

YOZGAT BAŞÇAVUŞ HAMAMI MEVCUT MALZEMELERİNİN MİKRO YAPISAL ANALİZİ VE SEM BULGULARI

Yazarlar
REYHAN AKAT
SİNEM TÜRKEKUL



BİDGE Yayınları

**YOZGAT BAŞÇAVUŞ HAMAMI MEVCUT MALZEMELERİNİN MİKRO YAPISAL
ANALİZİ VE SEM BULGULARI**

Yazarlar: DOÇ. DR. REYHAN AKAT & YÜK.MİMAR SİNEM TÜRKEKUL

ISBN: 978-625-372-770-3

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 30.06.2025

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidegyayinlari.com.tr - bidegyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara



Bu kitap, Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde tamamlanan ve Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü – Restorasyon Anabilim Dalı bünyesinde hazırlanan Sinem Türkekul'un "Yozgat Başçavuş Hamamı Restorasyonunun Yapısal Sorunları, Malzeme Bilgisi ve Tipolojik Açıdan İncelenmesi" başlıklı yüksek lisans tezine dayanmaktadır.

Yozgat Başçavuş Hamamı'na ilişkin yürütülen saha çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen rölöve, ölçüm ve çizim süreçlerinde sağladıkları destek, izin ve kolaylıklar için Yozgat Belediyesi'ne içten teşekkürlerimizi sunarız.

İÇİNDEKİLER

1. Giriş.....	5
2. Geleneksel Yığma Yapı ve Malzemeler.....	6
2.2.1. Yığma Yapıların Ana Bileşenleri.....	6
2.2.3. Doğrusal Ve Düzlemsel Taşıyıcı Yapı Elemanları	7
2.2.4. Geleneksel Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemeler	9
2.3. Geleneksel Duvar Örgü Teknikleri.....	10
2.4. Geleneksel Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar	11
2.5. Taşıyıcı Duvarlarda Oluşan Hasarlar.....	11
2.6. Kemer, Tonoz ve Kubbelerde Oluşan Hasarlar	12
2.7. Zeminden Kaynaklanan Hasarlar	13
2.8. Geleneksel Yığma Yapılarda Onarım Ve Güçlendirme Yöntemleri	14
2.9. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	15
2.10. Tarihi Yapı Restorasyonu	16
3. Yozgat Başçavuş Hamamı Mevcut Durumunun Tespiti ve Tanımlaması	17
3.1. Başçavuş Hamamı Genel Plan Özelliklerinin Tanımlaması	17
3.2. Laboratuvar Ortamında Yapılan Ölçümlerle Durum Tespiti	27
4. Önerilen Müdahaleler.....	37
4.1. SEM Analizi Bulguları Doğrultusunda Müdahale Önerileri	39
5. Kaynaklar.....	41

1.Giriş

Yozgat Başçavuş Hamamı, Osmanlı dönemine ait mimari mirasın önemli temsilcilerinden biri olarak, geleneksel yığma yapı tekniğiyle inşa edilmiş, çifte hamam plan tipolojisini yansıtan özgün bir yapıdır. Hamam, tarihsel ve kültürel açıdan sadece bir temizlik ve arınma mekânı olmanın ötesinde; aynı zamanda dönemin yapı teknolojisini, malzeme kullanım anlayışını ve estetik tercihlerini gözler önüne seren somut bir belgedir. Geleneksel yapı tekniklerinin, yerel malzeme kullanımıyla birleştiği bu tür yapılar; bölgesel mimarlık kültürünün ve inşa pratiğinin sürdürülebilirliğini sağlayan tarihî kaynaklardır. Bu yönüyle Başçavuş Hamamı, hem fiziksel varlığıyla hem de barındırdığı bilgi birikimiyle korunmaya değer bir kültürel mirastır.

Ancak bu tür geleneksel yapılar, zamanla doğal yaşlanma süreçlerine, çevresel koşullara, kullanıcı müdahalelerine ve restorasyon adı altında yapılan niteliksiz uygulamalara bağlı olarak çeşitli düzeylerde fiziksel ve kimyasal bozulmalara maruz kalmaktadır. Başçavuş Hamamı da uzun yıllar boyunca bakım ve onarımdan yoksun bırakılmış; neme, tuzlanmaya, biyolojik oluşumlara ve termal döngülere karşı savunmasız hale gelmiştir. Yapının taşıyıcı duvarlarında, harç derzlerinde ve pişmiş toprak esaslı yapı elemanlarında gözlemlenen hasarlar; yapının uzun ömürlü korunması ve özgün dokusunun sürdürülebilirliği açısından bilimsel müdahaleleri zorunlu kılmaktadır.

Bu tür müdahalelerin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi, ancak yapının mevcut malzeme özelliklerinin doğru bir şekilde tanımlanması ve malzeme bozulmalarının neden-sonuç ilişkisi içerisinde incelenmesiyle mümkündür. İşte bu bağlamda, elinizdeki bu kitap, Başçavuş Hamamı'nın özgün yapı malzemelerinin—özellikle harç ve tuğla örneklerinin—mikro düzeyde bilimsel analizlerine dayanan bütüncül bir incelemeyi içermektedir.

Çalışma kapsamında, yapıdan belirli noktalardan alınan özgün numuneler, ileri düzey bir analiz yöntemi olan Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) aracılığıyla laboratuvar ortamında incelenmiştir. Bu yöntem sayesinde, yapı malzemelerinin mikroyapısal dokuları, gözenek yapıları, kristal oluşumları, bağlayıcı matris dağılımları, mineral bileşimleri ve fiziksel bozulma izleri detaylı bir şekilde gözlemlenmiştir.

Elde edilen bulgular, yapı elemanlarının maruz kaldığı çevresel etkilerin mikroyapı üzerindeki etkilerini, nemin ve tuzların neden olduğu içsel tahribatı ve malzeme içi çatlakların gelişimini gözler önüne sermektedir. Bu veriler, hem mevcut yapısal bozulmaların anlaşılmasına hem de ileride gerçekleştirilecek restorasyon uygulamaları için uygun müdahale yöntemlerinin belirlenmesine doğrudan katkı sağlamaktadır. Ayrıca, orijinal yapı malzemeleriyle uyumlu harç ve tuğla üretimi gibi konularda da bu analizlerin sunduğu veriler yol gösterici olmaktadır.

Geleneksel yapı malzemelerinin modern analitik tekniklerle değerlendirilmesi, yalnızca akademik bilgi üretimi açısından değil, aynı zamanda sahada uygulanabilir, bilimsel temelli restorasyon kararlarının alınabilmesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda Başçavuş Hamamı özelinde gerçekleştirilen bu mikroyapı odaklı malzeme araştırması, restorasyon pratiğinde nitelikli ve bilinçli adımlar atılmasını desteklemektedir. Söz konusu analizlerin sonuçları, sadece Başçavuş Hamamı'nın değil, benzer yapı karakterine sahip çok sayıda Osmanlı dönemi yapısının korunması, restore edilmesi ve belgelenmesi çalışmalarında da faydalı olacak bir bilimsel altlık sunmaktadır.

2. Geleneksel Yığma Yapı ve Malzemeler

Yığma; duvar örgü malzemelerinin (tuğla, taş, ahşap, kerpiç. vb) harçlı ya da harçsız birleştirilmesinden oluşur. En yaygın duvar malzemeleri tuğla, taş, kerpiç ve ahşaptır. En yaygın taşıyışı bileşenleri ise duvarlar, kubbeler, kemerler, tonozlar ve sütunlardır.

Osmanlı Dönemi hamam mimarisinde asıl kullanılan inşaat malzemeleri; taş, tuğla ve tutucu eleman malzeme ise kireç harcından oluşmaktadır. Beden duvarlarında dikeydeki yükleri dağıtmak için ahşap hatılardan yararlanılmıştır. Duvar yüzeyleri dışta sıvasız, içte kireç ve horasan harcı sıvalı, üst örtüyü oluşturan kubbe ve tonozların iç ve dış yüzeyleri horasan sıvalıdır. Su, ısıtma ve aydınlatma sisteminde künkler de hamam yapı malzemeleri arasındadır (Reyhan ve İpekoğlu, 2024).

Bu çalışmada örnek yapı olan Başçavuş hamamı kabayonu taş, moloz taş ve tuğla kullanılarak yığma tekniğinde inşa edilmiştir. Üst örtüsü (kubbe ve tonoz) ve üst örtüye geçiş elemanlarının (tromp) düzgün ve düzgüne yakın ince tuğla vardır. Bu hamamın beden duvarları yığma tekniğinde, güney ve doğu duvarlar moloz taş ve yatayda üç sıralı tuğla ile almaşık duvar tekniğinde örülmüştür. Kubbe ve tonozlar tuğla ile yığma tekniğinde inşa edilmiştir. Dolayısıyla; bu bölümde geleneksel yığma yapı, yapım sistemleri, taşıyıcı sistem bileşenleri olan düşey taşıyıcılar, örtü elemanları, örtüye geçiş elemanları, kullanılan geleneksel malzemelerle ilgili bilgiler verilmiştir.

2.2.1. Yığma Yapıların Ana Bileşenleri

Geleneksel yığma yapılar; bulundukları bölgedeki doğal taş veya tuğla malzemenin bağlayıcı harç kullanılmasıyla birleştirilmiş duvar sisteminden oluşan yapılardır. Yatay ve düşey yükleri karşılayan yığma duvarlar, yapıda taşıyıcı eleman durumundadırlar. Yığma yapı elemanları çeşitli yüklere ve etkilere maruz kalırlar. Yükler ve etkiler sonucu bu elemanlar basınç gerilmesi, çekme gerilmesi ve kayma gerilmesi oluşur. Yapı geometrisinden ötürü yığma yapılar basınç altında çalışır.

Kompozit malzemelerden oluşan yığma yapıların basınç gerilmesini; yapı elemanlarının geometrik özellikleri, malzeme özellikleri ve malzeme davranışı etkiler. Yığma yapıların çekme gerilmesini; nem değerleri, sıcaklık değişimleri, malzeme özellikleri ve deformasyonlar etkiler. Yapıda çekme gerilmesi; duvarlarda, kubbelerde, kemerlerde ve tonozlarda daha çok oluşur. Yığma yapılarda, basınç ve çekme gerilmelerinin yanı sıra kayma etkisi de görülür. Aynı ekseninde birbirine ters yönde yüklemelere maruz kalan yığma duvarlarda kayma etkisi altında çeşitli deformasyonlar meydana gelir. Kaymaya bağlı olan bu deformasyonlar harç ve yığma birimlerin dayanım oranlarına göre ya derzler boyunca gelişmekte ya da yığma birimlerde deformasyonlar meydana getirebilmektedir (Kayırğa, 2017; Çubuk, 2023).

Yığma yapılarda bağlayıcı olarak kullanılan harçların birleşim şekilleri kayma gerilmesini etkiler. Yığma yapıların, düşey yüklere karşı dayanımları yüksektir fakat yatay yük etkisine karşı dayanımları zayıftır. Bir yığma duvar düzlem dışı yatay yüke maruz kalırsa, duvar tabanında eğilme etkisi meydana gelir. Bu eğilme etkisi sonucunda oluşan çekme çatlakları duvarın düzlem dışına devrilmesine sebebiyet verir (Kayırğa, 2017; Işık ve Halifeoğlu, 2017).

Tarihi yığma yapıların maruz kaldığı doğal atmosferik olaylar, malzeme bozulmaları gibi durdurulabilir ve onarılabilir etkilere neden olurken zeminden kaynaklı oturmalar, doğal

afetler ve bilinçli/bilinçsiz tahribatlar tarihi yığma yapılarda hasar oluşumuna, yapısal çatlaklara, kırılmalara hatta göçmelere neden olabilir. Bu tür yapılar basınca karşı dayanıklı, çekme dayanımları düşüktür. Doğal afetlerle oluşan olumsuz sarsıntıların meydana getirdiği yıkıcı güçlere karşı zayıflayıp, binada çatlaklar oluşturur. Harcın dayanımını aşarsa derzlerde çatlaklar ortaya çıkar (Dabanlı, 2008; Türker, 2010; Oğuz ve Halifeoğlu, 2017; Akbulut vd., 2018; Jaihoon, 2019). Tarihi yapıların yükler altında göstereceği davranışın gerçekçi sonuçlanabilmesi ve bunlara önlem alınabilmesi için, bu yapıların mimari özelliklerinin, bölgenin deprem durumunun, malzeme ve zemin özelliklerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Dolayısıyla yığma yapıları oluşturan ana bileşenlerinin bilinmesi gereklidir.

Geleneksel yığma yapıların ana bileşenleri kubbeler, kemerler, tonozlar, sütunlar, ayaklar, duvarlar, döşeme ve temellerden oluşur Bunlardan;

-Üst örtü elemanlar; kubbe ve tonozlar,

-Üst örtüye geçiş elemanlar; tromp, pandantif, düzlem üçgen,

-Taşıyıcı elemanları; kemer, sütunlar, ayaklar, duvar, döşeme ve temeller olarak gruplanır (Gedik, 2008; Jaihoon, 2019).

Ayrıca, geleneksel yığma yapılarındaki taşıyıcı elemanları; doğrusal, düzlemsel ve eğrisel olarak ta üç kısma ayrılır. Bunlar;

-Doğrusal ve düzlemsel taşıyıcı yapı elemanları; duvar, döşeme, lento, sütun, ayak ve payandalar,

-Eğrisel taşıyıcı yapı elemanları; kubbe, tonoz, kemer, tromp ve pandantiflerdir (Işık, 2023).

2.2.3. Doğrusal Ve Düzlemsel Taşıyıcı Yapı Elemanları

Bu bölümde geleneksel yığma yapılarda kullanılan doğrusal ve düzlemsel taşıyıcı yapı elemanlarından hatıl ve lentolar, döşemeler, duvarlar, sütunlar ve ayaklar, payandalar, bingi taşları ve temeller hakkında bilgi verilmektedir.

Hatıl ve Lentolar

Yığma yapılarda ahşap, tuğla veya taştan yapılmış lento ve hatıllar yatay taşıyıcı eleman görevi üstlenmektedir. Kapı ve pencere üstlerinde yerleştirilen ve lento olarak adlandırılan bu taşıyıcı elemanlar duvarların yıkılmasını önlerler. Duvar yüksekliğinin fazla olduğu taş yapılarda, duvarın yıkılmasını engellemek için duvar aralarına ahşap ya da tuğla malzemeden yatay hatıllar atılmaktadır (Saraç, 2003; Çelik vd., 2021; Işık, 2023; Ökten ve Yüce, 2023).

Döşemeler

Döşemeler, geleneksel yığma yapılarda yatay taşıyıcı elemanlar olarak değerlendirilir ve kullanılan malzemeye göre yapım tekniği değişir. Bu yapıların avlu, eyvan, zemin ve bodrum döşemeleri taş ya da toprak malzemeden yapılmıştır. Ara katları ise çoğunlukla ahşap döşemeyle geçilmiştir (Işık, 2023).

Duvarlar

Duvarlar, yapıların düşey taşıyıcı elemanlarıdır. Bu elemanlar, moloz taş, kaba yonu taş, devşirme kesme taş, tuğla, ahşap ve bağlayıcı olarak kireç harcı kullanılarak inşa edilirler. Kullanılan malzemeye göre değişiklik gösterebilir de genellikle dış duvarların kalınlığı 70-80 cm iç duvarların kalınlığı ise 60-80 cm arasında değişmektedir (Reyhan ve İpekoğlu, 2004). Duvarların ana taşıyıcılık görevi kendi ağırlığı dışında iç ve dış ortamdan gelen yükleri karşılayarak taşıma sistemindeki mukavemeti arttırmaktır. Geleneksel yığma yapılarda duvarlar, kubbe, tonoz, çatı gibi üst örtü sistemleriyle döşemelerden gelen yükleri karşılayan önemli taşıyıcı elemanlardır (Deniz vd., 2012; Sarıkaya ve Arpaçioğlu, 2019; Işık, 2023).

Sütunlar ve Ayaklar

Sütunlar, yapıdaki düşey yükleri taşıyan önemli elemanlardır. Geleneksel yığma yapılarda sütunlar ve ayaklar, üst örtüden (kubbe ve tonoz) gelen yükleri zemine aktaran düşey taşıyıcı elemanlardır. Bu yığma yapılarda nokta taşıyıcılık görevi üstlenen sütunlar tek ya da birkaç parçadan oluşabilmesine rağmen ayaklar tek parça olarak inşa edilirler (Işık, 2023). Ayaklar, daha geniş kesitli olup büyük yükleri taşıyacak şekilde tasarlanır. Bu elemanların stabilitesi duvarlar gibi kritik öneme sahiptir (Mahberel, 2006; Jaihoon, 2019).

Payandalar

Tarihi yığma yapıların duvarlarının yüksek ve en kesitinin büyük olması sebebiyle duvarların dayanıklılığının artırılması amacıyla duvarlara destek amacıyla kullanılan elemandır. Destek vereceği yüke, taşıma kapasitesine ve yapı özelliğine bağlı olarak farklı büyüklük ve biçimlerde olabilmektedir.

Bingi Taşları - Küresel Bingi Taşları

Bingi taşları, geleneksel yığma yapılarda üst örtü ile açık ve kapalı (gezemek, cumba, vb) çıkımların taşıma gücünü arttırmak için yerleştirilmiş ahşap ve ya taş taşıyıcı elemanlardır. Bunlar, değişik biçim ve ölçülerde olabilmektedirler (Işık, 2023). *Küresel bingi taşları* ise, sivri tonoz kaburgaların arasını dolduran küresel üçgen parçalardan biridir. Bir kubbeyi taşıyan kemerlerin arasında yer alan ve kare plandan yuvarlak plana geçişi sağlayan küresel üçgenlerdir (Hasol, 1990).

Temeller

Temeller, yapının tüm yükünü zemine aktaran elemanlardır. Yüzeysel ve derin temeller, yapının zemin özelliklerine göre seçilir. Geleneksel yığma yapılarda temeller taş malzemelerden yapılmıştır. Temel taşları dayanımlı ve büyük boyutta birbirine bingi ya da bağlantı yapacak şekilde seçilmiştir. Temellerin sağlam olmaması ya da bozulması yapıda oturma ve çatlakların oluşmasına neden olur (Arun, 2005; Işık 2023). Temeller yapılırken yeraltı su seviyesinin bilinmesi ve buna uygun çözümler uygulanması gerekir.

2.2.4. Geleneksel Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemeler

Doğal taş, tuğla, kerpiç, ahşap, metal, harç, gergi çubukları, gibi malzemeler, geleneksel yığma yapılarının temelini oluşturmuş ve bu yapılarda dayanıklılık ile estetik arasında denge sağlamışlardır. Bu malzemelerin kullanımı ve özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

Doğal Taş

Doğal taş, en eski duvar malzemelerinden biri olup dayanıklılığı yüksektir. Taşların basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşüktür. Taşın çevresel etkilere dayanıklılığı özellikle temel ve duvar yapımında tercih edilmesini sağlamıştır. Moloz taş ve kabayonu taş, düşük işleme maliyetleri ve yapısal dayanıklılıkları nedeniyle en fazla tercih edilen taş malzemelerdir. Benzer şekilde kolayca bulunabildiğinden de yaygın kullanılmışlardır (Biçen ve Işık, 2018; Jaihoon, 2019). *Kabayonu taş*; moloz taşların mozaik, kare veya dikdörtgen şeklinde yontulmasıyla elde edilir. Yüzeyi sıvanmayacak cephelerde, çevre ve istisnat duvarında uygulanır. *Moloz taş*; taş ocağından çıkartılan taşların hiçbir işlem yapılmadan kullanılmasına denir. Yığma yapılarda taşlar, moloz taş ya da düzgün yonu taş olarak kullanılmıştır.

Tuğla

Tuğla, duvar örmekte kullanılmak üzere kalıplara dökülüp kurutulduktan sonra harman ocağı veya fırınlarda pişirilen toprak gereçtir (Hasol, 1990). Tarihi yığma yapılarda tuğla ilkçağlardan beri kullanılmaktadır. Hamam yapılarındaki iç ve dış duvarlarda kapı ve pencere açıklıklarının kemerlerinde, içte duvarlarda bulunan nişlerin kemerlerinde ve kenarlarında, sıcaklık ve ılıklik mekanlarının tonozlu yan birimlerine açılan kemerlerde ve hatta bazı niş içlerinde süsleme amacıyla kullanılmıştır (Reyhan ve İpekoğlu, 2004). Bu malzeme, yatay ve dikey yönlerde üretim süreci sebebiyle farklı özelliklere sahiptir. Tuğla taştan daha yumuşak bir malzemedir ve bu yüzden düzlem dışı eğilimde daha güçlüdür. En eski tuğla türü kerpiçtir. Kerpiç; toprak, su, saman ve gübre gibi organik malzemelerden oluşur (Gedik, 2008; Jaihoon, 2019).

Harç

Harç, yapı elemanlarını birbirine bağlayıp bütünlük oluşturur, dağılmalarını engeller, olumsuz hava şartlarından korur. Geleneksel harcın ana malzemesi ilkçağlarda çamur harcı, ardından kireç harcıydı. Daha sonraları kum kireç karışımına pişmiş kil ya da puzolan denilen volkanik tüf eklenerek suyla reaksiyona giren, sertleşip mukavemet kazanan bağlayıcı harç kullanılmıştır (Mahberel, 2006). Horasan harcı, bağlayıcı olarak kirecin ve öğütülmüş tuğla tozunun suyla karıştırılmasıyla oluşur. Horasan harcı ve sıvaları hidrolik özelliklerinden dolayı tarihi hamamlarda yaygın kullanılmıştır (Aşık, 2018; Jaihoon, 2019).

Restorasyon çalışmaları sırasında, özgün harç malzemesinin kimyasal analizi yapılarak, benzer özelliklere sahip yeni harçlar hazırlanır. Bu malzemelerin seçimi, yapının nefes alabilirliğini, dayanıklılığını ve estetik uyumunu sağlamak için büyük önem taşır.

Kagir

Kagir, pişmiş toprak (tuğla) ya da taş gibi malzemelerin bağlayıcı harç ile birlikte kullanılarak oluşan yapı malzemesidir. Bu malzemeyle payanda, duvar, kubbe, tonoz ve kemer gibi taşıyıcı elemanlar yapılır (Jaihoon, 2019).

Ahşap

Ahşap malzeme tarihi yığma yapılarda döşeme, duvarlarda hatıl olarak ve büyük açıklıkların geçişinde kullanılmıştır.

Ahşap genellikle karkas sistemlerde gergi, dikme, köşe dikmesi, taban, payanda, ana kiriş, döşeme kirişi, yavru kiriş, boyunduruk, çatı sisteminde ise tavan kirişi, asma kiriş, yastık, kuşak vb. kullanılmaktadır. Yapıdaki uygulaması geçme, çivi, bulon veya tutkal gibi malzemelerle sağlanır (Şirikçi, 2013).

Duvarlarda yapısal amaçlı ahşap kullanımı hatıl ve lento olmak üzere iki türdür. Bunlar;

- Belirli yüksekliklerde yerleştirilmiş, yapıyı çevreleyen yatay yönde ahşap hatıllar ve
- Dikdörtgen kapı ve pencere üstlerinde yerleştirilen ahşap lentolardır.

Duvar kesiti içinde yüzeye yakın olacak şekilde kullanılan ahşap hatıllar, üç sıradan oluşan tuğla örgüsünün arkasına yerleştirilir. Duvarlarda hatıllara dik ahşap elemanların varlığı, iç kısımda da hatıl kullanımına işaret eder. Ortalama 15x15 cm kare şeklinde olan *hatıllar* duvar içlerinde hatıllara dik olarak yerleştirilen ahşap elemanlarla birbirine bağlanmış ve bağlantılar metal kenetlerle sağlanmıştır. *Ahşap lentolar*, kapı ve pencere açıklıklarının üzerindeki yükü karşılamak için yerleştirilmiş, yaklaşık 10x15 cm ölçülerindeki elemanlardır. Üstlerinde tuğla örgü ile hafifletme kemerleri yapılmıştır (Reyhan ve İpekoğlu, 2004).

Gergi Çubukları

Gergi kirişleri, kemer ve tonozların açılmasını engellemek amacıyla kemer uçları ile sütunlar arasına yerleştirilerek deformasyonların oluşmasını engeller. Gergiler, genellikle ahşap, dövme demir malzemeden yapılmış olup kubbe, kemer ve tonozlarda itki kuvvetini karşılamak ve bu elemanların açılmasını engellemek amacıyla aralara yerleştirilerek kullanılır (Sesigür vd., 2007; Işık, 2017).

2.3. Geleneksel Duvar Örgü Teknikleri

Duvarlarda kullanılan malzemeye bağlı olarak örgü tekniklerinde farklılıklar bulunmaktadır. Reyhan ve İpekoğlu (2004) tarafından yapılan bir araştırmada bu farklılıklar çeşitli şekillerde gruplanmıştır.

- Moloz taş örgü**; bu örgü tekniğinde üç farklı kullanım vardır. Bunlar,
- yalnızca moloz taş kullanımı,
- moloz taş ve derzlerde iri parçalar halinde tuğla kullanımı,
- moloz taş, yer yer tuğla ve derzlerde iri parçalar halinde tuğla kullanımı olarak yer almaktadır.

-Kaba yonu taş örgü; bu örgü tekniğinde yüzeyde 1-1.5 cm kalınlığında derzler yapılarak harçla duvarın düzenli örülmesi biçimidir. Duvar kesiti içinde ise, moloz taş ve harçlar rastgele doldurulmuştur.

-Almaşık örgü; bu örgü tekniğinde üç farklı kullanım vardır. Bunlar,

-moloz taş ve tuğla örgü,

-kaba yonu taş ve tuğla örgü ve

-kesme taş ve tuğla örgü düzenidir.

-Moloz taş ve tuğla almaşık örgü düzeninde, duvarların dış yüzeylerinde moloz taşlar arasına yatay derzlerde bir veya iki sıra tuğla örgü düzeninde yapılmış, düşey derzlerde ise tuğla, iri parçalar halinde ve yatay derzlere paralel olarak yerleştirilmiştir. Duvar kesiti içine; moloz taş, tuğla parçaları ve harç rastgele doldurulmuştur.

-Kaba yonu taş ve tuğla almaşık örgü düzeninde, yer yer tuğla ile çevrenilmiş ve bir sıra kaba yonu taş, bir sıra tuğla örgü yapılmıştır. Derz aralıkları dış yüzeylerde 1-1.5 cm kalınlığındadır. Duvarın orta kısmına moloz taş ve harç doldurulmuştur.

-Kesme taş ve tuğla almaşık örgü düzeninde, tuğla ile çevrenilmiş bir sıra devşirme kesme taş, iki sıra tuğla örgü, yatay ve düşey yanaşık derzlerle örgü yapılmıştır (Reyhan ve İpekoğlu, 2004).

2.4. Geleneksel Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar

Tarihi yığma yapılarda onarım ve güçlendirme kararları almak ve hasarı önlemek için hasarın nedenleri tespit edilmelidir. Genellikle hasarın nedenleri şöyledir.

-Yapımından kaynaklanan hasarlar; taşıyıcı eleman kesitlerinin beklenen yüklerin etkilerini taşıyacak durumda olmaması ve taşıyıcı sistemde yükün taşınmasındaki ve aktarılmasındaki eksikliklerden kaynaklı hasarlar,

-Zeminden kaynaklanan hasarlar; zeminin düşük taşıma kapasitesi, zemin sıvılaşması, farklı oturmaların oluşması ve yeraltı su seviyesinin yükselip alçalması sonucu meydana gelen hasarlar,

-Kullanılan malzemeden kaynaklı hasarlar,

-Diğer nedenler; bakımsızlık, terk ve kasıtlı tahribatın yanı sıra sel, deprem yer hareketi ve yangın gibi doğal afetlerden kaynaklanan hasarlardır (Aköz, 2008; Çırak, 2011; Chamaky, 2014; Jaihoon, 2019).

2.5. Taşıyıcı Duvarlarda Oluşan Hasarlar

Duvarlar yığma yapıların yüklerini taşıma rolündedir. Duvarlarda oluşan hasarlar bütün yapıyı etkileyecek ölçülerde olabilmektedir. Zemin ya da temelde oluşan ayrılma veya oturmalar sebebiyle duvarlar doğrudan etkilenmekte ve kırılgan özellikte olan duvarlarda çatlaklar oluşmaktadır. Yığma binaların üst yapı ölçeğinde oluşan taşıyıcı sistem problemleri çoğunlukla zemin, nem ve deprem etkilerine bağlı olarak meydana gelir (Işık, 2023). Hasar oluşturan en önemli etken doğal sarsıntılar olup, sarsıntı etkisiyle kayma ve çekme gerilmeleri oluşturarak duvarın çatlama, ayrılma ve dağılmasına yol açar (Can, 2019; Jaihoon, 2019). Duvarlarda en çok oluşan hasar biçimi çatlaklardır. Çatlak pozisyonu ve yapıdaki yayılışı yapıdaki gerilme dağılışı çatlakların niçin oluştuğu hakkında fikir verir.

2.6. Kemer, Tonoz ve Kubbelerde Oluşan Hasarlar

Yığma yapı sistemlerinde kemer, tonoz ve kubbe gibi eğrisel taşıyıcı sistem elemanları, yapıların mekânsal organizasyonunda önemli rol oynamakla birlikte, statik denge açısından da oldukça hassas elemanlardır. Bu tür yapı öğeleri, genellikle taş, tuğla veya harçlı duvar örme teknikleriyle oluşturulmuş ve basınca dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak zaman içinde yapının maruz kaldığı statik yük değişimleri, deprem etkileri, malzeme yorgunluğu, yapım hataları, dış çevresel koşullar (su, nem, sıcaklık değişimi vb.) ve yetersiz bakım gibi faktörler, bu yapı elemanlarında çeşitli hasarların oluşmasına neden olmaktadır.

Kemerlerde Meydana Gelen Hasarlar

Kemerler, genellikle basınç kuvvetleri altında çalışan yapı elemanlarıdır. Ancak, düzgün bir yük dağılımının sağlanamaması ya da zamanla taşıyıcı sistemdeki bozulmalar nedeniyle kemer açıklığı boyunca çekme gerilmeleri oluşabilmekte, bu da kemer taşlarının veya tuğlalarının birbirinden ayrılmasına ve nihayetinde kemerin açılmasına yol açmaktadır. Özellikle kemer ayaklarında veya kilit taşı bölgesinde oluşan oturmalar, dengesiz yük dağılımına sebep olarak çatlakların ve deformasyonların başlamasına neden olur.

Tarihi yapılarda, kemerlerin açılmasını önlemek amacıyla çoğu zaman gergi demirleri gibi çekmeye çalışan yatay bağlama elemanları kullanılmıştır. Ancak bu metalik öğeler zamanla korozyona uğrayarak mukavemetlerini kaybeder, ya da yerinden oynayarak taşıyıcı sistemde görevini yerine getiremez hale gelir. Bu durum, kemerlerin açıklıklarında artışa, taşıyıcı duvarlarda çatlak oluşumuna ve malzeme kaybına neden olur (Bayraktar, 2005; Işık, 2023). Aşırı yükleme veya deprem gibi ani etkiler, kemer açıklığının artmasına ve taşıyıcı düzlemde şekil değişikliğine sebep olarak yapının genel stabilitesini tehdit eder.

Tonozlarda Oluşan Hasarlar

Tonozlar, kemerlerin ardışık olarak birleştirilmesiyle elde edilen eğrisel örtü sistemleridir. Tonoz yapılar genellikle basınca çalışan, yükü yan duvarlara ileten yapılardır. Ancak yanall itme kuvvetlerinin yeterince karşılanamaması veya temellerdeki oturma gibi nedenlerle tonozlarda da çatlaklar oluşabilir. Bu çatlaklar genellikle tonozun ortasında, yükleme yönüne dik doğrultuda gelişir. Ayrıca, taşıyıcı duvarlardan gelen hareketlerin tonoz yapıya yansması da yapısal hasarların başlamasında etkili olur. Tonoz derzlerinde veya kilit bölgelerde görülen mikro çatlaklar zamanla ilerleyerek tonozun bütünlüğünü zayıflatabilir. Restorasyon yapılırken tonoz üst dolgu yüklerinin azaltılması ve uygun destek sistemlerinin planlanması büyük önem taşımaktadır.

Kubbelerde Oluşan Hasarlar

Kubbeler, geleneksel mimaride geniş açıklıkları örtmek üzere tasarlanmış ve taşınan yükü doğrudan alt taşıyıcılara ileten, genellikle basınca çalışan yapısal elemanlardır. Ancak çeşitli nedenlerle bu basınç rejimi bozulduğunda ya da yatay yük bileşenleri arttığında, kubbede hasar oluşumu kaçınılmaz hale gelir. Kubbe yapısında taşıyıcı sistemin temel ilkesi, kilit taşıdan başlayarak çevresel taşlara ve nihayetinde kubbe eteklerine kadar yükün düzgün bir şekilde dağıtılmasıdır. Ancak çekme gerilmelerinin yoğunlaştığı bölgelerde (özellikle kubbe

eteği ve açıklığın merkezine yakın alanlarda) düşey veya radyal çatlaklar oluşabilir (Jaihoon, 2019).

Yatay yöndeki bileşenler, özellikle deprem gibi dinamik etkilerde belirgin hale gelir ve kubbe kasnağında açılmalara, çatlamalara veya yer yer taş kayıplarına sebebiyet verir. Bu durumda kubbenin geometrik stabilitesi bozulur ve yapı, büyük ölçekli deformasyonlara açık hale gelir. Ayrıca nem, su sızıntısı ve tuzlanma gibi çevresel etkiler, kubbeyi oluşturan tuğla veya taşlarda bozulmalara, bağlayıcı harçta ayrışmalara neden olur. Bu etkenler zamanla birleşerek kubbenin taşıma kapasitesini düşürür ve yapının genel güvenliğini tehdit eder.

Ortak Hasar Sebepleri ve Müdahale Yaklaşımları

Kemer, tonoz ve kubbelerde meydana gelen bu yapısal bozulmalar, çoğu zaman birlikte gelişmekte ve yapının genel statik dengesini doğrudan etkilemektedir. Bu tür hasarların önlenmesi ya da giderilmesi için, restorasyon öncesinde kapsamlı yapısal analizlerin yapılması, çatlak haritalarının çıkarılması, SEM gibi laboratuvar analizleriyle malzeme bozulmalarının tespit edilmesi ve müdahale planlarının bilimsel temellere dayandırılması gerekmektedir. Özellikle taşıyıcı sistem elemanlarının rijitliğinin artırılması, çatlakların enjeksiyonla onarılması, bozulmuş yapı elemanlarının yenilenmesi ve gerekiyorsa yapıya uygun çelik gergi sistemlerinin yeniden tasarlanarak uygulanması, yapının özgünlüğünü bozmadan güvenli hale getirilmesini sağlayacaktır.

Ayrıca, tarihi yapıların onarımında kullanılan tüm malzemelerin (harç, tuğla, taş) orijinal bileşime uygun olarak üretilmesi ve restorasyonun bütüncül bir malzeme-mühendislik yaklaşımıyla ele alınması, uzun ömürlü bir koruma stratejisi açısından büyük önem taşımaktadır.

2.7. Zeminden Kaynaklanan Hasarlar

Yeraltı suyunun fazla ve yoğun oluşu, taşıma kapasitesindeki problemler ve zeminin sıvılaşp zayıflaması sebebiyle yapının temelinde hasarlara yol açar. Uzun yıllar olası oturmalarını tamamlamış bir yapıda temelden kaynaklı bir sorunun çıkma olasılığı azdır. Tüm zeminin taşıyabileceği maksimum yük kapasitesinin dışında zamanla daha fazla yük binerse, zemin hareketleri ve göçmeler olur. Yine yer altı su seviyesinin zeminden yükselip zeminin sıvılaşmasına sebebiyet vererek yapının kayması, göçmesine yol açar (Aköz, 2008; Jaihoon, 2019).

Yığma yapıların zeminden kaynaklanan hasar biçimleri genellikle sıvaların dökülmesi, derzlerin boşalması, temel oturmalarındaki bozulmalar, duvar yüzeyindeki çatlaklar ile kubbe, tonoz ve kemerlerde oluşan çatlaklar şeklinde ortaya çıkmaktadır. Tuzlu su, zeminden duvar yüzeyine doğru yükselir. Suyun duvar yüzeyinden buharlaşması ile birlikte kristalize olan tuz, sıvalardaki basıncın artmasıyla birlikte *sıvaların patlamasına ve dökülmesine* sebep olmaktadırlar. *Derzler*; dıştan gelen olumsuz etkilere en dayanıksız bileşenlerdir. Doğal ve kimyasal etkenler sonucu derzler, zamanla aşınabilir ve hatta boşalabilir. Bu etkenlerden bazıları, donma çözülme, asit yağmurları, ani sıcaklık değişimleri, tuzların kristalize olması şeklinde sıralanabilir. Zeminin taşıma gücünün yetersizliği, zamana bağlı gerçekleşen zemin yapısı değişimleri, trafik akımı titreşimlerinin etkileri, yük artışı, yapının yakınına yapılan yeni inşaatlar gibi nedenlerden *temelde çökmeler ve oturmalar* gerçekleşebilir. Bu çökme ve

oturmalar sonucu yapının taşıyıcı sisteminde meydana gelen kesit zorlamaları yapıda meydana gelen çatlak ve yarıklara neden olabilir. Düşey yüklerin artması ve deprem yüklerinin etkimesi sonucu tuğlaların kırılması ve derzlerin dökülmesiyle duvar yüzeylerinde çatlaklar oluşur. Ayrıca kesme kuvvetleri de kayma çatlaklarını oluşturabilir. Bu nedenler sonucu duvara etkiyen yükler ve kuvvetler duvarlardaki mikro çatlakları büyütebilir. Basınca dayanımı yüksek olan yığma duvar, içinde donatı bulundurmadığından dolayı çekme kuvvetine karşı dayanıksızdır. Eğilme etkisinde çalışacak elemanları eğrisel tasarlamak ise bu kuvvetlere karşı dayanım sağlar. Kubbe, tonoz ve kemer olarak tasarlanan *eğrisel taşıyıcı elemanların* en kesitinde çekme gerilmeleri sınırlandırılmış olup basınca karşı çalışırlar. Fakat homojen yayılmayan yüklemeler, temel oturmaları, deprem yükleri çekme kuvvetini artırır. Çekme gerilmelerinin yoğunlaştığı bölgelerde gerilme doğrultusuna dik çatlaklar meydana gelir. Taşıyıcı olan bu elemanlarda görülen çatlaklar yapı için tehlike olmaktadır. Değişen iklim koşulları ve günlük sıcaklık farkları yığma yapı elemanlarının bünyesinde oluşan ısıl genleşme nedeniyle yapıda çatlak oluşumu meydana gelebilir. *Deprem yükleri* ile oluşan çekme gerilmeleri yığma yapılarıdaki taşıyıcı sistem elemanlarını etkilemektedir. Kullanılan malzemelerin rijit olması ve süneklik değerlerinin düşük olması sebebiyle dış etkiyle karşılaşan malzemeler, taşıma gücüne ulaştığında ezilebilir, çatlayabilir veya göçebilirler (Çubuk, 2023).

2.8. Geleneksel Yığma Yapılarda Onarım Ve Güçlendirme Yöntemleri

Tarihi yığma yapılarının onarım ve güçlendirilmesinde; sıva onarımları, derz onarımları, yüzeylerdeki çatlakların onarımları, temel güçlendirme, taşıyıcı elemanların güçlendirilmesi ve atmosfer olaylarına karşı koruma açısından çözüm önerileri değerlendirilir.

Sıva onarımlarında; tarihi yığma yapılarda görülen sıva dökülmeleri ve bozulmaları olan bölgelerde itinalı bir şekilde sıva raspası yapılarak yüzey temizlenir. Temizlenen yüzeye, fiziksel ve kimyasal testlerle belirlenerek seçimi yapılan sıva malzemesi uygulanmaktadır. Sıva malzemesi olarak horasan harcı, doğal hidrolik kireç esaslı sıva ve yapının sıvasından alınan örneğin çeşitli testlere tabi tutulmasıyla bulunan özgün birleşimli harçlar *sıva onarımlarında* kullanılabilir. *Derz onarımlarında;* kendiliğinden ya da dış etmenlerden bozulmuş derz araları hassas bir yaklaşımla yüzeyden sökülerek temizlenir. Yapının özgün derz malzemesinden alınan örnekler analiz edilerek yerine kullanılacak derz harcı birleşimi belirlenir. Tekniğine uygun olarak derzleme işlemi tamamlanır. *Yüzeylerdeki çatlakların onarımlarında;* öncelikle çatlak oluşumunun nedenleri araştırılmalı ve çatlağın ilerleyişi izlenmelidir. Çatlak boyutlarının sınırlı kaldığı durumlarda çimento ve hidrolik esaslı olabilen sıvı enjeksiyon ile duvar içerisindeki görünmeyen boşlukların ve çatlakların doldurulması mümkündür. Ayrıca ilerlemeye devam eden bir çatlağın, uygulanan enjeksiyon ile büyümesi engellenir. Ancak yapının elemanlarında sadece enjeksiyon yöntemi uygulaması yapılarak kurtarılamayacak geniş çatlaklar olabilir. Bu gibi durumlarda; çatlak doğrultusuna bitişik konumda bulunan yapı malzemeleri çıkarılıp dikiş uygulaması yapılarak enjeksiyon uygulanabilir, yüzey tek veya çift taraflı olarak güçlendirme malzemeleriyle sağlamlaştırılabilir ya da yapısal sorun teşkil eden çatlak yüzeyi sökülerek özgününe uygun bir biçimde yeniden yapılabilir. Temellerin güçlendirilmeleri için; zemine gelen gerilmeleri azaltmak ve yük taşıma kapasitelerini artırmak için temel kesit ölçüleri büyütülebilir. Zemindeki sıvılaşmalar da temel oturmalarına neden olabilmektedirler. Drenaj sistemiyle yer altı suları kontrol altına alınabilir. Gerekirse kazık

temel sistemi ile temele gelen yükün, sağlam zemine aktarımı yapılabilir. *Taşıyıcı elemanların güçlendirmesi için*; taşıyıcıların çok zayıfladığı ve diğer yöntemler ile güçlendirmesi yapılamadığı durumlarda bu elemanlara hasır donatı ile güçlendirme yapılabilir. *Hasır donatı* ile güçlendirme işlemi elemanın tek yüzüne ya da iki yüzüne de uygulanabilir. Kullanılan hasır donatı korozyona dayanıklı çelikten olmalıdır. Yığma taşıyıcı elemanın üzerine uygulanan hasır donatının yüksek dayanımlı bir harç ile mantolama uygulaması yapılabilir. Bir başka yöntem ise FRP (*Lif Takviyeli Polimer*) çubukları ve kumaşları kullanılarak yapılan güçlendirmelerdir. Bu yöntemde yapı elemanlarının, harçla birlikte FRP ile sarılarak karşılaşılabilecek yükler karşısında taşıma kapasitelerinin ve sürekliliklerinin artırılması sağlanabilir. *Atmosferik olaylardan* etkilenen yapı malzemelerinin atmosferik etkilere ve kirlenmelere açık kısımlarına sürekli olarak bakım ve temizlik işlemleri uygulanmalıdır. Zaman içinde aşınabilecek yapı malzemelerinin korunmasını artırmak amacıyla ise su itici malzemeler kullanılabilir. Su itici, suda çözünmüş zararlı maddelerin yapı malzemesine girişini engelleyerek geçirimsizlik sağlamaya çalışır. Bu da yapı malzemesinin aşınmasını engelleyerek kullanım ömrünü uzatabilir (Turgay ve Apay, 2016; Çubuk, 2023).

2.9. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Geleneksel yapıların korunması ve sürdürülebilir restorasyonu kapsamında, yapı malzemelerinin mikroyapısal özelliklerinin doğru ve ayrıntılı biçimde analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu analizlerin temelinde, yapı malzemelerinin zaman içinde geçirdiği fiziksel ve kimyasal değişimlerin doğru biçimde tespit edilmesi yer alır. Bu bağlamda, Tarama Elektron Mikroskobu (SEM), günümüzde yapı malzemeleri analizinde en sık başvurulanan ileri karakterizasyon tekniklerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

SEM analizi, yüksek büyütme gücü (10x – 500.000x) ve yüksek çözünürlük özelliği sayesinde, malzemelerin yüzey morfolojisinin, mikroyapı özelliklerinin ve parçacık boyut dağılımlarının detaylı şekilde incelenmesine olanak sağlar. Elektron demeti ile taranan numune yüzeyinden yayılan ikincil elektronlar sayesinde, malzemenin topografik ve kompozisyonel haritası çıkarılabilmektedir. Bu analiz genellikle enerji dispersif X-ışını spektroskopisi (EDS) ile birlikte gerçekleştirilir. Böylece, hem görsel hem de kimyasal veri birlikte elde edilerek çok yönlü bir değerlendirme yapılabilir.

SEM Analizinin Amaç ve Önemi

Başçavuş Hamamı'nda kullanılan yapı malzemelerinin—özellikle harç ve tuğla örneklerinin—yaşlanma süreçleri boyunca çevresel faktörlerden nasıl etkilendiğini ve mikroyapılarında hangi bozulma türlerinin geliştiğini anlamak amacıyla SEM analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler ile:

- Gözeneklilik oranı, mikro çatlakların yapısı ve dağılımı,
- Bağlayıcı fazların (kireç, kil, silikat vb.) morfolojik bütünlüğü,
- Agrega ve bağlayıcı arasındaki etkileşim yüzeyleri,
- Bozunma belirtileri (tuz kristalleri, çökeltiler, ayrışma izleri),
- Sinterleşme, camsı faz oluşumu ve yoğunluk durumları,
- Tane sınırlarında ayrışmalar veya boşluk oluşumları,

Yüzeyde oluşmuş ikincil minerallerin yapısı ve dağılımı detaylı biçimde analiz edilmiştir.

Bu bulgular, yapı elemanlarının zamanla uğradığı fiziksel ve kimyasal değişimlerin anlaşılması açısından büyük değer taşımaktadır. Özellikle su etkisi, tuzlanma, donma-çözülme döngüleri ve biyolojik etkileşimlerin yapı malzemesi üzerindeki izleri, mikroyapısal düzeyde ilk kez bu kadar net gözlemlenebilmiştir.

Numune Hazırlığı ve Analiz Süreci

SEM analizlerinin sağlıklı ve doğru sonuçlar verebilmesi için numune hazırlama süreci kritik önem taşır. Başçavuş Hamamı'ndan alınan her bir yapı malzemesi örneği, herhangi bir mekanik zarar verilmeden dikkatlice kesilmiş, laboratuvar ortamında yüzey kontaminasyonlarından (toz, yağ, organik kalıntı vb.) arındırılmıştır. Sonrasında, SEM cihazına uygun şekilde iletken bir yüzey elde edilmesi için genellikle altın (Au) veya karbon (C) kaplama işlemi uygulanmıştır.

Hazırlanan bu numuneler, farklı büyütme düzeylerinde incelenmiş ve belirli alanlardan yüksek çözünürlüklü görüntüler alınmıştır. Gerekli görülen alanlarda EDS analizleri ile elementel bileşim haritaları çıkarılmış, kalsit (CaCO_3), silika (SiO_2), alümina (Al_2O_3), demir oksitler (Fe_2O_3) gibi temel yapı bileşenlerinin yerel dağılımı tespit edilmiştir.

Elde Edilen Bulguların Restorasyon Sürecine Katkısı

SEM analizleri sayesinde Başçavuş Hamamı'nda kullanılan yapı malzemelerinin mikroyapısal bütünlüğü değerlendirilmiş ve zaman içinde gelişen bozulma mekanizmaları ortaya konmuştur. Özellikle:

Harçlarda gözlenen mikroskobik gözeneklerin artması, kireç bağlayıcıda karbonatlaşma izleri ve agregalarla zayıf bağlanma alanları,

Tuğlalarda ise camsı faz oluşumları, sinterleşme bölgeleri ve termal etkilerin yol açtığı çatlak başlangıçları, vb. gibi bulgular, malzemenin hem üretim tekniklerine dair bilgi vermekte, hem de çevresel bozulma türlerinin somut delillerini sunmaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda, restorasyon sürecinde:

Malzeme uyumluluğu esas alınarak özgün harç bileşimlerinin yeniden oluşturulması,

Tuz ve nem etkilerine karşı özel koruma önlemleri alınması,

Yıpranmış tuğlaların yerine mikro yapısal olarak uyumlu ve özgün dokuya uygun tuğlaların seçilmesi gibi kararlar bilimsel temele dayandırılarak alınabilecektir.

2.10. Tarihi Yapı Restorasyonu

Tarihi bir eserin restorasyonuna geçmeden önce hasarına neden olan yapısal sorunların ve dış etkenlerin belirlenebilmesi için; eserin iyi gözlemlenmesi ve detaylı bir teknik inceleme yapılması gerekmektedir.

Güçlendirme ve koruma projelerinin birbirini tamamlayacak nitelikte ve özgünlükte olmasına dikkat edilmelidir. Koruma projelerinde;

-projesi yapılacak yapı için tespitlerin yapılması,

-yapı strüktürü ve davranışlarının izlenmesi,

-taşıyıcı sistem hasarlarının belirlenmesi ve malzeme bütünlüğünün sağlanması gerekir (İSMEP, 2014; Işık, 2023).

Tarihi yapıların bozulması neden olan etmenler iki sınıfa ayrılabilir. İlki, yapının bulunduğu kara parçasının jeomorfolojik özellikleri, zemin sınıfı, yapıldığı dönemde tasarımında yapılan strüktür hataları, yanlış malzeme kullanımı, kötü işçilik şeklinde sıralanan iç nedenlerdir. Bir diğeri ise, yapının sürekli olarak maruz kaldığı doğal etkenler, doğal afetler, terk, yangın, savaş, vandalizm, turizm, hava kirliliği, trafik şeklinde sıralanan dış nedenlerdir. Bir anda gerçekleşebilen ve zamanı kestirilemeyen doğal afetler tarihi yapılara zarar verebilir. Başlıca doğal afetler; deprem, heyelan, toprak kayması, sel ve çığ olarak sıralanabilir. Doğal afetlerden etkilenen eserler onarılmaya çalışılmış, kurtarılamayacak olanlar ise yıkılıp yeniden yapılmışlardır. Tasarımındaki estetiğin, tasarım ilkelerinin ve yapı sınıflandırmasının belirlenerek değerlendirilmesi için; yapının konumunun, mevcut durumunun, mimari ve yapısal özelliklerinin, bozulmalarının ve içinde bulunduğu dönemi tespit etmeye yarayan karşılaştırmalı plan tipoloji değerlendirmesini içeren sanat tarihi araştırması yapmak gerekmektedir. Yapı, fotoğraf ve videolarla arşivlenmelidir. Yapıyı yaptıran kişi ile ilgili bir verinin olmadığı ve kitabesine ulaşamadığı durumlarda tarihlendirme işlemi, yapının mimari özelliklerine göz önünde bulundurulması ile yaklaşık olarak yapılabilir. Koruma yöntemlerinden biri olan *restorasyon*; inşaat mühendisliği, mimarlık, fizik, kimya gibi meslek gruplarının bir arada çalışmasını gerektiren ve titizlikle yürütülmesi gereken bir süreçtir. Restorasyon çalışmalarında yapılacak işlemlerin doğru yönlenebilmesi için nem ve su sorunları, duvar çatlakları, temel oturmaları ve malzeme deformasyonu gibi olgular üzerinde araştırma yapılmalı ve nedenleri teşhis edilmelidir. Tahribatın en alt seviyede tutulması gereken malzeme deneyleri ise eserin durumunun değerlendirilmesinde bir başka yol göstericidir. Malzeme özelliklerinin belirlenmesi, restorasyon aşamasında kullanılacak malzeme seçimi konusunda yol göstericidir (Gedikli, 1993; Sayın, 2016; Çubuk, 2023; Tellioğlu ve Satıcı, 2023). Ayrıca, tarihi bitki ve ağaçların tespiti de önemlidir (Gedikli, 2004).

Restorasyon öncesinde yapılan bilgi birikimi ve gözlem sürecinden sonra proje aşamasına geçilir. İlk olarak kapsamlı bir rölöve çalışması ve ardından gerekirse restitüsyonu yapılır. Daha sonra ise restorasyon projesi oluşturulur.

3. Yozgat Başçavuş Hamamı Mevcut Durumunun Tespiti ve Tanımlaması

3.1. Başçavuş Hamamı Genel Plan Özelliklerinin Tanımlaması

Başçavuş Hamamı, Osmanlı Dönemi hamam mimarisinin geleneksel özelliklerini yansıtan ve çifte hamam plan tipolojisine sahip önemli bir yapıdır. Yapı, kadınlar ve erkekler bölümlerinin ayrı olarak kurgulandığı bir plan düzenlemesine sahiptir. Bu düzenleme, dönemin toplumsal yapısına uygun olarak mahremiyet ilkesine bağlı kalınarak şekillendirilmiştir.

Hamamın mimari bütünlüğü, hem strüktürel hem de mekânsal açıdan dikkatle tasarlanmış oranlara dayanmaktadır. Yapının düşeydeki yüksekliği cehennemlik zemininden başlayarak duvar kirpi saçak hizasına kadar 5.27 metreye ulaşmakta; ana kubbe tepe kotu ise cehennemlik zemininden itibaren 8.01 metre yüksekliğe erişmektedir. Bu oranlar, iç mekânlarda hem sıcak hava sirkülasyonunu sağlamakta hem de yapının görkemli iç hacim algısını pekiştirmektedir.

Hamamın duvar kalınlıkları da yapının taşıyıcı sistem karakteri ve ısı yalıtımı açısından dikkate değerdir. İç duvarlar 80 cm ile 86 cm arasında değişen kalınlıklara sahipken, dış duvar kalınlıkları 89 cm ile 180 cm arasında farklılık göstermektedir. Bu oranlar, özellikle dış çevredeki ısı kaybının önlenmesi ve yapının uzun ömürlü olmasını sağlayan termal denge açısından önem arz etmektedir.

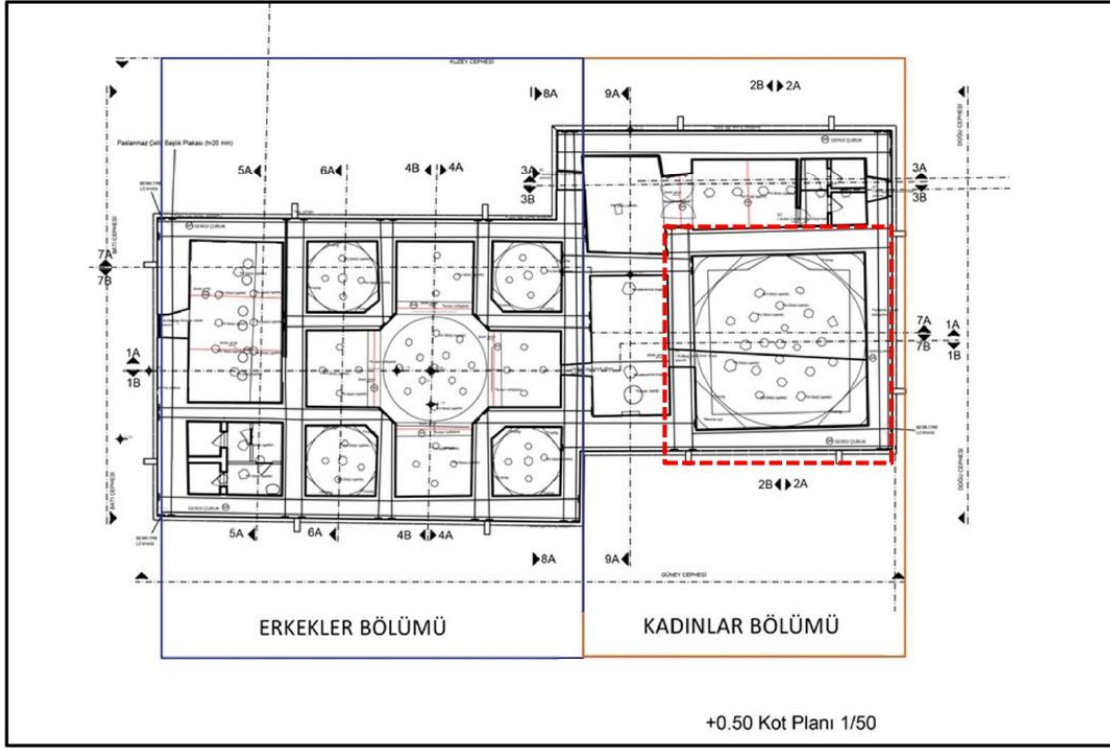
Yapının örtü sisteminde geleneksel Osmanlı yapı tekniğinin izleri açıkça görülmektedir. Soyunmalık, ılıklik, hela ve külhan gibi ikincil öneme sahip mekânlar tonozla örtülmüşken; sıcaklık ve halvet hücrelerinin üzeri, klasik Osmanlı hamam mimarisine uygun şekilde kubbeyle örtülmüştür. Hem tonoz hem de kubbe örtüleri ince tuğla kullanılarak örülmüş, bu da yapının hem hafifliğini hem de ısı tutuculuğunu artıran önemli bir unsurdur.

Taşıyıcı sistemde kullanılan malzemeler, yapının dönemsel inşa teknikleri hakkında da bilgi sunmaktadır. Beden duvarlarında moloz taş kullanılırken, taşıyıcı ana duvarlarda kesme taş, moloz taş ve tuğla bir arada kullanılmış ve bu yöntemle almaşık duvar tekniği uygulanmıştır. Bu teknik, hem estetik görünüm hem de dayanıklılık açısından Osmanlı mimarisinde sıkça tercih edilmiştir. Yapının bahçe duvarları ise tamamen moloz taştan inşa edilmiştir.

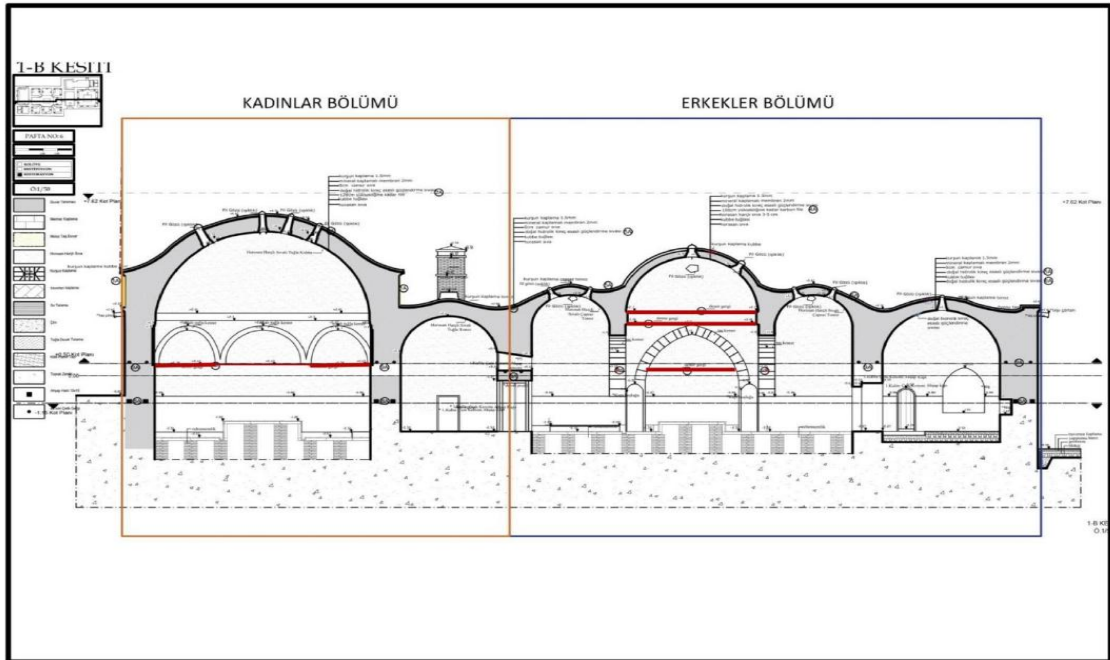
Erkekler bölümü; soyunmalık, ılıklik, hela, dört eyvanlı sıcaklık mekânı ve buna bağlı dört adet halvet hücrelerinden oluşmaktadır. Ana giriş de bu bölümde yer almakta ve iç mekânlar klasik bir doğrultuda birbirini takip edecek şekilde dizilmiştir.

Kadınlar bölümü ise yine soyunmalık, ılıklik, hela ve sıcaklık olmak üzere daha sade ama işlevsel bir planla tasarlanmıştır. Bu iki bölüm arasında yer alan külhan ve su deposu gibi teknik mahaller ise ortak kullanıma hizmet edecek şekilde kurgulanmıştır.

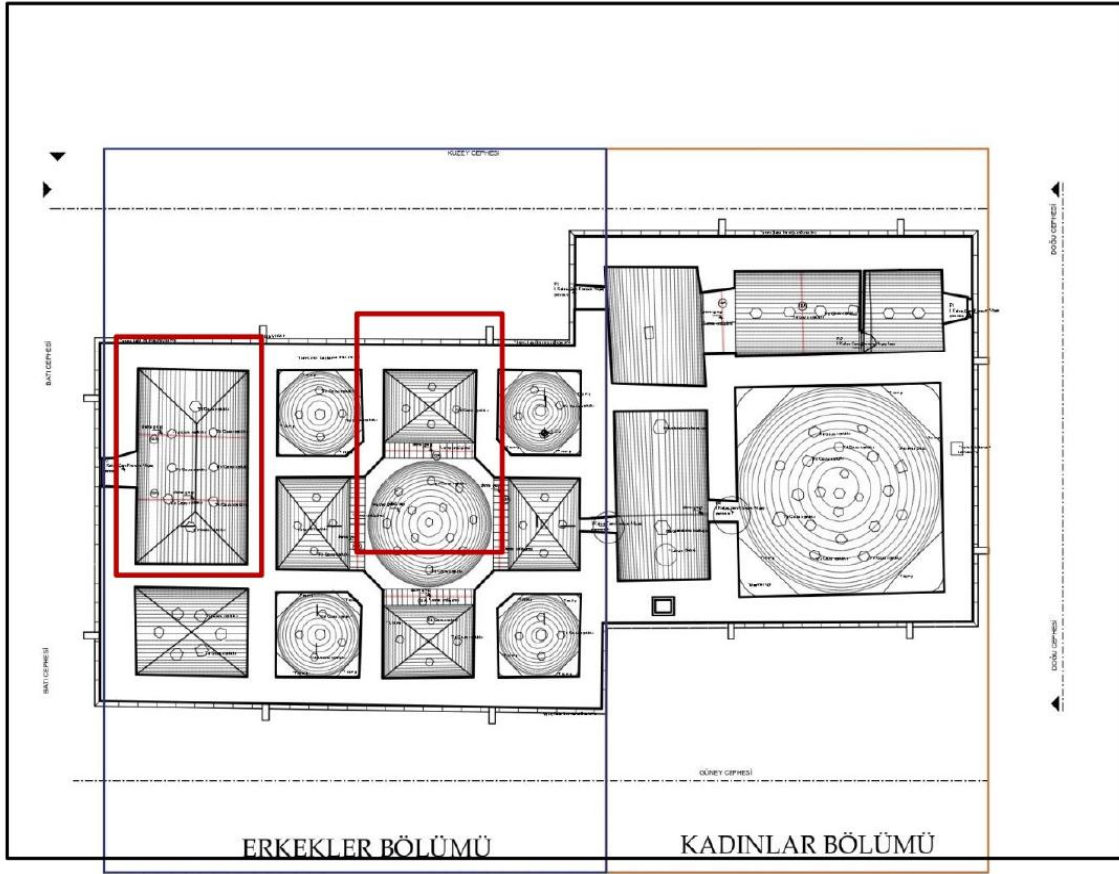
Söz konusu mimari birimlerin birbirleriyle olan ilişkileri, geçiş kurguları ve yan yana gelme biçimleri yapının genel mekânsal plan anlayışını oluşturur. Bu mekânsal dizilim ve organizasyonun detaylı analizine yönelik plan ve kesit çizimleri rölöve kapsamında hazırlanmış olup, Şekil 1'den Şekil 14'e kadar olan çizimlerde ayrıntılı biçimde sunulmuştur. Bu çizimler, yapının hem strüktürel hem de işlevsel yapısal kurgusunu belgelemekte ve gelecek müdahale süreçlerine ışık tutmaktadır.



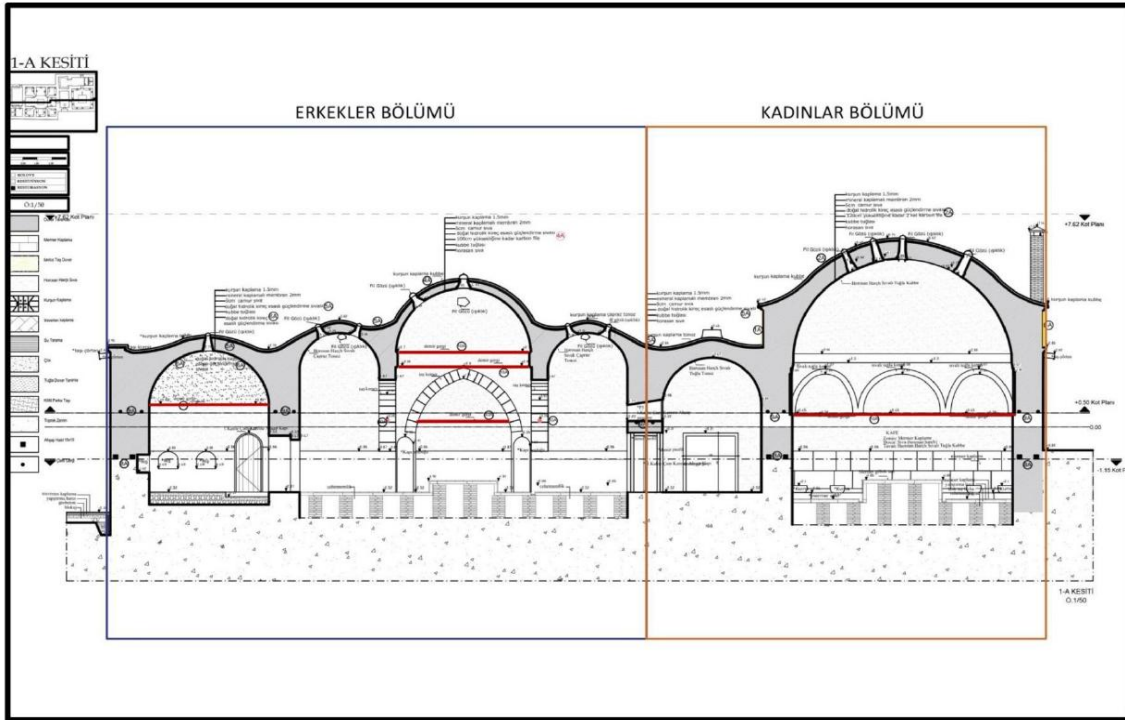
Şekil 1. Başçavuş Hamamı +0.50 Kot Planı Ö:1/50 (Rölöve yazara aittir.)



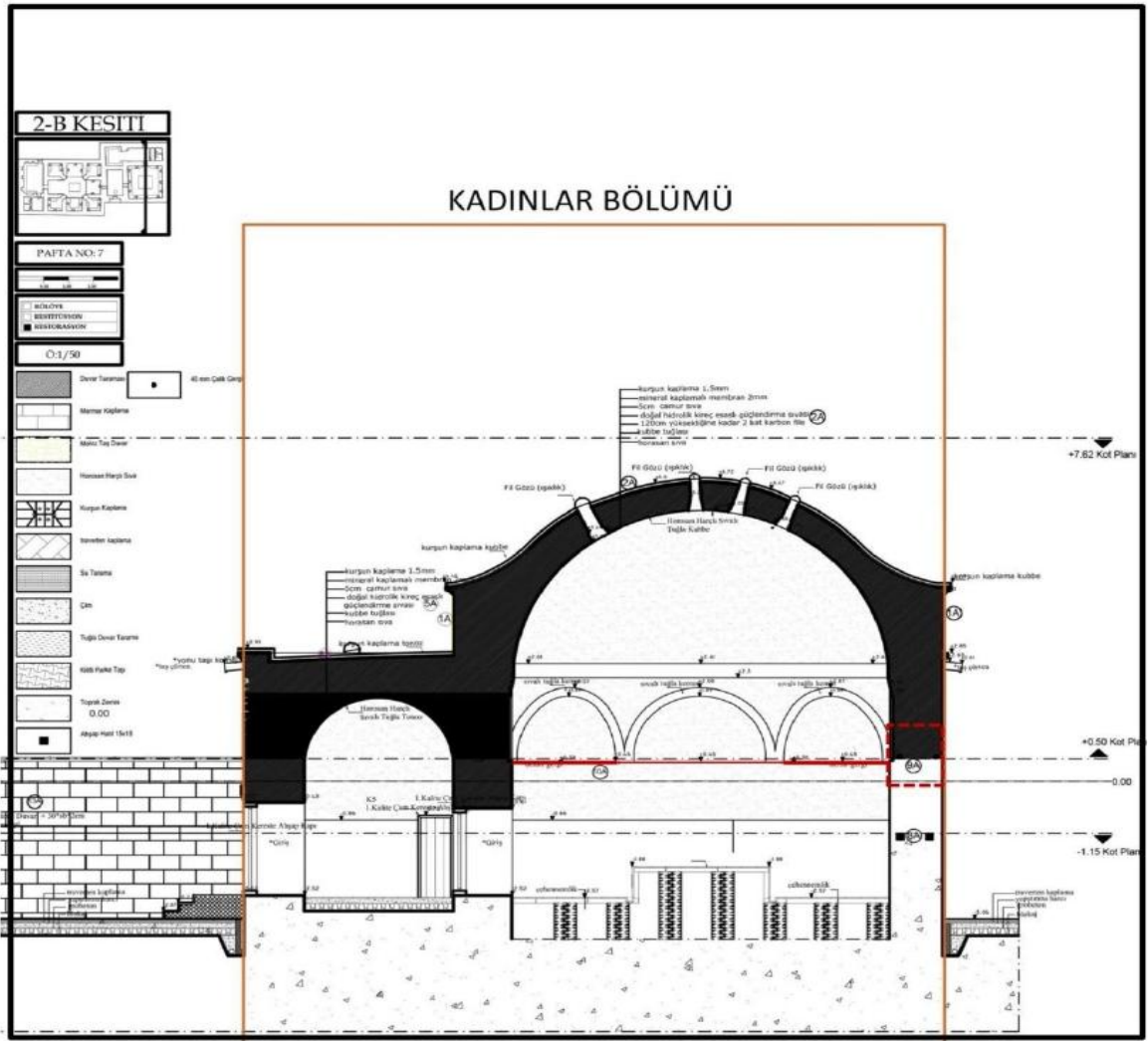
Şekil 2. Başçavuş Hamamı 1-B Kesiti (Rölöve yazara aittir.)



Şekil 3. Başçavuş Hamamı Tavan Planı (Rölöve yazara aittir.)



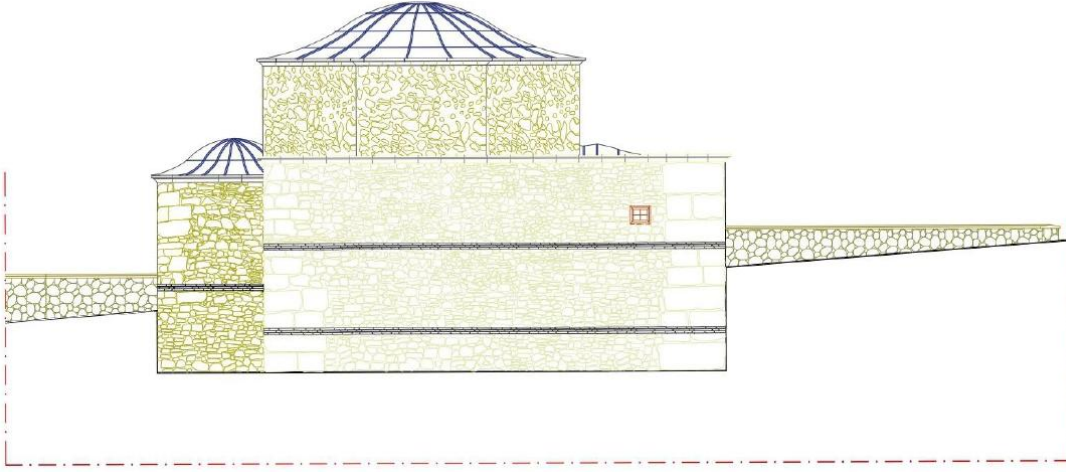
Şekil 4. Başçavuş Hamamı 1-A Kesiti (Rölöve yazara aittir.)



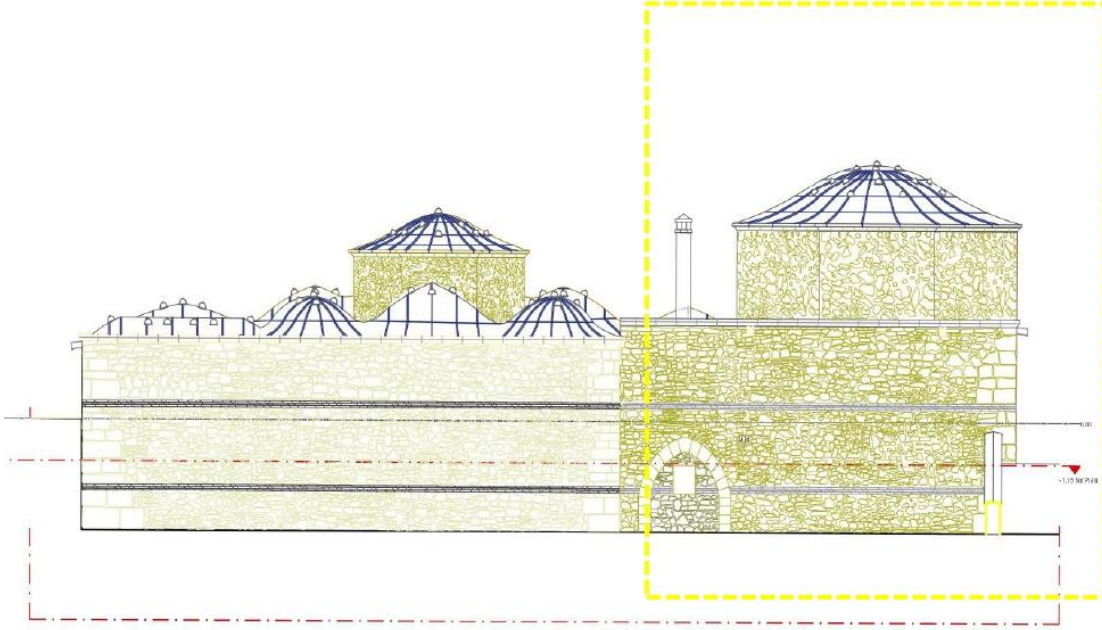
Şekil 5. Başçavuş Hamamı 2-B Kesiti (Rölöve yazara aittir.)



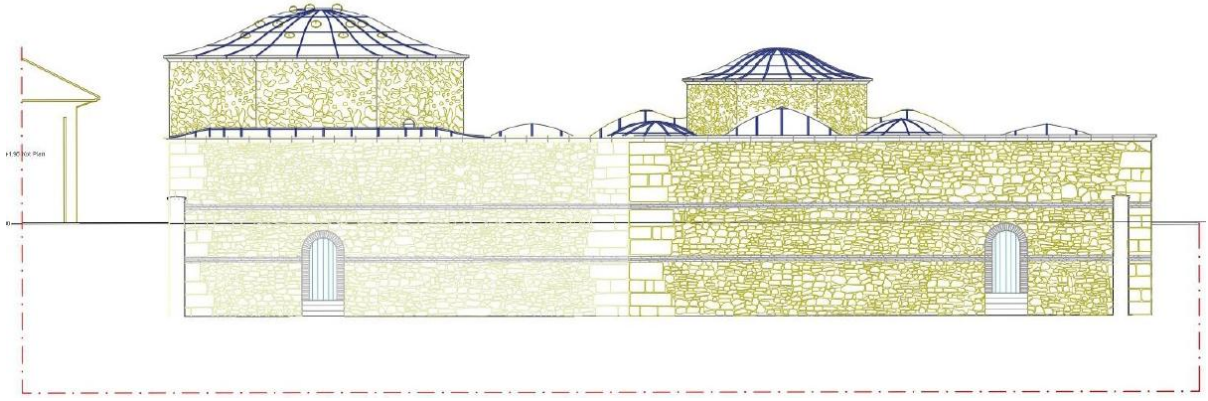
Şekil 6. Başçavuş Hamamı Batı Cephesi (Rölöve yazara aittir.)



Şekil 7. Başçavuş Hamamı Doğu Cephesi (Rölöve yazara aittir.)



Şekil 8. Başçavuş Hamamı Güney Cephesi (Rölöve yazara aittir.)



Şekil 9. Başçavuş Hamamı Kuzey Cephesi (Rölöve yazara aittir.)



Şekil 10. Yozgat Başçavuş Hamamı - Dış Görünüşler (Fotoğraflar Yazara Aittir.)



Şekil 11. Yozgat Başçavuş Hamamı – Dış Görünüşler (Fotoğraflar Yazara Aittir.)



Şekil 12. Yozgat Başçavuş Hamamı – Dış Görünüşler (Fotoğraflar Yazara Aittir.)



Şekil 13. Yozgat Başçavuş Hamamı – Dış Görünüşler (Fotoğraflar Yazara Aittir.)



Şekil 14. Yozgat Başçavuş Hamamı - Dış Görünüşler (Fotoğraflar Yazara Aittir.)

3.2. Laboratuvar Ortamında Yapılan Ölçümlerle Durum Tespiti

Laboratuvar ortamında mevcut yapı malzemelerinin mikro yapısal özelliklerinin ve iç yapılarının bozulma durumlarının tespiti için günümüzde çok sayıda gelişmiş analitik teknik ve yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında özellikle X-Işını Kırınımı (XRD), Taramalı Elektron Mikroskobu-Enerji Dispersif Spektroskopi (SEM-EDS) gibi teknikler yaygın olarak tercih edilmektedir (Aköz, 2008; Işık, 2023). Bu teknikler, hem malzemenin mineralojik ve kristal yapısına dair ayrıntılı bilgi sağlaması hem de malzeme yüzeyindeki mikro çatlaklar, gözeneklilik, bağlayıcı fazların dağılımı ve diğer mikro yapısal bozulma türlerinin belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Başçavuş Hamamı'nın çeşitli bölgelerinden alınan yapı malzemesi numunelerinin mikro yapısal özelliklerinin incelenmesinde SEM analizi tercih edilmiştir. SEM yöntemi, malzemelerin yüzey morfolojisini yüksek çözünürlükle görüntüleme ve enerji dispersif spektroskopi (EDS) ile elementel bileşim analizine olanak tanınması nedeniyle, özellikle eski ve özgün yapı malzemelerinin mikroyapısal değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Başçavuş Hamamı gibi tarihi yapılardan alınan numuneler, yapının özgün tarihi karakterini ve yapım teknolojisini yansıtmaları açısından büyük bir önem arz etmektedir. Bu nedenle, çalışma kapsamında kullanılan numuneler; yapının farklı onarım dönemlerinde kullanılmış çeşitli malzeme tiplerinden seçilmiştir. Bu malzemeler arasında taşıyıcı duvar harcı, döşeme harcı, dolgu taşı, pişmiş tuğla ve yüzey kaplama elemanları gibi farklı yapı bileşenlerine ait özgün ve onarım dönemlerine ait örnekler bulunmaktadır. Bu çeşitlilik, yapının malzeme yapısını ve tarihsel gelişimini daha iyi anlamaya olanak sağlamaktadır.

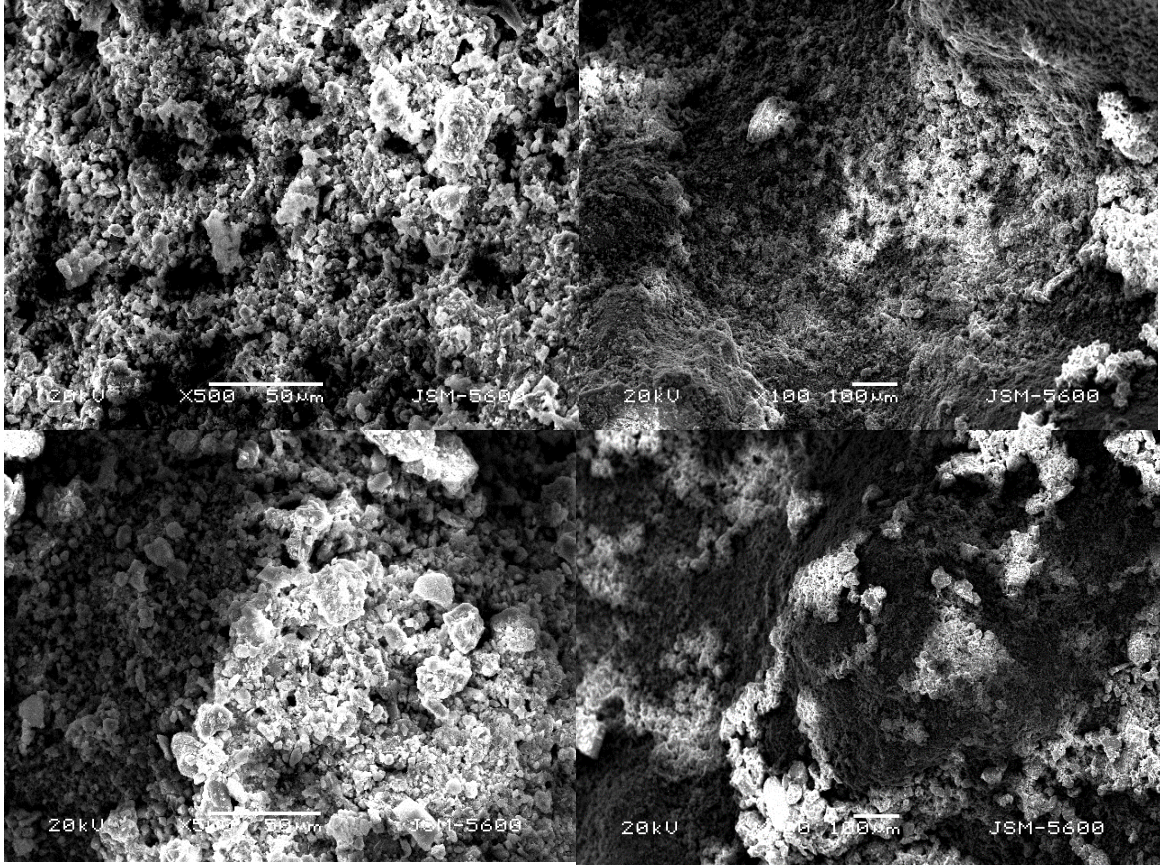
Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen SEM analizleri öncesinde, her bir numune fiziksel olarak zarar görmeyecek şekilde titizlikle hazırlanmıştır. Numuneler, yüzeysel kontaminasyonlardan arındırılmış, toz, yağ ve diğer yabancı maddelerden temizlenmiş ve mikroyapısal inceleme için uygun hale getirilmiştir. Bu hazırlık aşaması, elde edilecek görüntülerin ve analizlerin doğruluğu ve güvenilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca, numunelerin özgün yapısını koruyacak şekilde, kesit alma, kaplama (genellikle altın

veya karbon kaplama) gibi işlemler uygulanarak, malzemenin mikro yapısal bozulma ve hasarlarının detaylı şekilde belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu kapsamda yapılan SEM analizleri, Başçavuş Hamamı'nın yapı malzemelerinde zamanla meydana gelen fiziksel ve kimyasal bozulmaların tespiti, malzemenin dayanıklılığını etkileyen mikro yapısal değişikliklerin incelenmesi ve onarım stratejilerinin belirlenmesi açısından önemli veriler sağlamaktadır. Böylece, tarihi yapının özgün malzeme özelliklerinin korunması ve sürdürülebilir bir restorasyon yaklaşımının geliştirilmesi için bilimsel bir temel oluşturulmaktadır.



Şekil 15. Başçavuş Hamamı'ndan temin edilen ve mikroyapısal inceleme amacıyla hazırlanan 1–6 no'lu yapı malzemesi numuneleri. Numuneler; harç, tuğla ve taş gibi farklı yapı bileşenlerini temsil etmektedir.



Şekil 16. Başçavuş Hamamı'ndan alınan Numune 1 – Eski Harç ve Doğal Taş Benzeri Yapı Malzemesine Ait SEM Görüntüleri

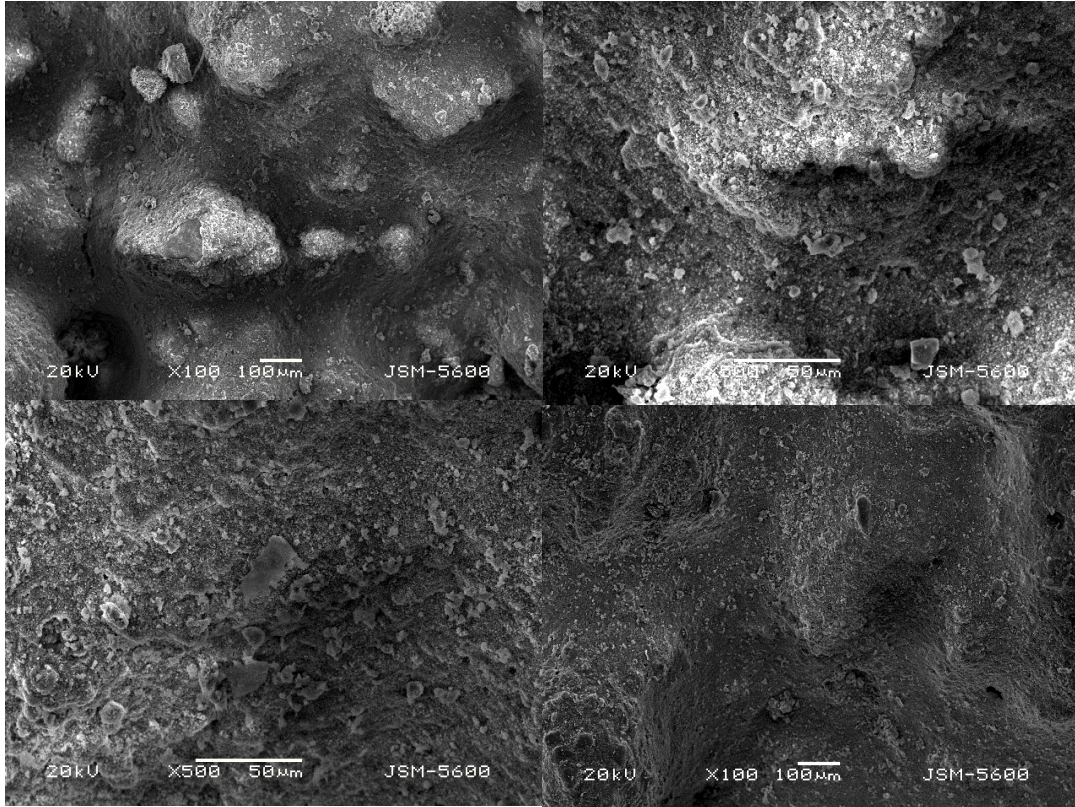
Şekil 16’da sunulan SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı’ndan alınan 1 no’lu numunenin mikroyapısal özelliklerini ayrıntılı bir şekilde ortaya koymaktadır. Görüntüde açık bej tonlarında, yoğun ve homojen bir yapıya sahip olan bu parça, kimyasal bileşimi ve fiziksel görünümü göz önüne alındığında büyük olasılıkla kireç esaslı, eski dönemlere ait bir harç örneği olarak tanımlanmaktadır.

Mikroyapısal incelemede, numunenin içerisinde belirgin gözenekli bir yapının varlığı dikkat çekmektedir. Bu gözenekler, harcın orijinal üretim teknolojisinden kaynaklanabileceği gibi, zamanla çevresel etkiler ve yaşlanma sonucu oluşan fiziksel bozulmaların bir göstergesi olarak da değerlendirilebilir. Gözeneklilik, harcın mekanik dayanımını ve özellikle su geçirgenliğini doğrudan etkileyen kritik bir parametredir. Gözeneklerin büyüklüğü, şekli ve dağılımı, malzemenin su emme kapasitesi ve donma-çözülme gibi çevresel streslere karşı direnci hakkında bilgi vermektedir. Bu nedenle, görüntüde gözeneklerin dağınık fakat homojen bir şekilde yerleşmiş olması, harcın belirli bir süre dayanıklılık gösterdiğini ancak zamanla mikro yapısal zayıflamaların başladığını işaret etmektedir. Ayrıca, SEM görüntüsünde belirgin olarak tespit edilen kalsit (CaCO_3) kristalleri, harcın bağlayıcı matriksindeki temel mineral fazını oluşturmaktadır. Kalsit kristallerinin varlığı, harcın kireç esaslı olduğunu doğrulamakta ve bu kristallerin şekli ile büyüklüğü, harcın sertleşme süreci ve malzemenin uzun vadeli dayanıklılığı hakkında önemli ipuçları vermektedir. Kristallerin yüzeylerinde gözlenen küçük çatlaklar ve kenar yumuşamalar, zaman içinde mekanik gerilmeler ve çevresel etkiler sonucu

oluşan mikro hasarları göstermektedir. Bu durum, harcın maruz kaldığı doğal aşınma süreçlerinin mikroyapısal yansımalarıdır.

Mikroyapıda ayrıca, harç içerisindeki agregalarla bağlayıcı matriks arasındaki ara yüzeylerin incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Görüntüde bu ara yüzeylerde belirli bir kohezyon ve bağlanma gözlenmekle birlikte, bazı küçük boşluklar ve mikro ayrışmalar da mevcuttur. Bu boşluklar, malzemenin mekanik dayanıklılığını azaltan zayıf noktalardır ve zamanla gelişebilecek daha büyük çatlakların habercisi olabilir.

Sonuç olarak, Şekil 16'daki SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı'nın özgün malzemelerinden biri olan bu kireç esaslı harcın mikroyapısal olarak gözenekli, ancak hâlâ büyük oranda sağlam yapıda olduğunu göstermektedir. Zamanla çevresel koşulların etkisiyle malzemede oluşan mikro çatlaklar ve gözenek artışı, restorasyon ve onarım çalışmalarında göz önünde bulundurulması gereken kritik unsurlardır. Elde edilen bu mikroyapısal bilgiler, tarihi yapının malzeme bütünlüğünü korumak ve uygun müdahale teknikleri geliştirmek adına önemli bir temel teşkil etmektedir.



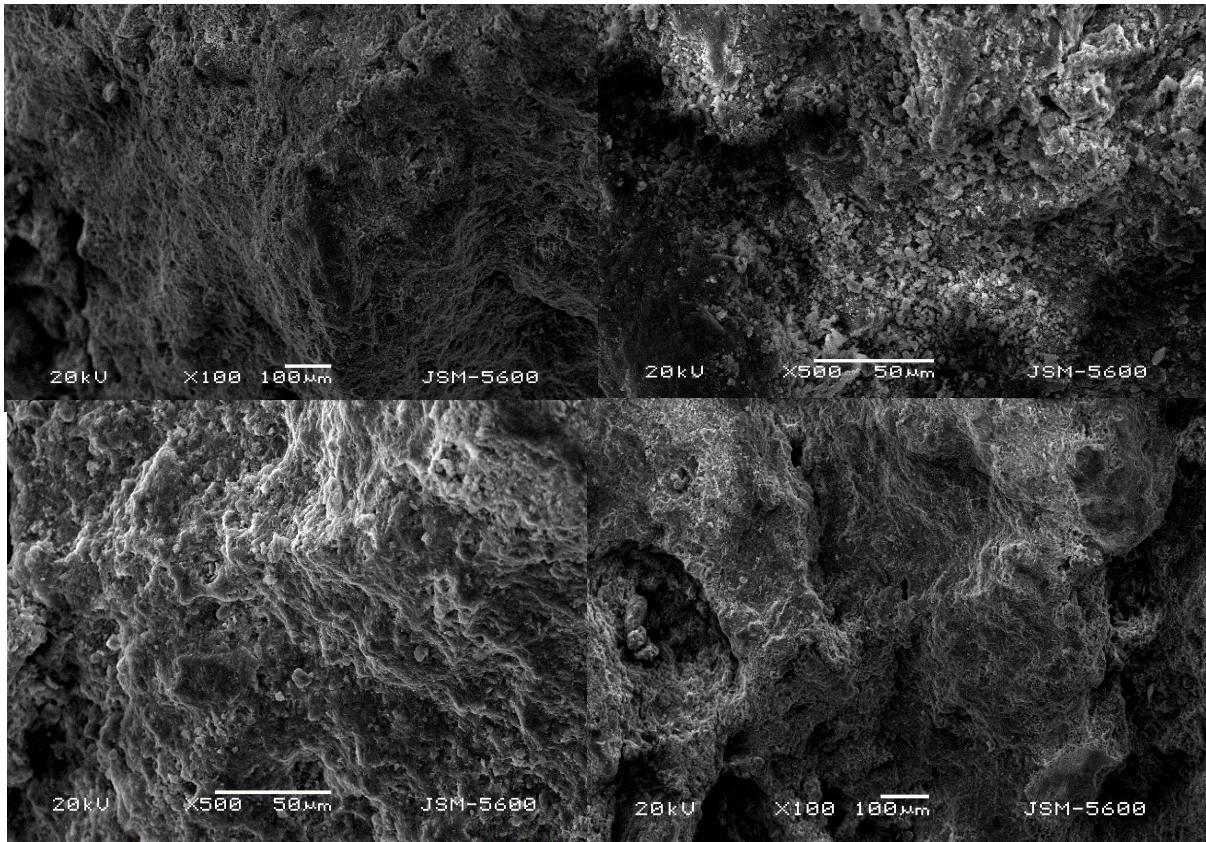
Şekil 17. Başçavuş Hamamı'ndan alınan 2 no'lu numuneye ait SEM görüntüsünün mikroyapısal analizi

Şekil 17'de sunulan SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı'ndan alınan 2 no'lu numunenin mikroyapısal özelliklerini ayrıntılı şekilde göstermektedir. Açık gri renge sahip olan bu numune, görüntülerde daha gevşek ve düzensiz bir dokusal yapıya sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, malzemenin özgün üretiminde ya da zaman içinde maruz kaldığı çevresel etkenler sonucu bağlayıcı matriksin homojenliğinin zayıfladığına işaret etmektedir. SEM analizleri sonucunda, bağlayıcı matrisin mineral agregalar etrafında yeterince

sıkı ve tam uyumlu olmadığı, bu bölgelerde mikro boşlukların oluştuğu tespit edilmiştir. Bu boşluklar, malzemenin mekanik dayanımını azaltan zayıf noktalar olarak değerlendirilebilir. Özellikle mineral taneleri ile bağlayıcı arasındaki bu ayrışmalar, malzemenin bütünlüğünde gevşemeye ve zamanla ilerleyen çatlak oluşumlarına zemin hazırlamaktadır.

Mikroyapısal olarak dikkat çeken diğer önemli unsur, numune içerisinde gözlenen çözünme izleri ve yüzeysel aşınmalardır. Bu izler, özellikle numunenin maruz kaldığı tuzlanma ve nem etkilerine bağlı kimyasal bozulmaların sonucu olabilir. Tuz kristallerinin malzeme içerisindeki birikimi ve kristal büyümesi, malzeme içinde iç gerilmeler oluşturarak mikroyapısal hasarları tetiklemektedir. Nem etkisi ise, gözenekli yapılar içinde suyun hareketi ve buharlaşması sırasında malzemenin fiziksel yapısında değişikliklere yol açmaktadır. Gözeneklerin ve boşlukların artışı, suyun ve zararlı iyonların malzeme içine daha kolay sızmasına olanak tanıyarak, bozulma sürecini hızlandırmaktadır. Bu durum, özellikle tarihi yapılarda malzemenin dayanıklılığını olumsuz etkileyen kritik bir faktördür.

Sonuç olarak, Şekil 17'deki SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı'ndan alınan 2 no'lu numunenin mikroyapısal olarak bağlayıcı matriksin homojenlik ve kohezyon açısından zayıf olduğunu, mineral agregalar çevresinde mikro boşlukların ve çözünme kaynaklı bozulma izlerinin bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgular, numunenin tuzlanma ve nem gibi çevresel faktörlere bağlı olarak kimyasal ve fiziksel bozulma süreçlerine maruz kaldığını ortaya koymaktadır. Restorasyon çalışmalarında bu tür bozulmaların dikkate alınması, uygun malzeme seçimi ve koruyucu önlemler geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 18. Başçavuş Hamamı'ndan alınan 3 no'lu numuneye ait Pişmiş Tuğla SEM görüntüsünün mikroyapısal analizi

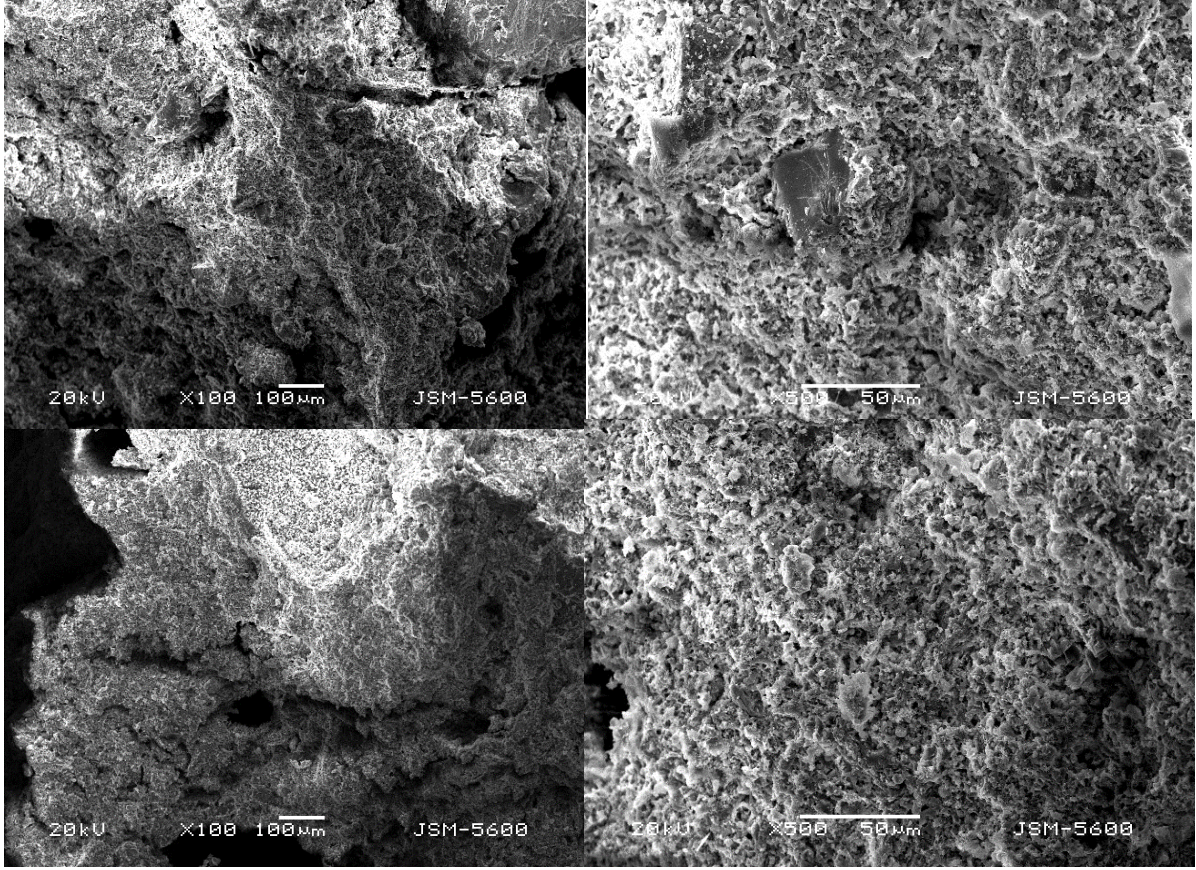
Şekil 18’de sunulan SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı’ndan alınan 3 no’lu numunenin mikroyapısal yapısını detaylı biçimde ortaya koymaktadır. Kırmızımsı renk tonlarıyla dikkat çeken bu numune, yüksek sıcaklıkta pişirilmiş ve eski dönemlere ait klasik tuğla örneklerinden biridir.

SEM analizlerinde, numunenin mikro yapısında belirgin sinterleşmiş kristal yapılar tespit edilmiştir. Bu kristaller, pişirme sürecinde kil minerallerinin yeniden kristalleşmesiyle oluşmuş olup, malzemenin mekanik dayanımını artıran önemli bir yapısal bileşen olarak işlev görmektedir. Ayrıca, tuğla matriksinde camsı fazlar görülmekte olup, bu fazlar yüksek ısı işlem sonrası oluşan eriyik dokulara işaret etmektedir. Bu camsı yapı, tuğlanın sıklığını ve su geçirmezliğini artırmakla birlikte, aynı zamanda kırılgenlik ve çatlak oluşumu riskini de beraberinde getirebilir.

Mikroyapının yoğun ve lifsiz yapısı, tuğlanın homojen ve sıkı bir dokuya sahip olduğunu göstermektedir. Ancak, SEM görüntülerinde tespit edilen çatlak başlangıçları, zamanla çevresel etkilere bağlı olarak gelişebilecek hasarların ilk göstergeleri olarak değerlendirilmektedir. Bu çatlaklar, özellikle donma-çözölme döngüleri ve mekanik yüklere karşı malzemenin zayıf noktalarını oluşturmaktadır.

Isıl işlem sonucu oluşan eriyik dokular, tuğlanın yüksek sıcaklıklarda pişirildiğinin ve bu sayede yüksek mekanik dayanıklılık kazanmasının mikroyapısal kanıtlarıdır. Bu yapılar, malzemenin mikroskobik ölçekte dayanıklılığını artırsa da, zaman içinde oluşan termal gerilmeler ve çevresel faktörler çatlak gelişimini tetikleyebilmektedir.

Sonuç olarak, Şekil 18’deki SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı’ndan alınan 3 no’lu pişmiş tuğla numunesinin mikroyapısal olarak yoğun, sinterleşmiş kristal yapılar ve camsı fazlar içeren sağlam bir dokuya sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, erken dönem çatlak oluşumlarının varlığı, tuğlanın uzun vadeli dayanıklılığını etkileyebilecek potansiyel riskler olduğuna işaret etmektedir. Bu mikroyapısal bilgiler, tuğlanın restorasyonunda uygun müdahale ve malzeme seçimi için önemli referanslar sunmaktadır.



Şekil 19. Başçavuş Hamamı'ndan alınan 4 no'lu numuneye ait Harç-Tuğla Karışımı SEM görüntüsünün mikroyapısal analizi

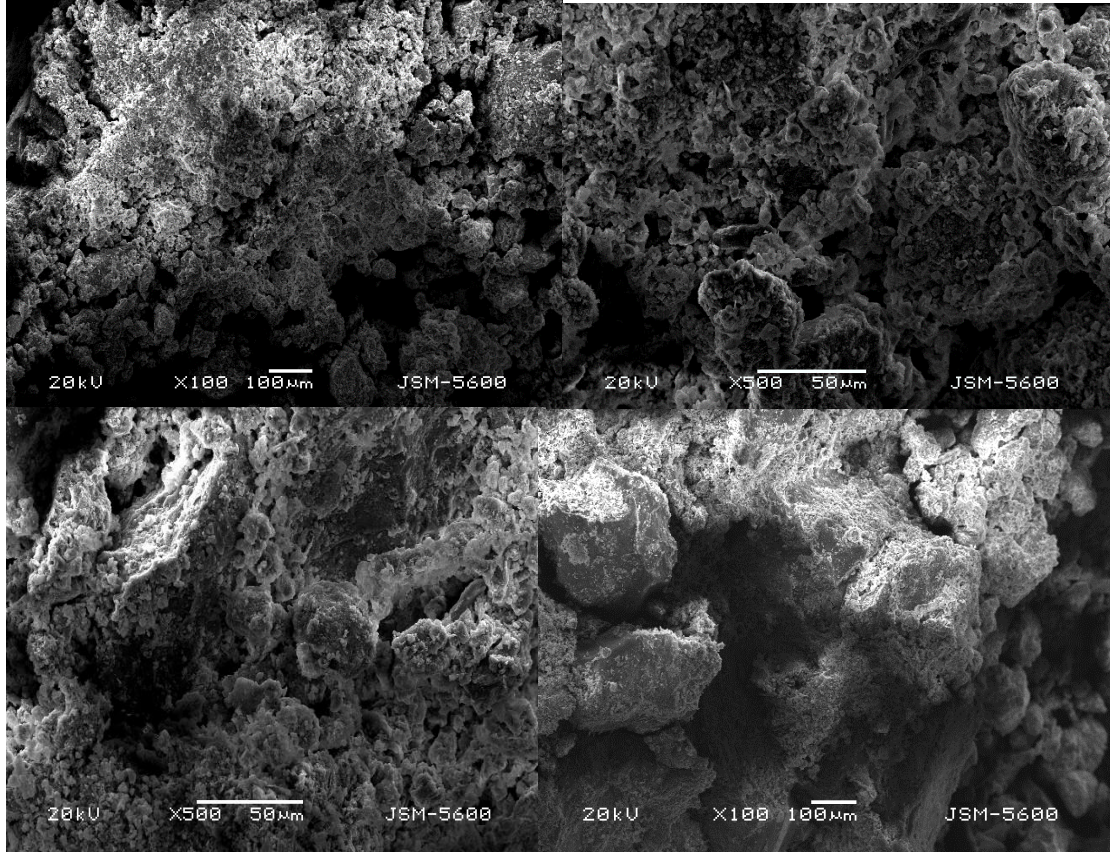
Şekil 19'da sunulan SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı'ndan alınan 4 no'lu numunenin mikroyapısal özelliklerini detaylı biçimde ortaya koymaktadır. Renk ve doku özellikleri itibarıyla hem tuğla hem de harç bileşenlerini barındıran bu numune, muhtemelen yapının farklı dönemlerinde yapılmış tamir ve onarım işlemlerinde kullanılmış bir malzeme örneğini temsil etmektedir.

Mikroyapısal incelemede, bağlayıcı fazın bazı bölgelerde homojen ve sıkı bir yapıya sahip olduğu gözlemlenirken, diğer bölgelerde ayrışmalar ve mikro boşluklar dikkat çekmektedir. Bu heterojen yapı, malzemenin üretiminde kullanılan malzeme karışımının veya uygulama koşullarının değişkenliğine işaret etmektedir. Ayrıca, ayrışmış bölgeler, zamanla meydana gelen kimyasal bozulma süreçlerinin ve çevresel etkilerin mikroyapısal yansımaları olarak değerlendirilebilir.

Bağlayıcı matrisin yer yer zayıflaması, özellikle tamir harcında kullanılan malzemenin özgün malzemeye göre farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmasından kaynaklanabilir. Bu durum, restorasyonun yapısal bütünlüğü açısından risk oluşturmakta ve ilerleyen dönemlerde malzeme arayüzeylerinde çatlakların gelişmesine zemin hazırlayabilmektedir.

SEM görüntülerinde, tuğla parçacıkları ile harç matrisi arasındaki ara yüzeylerdeki uyumsuzluk ve boşluklar, malzemenin mekanik dayanımını olumsuz etkileyebilecek önemli zayıf noktalar olarak görülmektedir. Bununla birlikte, bazı bölgelerde sıkı bir bağlanma gözlenmesi, uygulamanın başarılı olduğu alanların da mevcut olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, Şekil 19'daki SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı'ndan alınan 4 no'lu numunenin mikroyapısal olarak heterojen bir harç-tuğla karışımı ya da eski dönem tamir malzemesi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yapıdaki heterojenlik ve ayrışmalar, malzemenin fiziksel ve kimyasal dayanıklılığını etkileyerek restorasyon stratejilerinde dikkate alınması gereken önemli hususlardır. Elde edilen mikroyapısal veriler, tarihi yapının onarımında kullanılan malzeme kalitesinin değerlendirilmesi ve gelecekteki müdahalelerin planlanması açısından değerli bilgiler sağlamaktadır.



Şekil 20. Başçavuş Hamamı'ndan alınan 5 no'lu numuneye ait Doğal Taş/Mineral Yüzeyle Malzeme SEM görüntüsünün mikroyapısal analizi

Şekil 20'de sunulan SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı'ndan alınan 5 no'lu numunenin mikroyapısal özelliklerini ayrıntılı şekilde ortaya koymaktadır. Sarımsı kahverengi tonları ile karakterize edilen bu numune, doğal taş ya da mineral yüzeyle bir yapı malzemesi niteliği taşımaktadır.

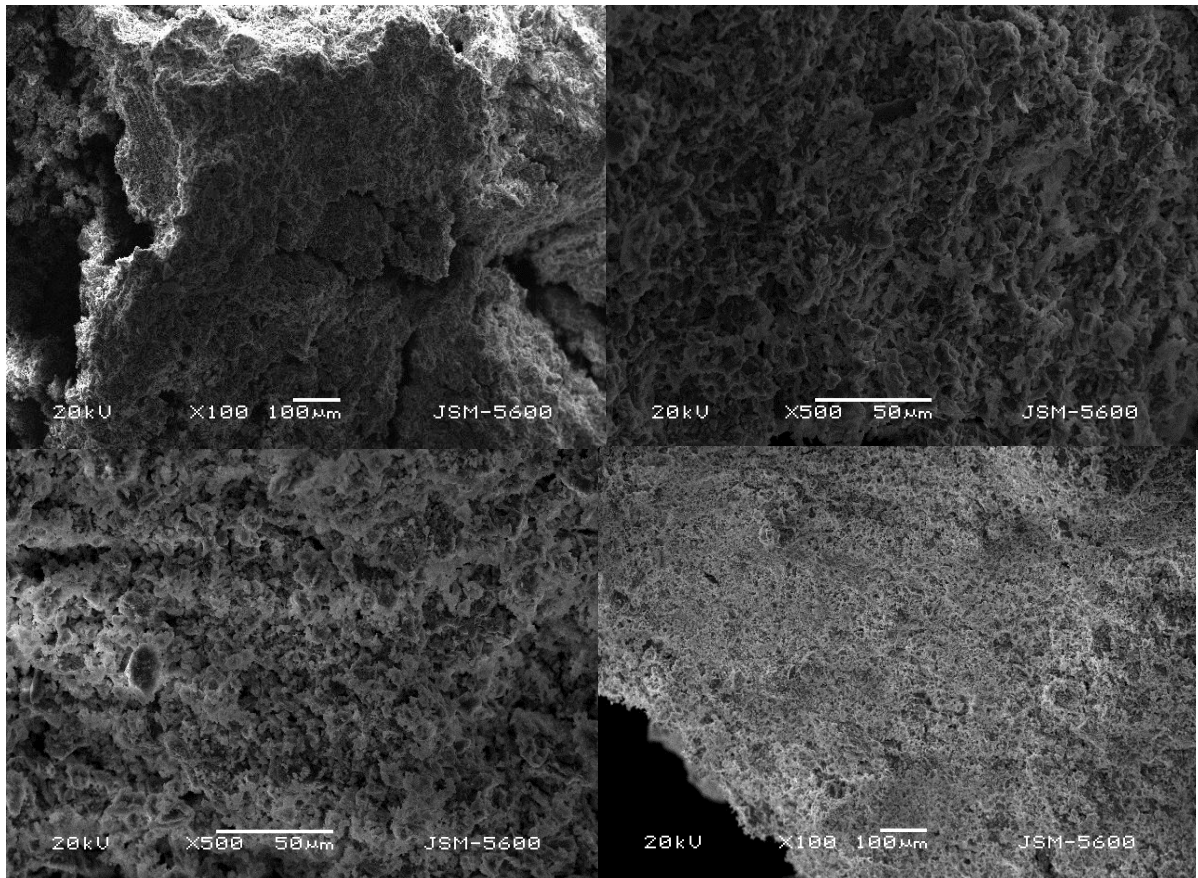
Mikroyapısal incelemede, mineral kristallerinin birbirine gevşek bağlarla bağlandığı gözlenmiştir. Bu durum, malzemenin genel yapısal bütünlüğünün zayıf olduğunu ve dış etkenlere karşı dirençsiz kalabileceğini göstermektedir. Bağlayıcı fazın zayıf olması, mineraller arası kohezyonun düşük olduğunu ortaya koymakta ve bu da malzemenin mekanik dayanıklılığını olumsuz etkilemektedir.

SEM görüntülerinde ayrıca, mikroyüzeyde çeşitli bozulmaya açık alanlar tespit edilmiştir. Bu bölgeler, çevresel etkiler, su sızıntısı, donma-çözülme döngüleri ve tuz kristalleşmesi gibi süreçlerin sonucu olarak malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısının

bozulmaya başladığı alanlardır. Bozulmaya açık bu mikroyüzey alanları, doğal taşların dayanıklılığını azaltmakta ve uzun vadede yapısal sorunlara yol açabilmektedir.

Gözlemlenen gevşek bağlanma ve zayıf bağlayıcı faz, restorasyon sürecinde bu malzemenin özel bakım ve güçlendirme teknikleri gerektirdiğini göstermektedir. Ayrıca, bu mikroyapısal özellikler, malzemenin özgün karakterini koruyarak restorasyonunda dikkatli malzeme seçimi yapılmasının önemini vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, Şekil 20'deki SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı'ndan alınan 5 no'lu doğal taş veya mineral yüzeyli numunenin mikroyapısal olarak gevşek bağlanmış mineral kristallerinden oluştuğunu ve bağlayıcı fazın zayıf olduğunu göstermektedir. Mikroyüzeydeki bozulmaya açık alanlar, bu malzemenin korunması ve onarımında özel stratejilerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.



Şekil 21. Başçavuş Hamamı'ndan alınan 6 no'lu numuneye ait Tuğla Esaslı Yapı Malzemesi SEM görüntüsünün mikroyapısal analizi

Şekil 21'de yer alan SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı'ndan alınan 6 no'lu numunenin mikroyapısal özelliklerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Açık kırmızı renkteki bu numune, tuğla esaslı bir yapı elemanı olup, iç yapısında belirgin kompakt matriks ve camsı fazlar içermektedir.

SEM görüntüsünde, matrisin kısmen kompakt yapıda olduğu görülmekte, bu durum tuğlanın mekanik dayanıklılığını olumlu yönde desteklemektedir. Ayrıca, camsı oluşumların

varlığı, tuğlanın yüksek sıcaklıklarda pişirildiğinin mikroyapısal göstergesidir. Bu camsı fazlar, malzemenin suya karşı direncini artırmakla birlikte, aynı zamanda kırılabilirliği de artırabilir.

Görüntülerde ince mikroçatlakların tespiti, zaman içinde maruz kalınan termal stresler ve çevresel etkilerin mikroyapıda yarattığı etkileri göstermektedir. Bu mikroçatlaklar, yapısal bütünlüğün zayıfladığı ve ilerleyen süreçte daha büyük hasarlara yol açabileceği potansiyel zayıf noktalar olarak değerlendirilebilir.

Bağlayıcı fazların belirginliği, numunenin mineral bileşiminin homojenliğini ve malzemenin genel sağlamlığını yansıtmaktadır. Ayrıca, termal etkilerin mikroyapıda yarattığı değişimler, özellikle camsı fazlarda çatlak başlangıçları şeklinde izlenebilmektedir. Bu durum, tuğla elemanın kullanım ömrünü ve dayanıklılığını sınırlayan önemli bir faktördür.

Sonuç olarak, Şekil 21'deki SEM görüntüsü, Başçavuş Hamamı'ndan alınan 6 no'lu tuğla esaslı numunenin mikroyapısal olarak kısmen kompakt, camsı fazlar içeren ve ince mikroçatlaklar barındıran bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, tarihi yapının korunması ve restorasyonu için yapılacak müdahalelerde malzemenin mekanik ve termal özelliklerinin göz önünde bulundurulmasının önemini vurgulamaktadır.

Başçavuş Hamamı'ndan alınan altı farklı yapı malzemesi numunesine yönelik gerçekleştirilen SEM analizleri, yapının tarihsel ve malzeme yapısal özelliklerini derinlemesine anlamaya yönelik önemli mikroyapısal veriler sunmuştur. Her bir numune, farklı üretim teknikleri, kullanım amaçları ve zaman içindeki çevresel etkiler nedeniyle kendine özgü mikroyapısal karakteristikler taşımaktadır.

İlk numune olarak incelenen kireç esaslı eski harç parçası, yoğun ve homojen yapısının yanı sıra gözenekli yapısı ve kalsit kristallerinin varlığı ile dikkat çekmiştir. Gözeneklilik, malzemenin su alımına ve dolayısıyla çevresel bozulmalara karşı hassasiyetini artırırken, kalsit kristallerinin şekil ve dağılımı malzemenin dayanıklılığının temel belirleyicilerindendir. Mikroçatlakların varlığı ise zaman içinde oluşan fiziksel gerilmelerin mikroyapısal yansımalarını ortaya koymaktadır.

İkinci numune, açık gri renkte gevşek dokulu bir harç ya da doğal taş benzeri malzeme olarak analiz edilmiş; bağlayıcı matrisin homojenlik açısından zayıf olduğu, mineral agregalar çevresinde boşluklar ve mikroyapıda çözünme izleri olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, tuzlanma ve nem etkisine bağlı kimyasal bozulma süreçlerinin malzemenin yapısal bütünlüğünü olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Üçüncü numune olan pişmiş tuğla parçası, sinterleşmiş kristal yapılar ve camsı fazların varlığı ile yüksek sıcaklıkta işlenmiş sağlam bir yapı malzemesi olarak tanımlanmıştır. Mikroyapıda gözlenen ince mikroçatlaklar ise çevresel ve mekanik etkilerin zaman içinde malzeme dayanıklılığını sınırlandırdığını göstermektedir.

Dördüncü numune, hem harç hem de tuğla özellikleri taşıyan, muhtemelen tamir malzemesi olarak kullanılmış heterojen bir yapıdadır. Bağlayıcı fazın bölgesel olarak homojen veya ayrılmış yapıda olması, malzemenin üretim kalitesi ve uygulama sürecindeki değişkenlikleri yansıtmaktadır. Bu heterojenlik, restorasyonun mekanik ve kimyasal dayanıklılığı açısından riskler barındırmaktadır.

Beşinci numune, doğal taş veya mineral yüzeyli bir malzeme olarak tanımlanmış olup, gevşek bağlarla tutunan mineral kristaller ve zayıf bağlayıcı faz sebebiyle mikroyapısal olarak bozulmaya açık alanlar göstermektedir. Bu özellikler, malzemenin çevresel etkiler karşısında kırılabilir olduğunu ve özel koruma yöntemleri gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

Son olarak, altıncı numune tuğla esaslı bir yapı elemanı olarak değerlendirilmiş, kısmen kompakt matris ve camsı oluşumların yanı sıra ince mikroçatlakların varlığı ile termal etkilerin mikroyapısal yapıya yansıdığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, malzemenin mekanik dayanıklılığını desteklerken, çevresel ve termal streslerin yarattığı hasar potansiyeline işaret etmektedir.

Genel olarak, SEM analizleri Başçavuş Hamamı'nın özgün ve tamir malzemelerinin mikroyapısal açıdan çeşitlilik gösterdiğini, malzemelerde zamanla gelişen fiziksel ve kimyasal bozulmaların mikroçatlaklar, gözeneklilik artışı, bağlayıcı faz ayrışmaları ve mineral çözünmeleri şeklinde kendini gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu mikroyapısal bilgiler, tarihi yapının korunması ve sürdürülebilir restorasyonu için malzeme seçiminde ve müdahale yöntemlerinin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir. Ayrıca, farklı malzeme tiplerinin özelliklerine göre özgünlük ve dayanıklılık arasındaki dengeyi koruyacak koruyucu ve güçlendirme tekniklerinin geliştirilmesine bilimsel bir temel sunmaktadır.

4. Önerilen Müdahaleler

Başçavuş Hamamı, 1952 yılında tescillenmiş ve Yozgat ilinin önemli kültürel miras değerlerinden biri olarak korunmaktadır. Tarih boyunca çeşitli fonksiyonlar ve kullanım şekilleri değişiklik gösteren hamam, özellikle kuzey cephesine yapılan muhdes yapılarla birlikte yakın geçmişe kadar kadınlar bölümü olarak işlevini sürdürmüştür. Ancak günümüzde kuzeydeki bu muhdes bölümler kaldırılmış, yapı genel olarak bakımsız ve atıl durumda kalmıştır. Uzun yıllar süren bakım eksikliği ve çevresel etkenlerin birleşimi, hamamın özgün yapısal ve estetik değerlerinin ciddi ölçüde zarar görmesine neden olmuştur.

Yapının kuzey cephesi, toprak dolgusu nedeniyle büyük oranda gömülmüş ve özellikle erkekler bölümünün giriş kısmı bu dolgu altında kalmıştır. Ayrıca, batı cephe bitişindeki komşu yapı nedeniyle bu cephenin büyük bir bölümü fiziksel olarak kesintiye uğramış ve yapının dış duvarlarında malzeme kayıpları ve deformasyonlar gözlemlenmiştir. Dış cephelerde, özellikle kuzey ve batı yönlerindeki duvarlarda özgün malzeme dokusu ve yapısı zarar görmüş; taş ve tuğla elemanlarında erime, çatlama ve kopmalar meydana gelmiştir.

Yapının özgün görünümünü olumsuz etkileyen önemli müdahalelerden biri de geçmişte yapılmış olan çimento esaslı sıva uygulamalarıdır. Bu müdahaleler, hem malzemenin nefes alabilirliğini engellemiş hem de yapının tarihi dokusuyla uyumsuz görünerek estetik açıdan ciddi tahribat yaratmıştır. Aynı zamanda bitki ve ağaç köklerinin duvar ve üst örtü elemanlarına verdiği zararlar da yapısal bütünlüğü tehdit etmektedir. Köklerin taş ve tuğla malzemeleri yerinden oynamasına yol açması, derin çatlaklar ve deformasyonlar oluşmasına zemin hazırlamıştır.

Üst örtüde ise betonarme çerçeve içine alınan ışıklıklar, yapı malzemeleri ile uyumsuzluk yaratmış ve mevsimsel yağmur ile kar sularının hamamın içine sızmasına engel olamamıştır. Bu sular, donma-çözülme döngüleri sonucu tuğla ve taş malzemelerde erime, tuzlanma ve mikroyapısal bozulmalara neden olmuştur. Filgözü ışıklıklarda tespit edilen deformasyonlar ile duvar diplerinde gözlenen rutubet ve taşlarda çürüme, yapının mevcut durumunu kritik bir aşamaya taşımaktadır.

Bu bağlamda, laboratuvar ortamında yapılan SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) analizleri, hamamda kullanılan özgün ve tamir malzemelerinin mikroyapısal durumunu ve bozulma süreçlerini ayrıntılı olarak ortaya koymuştur. SEM görüntüleri, malzeme içindeki mikro çatlaklar, gözeneklilik artışları, bağlayıcı faz ayrışmaları, mineral çözünmeleri ve tuz kristallerinin oluşumu gibi bozulma belirtilerini açıkça göstermektedir. Bu mikroyapısal bulgular, fiziksel ve kimyasal bozunma mekanizmalarının malzemenin dayanıklılığını nasıl olumsuz etkilediğini ortaya koyarak, müdahale stratejilerinin bilimsel temelde planlanmasını sağlamaktadır.

Özellikle kireç esaslı harçlarda tespit edilen gözenek yapısı ve mikroçatlaklar, su emilimini ve donma-çözülme etkilerini artırarak malzemenin yapısal dayanıklılığını düşürmektedir. Pişmiş tuğla parçalarında gözlenen camsı fazlar ve sinterleşmiş kristaller, yüksek sıcaklıkta sağlamlaşma sağlasa da, zamanla oluşan ince çatlaklar malzemenin kırılabilirliğini artırmaktadır. Harç-tuğla karışımı ve tamir malzemelerindeki heterojen yapılar ve ayrışmalar, restorasyon uygulamalarında dikkat edilmesi gereken farklı malzeme davranışlarını işaret etmektedir. Ayrıca doğal taş malzemelerdeki gevşek mineral bağları ve zayıf bağlayıcı faz, çevresel etkilere karşı malzemenin hassasiyetini artırmaktadır.

Bu bilimsel veriler ışığında, hamamın restorasyonu için önerilen müdahaleler şu başlıklar altında ele alınmalıdır:

Malzeme Temizliği ve Yüzey Hazırlığı: Malzeme yüzeylerinde biriken toprak, bitki kökleri ve diğer kontaminantların zarar vermeden uzaklaştırılması gerekmektedir. Yüzey hazırlığı, malzeme nefes alabilirliğini ve özgün dokusunu koruyacak yöntemlerle yapılmalıdır.

Özgün Malzeme Koruma ve Güçlendirme: Kireç esaslı harçlar ve doğal taşlarda, gözenekli ve mikroçatlaklı yapıyı güçlendirmek için uygun kimyasal ve fiziksel güçlendirme yöntemleri uygulanmalıdır. Bu aşamada, restorasyon malzemelerinin özgün malzemeyle uyumu kritik önemdedir.

Bozulmuş Bölümlerin Onarımı: Çimento esaslı müdahaleler geri alınarak, uyumlu ve nefes alabilen yeni malzemelerle özgün yapıya uygun tamirler yapılmalıdır. Mikro çatlaklar özel dolgu malzemeleri ile kapatılarak ileride oluşabilecek daha büyük hasarların önüne geçilmelidir.

Su Yalıtımı ve Drenaj Sistemlerinin Düzenlenmesi: Yağmur ve kar sularının yapı içine sızmasını önleyecek uygun drenaj sistemleri tasarlanmalı, üst örtü ve ısıklık detaylarında özgün malzeme ve yapı prensiplerine uygun çözümler geliştirilmelidir.

Bitki ve Köklerden Koruma: Yapı çevresinde bulunan ağaç ve bitkilerin köklerinin duvar ve üst örtüye zarar vermesini engelleyecek mekanik ve biyolojik önlemler alınmalıdır.

Çevresel Etkilerin Takibi: Tuzlanma, rutubet ve donma-çözülme etkilerinin devam eden etkilerini izlemek için periyodik mikroyapısal ve fiziksel analizler gerçekleştirilmelidir.

Sonuç olarak, Başçavuş Hamamı'nın özgün malzeme özelliklerinin korunması ve yapı bütünlüğünün sağlanması ancak bilimsel verilere dayalı, dikkatli ve bütüncül bir müdahale programıyla mümkün olacaktır. SEM analizleriyle desteklenen bu yaklaşım, hem malzeme bazında hem de yapısal bütünlükte sağlıklı ve kalıcı restorasyonların gerçekleştirilmesine olanak sağlayacaktır.

4.1. SEM Analizi Bulguları Doğrultusunda Müdahale Önerileri

Başçavuş Hamamı gibi tarihi yapıların restorasyon süreçlerinde, malzeme özgünlüğünü koruyarak yapının dayanıklılığını artırmak ve gelecek kuşaklara sağlam bir miras bırakmak en temel amaçlardan biridir. Bu kapsamda, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen SEM analizleri, yapı malzemelerinin mikroyapısal özelliklerini, bozulma biçimlerini ve malzeme içi kimyasal değişimleri detaylı olarak ortaya koymuştur. Elde edilen bu bilimsel veriler, restorasyon çalışmalarının planlanması ve uygulanması aşamasında kritik bir rehber niteliği taşımaktadır.

SEM analizlerinde özellikle harç malzemelerinde gözlemlenen mikroyapısal bozulmalar; gözeneklilik artışı, mikroçatlakların oluşumu, bağlayıcı faz ayrışmaları ve tuz kristalleşmesi gibi süreçler, harçların mekanik dayanıklılığını ve suya karşı dirençlerini önemli ölçüde zayıflatmaktadır.

Bu bulgular doğrultusunda, restorasyon sürecinde kullanılacak harçların, hamamın özgün yapısına uygun, kireç esaslı ve horasan harcı gibi geleneksel malzeme bileşimlerine dayanması gerekmektedir. Böylece, hem orijinal malzeme ile uyumluluk sağlanacak hem de yeni uygulamaların uzun vadede yapıya zarar vermesi önlenecektir.

Kireç ve horasan harçları, mikro gözenek yapılarının su buharı geçirgenliğini desteklemesi sayesinde, nem hareketlerinin dengelenmesine olanak tanır; bu da yapının iç ortamında nem birikmesini engelleyerek zararlı tuzların ve kimyasal reaksiyonların gelişimini sınırlar. Ayrıca, bu harç türleri mekanik esneklik ve yeterli bağlayıcılık sağladıkları için, mikro çatlakların ve yapı içi deformasyonların etkilerini azaltarak yapı elemanlarının dayanıklılığını artırır.

Bununla birlikte, harçlarda biriken tuzların kimyasal etkileri, SEM görüntülerinde belirgin tuz kristalleri ve çökeltiler olarak izlenmiştir. Tuzlar, suyun buharlaşması sırasında bağlayıcı fazın kristal yapısına zarar vererek mikroçatlakların yayılmasına, malzemenin zayıflamasına ve nihai olarak parçalanmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, restorasyon aşamasında uygulanan kimyasal temizlik işlemleri, özellikle tuzların etkisini azaltacak, malzemede birikmiş zararlı iyonları etkisiz hale getirecek nitelikte olmalıdır. Bu işlemler, harç malzemesinin orijinal kimyasal bileşimine zarar vermeden, mikro yapısal bütünlüğü koruyacak ve eski dayanıklılığın kazanılmasını destekleyecek şekilde tasarlanmalıdır.

Yapının su ve nem etkilerinden korunması, hem harç hem de diğer yapı malzemeleri açısından öncelikli müdahale alanıdır. Su, malzeme bozulmasının en temel tetikleyicisidir; malzemenin içerisine sızan su, donma-çözülme etkileriyle çatlakların genişlemesine ve malzemenin mekanik dayanımının azalmasına neden olur. Ayrıca, suyun yapıya giriş noktaları tuzlanma, biyolojik saldırılar ve kimyasal ayrışmalar için uygun ortam oluşturur. Bu nedenle, gelişmiş ve yapıya zarar vermeyen su yalıtım sistemlerinin planlanması ve uygulanması gereklidir. Bu sistemler, yapı nefes alabilirliğini engellemeden, suyun girişini engelleyecek teknolojilerle desteklenmeli ve özellikle temel, cephe ve üst örtü bölgelerinde bütüncül olarak uygulanmalıdır.

Tuğla malzemeleri de restorasyon sürecinde dikkatle ele alınması gereken bir diğer önemli bileşendir. SEM analizleri, tuğlalarda camsı fazlar ve mikro çatlakların varlığını ortaya koyarken, tuğla yüzeyinde ve içinde biriken tuz ve minerallerin malzemenin dayanıklılığını olumsuz etkilediğini göstermektedir. Restorasyon sırasında tuğlaların orijinal bileşim ve yapısına uygun şekilde yenilenmesi, yapının özgünlüğünü ve mekanik dayanıklılığını korumak

için gereklidir. Özgün tuğla özelliklerini taşıyan yeni tuğlalar seçilmeli veya üretilmeli, bu sayede hem estetik bütünlük hem de yapısal uyum sağlanmalıdır.

Tuğla yüzeylerindeki tuz ve mineral birikintilerinin giderilmesi için uygulanacak kimyasal temizlik işlemleri de, harçlarda olduğu gibi, yapıya zarar vermeyen, kontrollü ve bilimsel temele dayalı metotlarla yapılmalıdır. Bu işlemler sayesinde, tuğla malzemesinin mikroyapısal bütünlüğü korunarak tuzların yol açtığı zararlar minimize edilebilecek ve tuğlaların ömrü uzatılabilecektir.

Sonuç olarak, Başçavuş Hamamı'nda yapılan SEM analizleri doğrultusunda önerilen müdahaleler, hem malzeme özgünlüğünü koruyacak hem de yapının uzun ömürlü ve sağlıklı bir şekilde ayakta kalmasını sağlayacak bütüncül bir restorasyon yaklaşımını gerektirmektedir. Bu kapsamda; özgün malzeme bileşimlerine sadık kalınarak kireç esaslı harçların kullanımı, mikro yapısal bozulmaları önleyici kimyasal temizlik uygulamaları, etkili su yalıtım sistemlerinin tasarımı ve uygulanması, tuğla malzemelerin uygun şekilde yenilenmesi ve korunması gibi çok boyutlu müdahaleler hayata geçirilmelidir. Bu bütüncül yaklaşım, tarihi yapının hem fiziksel hem de kimyasal açıdan mevcut durumunu stabilize ederek, gelecek nesillere sağlıklı ve özgün haliyle aktarılmasını mümkün kılacaktır.

5. Kaynaklar

Akbulut, D. E., Arpacı, E. Y. G., Oktay, D. ve Yüzer, N. (2018). Tarihi Yığma Yapıların Onarımında Kullanılan Enjeksiyon Yönteminin (Grouting) Ve Kireç Esaslı Enjeksiyon Malzemesinin Zaman İçerisinde Gelişimi. *Megaron*, 13(1), 156-168.

Aköz, A. H. (2008). *Deprem etkisi altındaki tarihi yığma yapıların onarım ve güçlendirilmesi* [Basılmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Arun, G. (2005). *Yığma Kagir Yapı Davranışı*, YDGA Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17(2005), 69-78, ODTÜ, Ankara.

Aşık, F. M. (2018). *Tarihi yapılarda taşıyıcı sistem özellikleri, hasarlar için onarım ve güçlendirme teknikleri, Zenburi Mescidi'nin model analizi* [Basılmamış yüksek lisans tezi]. Konya Teknik Üniversitesi.

Bayraktar, A. (2005). *Tarihi Yığma Yapılarının Depreme Karşı Güçlendirilmesi*, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17., ODTÜ, Ankara.

Biçen, V. S. ve Işık, E. (2018). Geleneksel Bitlis Evleri'nde Yapı Elemanları Ve Malzeme Kullanımının Örnek Yapı Üzerinden Değerlendirilmesi. *In International Conference On Multidisciplinary, Science, Engineering And Technology (IMESET'18 Dubai)*. Dubai.

Can, Ö. (2019). Ahşap Döşemeli Geleneksel Bayburt Evinin Deprem Performansının Belirlenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 369-382.

Çelik, T., Tanrıverdi, Ş., Ural, A. ve Fırat, F. K. (2021). Yığma Yapılarda Kullanılan Kenetlerin Yapı Davranışına Etkilerinin İncelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(3), 650-659.

Çubuk, B. N. (2023). *Tarihi hamamların yapısal analizi ve restorasyon uygulaması* [Basılmamış yüksek lisans tezi]. Gaziosmanpaşa Üniversitesi.

Chamaky, R. Y. (2014). *Tarihi yığma yapıların deprem analizi ve uygun güçlendirme teknikleri* [Basılmamış yüksek lisans tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi.

Çırak, İ. F. (2011). Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar, Nedenleri Ve Öneriler. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 3(2), 55-60.

Dabanlı, Ö. (2008). *Tarihi yığma yapıların deprem performansının belirlenmesi* [Basılmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Deniz, Ö., Gün, N., Ekinci, S. (2012). Kagir Yığma Dış Duvar Tasarım Etmenleri, 6. *Ulusal Çatı Ve Cephe Sempozyumu*, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bursa, 12-13.

Gedik, Y. H. (2008). *Analysis, repair and strengthening of historical masonry structures; case study: Mehmet Aga Mosque* [Basılmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Gedikli, R. (1993). *Trabzon Kenti Geleneksel Konutlarında Konut-Bahçe İlişkisi Üzerine Bir İnceleme* [Basılmamış Yüksek Lisans Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Gedikli, R. (2004). Rekreatyonel Kullanımda Kent Ormanlarının Önemi Ve Açık Yeşil Alan Standartları, *1. Ulusal Kent Ormancılığı Bildiriler Kitabı*, 34-53.

Hasol, D. (1990). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yapı*, Endüstri Merkezi Yayınları, 4. Baskı, İstanbul.

Kayırğa, O. M. (2017). *Yığma Yapıların Deprem Davranışının Analitik Ve Deneysel Olarak Belirlenmesi* [Basılmamış doktora tezi]. Erciyes Üniversitesi.

Mahberel, H. A. (2006). *Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım Ve Güçlendirme Teknikleri* [Basılmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Işık, N., & Halifeoğlu, F. H. (2017). Tarihi Diyarbakır Kiliselerinde Taşıyıcı Sistemi Etkileyen Gözleme Dayalı Hasar Ve Nedenleri. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 8(2), 293-306.

Işık, N. (2017). *Geleneksel Yığma Yapılarda Taşıyıcı Sistem Hasarları Ve Nedenlerinin Tespiti İle Güçlendirme Ve Tamamlayıcı Müdahale Önerileri; Diyarbakır Suriçi Örneği* [Basılmamış doktora tezi]. Dicle Üniversitesi.

Işık, N. (2023). *Geleneksel Yığma Yapılarda Taşıyıcı Sistem Hasarları Ve Nedenlerinin Tespiti İle Güçlendirme Ve Tamamlayıcı Müdahale Önerileri; Diyarbakır; Suriçi Örneği* (1st Ed.). Bidge Yayınları.

İSMEP. (2014). *İstanbul Sismik Riskin Azaltılması Ve Acil Durum Hazırlık Projesi*, 2014, Dünyada Ve Türkiye’de Kültürel Mirasın Korunması Rehber Kitabı (Pp. 50-60). İstanbul.

Jaihoon, E. H. (2019). *TBDY 2018’e Göre Tarihi Yığma Yapıların Analizi Ve Bir Örnek Sille Akcamii* [Basılmamış yüksek lisans tezi]. Konya Teknik Üniversitesi.

Oğuz, G. P., & Halifeoğlu, F. M. (2017). Geleneksel Diyarbakır Evlerinde Yapım Tekniği Ve Malzemede Koruma Sorunları. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 8(2), 345-358.

Ökten, M. S., & Yüce, A. (2023). Yığma Yapılarda Günümüzde Yapılan Hatıl Uygulamaları. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, (52), 259-271.

Reyhan, K., & İpekoğlu, B. (2004). Osmanlı Dönemi Bir Grup Hamam Yapısında Malzeme Kullanımı. 2. *Ulusal Yapı Malzemeleri Kongresi Ve Sergisi*, Kongre Bildirileri, Turkey, 482-493.

Saraç, N. M. (2003). *Tarihi Yığma Yapılarının Güçlendirilmesi* [Basılmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Sarıkaya, B., & Arpacıoğlu, Ü. (2019). Orta Anadolu Evlerinde Duvar. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2), 21-31.

Sayın, B. (2016). Tarihi Yığma Yapıların Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Uygulama Önerileri. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 7(3), 387-398.

Sesigür, H., Çelik, O. C., & Çılı, F. (2007). Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Bileşenleri, Hasar Biçimleri, Onarım Ve Güçlendirme. *İstanbul Bülten*, 89,10-21.

Şirikçi, S. T. (2013). *Tarihi Eserlerde Yapı Malzeme Cinslerinin Araştırılması Ve Korunmaları İçin Alınacak Önlemler* [Basılmamış yüksek lisans tezi]. Haliç Üniversitesi.

Tellioğlu, S., & Satıcı, B. (2023). Tarihi Yapılarda Restorasyon Tekniklerine Göre Uygulanacak Malzemelerin Belirlenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji Ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 6(1), 37-49.

Turgay, T., & Apay, A. C. (2016). Tarihi Yapıların Güçlendirilmesinde Sınırlar. *4th International Symposium On Innovative Technologies İn Engineering And Science (ISITES2016)*, 3-5 Nov 2016, Alanya/Antalya-Turkey.

Türker, B. (2010). *Tarihi Yığma Yapıların Yapısal Davranışının Araştırılması* [Basılmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul Üniversitesi.

YOZGAT BAŞÇAVUŞ HAMAMI MEVCUT MALZEMELERİNİN MİKRO YAPISAL ANALİZİ VE SEM BULGULARI

