,2	59,6 ± 7,7
Haziran	24,7 ± 0,7	12,9 ± 1,4	47,8 ± 5,0
Temmuz	27,3 ± 1,1	15,1 ± 1,1	47,5 ± 3,7
Ağustos	26,6 ± 1,1	15,2 ± 1,1	49,6 ± 3,3
Eylül	21,4 ± 1,3	12,4 ± 1,6	56,8 ± 6,0
Ekim	16,4 ± 1,4	10,7 ± 1,9	69,2 ± 6,5
Kasım	10,9 ± 1,3	7,1 ± 2,1	77,7 ± 5,6
Aralık	7,9 ± 2,0	5,0 ± 2,1	81,5 ± 3,8

EK B: Proje Kapsamında Oluşturulmakta Olan Yayın

CHARACTERIZATION OF LIME MORTARS USED IN A HISTORIC OTTOMAN BUILDING FOR THE PURPOSE OF CONSERVATION*

Başak İpekoğlu¹ (Assoc. Prof.), Hasan Böke¹ (Assoc. Prof.),
Sedat Akkurt² (Assist. Prof.), Özlem Çizer¹ (M.S. Student),

¹Architectural Restoration Department, Izmir Institute of Technology, 35430 Izmir, Turkey

²Mechanical Engineering Department, Izmir Institute of Technology, 35430 Izmir, Turkey

Abstract

Mortars have an important role in historic masonry structures since they are the bond units of the masonry, they distribute loads and absorb deformations. These properties depend on binder/aggregate ratios, properties of binder, aggregates and their particle size distribution in the mortar mixture.

In this study, the stone masonry mortars from the walls and on the roofs, used as waterproof covering materials, were collected from the historic Ottoman Medrese (Madrasah) in Birgi near Izmir (Turkey). Analysis was carried out to understand their physical, mineralogical, chemical and microstructural properties.

Densities and porosities of the mortars were determined by using RILEM standard test methods. Lime and aggregate ratios were analyzed by dissolving carbonated lime in dilute hydrochloric acid, and the particle size distribution of the aggregates were determined by sieve analyses. Pozzolanic activities of the finest aggregates were analyzed by mixing them with a calcium hydroxide solution and by measuring the differences in the electrical conductivity values. Mineralogical compositions of the matrix and aggregates were examined by XRD. Microstructures of the mortars and elemental compositions of the aggregates were determined by SEM-EDS.

The results of the analyses have indicated that the stone masonry mortars are nonhydraulic lime mortars while the roof mortars are hydraulic. Stone masonry mortars are composed of pure lime and inert aggregates mixtures in the range of 1.60 - 1.75 gr/cm³ densities and the total porosity in the range of 30% - 40%. The mortar used on the roof as a waterproof covering has 1.60 gr/cm³ density and 40% porosity. Chemical analysis results showed that the lime used in the preparation of the mortars was pure lime. The aggregates used on the wall mortars are inert aggregates composed of mainly quartz and feldspars. The aggregates used on the roofs are pozzolanic ground brick powders composed of mainly quartz, feldspar and amorphous materials. The brick powders have good pozzolanicity. The lime/aggregate ratios are found nearly 1:3 for wall and roof mortars.

This study is important to understand the architectural fabric and proposed intervention materials that may provide information necessary to determine the compatibility of produced intervention materials with the original fabric.

* Özeti verilen makale Building and Environment Dergisi'nde yayımlanmak üzere hazırlanmaktadır.

PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Kodu : İÇTAG-I304
Proje Başlığı : TARİHİ YAPILARDA MALZEME BOZULMASININ SINIFLANDIRILMASI VE SORUNLARIN SAPTANMASINA YÖNELİK BİR YÖNTEM ARAŞTIRMASI
Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar : Doç. Dr. Başak İPEKOĞLU Doç.Dr.Hasan BÖKE, Yrd.Doç.Dr.Mine HAMAMCIOĞLU, Yrd.Doç.Dr. Sedat AKKURT, Arş.Gör. Özlem ÇİZER
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi : İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Gülbahçe Kampusü 35430 URLA/İZMİR
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi : TÜBİTAK Atatürk Bulvarı No: 221 Kavaklıdere 06100 ANKARA
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri : 1 Eylül 2001-30 Nisan 2003
Öz : Tarihi yapılarda yürütülecek koruma uygulamalarında temel yaklaşım, özgün malzemelerin en az müdahale ile korunmasıdır. Bu araştırmanın amacı, tarihi yapılarda özgün malzemelerin korunmasına ilişkin yapılacak müdahalelerin doğru bir yaklaşımla gerçekleştirilmesini sağlamak ve bunun için gerekli çalışma etaplarını göstermektir. Çalışma kapsamında, seçilen tarihi bir yapıda kullanılan malzemeler, bozulmalar, malzemelerin fiziksel, mineralojik, yapısal ve kimyasal özellikleri belirlenmiş, meteorolojik verilerle bozulmaların ilişkisi araştırılmış ve koruma müdahaleleri için temel bilgiler oluşturulmuştur. Araştırma, her tarihi yapıya uygulanabilir olması açısından malzeme korunmasına katkı sağlayacaktır.
Anahtar Kelimeler: Tarihi yapı malzemesi, Malzeme bozulması, Bozulma biçimleri, Taramalı Elektron Mikroskopu, X-ışınları kırınım cihazı.
Projeden Kaynaklanan Yayınlar : “Characterization of Lime Mortars used in a Historic Ottoman Building for the Purpose of Conservation” isimli makale Building and Environment Dergisi’nde yayınlanmak üzere hazırlanmaktadır.
Bilim Dalı : Mimarlık Doçentlik B. Dalı Kodu : 601.04.01