

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**ANITSAL YAPILARIN RESTORASYONUNDA YENİLENECEK TAŞ MALZEMENİN
BELİRLENMESİNE YÖNELİK YÖNTEM ARAŞTIRMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Beyza KOLAYLI

**TEMMUZ 2023
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**ANITSAL YAPILARIN RESTORASYONUNDA YENİLENECEK TAŞ MALZEMENİN
BELİRLENMESİNE YÖNELİK YÖNTEM ARAŞTIRMASI**

Beyza KOLAYLI

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"YÜKSEK MİMAR"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 /06 /2023

Tezin Savunma Tarihi : 06 /07 /2023

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Süleyman ÖZGEN

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

Anıtsal yapı taşlarında meydana gelen bozunmaların sebeplerinin araştırılmasında kullanılan yöntemleri belirlemek ve orijinal yapı taşının ana kaynağına ulaşımı sağlamak amacıyla yapılan bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı'nda hazırlanmıştır.

Danışmanlığımı üstlenmesiyle başlayan ve tez çalışmalarım boyunca devam eden bu süreçte bütün bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren, çalışmalarımda her türlü desteğini esirgemeyen sayın danışman hocam Doç. Dr. Süleyman ÖZGEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mineraloji-petrografik analizler için ve tezime verdiği büyük katkılarından dolayı KTÜ Jeoloji mühendisliği bölümü mineraloji-petrografi anabilim dalı öğretim üyesi Doç. Dr. Hasan KOLAYLI'ya, çalışmamda alınan numunelerin XRD analizleri için İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümünden sayın Prof. Dr. Emin Çiftçi'ye ve Schmidt çekici testi ve diğer laboratuvar imkanlarını sağlayan KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince beni destekleyen sevgili arkadaşlarım Y. Mimar Sevde DİNÇER'e ve Mimar Şeyma Nur ÇELİK'e teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren, maddi ve manevi hiçbir desteğini esirgemeyen sevgili annem Şeyda KOLAYLI'ya ve babam Hasan KOLAYLI'ya, tüm sevinç ve üzüntülerime ortak olan kardeşim Mustafa Kemal KOLAYLI'ya çok teşekkür ederim.

Beyza KOLAYLI

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Anıtsal Yapıların Restorasyonunda Yenilenecek Taş Malzemenin Belirlenmesine Yönelik Yöntem Araştırması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Süleyman ÖZGEN’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 07/06/2023

Beyza KOLAYLI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	X
SUMMARY.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XVII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XVIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Problemin Tanımı.....	2
1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
1.4. Çalışmanın Özgün Değeri.....	3
1.5. Literatür Taraması.....	4
1.6. Bozunma Teşhisinin Koruma ve Onarımdaki Yeri.....	9
1.6.1. Bozunma Teşhisinin Kent Kimliğindeki Yeri.....	10
1.6. Geleneksel Yapı Malzemeleri.....	11
1.7.1. Doğal Taş.....	12
1.7.2. Kerpiç.....	13
1.7.3. Tuğla.....	14
1.7.4. Ahşap.....	15
1.7.5. Metal.....	16
1.7.6. Harç ve Sıva.....	16

1.7.7.	Yapay Taşlar.....	17
1.7.	Doğal Taşların (Kayaçların) Sınıflandırılması	18
1.8.1.	Magmatik Kayaçlar	20
1.8.2.	Tortul (Sediment) Kayaçlar	21
1.8.2.1.	Ayrık Tortul Kayaçlar	21
1.8.2.2.	Organik Tortul Kayaçlar.....	21
1.8.2.3.	Kimyasal Tortul Kayaçlar	21
1.8.3.	Metamorfik (Başkalaşım) Kayaçlar	22
1.8.	Yapıtaşlarının Bozunması (Alterasyonu) ve Nedenleri.....	23
1.9.1.	Fiziksel ve Fizikokimyasal Nedenler	23
1.9.1.1.	Su ve Nem Etkisi	23
1.9.1.2.	Hava Kirliliği.....	24
1.9.1.3.	Petrografik Nedenler ve Taşın Ocaktan Alınması.....	25
1.9.1.4.	Yapıtaşının Hatalı Yönde Kullanımı	26
1.9.1.5.	Taşın Çalışması	27
1.9.1.6.	Uzun Süreli Doğal Etkenler.....	27
1.9.1.7.	Ses Titreşimlerine Bağlı Bozunmalar	28
1.9.1.8.	İnsan Faaliyetleri	28
1.9.1.9.	Tuz Kristalizasyonu.....	28
1.9.1.10.	Sıcaklık ve Isısal Genleşme.....	29
1.9.1.11.	Donma Etkileri	30
1.9.1.12.	Güneş Etkileri	30
1.9.1.13.	Yangın Etkileri	30
1.9.1.14.	Madeni Malzemenin Korozyonu	30
1.9.1.15.	Biyolojik Tahribatlar	31
1.9.1.15.1.	Bakteriler ve Mantarlar.....	32
1.9.1.15.2.	Likenler.....	33

1.9.1.15.3.	Yosunlar	33
1.9.1.15.4.	Algler (Su Yosunları)	34
1.9.1.15.5.	Bitkiler ve Hayvanlar.....	35
1.10.	Tahribatsız Analiz Yöntemleri	36
1.10.1.	Göz ile Muayene.....	37
1.10.2.	Yüzey Nem Ölçüm Testi	37
1.10.3.	Kızılötesi Termografi Testi	38
1.10.4.	Schmidt Çekici Sertlik Testi.....	39
1.10.5.	P-dalga Hızı Testi	40
1.10.6.	Taşınabilir Mikroskop Testi	41
1.10.7.	Ultrasonik Hız Ölçümleri	41
1.10.8.	Georadar	42
1.10.9.	Endoskopik Yöntem	42
1.10.10.	Yerinde Kayma Deneyi	43
1.10.11.	Yerinde Basınç Gerilmesinin Belirlenmesi	43
1.11.	Tahribatlı Analiz Yöntemleri	45
1.11.1.	Fiziksel Özellikler.....	45
1.11.1.1.	Birim Hacim Ağırlık ve Yoğunluk.....	45
1.11.1.2.	Kuru Birim Hacim Ağırlık ve Kuru Yoğunluk	46
1.11.1.3.	Porozite.....	46
1.11.1.4.	Ağırlıkça Su Emme	47
1.11.1.5.	Kapilerite Deneyi.....	47
1.11.2.	Minerolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikler.....	48
1.11.2.1.	Polarizan Mikroskop	48
1.11.2.2.	X-Işını Floresan Spektrometresi (X-Ray Fluorescence)-XRF	48
1.11.2.3.	Partikül İndüklenen X-Işını Yayınımı Analizleri (Particle-Induced X- Ray Emission)-PIXE	49

1.11.2.4.	X-Işını Kırınımı (X-Ray Diffraction)-XRD	50
1.11.2.5.	Tarayıcı Elektron Mikroskop-SEM	51
1.11.2.6.	Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi-AAS	52
1.11.2.7.	Yükleme İşlemli Çiftlenmiş Plazma Atomik Işıma Spektroskopisi-ICP-AES	52
1.11.2.8.	İyon Kromatografisi-IC	53
1.11.2.9.	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)	53
1.11.3.	Mekanik Özellik	54
1.11.3.1.	Tek Eksenli Basınç Deneyi	54
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	55
2.1.	Çalışmanın Tanıtılması.....	55
2.1.1.	Kullanılan Yöntem ve Teknikler	55
2.1.2.	Örneklem Grubunun Belirlenmesi	55
3.	BULGULAR	80
3.1.	XRD Mineral Analizleri	80
3.1.1.	Hamza Paşa Camii XRD Grafikleri.....	80
3.1.2.	Hızırbey Camii XRD Grafikleri	81
3.1.3.	Hacı Yahya Camii XRD Grafikleri	82
3.1.4.	Semerciler Camii XRD Grafiği	83
3.1.5.	Hacı Kasım Camii XRD Grafikleri	84
3.1.6.	Çarşı Camii XRD Grafiği	85
3.1.7.	Hacı Salih Camii XRD Grafikleri	85
3.1.8.	Ortahisar Mescidi XRD Grafikleri	86
3.1.9.	Tavanlı Camii XRD Grafikleri	87
3.1.10.	Ahi Evren Dede Camii XRD Grafiği	89
3.1.11.	Hoca Halil Camii XRD Grafikleri.....	89
3.2.	Mineraloji ve Petrografik Analizler.....	90

3.2.1.	Hamza Paşa Camii (Batı duvarı)	90
3.2.2.	Hızırbey Camii (Batı duvarı).....	91
3.2.3.	Hacı Yahya Camii (Doğu duvarı, HY1 ve HY2)	92
3.2.4.	Semerciler Camii (Giriş kapısı duvarından alınan numune)	93
3.2.5.	Hacı Kasım Camii (Batı duvarı).....	94
3.2.6.	Çarşı Camii (Batı duvarı)	95
3.2.7.	Hacı Salih Camii (Batı duvarı)	96
3.2.8.	Ortahisar Mescidi (Batı duvarı).....	97
3.2.9.	Tavanlı Camii (Batı duvarı).....	98
3.2.10.	Ahi Evren Dede Camii (Batı duvarı).....	98
3.2.11.	Hoca Halil Camii (Kuzey duvarı).....	100
3.3.	Schmidt Çekici Ölçümleri	101
3.4.	Makroskopik Gözlem	110
4.	İRDELEME	138
4.1.	XRD ve Mineraloji-Petrografik Analizleri İle İlgili İrdeleme.....	138
4.2.	Schmidt Çekici Ölçümleri İle İlgili İrdeleme	117
5.	SONUÇLAR.....	139
6.	ÖNERİLER	151
7.	KAYNAKLAR.....	154
8.	EKLER.....	137
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans

ÖZET

ANITSAL YAPILARIN RESTORASYONUNDA YENİLENECEK TAŞ MALZEMENİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK YÖNTEM ARAŞTIRMASI

Beyza KOLAYLI

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Süleyman ÖZGEN
2023, 139 sayfa

Taş; ilkel insandan günümüzün çağdaş insanına kadar şekil ve işlev değiştirerek sürekli kullanılmıştır. Endüstri öncesi toplumların kullandığı sınırlı yapı malzemeleri içinde, dayanıklı ve taşıyıcı gücü yüksek olan taş malzeme, mimari eserlerin ana yapı gerecini oluşturmaktadır. Dayanımı yüksek olmasına rağmen bu doğal malzeme zaman içerisinde pek çok etkiye uğraması nedeniyle bulunduğu yapı içerisinde yıpranmalara, detay kaybından strüktürel bozulmalara kadar uzanan ciddi sorunlara maruz kalmaktadır. Bozunma şiddetinin artması malzeme kaybına neden olabilmektedir. Bu durumda orijinal malzemenin ana kaynağına ulaşılmalıdır. Orijinal malzemenin ana kaynağına ulaşamaması durumunda aslına en uygun özellikteki malzeme tespit edilmelidir. Tezin amacı; tarihi eserlerdeki mevcut doğal taş malzemenin zamana bağlı olarak geçirdiği fiziksel, jeokimyasal ve biyolojik etkenler nedeniyle işlevliğini yitirmesi sebebiyle ana kaynağına ulaşarak malzeme yenilemesine gitmektir. Bu doğrultuda çalışmanın örneklemini Ortahisar/Trabzon'da kent içerisinde yer alan 18-19.yy camileri oluşturmaktadır. Yapı üzerinde mevcut hasarlı doğal taş malzemenin ilksel mineralojik-petrografik, mekanik ve fiziksel özellikleri yapılan Schmidt çekici deneyi, mineralojik-petrografik ve XRD çalışmalarıyla tespit edilerek sonuca ulaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Trabzon, Doğal yapı taşı, Bozunma, Tahribatsız deney yöntemleri, XRD, Schmidt çekici.

Master Thesis

SUMMARY

METHOD RESEARCH FOR THE DETERMINATION OF STONE MATERIAL TO BE RENEWED IN THE RESTORATION OF MONUMENTAL BUILDINGS

Beyza KOLAYLI

Karadeniz Technical University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Architecture
Advisor: Doç. Dr. Süleyman ÖZGEN
2023, 139 pages

Stone; It has been used continuously by changing shape and function from primitive people to today's modern people. Among the limited building materials used by pre-industrial societies, stone material, which is durable and has a high load-bearing power, constitutes the main building material of architectural works. Despite its high strength, this natural material is exposed to serious problems ranging from wear, loss of detail to structural deterioration, due to the fact that it undergoes many effects over time. Increasing the decomposition intensity may cause material loss. In this case, the main source of the original material should be reached. In case the main source of the original material cannot be reached, the material with the most appropriate features should be determined. The aim of the thesis; Due to the fact that the existing natural stone material in historical artifacts loses its functionality due to physical, geochemical and biological factors depending on time, it is to reach its main source and go to material renewal. In this direction, the sample of the study consists of the 18-19th century mosques in Ortahisar/Trabzon. The primary mineralogical-petrographic, mechanical and physical properties of the damaged natural stone material on the structure are determined by the Schmidt hammer test, mineralogical-petrographic and XRD studies, and the result is reached.

Keywords: Trabzon, Natural building stone, Alteration, Non-destructive testing methods, XRD, Schmidt hammer.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. (a) Bazalt taşı örneği, (b) Granit taşı örneği	13
Şekil 2. Çatalhöyük kerpiç ile inşa edilen evler	14
Şekil 3. Tuğla malzeme örneği	14
Şekil 4. Ahşap malzeme örneği	15
Şekil 5. Metalin kenet bağlantısında kullanımı	16
Şekil 6. Geleneksel yapıda sıva örneği	17
Şekil 7. Kat silmelerinde yapay taş kullanımı	18
Şekil 8. Doğal taşların sınıflandırılması	19
Şekil 9. (a) Tüf taşı örneği, (b) Harzburjit taşı örneği	20
Şekil 10. (a) Puding taşı örneği, (b) Radyolit taşı örneği	22
Şekil 11. (a) Fillat taşı örneği, (b) Skarn taşı örneği	23
Şekil 12. Sultanahmet'te bulunan hipodromun ortasındaki örme dikilitaşının kaidesinde gözlenen çatlaklar dizisi	24
Şekil 13. Taş malzemede oluşan çatlaklar	24
Şekil 14. İzmit merkezinde yer alan moloz taş duvar ve küfeki taşında hava kirliliğinin yarattığı deformasyonlar.	25
Şekil 15. Şehzade Mehmet Camii, yan giriş kapısı köşe sütunu, rüzgâra maruz bölgede petrografik nedenlerle oluşmuş aşınma	26
Şekil 16. Üç Şerefeli Camii, beden duvarlarını oluşturan taşların tabakalaşma yönünde dikkat edilmeden yerleştirilmesi duvar yüzeyindeki bozunmalara sebeptir.....	26
Şekil 17. Taşın ocaktaki konumuna uygun kullanımı	27
Şekil 18. (a) Tuz kristallerinin oluşturduğu çiçeklenme, (b) tarihi mezarda sarı renk çiçeklenme	29
Şekil 19. Demir kenetlerin dış duvar yüzeyindeki konumu ve.....	31
Şekil 20. Mermer sövede parça kopması.....	31
Şekil 21. Mikroorganizmaların sebep olduğu yüzeysel çözünmeler (Dolar ve Yardımlı, 2017).....	32
Şekil 22. Granit üzerinde büyüyen yapraklı liken	33
Şekil 23. Taş malzeme üzerinde oluşan liken kolonizasyonu	33
Şekil 24. Bina yüzeyinde alg oluşum örnekleri	35

Şekil 25. (a)Taş yapıyı saran ağaç, (b) derz arasında ot oluşumu.	35
Şekil 26. Göz ile muayene örneği.....	37
Şekil 27. Yüzey nem ölçüm testi uygulamasından bir görünüm	38
Şekil 28. Kızılötesi termal kamera uygulaması.	39
Şekil 29. Beton, tuğla ve taş malzemelerinin sıcaklık farkları sonucu oluşan renk değişimleri.	39
Şekil 30. Schmidt test çekici	40
Şekil 31. Schmidt sertlik çekiçleri	40
Şekil 32. P-dalga hızı testi uygulamasından bir görünüm.	40
Şekil 33. Doğrudan ölçüm ve dolaylı ölçüm	41
Şekil 34. Çatlak derinliği ve çatlak yönünün araştırması	42
Şekil 35. Endoskopik yöntemin yapıda uygulanması.....	43
Şekil 36. Yerinde Kayma Deneyi	43
Şekil 37. Plak ölçüm yöntemi ile yapılan teorik anlatımı ve uygulaması	44
Şekil 38. Karot ölçümleri; a) karot boyunun (L) dijital kumpasla ölçümü, b) karot çapının (D) dijital kumpasla ölçümü	46
Şekil 39. Ağırlıkça su emme deney aşamaları; a) numunelerin saf su altında bırakılma işlemi, b) numunelerin etüvde kurutulma işlemi c) numunelerin desikatör ile nemden korunması işlemi.....	47
Şekil 40. (a) Düşük mukavemetli su yükselimi, (b) Yüksek mukavemetli örneğindeki su yükselimi.....	48
Şekil 41. Radyoaktif kaynakla beslenen XRF	49
Şekil 42. PIXE Deneysel Kurulum.....	50
Şekil 43. Difraktometrenin Şematik Diyagramı	50
Şekil 44. Kirlı kabuk ve taş arakesitini gösteren SEM görüntüleri; b) a’da I ile belirtilen bölgenin 2 kat büyütölmüş halini göstermektedir. d) ise c’de I ile belirtilen bölgenin 5 kat büyütölmüş halini göstermektedir. d’de 1 uçucu partikölü göstermektedir.	51
Şekil 45. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi	53
Şekil 46. Tek eksenli basınç deney aşamaları; a) deneyde kullanılan yükleme başlıkları ve pres, b) yükleme hız seçimi, c) örneğın deney sonrası görünümü	54
Şekil 47. Çalışma için seçilen 11 adet dini yapının konum haritası	57
Şekil 48. Hamza Paşa Camii Kuzeybatı sövesinden alınan numunenin XRD grafiğı	80
Şekil 49. Hamza Paşa Camii Batı cephesi beden duvarından alınan numunenin XRD grafiğı	81
Şekil 50. Hızırbey Camii Güney cephesi sövesinden (sol) alınan numunenin XRD grafiğı	81

Şekil 51. Hızırbey Camii Güneybatı sövesinden (sağ) alınan numunenin XRD grafiği	82
Şekil 52. Hacı Yahya Camii köşe taşından alınan numunenin XRD grafiği.....	82
Şekil 53. Hacı Yahya Camii duvar taşından alınan numunenin XRD grafiği.....	83
Şekil 54. Semerciler Camii giriş kapısından alınan numunenin XRD grafiği	83
Şekil 55. Hacı Kasım Camii minaresinden alınan numunenin XRD grafiği.....	84
Şekil 56. Hacı Kasım Camii beden duvarından alınan numunenin XRD grafiği.....	84
Şeki 57. Çarşı Camii Batı cephesinden alınan numunenin XRD grafiği.....	85
Şekil 58. Hacı Salih Camii’nden alınan numunenin XRD grafiği	85
Şekil 59. Hacı Salih Camii’nden alınan numunenin XRD grafiği	86
Şekil 60. Ortahisar Mescidi yaprak şeklinde dökülen taş malzemeden alınan numunenin XRD grafiği	86
Şekil 61. Ortahisar Mescidi söveden alınan numunenin XRD grafiği	87
Şekil 62. Tavanlı Camii söveden alınan numunenin XRD grafiği.....	87
Şekil 63. Tavanlı Camii beden duvarından alınan numunenin XRD grafiği.....	88
Şekil 64. Tavanlı Camii sövesinden (kapak atma) alınan numunenin XRD grafiği	88
Şekil 65. Ahi Evren Dede Camii Güney cephesi subasmanından alınan numunenin XRD grafiği	89
Şekil 66. Hoca Halil Camii Kuzey cephe duvarından alınan numunenin XRD grafiği	89
Şekil 67. Hoca Halil Camii söveden alınan numunenin XRD grafiği.....	90
Şekil 68. Hamza Paşa Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)	91
Şekil 69. Hızırbey Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)	92
Şekil 70. Semerciler Camii giriş kapı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron).....	94
Şekil 71. Hacı Kasım Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)	95
Şekil 72. Çarşı Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)	96
Şekil 73. Ortahisar Mescidi batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)	97

Şekil 74. Tavanlı Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)	98
Şekil 75. Ahi Evren Dede Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)	99
Şekil 76. Ahi Evren Dede Camii güney subasmanından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron).....	100
Şekil 77. Hoca Halil Camii kuzey cephe duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron).....	101
Şekil 78. Katman katman dökülme örnekleri (Hoca Halil Camii ve Ortahisar Mescidi)..	110
Şekil 79. Trabzon kentine ait jeolojik haritası yeniden düzenlenerek	115
Şekil 80. Hacı Kasım Camii Batı cephesi beden duvarında Schmidt çekici uygulanan taşlar ve numaralandırılması	119

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Hamza Paşa Camii Yapı Kimlik Kartı	58
Tablo 2. Hızır Bey Camii Yapı Kimlik Kartı	60
Tablo 3. Hacı Yahya Camii Yapı Kimlik Kartı.....	62
Tablo 4. Semerciler (Ebubekir) Camii Yapı Kimlik Kartı	64
Tablo 5. Hacı Kasım Camii Yapı Kimlik Kartı.....	66
Tablo 6. Çarşı Camii Yapı Kimlik Kartı	68
Tablo 7. Hacı Salih Camii Yapı Kimlik Kartı	70
Tablo 8. Ortahisar (Saraçzade) Mescidi Yapı Kimlik Kartı.....	72
Tablo 9. Tavanlı Camii Yapı Kimlik Kartı.....	74
Tablo 10. Ahi Evren Dede Camii Yapı Kimlik Kartı.....	76
Tablo 11. Hoca Halil Camii Yapı Kimlik Kartı	78
Tablo 12. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (2-8).....	102
Tablo 13. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (9-14).....	102
Tablo 14. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (15-20).....	103
Tablo 15. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (21-26).....	103
Tablo 16. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (27-32).....	104
Tablo 17. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (33-38).....	104
Tablo 18. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (39-44).....	105
Tablo 19. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (45-50).....	105
Tablo 20. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (51-56).....	106
Tablo 21. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (57-68).....	106

Tablo 22. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (69-80)	107
Tablo 23. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (81-88)	107
Tablo 24. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (89-95)	108
Tablo 25. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (96-102)	108
Tablo 26. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarına sonradan eklenen yeni taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (1-66)	109
Tablo 27. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarına sonradan eklenen yeni taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (71-87)	109
Tablo 28. Örneklem grubundan alınan numunelerin XRD (Mineralojik) Analizleri	114
Tablo 29. Örneklem grubundan alınan numunelerin Mineraloji ve Petrografik Analizler-1	116
Tablo 30. Örneklem grubundan alınan numunelerin Mineraloji ve Petrografik Analizler-2	117

SEMBOLLER DİZİNİ

ÇN	: Çift nikol
Gvc	: Gözenekli volkanik cam
ICOMOS	: International Council on Monuments and Sites (Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi)
Km	: Kilometre
Lkbt	: Likit kristal bazanitik tüf
Lbt	: Likit bazanitik tüf
M.Ö.	: Milattan Önce
Skorya	: Bazik bir gözenekli taş adı
TBB	: Trabzon Büyükşehir Belediyesi
TN	: Tek nikol
TVBM	: Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü
TVBMA	: Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü Arşivi
XRD	: X-Ray Diffraction (X-Işını Difraksiyon)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Taş (kayaç), tarihsel çağlar boyunca insan ile bütünlük sağlayan bir malzemedir. İnsan hayatı; barınmadan korunmaya, duygularını ve mesajlarını geleceğe aktarmadan sonsuz yolculuğunda bedenini emanet etmeye kadar sağlamlığın ve güvenin simgesi olan taş ile bir aradadır. Taş malzeme, sanayi öncesi toplumların kullandığı sınırlı yapı malzemeleri içinde, fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilere en dayanıklı ve taşıyıcı gücü yüksek olan doğal malzemedir (Yüzer, 1997; Patil, 2021). Taşıyıcı güç ve dayanıklılık esas olarak taşın cinsine ve jeolojik kaya oluşum süreciyle doğrudan bağlantılıdır. Yeryüzünün derinliklerinde bu oluşum süreci gerçekleşir. Taş yerinden çıkarılıp yapı malzemesi olarak kullanıldığında farklı iklim ve atmosfer koşullarına maruz kalmaktadır. Böyle durumlarda bazı özelliklerini değiştirerek dengeyi sağlamaya çalışmaktadır. Ancak bu durum farklı fiziksel, kimyasal, mekanik ve biyolojik süreçlere bağlıdır. Bu sebeple çok dayanıklı bir malzeme olmasına rağmen bozunmalara direnememektedir (Salvatici vd., 2020; Patil, 2021). Zamanla rüzgâr, yağmur, nem, kirlilik, ısı farklılıkları ve daha birçok duruma maruz kalması sebebiyle bulunduğu yapı içerisinde aşınmalara, detay kaybından strüktürel bozunmalara kadar uzanan ciddi sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır (Büyükmihçi, 1999).

Taşıyıcı duvar bileşeni olarak kullanılacak bir taş türünde belli oranda sertlik, yoğunluk gibi özellikler önem kazanırken; bir süsleme taşında kolay işlenebilirlik, hafiflik, mikro gözeneklilik, homojenlik, mikrokristallilik; bir kaplama taşında ise renk, sıcağa-soğuğa-yağışa dayanıklılık, yapı ve doku gibi özellikler ön plana çıkabilmektedir (Büyükmihçi, 1999). İhtiyaca uygun taşın seçilmesinin yanı sıra taşın birlikte kullanılacağı diğer malzemelerle uyum sağlamasına da dikkat edilmelidir. Yapı malzemesi olan taş; zaman, çevre ve iklim koşulları gibi çeşitli etkiler nedeniyle birtakım bozunmalara (alterasyon) maruz kalmaktadır. Taş malzemeler bu bozunmaların etkisiyle zayıflayarak sahip oldukları fiziksel ve mekanik özelliklerini kaybetmeye başlarlar. Bozunma türü ve derecesi; taşın türüne, mineralojisine, kristal tane boyutuna, işlenme detayına ve yapıda kullanıldığı yere göre değişiklik göstermektedir.

Bozunmalara karşı önlem alabilmek için öncelikle hasarların neden kaynaklandığının belirlenmesi ve yapı içerisinde yenilenmek zorunda kalan doğal taş malzemelerin yerini alabilecek taş malzemeler için aslına uygun tespitler yapılması gerekmektedir. Söz konusu tespitler tahribatlı ve tahribatsız analiz yöntemlerinden geçmektedir. Öncelikli hedef yapıya en az hasar veren tahribatsız analiz yöntemleridir. Söz konusu yöntemler yetersiz kaldığında ise tahribatlı analiz yöntemlerine başvurulmalıdır. Gerekli analiz yöntemlerinden çıkarılan sonuçlar doğrultusunda şiddetli bozunmaya uğrayarak yenisiyle değişmesi gereken doğal taş malzemenin ana kaynağına ulaşmak gerekmektedir. Bu durum sağlanamıyorsa aslına en uygun özellikteki malzeme tespit edilmelidir.

1.2. Problemin Tanımı

Tarihi taş yapıların iyileştirme sürecinde uygun malzemelerin seçimi, yapıyı oluşturan özgün malzemelerin bilimsel analiz sonuçları referans alınarak gerçekleştirilmelidir. Bu durum, anıtsal yapıların kültürel değerinin yanı sıra özgün kimliğinin korunması açısından da önem arz etmektedir. Anıtsal yapılarda kullanılan doğal taş malzemeler şiddetli hasarlara uğramaktadır. Malzeme seçiminin yanlış olması, doğru bir malzeme kullanılsa bile konumunun yanlış uygulanması ve malzemenin uygun yöntem ve tekniklerle yenilenememesi araştırmanın sorununu oluşturmaktadır. Tarihi taş yapılarda hasara uğramış her malzeme için ayrı ayrı tespitler yapılmalı ve uygun yöntemler belirlenmelidir. Aksi halde mevcut hasar artabilir ve ilerledikçe parçadan başlayarak yapının bütününe tehdit edebilir. Sorun tespitinden sonra ise istenilen her malzeme ikame edilememektedir. Bunun için belli başlı analiz yöntemlerinden geçirilmesi gerekmektedir. Analiz yöntemleri sonucunda mevcut doğal taş malzemenin bozunma türü ve derecesi, taşın türü, mineralojisi, kristal tane boyutu, işlenme detayı, dayanımı gibi bulgular açığa çıkarılacaktır. Elde edilen sonuçlarla orijinal taşın kendisi bulunacak ya da aslına en yakın doğal taş malzeme yapıda bulunan konuma ikame edilecektir.

1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yapıtaşları oluşumları; atmosfer koşulları, çevre etkisi ve yapıdaki konumlarına göre farklı derecelerde bozunmaya uğrarlar. Kayaçlar aynı taş ocağından çıkarılsa dahi değişik yapı, doku, kalite, karakter ve mühendislik özellikleri göstermektedir. Bu sebeple bozunma

teşhisi ve müdahale yöntemleri her tarihi yapı için özel olarak geliştirilmelidir. Ülkemizde koruma çalışmalarının, malzeme davranışı ve bozunma süreçleri net olarak anlaşılmadan müdahale önerileri geliştirilmesi sebebiyle hasarlar zaman içerisinde artmaktadır. Venedik Tüzüğü'nde tarihi yapıların onarımı ile ilgili esaslara göre; onarım, uzman kişiler tarafından yapılmalıdır. Onarımın birincil amacı tarihi yapının estetik ve tarihi değerini ortaya çıkarmak ve korumaktır. Onarım uygulamalarında, orijinal malzeme kullanılmalı ve güvenilir dokümanlara göre ilerleme sağlanmalıdır. Yapılan koruma, onarım ve güçlendirmelerde uygulanan teknikler yeterli sonuç vermediğinde bilimsel deneylerle ortaya çıkarılan çağdaş teknikler kullanılabilir. Onarımı yapılan alanın; yok olmuş bölümleri tamamlanırken yenilenen bölümleriyle uyum sağlamalıdır. Tarihi tanıklığı yanıltmayacak şekilde orijinalinden ayrılmalıdır (Aköz ve Yüzer, 2009).

Tarihi yapılarda orijinal malzeme kullanımına önem verilmektedir. Ancak ülkemizde yapılan her onarım uygulaması söz konusu durumu sağlamamaktadır. Ve zamanla gerek görsel açıdan gerekse petrografik anlamda birbiriyle uygun düşmeyen malzemelerin kullanımı tarihi yapıda daha büyük olumsuzluklara sebep olabilmektedir.

Geleneksel yapı malzemelerinden biri olan taş malzemenin zamana bağlı olarak geçirdiği fiziksel, jeokimyasal ve biyolojik etkenler nedeniyle işlerliğini yitirmesi sonucu ortaya çıkan hasarlı durumun bertaraf edilmesi çalışmanın amaçlarındandır. Bu amaçla yapı üzerinde mevcut hasarlı doğal taş malzemenin ilksel mineralojik-petrografik, mekanik ve fiziksel özellikleri tespit edilerek sonuca gitmek hedeflenmektedir. Öncelikle orijinal ana kaynağın bulunması, mümkün değilse aynı malzemenin farklı mekânlardan elde edilmesi, bunun da mümkün olmaması durumunda aslına uygun jeolojik özellikteki (yoğunluk, renk, jeomekanik, mineraloji-petrografik, jeokimyasal ve dokusal) denginin bulunması hedeflenmektedir.

1.4. Çalışmanın Özgün Değeri

Koruma ve restorasyon çerçevesinde, anıtsal yapıların temel taşı oluşturan malzeme kavramı büyük bir öneme sahiptir. Anıtsal yapıları koruyabilmek için her şeyden önce malzemenin korunması ve restore edilmesi gerekmektedir. Bozunmaya uğrayan malzemenin sebebini tespit ederek bakım ve onarım çalışmaları üzerinden değerlendirmeye alınması literatürde çokça yer bulmaktadır (Küçükkaya, 2019). Fakat malzeme bozunmaları ileri seviyeye ulaştığında malzeme yenilemesi söz konusudur. Tam da bu noktada mevcut

malzemenin birebir aynısı veya malzemeye çok yakın özellikler barındıran bir başka malzemenin tespit edilmesi gerekmektedir. Yapılan literatür çalışmalarında orijinal malzeme ikamesi konusuna yeterince önem verilmediği görülmektedir. Özgün malzeme kullanımına literatürde yeterince yer verilmemesi ve mevcut yapılarda da bu konunun göz ardı edilmesi sebebiyle bu çalışmanın kendine özgü bir çalışma olacağı öngörülmektedir.

1.5. Literatür Taraması

Bu bölümde yapı taşlarındaki bozunmalar, teşhisler, tespitler ve uygulanan yöntemler ile ilgili başlıca literatür çalışmaları verilmiştir.

Akevren (2010); çalışmada 16.yy'a tarihlenen yapıda oluşan çatlaklar, nem sorunları ve malzemenin bozunması gibi problemleri bazı tahribatsız test yöntemleriyle incelenmektedir. Yapılan analiz yöntemleri ve deney düzenekleri üzerinden alınan bilgi ve deneyimle aslında tarihi yapıların yerinde muayene edilebileceği ve bu tip yöntemlerin yaygınlaştırılmasına yol açtığı belirtilmektedir.

Aköz ve Yüzer (2009) çalışmasında, tarihi yapılarda kullanılan malzeme özelliklerinin belirlenmesi için, yerinde ve laboratuvarda uygulanan tahribatlı ve tahribatsız deney yöntemlerini incelemiştir. Yapı sistemi ve özgün malzemeye yönelik önerilere yer verilmiştir.

Aksoy ve Karaton (2019) çalışmasında, hasarsız yöntemlerle Diyarbakır Ulu Camii'nin yapım malzemesi olan taş ve harcın mekanik özellikleri belirlenmiştir. Hasarsız yöntemlerden olan Schmidt test çekici ve Ultrases test cihazları kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlar yardımıyla tarihi yapının inşasında kullanılan malzemelerin özellikleri ve parametreleri tespit edilmiştir.

Altun ve Altun (2019); çalışmada üç aşamada incelenmiştir. Yapılan çalışmanın temel amacı yapının malzeme niteliğini belirleyerek restore sürecini sürdürmektir. Bu malzemeler orijinal ya da orijinale en yakın malzemelerden seçilmelidir. Yapıda kullanılan taşın alındığı ocağın yok olması durumuna karşı orijinale en yakın malzeme tercih edilebilir. Yapı tekniklerinde yapının orijinalliği bozunmamalı mümkün olduğunca aynı teknikler kullanılması gerektiği üzerine durulmuştur.

Aydin ve Basu (2005); çalışmada L ve N tipi Schmidt çekiçleri uygulanarak granit kayaların özellikleri irdelenmiştir. İki çekicinde kullanılabileceği ancak L tipi çekicinin kayacın heterojenliğine karşı beklenenden daha fazla hassasiyet gösterdiği tespit edilmiştir.

Büyükmişçi (1999); çalışma kapsamında bozunma etkileri üç başlıkta incelenmiş ve oluşan etkilerin sebep olduğu bozunmalara uygun yöntemler belirlemiştir. Alınması gerekli önlemler ve önerilere yer verilmiştir.

Cansunar (2019); çalışmada Gaziantep'in ana elemanı olan taş malzemenin incelenerek malzemenin kullanılmama ve bozunma nedenlerinin belirlenmesi ve bu sınırlar içerisinde kent kimliğinin korunması amaçlanmaktadır. Yapılan araştırmalar, analizler ve temel koruma yasaları çerçevesinde, kentin geleneksel karakterinin muhafaza edilmesi için özgün taş malzemenin temin edilmesi, taş detaylarının korunması ve uygulanmasının önemi vurgulanarak, bu bağlamda öneriler geliştirilmiştir.

Ceylan (2017) çalışmasında, gerçekleştirilen müdahalelerin, ileride araştırma ve uygulama aşamalarını yanıltmayacak ve yapıya hasar vermeden yenilenebilecek tekniklerle yapılması hedeflenmiştir. Uygulama öncesi parselde mevcut kültür varlıklarının yapım teknikleri, karkas sistemleri oluşturan malzemeleri, taşıyıcı sistem özellikleri etüt edilmiş, bozunma nedenleri ve sorunları tespit edilmiştir. Bu tespitlere bağlı olarak uygulamaya geçilmiştir. Yapıları belgeleme, araştırma, çözümleme, yorumlama ve teşhis süreçleri uygulama boyunca yürütülmüştür.

Dal ve Gültekin (2010) çalışmasında, Trakya Bölgesinde yer alan anıtsal yapılardaki malzeme ve detaylarda oluşan bozunmaları irdelemektedir. Taş malzemelerde meydana gelen bozunmaları dokuz ana başlıkta incelemektedir. Yapıtaşları kullanım öncesi, oluşabilecek deformasyonlar araştırılmalı elde edilen analizlerdeki sayısal değerlerin kullanılabilirlik limiti içinde olduğu görüldükten sonra kullanılması gerektiği belirtilmektedir.

Doehne ve Price (2010); çalışma anıtsal yapıları korumak ve tarihi taş ocaklarının korunması araştırmalarını içermektedir. Tarihi yapıların korunmasında yedek taşın bulunması önemli bir sorundur. Uygun taşın zamanında temin edilememesi, performansın bir yönünün diğerinden daha fazla vurgulanmasına neden olabilir (ilk renk uyumu, hava koşullarından sonraki eşleşme, dayanıklılık veya mevcut taşla uyumluluk). Taş çürümesi, önleyici ve iyileştirici yöntemler, yöntemlerin değerlendirilmesi, koruma politikası ve taş ocakları ve değiştirilmiş olan taş malzemeler hakkında değerlendirme yapılmaktadır.

Doubal (2017); çalışmada anıtsal yapı malzemelerinin temizlenmesi esas olarak iki temel açıdan değerlendirmektedir; yüzeyde meydana gelen ve malzeme içerisinde yer alan hasar incelenmektedir. Malzemenin içyapısında oluşan hasar kaynağının olup olmadığı ve hasarın derecesi incelenir. Sonuçlara ulaşmak için tarihi malzemedeki; görsel inceleme, optik

yüzey mikroskopisi, bir kesitin optik mikroskopisi, ince bir kesitin optik mikroskopisi, SEM ve SEM-EDS analizleri uygulanmıştır.

El-Gohary (2011); çalışmada Mısır kireç taşlarındaki bozunmalar hedef alınmaktadır. Taşların kimyasal ve mineralojik bileşenlerini incelemek ve değerlendirmek için SEM, XRD, AAS ve ISE ile bağlanmış EDX gibi farklı deney yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Erdem ve Caner (2017) çalışmada görsel bozunmaların haritalandırılması ve spot tuz testleri kullanılarak tarihi mezar yapısı ele alınmıştır. Bozunmaların çeşitleri ve parametrelerinin görsel analizleri ve spot tuz testleri sonucunda; yapıda bozunmalara sebep olan ana etkenler tespit edilmiştir. Bozunmaların durdurulması ve yapı üzerinde bozunmaya sebep olan etkenlerin ortadan kaldırılması için önerilerde bulunulmuştur.

Fassina (1988); çalışmada kireç taşlarında meydana gelen çürüme durumunun sorumlusu tespit edilmeye çalışılmıştır. Bozunma oluşan katmanın yapısını, kristallerin şeklini görmek için taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve mevcut elementlerin miktarını saptamak için enerji dağılımlı X-ışını analizleri (EDAX) kullanılarak incelenmiştir.

Gülmez (2005); çalışma Burdur ve Isparta kentlerinde kullanılan taş, tuğla ve harç gibi malzemelerin analiz edilerek irdelenmesini içermektedir. Yapılan çalışma iki aşamada gerçekleşmektedir; saha ve laboratuvar çalışmaları. Kullanılan hasarlı ve hasarsız test yöntemlerinden bahsedilmektedir. Analizlere göre numunelerin; kalitesi, sınıfı, morfolojisi, mineralojik birleşenleri, yakma sıcaklıkları, fiziksel özellikleri ve mukavemetleri gibi belirgin özellikleri ortaya çıkmaktadır.

Hasbay ve Hattap (2017); çalışmada doğal taş malzemede meydana gelen bozunmaların temel nedenleri ve cinslerini incelenmiş ve bozunmaları sınıflandırılmıştır.

Hasbay vd. (2018); çalışmada doğal taş malzemenin içyapı özelliklerinden kaynaklı oluşan bozunmalara değinilerek görsel materyallerle destekli karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Hatır (2019); çalışma, tarihi eserlerin ömrünü artırmak amacıyla yapı taşlarında meydana gelen bozunmaların; hasar derecelerini belirleyerek ve yapıya en az müdahale uygulanarak iyileştirme önerileri geliştirmektedir. Bu kapsamda deneysel çalışmalar ve hasarsız test yöntemleriyle çalışma yürütülmektedir. Yapı taşlarında meydana gelen bozunma dereceleri elde edilen verilerle ortaya çıkarılmaktadır. Yapı taşlarındaki bozunmalar için tedavi yöntemleri önerilmektedir.

Heidari vd. (2017) çalışma, doğal taş malzemeye sahip miraslarda bozunmaların sınıflandırılması için yeni bir teknik önerilmiştir. Yapılardan alınan numunelerin fiziksel ve

mekanik özellikleri tanımlanarak ilerletilmiş yaşlandırma testleri uygulanmış ve Fuzzy Mamdani algoritmasıyla hasar 20 indeksi oluşturulmuştur. Söz konusu indeks, önceki çalışmalarda önerilen lineer ve aşamalı hasar indeksleri ile kıyaslanmış ve algoritmanın kayaçların bozunma sınıfı hakkında önemli cevaplar verdiği belirlenmiştir.

Işık vd. (2020); çalışmada tarihi Diyarbakır Surları bölgesinde yapısal performansın test edilmesi için tahribatsız deney yöntemleri uygulanarak incelenmiştir.

Kaplan vd. (2013); çalışmada Manisa'da bulunan bir antik kentte kullanılmış olan andezit taşlarının bozunma problemlerini irdelemektedir. Çalışmada andezit yapı taşlarında meydana gelen bozunmaların temel sebeplerinin, ıslanma-kuruma ve donma-çözünme rotasyonlarının nedeninin mikro çatlaklar olduğu belirtilmektedir.

Kılıç (2014); çalışmada Urla'da yer alan sıbyan mektebi olarak işlev gören yapı incelenmektedir. Bu incelemede tahribatsız deney yöntemleri (GPR, kızılötesi termografisi) kullanılarak tarihi yapının mekanik performansını açığa çıkarmak amaçlanmaktadır.

Korkanç (2013); çalışmada Niğde'de yer alan farklı anıtsal yapılarda yaygın olarak kullanılan taşların mühendislik özelliklerini ve bozunmalarını belirlemek amaçlanmaktadır. Yapı taşlarının jeolojik yapıları ve dış etkileri nedeniyle bozunmalarını çözümlemek amacıyla detaylı gözlemler ile birlikte kimyasal ve petrografik analizler yapılmıştır. Taşların jeomekanik özelliklerini saptamak amacıyla laboratuvar araştırması yapılmıştır. Ana sebebin nem ve taşın aynı ocaktan alınmasına rağmen zayıf özellikli taşların kullanılmış olduğu gözlenmiştir.

Küçükkaya (2019); çalışmada anıtsal yapılarda kullanılan taşların bozunma nedenleri ve restorasyon yöntemleriyle yapı taşlarını tanıma, sorunlarını tespit etme ve uygun restorasyon yönteminin seçimi ve uygulanması için yapılması gereken çalışmaları tanıtmaktadır. Çalışma içerisinde taş malzemelerin tahrip nedenleri ve bozunma şekilleri, sınıflandırılması ve analiz yöntemlerine ilişkin bilgiler detaylıca incelenmektedir.

Mellado (2021); çalışma Sevilla Katedrali kompleksinin kuzeybatı kanadında yer alan şapelin bozunma sorunu olarak sınırlandırılmıştır. Bu araştırma, miras binaları için ayrıntılı bir yapıcı ve yapısal teşhis yöntemlerinin sonuçlarını açıklamaktadır. Dijital Görüntü İşleme (DIP), Kızılötesi Termografi (IRT), Lazer Tesviye (LL), Ortam Titreşim Testi (AVT) ve Yere Nüfuz Eden Radar (GPR) gibi tahribatsız deney yöntemleri kullanılarak anıtsal yapıyı etkileyen ana hasarın kesinleştirilmesi için doğru bilgiye olanak sağlanmıştır.

Patil vd. (2021); Maharashtra eyaletinde yer alan yapılarda kullanılan tek taşın bazalt olması, çok dayanıklı olmasına karşın, süreç içerisinde gözlemlenen tarihi anıta aşınma

hasarlarının belirtileri bulunmuştur. Çalışmada bazaltın ayrışma modeli ve davranışı bazı laboratuvar analizleri ve yerinde gözlemlerle incelenmiştir. Çalışma sonucunda, makroskopik ve mikroskopik özelliklerdeki farklılıklar ortaya çıkarılmıştır. Detaylı çalışmalar sonucunda bulunan ayrışma modeli, şekilleri ve görüntüleri, hava kirliliği ve iklim değişiklikleri nedeniyle bazaltın bozulduğu sonucuna varılmıştır.

Rives ve Talegon (2006); çalışmada doğal taş malzeme kullanılarak inşa edilen miraslarımızın korunmasının esas ölçek olduğu ve ilk olarak çürümenin kanıtlarını ve biçimlerini tanımlamak gerektiği vurgulanmaktadır. Yapılan koruma uygulamalarının agresif bir şekilde yönetilmemesi gerektiği tarihi eserlerde halihazırda mevcut olan taşların kimyasal ve mineralojik özelliklerinin ve yüzey özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenerek yürütülmesi amaçlanmaktadır.

Salvatici (2020); çalışmada Floransa'daki tarihi binaların Pietra Serena (Floransa kumtaşı)'nın çürüme durumunu değerlendirmek için karakterizasyon yaklaşımına odaklanmaktadır. Bu çalışmada, özelliklerini Pietra Serena'daki farklı eserlerin özellikleriyle ilişkilendirmek amacıyla taş malzemeleri araştırmak için tahribatsız deney yöntemleri mineralojik, petrografik, kimyasal ve fiziksel analizlerle birleştirilmiştir. Pietra Serena'nın çürüme durumunun tahribatsız deney yöntemleri ile izlenmesi, restorasyon ve koruma amaçlı pratik ve hızlı veri toplanmasına olanak sağlaması nedeniyle bir veri tabanı için önemli bir başlangıç noktası oluşturmuştur.

Siegesmund vd. (2002); çalışmada yapı taşlarındaki ayrışmalar, ayrışma süreçleri, biyolojik bozunmalar, taşların kalite değerlendirilmesi, korunması ve çevre koşullarına yer verilmektedir.

Török (2010); çalışmada, doğal taş malzeme kullanılarak inşa edilmiş anıtsal yapılarda meydana gelen bozunmaların sebeplerini kavramak ve koruma teknikleri geliştirmek amacıyla tahribatsız test yöntemlerinin kullanımını örneklerle irdelemiştir. Minimum iki tahribatsız yöntemlerin kullanımının sonuç odaklı güvenilirliği artırdığı tespit edilmiştir.

Zakar (2013); çalışmada onarımı gerçekleştirilecek anıtsal yapıların yapı elemanlarında çeşitli sebeplerle meydana gelen bozunmaları ve bu bozunmalar karşısında gerçekleştirilen müdahalelere yer verilmektedir. Geleneksel malzemeler ve geleneksel yapı sistemleriyle, bozunma nedenlerinin etkisi altında yapı malzemelerinde ve yapı elemanlarında ortaya çıkan sorunlar ve bu sorunlara müdahale yöntemleri irdelenmektedir.

1.6. Bozunma Teşhisinin Koruma ve Onarımdaki Yeri

Tarihi yapıların önemi ve korunmasının gerekliliği genellikle yapının “özgünlüğü” ile ilişkilendirilir. Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS) tarafından 1994 yılında Nara’da düzenlenen konferansın özeti olarak bir kültürel mirasın bağlamı, özgünlüğü ve zaman içerisindeki değişimi o anıtın birçok bilgi kaynağını içermesiyle bağdaştırılmaktadır. Bu bilgi kaynakları; tasarım ve biçim, malzeme ve obje, kullanım ve işlev, gelenek ve teknik, konum ve yerleşim, ruh ve duygu ve diğer iç-dış etkenleri içerebilmektedir. Kaynakların oluşturduğu bütünlük kültür mirasının sanatsal, tarih, sosyal ve bilimsel bir şekilde tanımlanmasını sağlamaktadır. Bu değerlerin bir parçası olan tarihi yapı malzemeleri; ait oldukları dönem ile ilgili teknolojik, tarihsel ve sanatsal bilgileri barındırmaktadır. Tarihi yapı malzemelerinin nitelikleri ve üretim teknolojilerini belirlemek, yapının kültürel miras olarak belgelenmesine katkı sağladığı gibi o yapının korunması için de önemlidir. Ancak malzemenin nitelikleri ve üretim teknolojilerini belirlemek tarihi yapıların korunması için tek başına yeterli değildir. Malzemelerde açığa çıkan bozunma problemlerinin, bozunmaya sebep olan durumların, strüktürel tahribatların nedenleri ve koruma çalışmalarında kullanılacak yeni malzemelerin niteliklerinin de tespit edilmesi gerekmektedir. Bütün bu çalışmalar, multidisipliner bir anlayışla gerçekleşmelidir. Koruma çalışmasının kalite ve kapsamını oluşturulacak disiplinlerarası çalışma ekibi, arazideki ilk incelemelerden itibaren çalışmanın bütün etaplarını birlikte programlamalıdır (ICOMOS, 1994; Uğurlu ve Böke, 2009).

Türkiye’nin de yer aldığı ICOMOS’un 2003 yılında yayınladığı mimari mirası belgeleyen, koruyan ve yapısal onarımı barındıran tüzüğe göre, koruma çalışmalarının adımları teşhis, tarihi, niteliksel ve niceliksel yaklaşımlarla tespit edilmelidir. Koruma çalışmaları kapsamında strüktür ve malzemelerin niteliklerinin net bir şekilde bilinmesi gereklidir. Strüktürün ilk yapılışındaki ve günümüzden önceki süreçleri, yapımında kullanılan teknikler, değişimler ve etkileri, yaşanan olaylar ve bugünkü durumu hakkında bilgiler önemlidir. Niteliksel uygulamalar taşıyıcı sistemin tahriplerinin ve malzeme bozunmalarının direkt olarak belirlenmesidir. Niceliksel uygulamalar ise yapı malzemelerinin niteliklerini belirlemek, yapının strüktürel analizleri ve ikame edilecek malzemelerin yapı için doğruluğunu tespit etmeyi amaçlayan araştırmaları ele almaktadır (ICOMOS, 2003). Türkiye’de yürütülen koruma çalışmaları söz konusu çalışmaları kapsamamakta ve ülkemizin de uymakla yükümlü olduğu korumanın temel gereklerini

yerine getirmekte yetersiz kalmaktadır. Uluslararası düzeyde kabul gören bu gereklilikler özetle; tarihi yapıların tüm özgünlüğü ile gelecek nesillere aktarılmasıdır. Tarihi yapılar bir tarihi belge olarak korunmalıdır. Onarım uzmanlık gerektirmektedir. Orijinal malzemenin korunmasına özen gösterilmelidir (Uğurlu ve Böke, 2009).

Ülkemizde tarihi yapıların korunmasına yönelik hazırlanan projelerde; orijinal yapı malzemelerinin nitelikleri, bozunma problemleri ve dereceleri, kaynağı ve yeni malzeme seçimi üzerinde yeterli bilgi istenmemektedir. Her yapının kendine özgü malzeme özelliklerine sahip olduğu, bir yapıya uygulanan malzemenin diğer bir yapı için uygun olamayacağı ve uygulanan yeni malzemenin orijinal yapı malzemelerindeki zararlı etkileri göz ardı edilmektedir. Tarihi yapı malzemeleri, yapısal işlevlerinin yanı sıra aynı zamanda üretildikleri dönemin yapı teknolojisini de yansıtmaktadırlar. Bu nedenle, tarihi malzemelere müdahale edilirken ilk olarak orijinal malzemenin yerinde korunması esas olmalı ve gerekmeden müdahalelerden uzak durulmalıdır. Yeni malzeme uygulaması eğer zorunlu ise, ikame edilecek malzemeler, orijinal malzemeler ile fiziksel, kimyasal, mekanik ve estetik olarak uyumlu olmalıdır. Yeni malzemeler, öncelikle laboratuvar ortamlarında analiz edilmeli ve malzemelerden orijinal olanlar ile ölçütlerin uyumlu olup olmadığı belirlenmelidir. Daha sonra yapı bütününe uygulamaya başlanmalıdır. Söz konusu çalışmalar için uzun araştırma süreçlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye’de yapılmış olan çalışmalar böyle bir araştırmaya olanak tanımayacak kadar kısıtlıdır. Yapılan analizlerin yetersiz olması tarihi yapı malzemelerinin özelliklerini yeterince ortaya çıkaramamaktadır. Sonuç olarak, bugün ülkemizde tarihi yapılara yapılacak müdahaleler korumanın gerektirdiği düzeyde olmaktan çok uzaktır. Korumanın yasal, idari, teknik vb. sorunlarının çözümü sağlanana kadar tarihi yapılara yapılacak müdahaleler acil müdahaleler ile sınırlı kalmalıdır (Uğurlu ve Böke, 2009).

1.6.1. Bozunma Teşhisinin Kent Kimliğindeki Yeri

Kent, uygarlık anlamında Yunancada “polis”, Fransızcada “cite”, Arapçada “medine”, Almanya ve Saksonyadan İskandinavya kadar oturma alanları için “burgh” ya da “borough”, Latince yurttaş anlamında “urbs” ya da “civitas” olarak isimlendirilmiştir. Kent kimliği ise toplumların ve çevrenin bir bütünü olarak tanımlanabilir. Kent kimliği, bir birikimin ürünüdür. Bu birikimler; sosyo-ekonomik, kültürel, teknolojik, dini, anıtsal ve tarihsel olarak sınıflandırılmaktadır. Yapıya yansıyan birikimlerle çevre ve doğal koşullar, konumun

meydana getirdiği yenilemelerle bir araya gelerek kent kimliğini tamamlamaktadır. Toplumun dönüşmesiyle değişen kent kimliği; mimari kimlik ve kimlik anlayışını da beraberinde değiştirmektedir. Neredeyse her dönem kendinden sonra gelen dönemleri etkilemektedir (Özgen, 2009).

Tarihi yapılar, önceki nesillerin yarattıkları ve kuşaktan kuşağa aktardıkları maddi ve manevi değerler toplamı olarak tanımlanabilir. Toplumun tarihi açıdan geçmişini; kullanılan teknik ve araçları açısından bilgi birikimini ve belge niteliği taşıdığı için de sosyal, siyasal, kültürel birikimini ifade ederek günümüze taşıdığı için önemlidir. Tarihi yapılar bir defa yok edildiğinde tekrar yerine yenisi getirilemez niteliktedir. Bu sebeple kültürel mirasın yenilenemez olma özelliği ile sürdürülebilir kılınması ve korunması gerekmektedir. Sürdürülebilirliğin tartışıldığı ve önemsendiği günümüzde, kentlerin sahip olduğu bütün değerler, kentlerin tarihinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Sonuç olarak, kentler yaşanan yerler ve farklılıkları içeren mekânlar toplamı olarak oluştuğu-oluşturulduğu andan bugüne içinde biriktirdiği somut olan ve olmayan değerleri ile geleceğine yön verecektir. Özellikle bu serüvene beşiklik eden Anadolu bu konuda oldukça zengindir. Tüm bu zenginliklerin kültürel miras başlığı altında korunması, kentlerin tarihsel sürdürülebilirliğini sağlayabilmek için önemlidir (Negiz, 2017).

1.7. Geleneksel Yapı Malzemeleri

Tarih boyunca malzeme kavramı önemli bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte yapıların ve eşyaların yapımında kullanılan malzemeler çağlara isimlerini vermiştir. Çağlara ismini veren malzemeler (Cilalı Taş Devri, Bakır Devri, Bronz Devri, Demir Devri, Tunç Devri, vs.), taşın kullanımı ile başlayıp metallerin bulunması ile devam etmiştir. Bu sebeple malzeme, tarihte önemli bir yer tutmaktadır. Malzeme, ilk çağlarda doğada bulunan her şey olarak tanımlanmaktadır (Çakmak, 2021). Tarihte insanlar gereksinimleri doğrultusunda doğayı dönüştürmüşlerdir. Bunu da doğada bulunan malzemeleri kullanarak yapmışlardır. Yapıların yapılmaya başladığı zamanlarda malzemeleri bir araya getirerek kullanmışlardır. Bununla birlikte zamana bağlı ortaya çıkan mekân gereksinimlerini karşılamak adına şekillendirme ve gelişme başlamıştır (Baktır, 2006).

Toplum yaşamı boyunca yapıların hayata geçirilmesi amacıyla kullanılan malzemeler; teknik kurallar çerçevesinde oluşturulmakta ve kullanılmaktadır. Anadolu'ya bakıldığında birbirinden oldukça uzak çeşitli iklim tipleri yer almaktadır. Güneyinde Akdeniz iklimi,

doğu ve iç bölgelerinde karasal iklimi ve kuzeyinde ılıman iklimi ile Anadolu, geniş yelpazeli iklim çeşitliliği barındırmaktadır. Söz konusu iklim çeşitliliğinin meydana getirdiği faktörler yapıtaşlarında da etkisini göstermektedir. (İmamoğlu, 2013).

1.7.1. Doğal Taş

Taşlar, yerkabuğunu meydana getiren kayaların çeşitli etkenler ile oluşturduğu doğal, kristal içyapılı ve bir ya da birden fazla mineralden oluşan inorganik esaslı yapı malzemeleridir (Ziyaettin, 2010) (Şekil 1). Doğal taş, yerkabuğu içerisinde yer alan, farklı kökenli her cins kayaç (kaya, kütle, taş) için kullanılan genel bir tanımdır. Endüstriyel ya da ticari anlamdaki doğal taş tanımı ise yasal izinlerle üretilerek, işlenmeden ya da işlenerek, boyutlandırılmadan ya da boyutlandırılarak işlem gören kayaçlar için kullanılmaktadır (Yıldırım, 2007).

M.Ö. Paleolitik çağda insanlar barınma ihtiyacını taş mağaralar ve oyukluklarda sağlanmaktaydı. Bu dönemde insanlar taşı; yapı malzemesinden ziyade avlanmayı ve hayvanlardan korunmayı sağlamak amacıyla tercih etmişlerdir. Göçebe hayat süreleri ve mağaraları terk etmeleri sebebiyle insanoğlu için barınak ihtiyacı doğmuştur. Bu gereksinim ile birlikte oluşturacakları sığınma alanlarını doğal taşı kullanarak yapmışlardır. M.Ö. 90. yüzyıl – M.Ö. 12. yüzyıl aralığında Mezolitik çağda ve M.Ö. 90. yüzyıl- M.Ö. 55. yüzyıl aralığında Neolitik çağda insanlar barınak duvarlarını yakın çevrede buldukları doğal taşlardan oluşturmuştur. Taşları birleştirmek için ise çamuru kullanmışlardır. Zaman içerisinde taşları işlemeye ve yontmaya başlamalarıyla düzgün duvarlar inşa etmişlerdir (Çakmak, 2021).

Geleneksel dünyadaki nesne-insan bağlamını yansıtabilecek olan en vurgulu malzeme doğal taştır. Dayanıklı, estetik, işlenebilir ve uzun ömürlü olan taş malzeme geleneksel yapımda tercih sebebidir (Zakar, 2013). Anadolu'nun her yerinde taş malzeme kullanımını görmek mümkündür. Taş; strüktürlerde, mimari elemanlarda ve dolgu malzemelerinde kullanılmaktadır. Taşıyıcı olarak yalnızca taş kullanımı ise daha çok Doğu Karadeniz'de Giresun ve Trabzon köylerinde yer almaktadır. Dolgu malzemesi olarak suyu emmeyen fakat kolay işlenebilen veya ocaklardan levha halinde çıkan taşlar kullanılmaktadır (Fidan, vd., 2016).



Şekil 1. (a) Bazalt taşı örneği, (b) Granit taşı örneği (URL-1, URL-2).

1.7.2. Kerpiç

M.Ö. 75. yüzyılda göçebe hayat süren insanoğlu, yerleştikleri alanlarda taş toplayamadıkları için kendi taşlarını oluşturmak zorunda kalmışlardır. Kerpiç bloklar için dikdörtgen formundaki çamuru kurutmuşlardır. Blokları üst üste dizerek duvar yüzeyleri elde etmişlerdir (Şekil 2). MÖ 40. Yüzyıl - MÖ 20. yüzyıl aralığında Kaldeliler ve Sümerler'in de yapılarında kerpiç kullandığı gözlemlenmiştir. Kerpiç blokları birleştirmek için bağlayıcı olarak zift kullanmışlardır. Blokların hava ile temas eden bölümlerini çamur, kireç veya zift tabakalarıyla örterek kerpiç yapının daha sağlam olmasını sağlamışlardır. Günümüzde de Anadolu'nun bazı köylerinde yapıların kerpiçten yapıldığı gözlemlenmektedir. Kerpiciin maliyetinin düşük olması, rutubeti önlemesi ve yapının yazları sıcak, kışları soğuk bir şekilde kalmasını sağlaması nedeniyle kullanılmaktadır (Çakmak, 2021).

Toprak; oldukça fazla tercih edilerek yapı malzemelerinin başında gelmektedir. Kerpiç malzeme toprak, su ve bazı katkı maddelerinin karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Kerpiç malzemenin bağlayıcı malzemesi ise killi topraktır. Toprak malzeme basınç dayanımına sahip fakat çekme dayanımı düşüktür. Basınca dayanım gösterebilen ancak çekme dayanımı düşük bir malzemedir. Bu nedenle çekme dayanımını artıracak saman ve benzeri doğal lifli malzemeler, geleneksel üretimde kerpiç hamuruna katılmış veya dökme kerpiç duvarların katmanları arasına yerleştirilmiştir (Zakar, 2013).



Şekil 2. Çatalhöyük kerpiç ile inşa edilen evler (Çavuş vd., 2015).

1.7.3. Tuğla

Mimaride tuğla kullanımı çok eski tarihlere dayanmaktadır. M.Ö. 4 yüzyılda kil, su ve ateşin reaksiyonu ile oluşan pişmiş tuğlanın endüstriyel anlamda ilk defa üretimi gerçekleştirilmiştir (Çakmak, 2021). Tuğla, toprak hamurunun istenilen ebatlarda şekillendirilmesi, kurutulması ve pişirilmesi ile elde edilir (Şekil 3). Türdeş ve boşluğu bulunmayan tuğlaların, çeşitli türleri olan ve boşluğu bulunan tuğlalara nazaran taşıma yetisini kaybetme, bozunma ve çatlama olasılığı daha düşüktür. Bununla birlikte tuğlalar hem kolay elde edilebilir hem de maliyeti düşük bir malzeme olması sebebiyle, taşıyıcı ayaklar ve duvarlar, kubbeler, tonozlar ve kemerler gibi strüktürel elemanların yapımında kullanılmaktadır. (Zakar, 2013).

Tuğla ile yapılmış ve günümüze ulaşmış mimari eserler sayesinde geçmiş dönem insanları ve kültürel seviyeleri hakkında pek çok bilgiye ulaşılmaktadır (Era, 2013).



Şekil 3. Tuğla malzeme örneği (Era, 2013).

1.7.4. Ahşap

Yapı malzemesi olarak ahşap malzemesinin kullanımı ilk çağlara kadar uzanmaktadır. Ahşap, doğal yapı malzemesi olarak taştan sonra gelen ikinci malzeme olmuştur. İnsanların ilk çağlarda barınak olarak ağaç kovuklarını ya da mağaraları kullandığı bilinmektedir. Zamanla kendilerini geliştirerek doğada var olan malzemeleri şekillendirmiş ve evler inşa etmişlerdir. İnsanlar yaz aylarında ağaç dalları ve kütükleri birleştirip aralarını balçıkla kapatarak evler oluşturmuşlardır. İlk çağlardan günümüze kadar olan süreç içerisinde yapıların hemen hemen tüm alanlarında ahşabın malzeme olarak kullanıldığı bilinmektedir (Çakmak, 2021).

İnsanlık tarihinden beri kullanılagelen ahşap; estetik, mekanik, fiziksel ve benzeri özellikleri ile diğer yapı malzemelerinden ayrılmaktadır. Ham maddesi ağaç olan ahşap, geri dönüştürülebilir ve organik bir malzemedir (Şekil 4). Ahşabın boşluklu yapısı sayesinde malzemenin nefes alması sağlanır. Bu sebeple ısı ve ses yalıtımı ahşap malzemeyi tercih edilebilir kılmaktadır (Zakar, 2013).



Şekil 4. Ahşap malzeme örneği (Bozkurt, 2008).

1.7.5. Metal

M.Ö. 70. yüzyıla gelindiğinde malzeme alanında önemli değişimler yaşanmıştır. Bu değişimde ateşin uygun şartlarda kullanması önemli rol oynamaktadır. Yerel malzemelerin değişimi ve gelişimi ısıнын kullanımına bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Tarihte bazı dönemlerin (Tunç Çağı) malzemede yaşanan gelişmeler ile adlandırıldığı bilinmektedir.

Mimari yapılarda tarihsel süreçte yaygın olarak kullanılan ilk metaller; bakır, bronz, demir, çinko ve kurşundur. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte alüminyum, çelik ve titanyum gibi metallerin farklı alaşımları keşfedilmiştir ve keşfedilmeye de devam edilmektedir (Çakmak, 2021). Metaller türlü özellikleri sebebiyle tarih boyunca çeşitli şekil ve işlemlere dâhil olmuşlardır (Şekil 5). Metaller ısı ve elektriği iyi iletmeleri sebebiyle çekme-basınç ve kesme kuvvetlerine karşı dayanım göstermektedir. Metaller darbelere karşı dayanıklı malzemelerdir ancak herhangi bir bölümünde hasar mevcutsa bu noktadan kırılırlar. Metallerin şekil değiştirilebilir nitelikte oluşu işlenebilmesine katkı sağlamaktadır (Zakar, 2013).



Şekil 5. Metalin kenet bağlantısında kullanımı (Kurugöl ve Küçük, 2015).

1.7.6. Harç ve Sıva

Ana bileşenleri bağlayıcı ve agrega olan harç ve sıvalar, gerektiğinde doğal ve sentetik katkı maddeleri içerebilen karışımlardır. Ağırlıkça ya da hacimce belirlenen oranda bağlayıcı

malzeme ile kum ve taş kırığı gibi dolgu malzemelerinin karıştırılmasıyla hazırlanan ve belirli miktarda su ile hidrasyon ve işlenebilme özelliği kazanarak katılaşma özelliğine sahip karışımlardır (Uğur ve Güleç, 2014). Harç ve sıvalar; yapısında kâgir bulunan malzemelerin öğütülerek, su ve diğer katkı maddeleriyle birleştirilmesiyle elde edilmektedir. Harç ve sıvalar, küçük boyutlu taneciklere çevrilen kâgir esaslı malzemelerin, türlü katkı maddeleri ve su ile karışımından elde edilmektedir. Harçlar, blokların bir örgü düzeninde tamamlanması için taş, tuğla, kerpiç gibi malzemelerin bağlayıcılığında kullanılırken; sıvalar, örgü düzeni tamamlanmış duvar elemanının yüzeyinde kullanılarak, gereksinimlerin karşılanmasına ve yapı fiziği açısından elverişli imkânlar sağlamaktadır (Zakar, 2013) (Şekil 6).



Şekil 6. Geleneksel yapıda sıva örneği (Zakar, 2013).

1.7.7. Yapay Taşlar

Yapay taş, olarak tanımlanan malzeme, geç 19. yüzyıl ile erken 20. yüzyılda mimarlığında özellikle dış cephelerde sıklıkla kullanılan, bağlayıcı, agrega ve diğer bazı katkılardan oluşan ve doğrudan yüzeylere uygulanan ya da kalıplara dökülerek hazırlandıktan sonra yüzeylere sabitlenen, bir kaplama malzemesidir (Yöney ve Ersen, 2010) (Şekil 7). Özetle yapay taşlar bağlayıcı madde ve agreganın diğer katkı maddeleriyle birleşmesinden meydana gelmektedir (Zakar, 2013). Mimarlık üretimi; Endüstri Devrimi'nin de etkisiyle, iş gücü ve zaman sebebiyle yüksek maliyetli geleneksel sistemlerden uzaklaşmaktadır. Dinamikleşen sosyal, ekonomik ve kültürel yapıyla

bütünleşen malzeme ve uygulama tekniklerine yönelim artmaktadır. Özetle yüksek maliyetli ve zamanı verimli kullanmayı engelleyen taş işçiliğinden ziyade daha hızlı ve seri üretilen yapay taş uygulaması çözüm önerisini oluşturmaktadır (Yöney ve Ersen, 2010).

Geleneksel yapımda kullanılan yapay taş uygulamaları, teknolojinin gelişmesiyle birlikte beton ve beton esaslı birçok malzemeyi kapsamaktadır (Zakar, 2013).

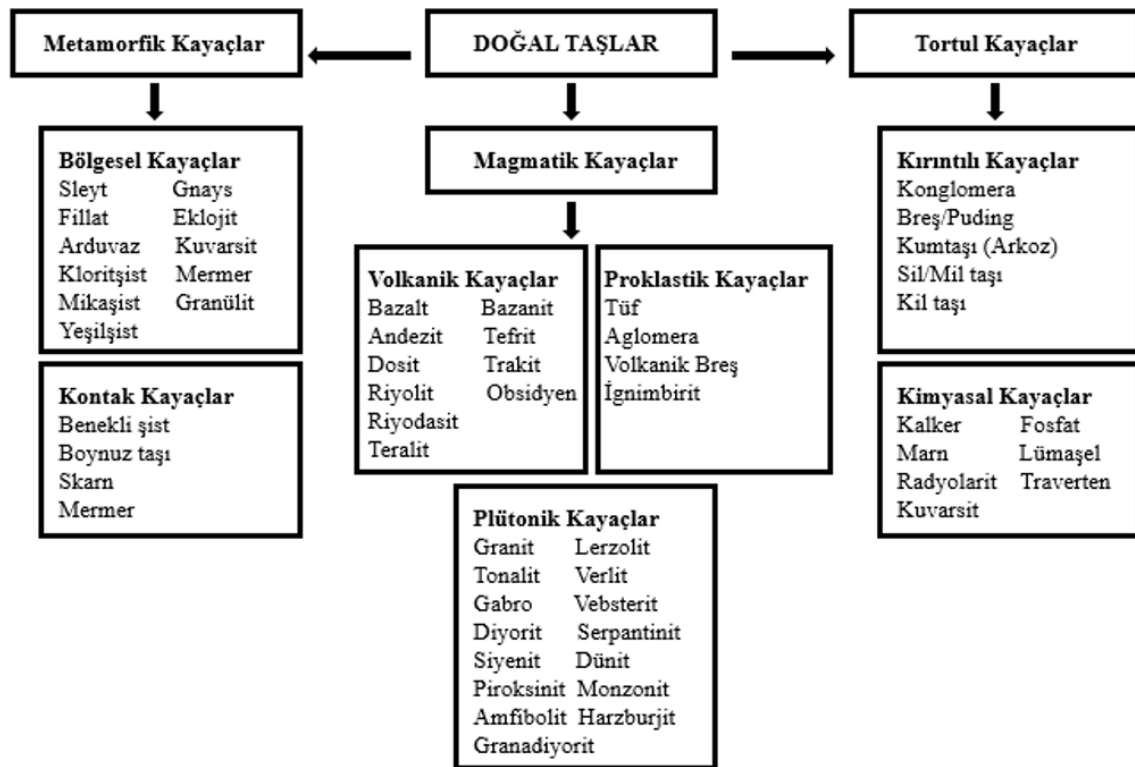


Şekil 7. Kat silmelerinde yapay taş kullanımı (Zakar, 2013).

1.8. Doğal Taşların (Kayaçların) Sınıflandırılması

Jeolojik anlamda kayaçlar, mineral topluluklarıdır. Kayaçlar, minerallerin birleşmesiyle ya da bir mineralin çok sayıda birikmesiyle oluşurlar. Yalnızca tek mineralden meydana gelen kayaçlar doğada az bulunmaktadır. Örneğin granit ve bazalt pek çok türde minerallerden; kumtaşı farklı tanelerden; kalker ve albatır ise sadece tek mineralden oluşmuş kayaçlardır (Ketin, 1977). Restorasyon sırasında yapıtaşlarının; oluşum, bileşim, yapı ve dokuları önemli olmakla birlikte asıl fiziksel ve mekanik özellikleri, taşıma güçleri, ayrışma dereceleri, kırık, çatlak ve fay gibi jeolojik yapıları ve kullanım yerine uygun özellikleri taşıyıp taşımadıkları ön plandadır (Erguvanlı, 1967). Kayaçlar, meydana gelmeleri sırasındaki doğal ortamı yansıtan belgelerdir. Yerkabuğunun jeolojik gelişiminin izleri kayaçlar üzerine işlenmiştir. Bu sebeple kayaçlar; yer tarihinin doğal belgeleri niteliğinde olmaları nedeniyle jeolojideki önemleri anlaşılmaktadır (Ketin, 1977).

Jeoloji; 30-60 km kalınlıkta olduğu kabul edilen yer kabuğunun oluşumunu, bileşimini, yapısını, hareketlerini, dış ve iç kuvvetlerle değişimini inceleyen yer bilimidir (Erguvanlı, 1967). Kayaç ve minerallerin sistematik olarak kategorize edilmesi, doku ve yapıları, kimyasal bileşimleri, bulunuş şekillerini, ayrışma, değişme, kristallenme ve sınıflandırılmalarını, fiziko-kimyasal ve jeolojik özelliklerini Petroloji-Mineraloji ilmini incelemektedir (Ketin, 1977). Tortul kayaçlarının meydana geliş süreleri sistematik incelendiğinde; Stratigrafi, eski jeolojik devirlerde yaşamış hayvan ve bitkilerin tortul kayaçlar içindeki fosil durumlarını incelemektedir. Paleontoloji, yer kabuğundaki hareketleri, hasarları, kayaçların formlarını da; Tektonik ve Yapısal Jeoloji Bilim dalları incelemektedir. Restorasyon çalışmalarında, sorunların ortaya çıkarılması ya da uygun restorasyon yönteminin tercih edilmesi için öncelikle yapı taşının litolojik özelliklerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için petrografik ve mineralojik analizler yapılarak taşın oluşum şekli, laboratuvar deneyleriyle de fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Magmatik, Tortul ve Metamorfik Kayaçlar olarak yer kabuğunu oluşturan kayaçlar oluşum koşullarına ve kökenlerine göre üç grupta incelenmektedir (Küçükkaya, 2019) (Şekil 8).



Şekil 8. Doğal taşların sınıflandırılması (Yüzer vd., 2016).

1.8.1. Magmatik Kayaçlar

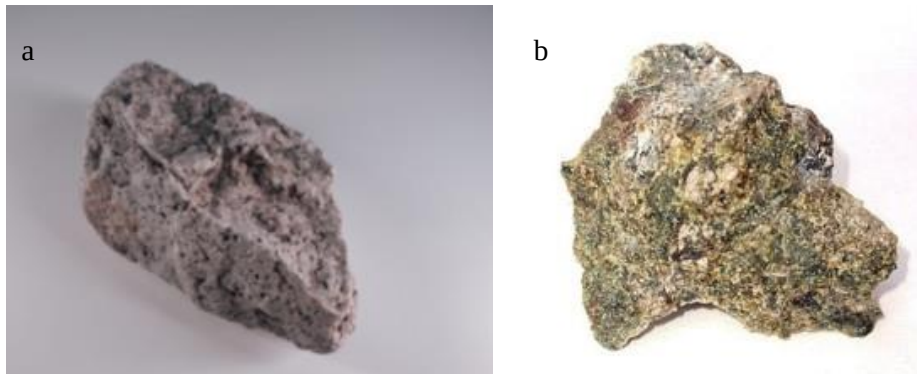
Silikat hamuru gibi bulunan magmanın yerkabuğunun derinliklerinde ya da yeryüzünün soğuması sonucu oluşan kayaçlardır. Magmatikler genel davranışları ile kristallerden oluşmuş kütle durumunda kayaçlardır (Ketin, 1977). Magmatik kayaçlar üç alt başlıkta incelenmektedir. Bunlar plütonik, volkanik ve piroklastik kayaçlardır. Magmanın soğuyarak katı bir cisme dönüşmesiyle plütonik kayaçlar; yeryüzünde hızlı bir şekilde katılaştığında volkanik kayaçlar; volkanik faaliyetler sırasında volkandan çıkan her tür kırıntılı malzemenin depolanarak birikmesiyle oluşan kayaçlar piroklastik kayaçlardır (Ketin, 1977).

Plütonik kayaçlar, derinlik kayaçları olarak bilinmektedir. Bu kayaçlar tam kristalli, taneli ve yalnız kristallerden meydana gelmiş kayaçlardır. Kristaller bir veya daha fazla türde olabilmektedir. Örneğin granit, gabro, siyenit ve benzeri gibi (Ketin, 1977) (Şekil 9b).

Volkanik kayaçlar, yüzey kayaçları olarak bilinmektedir. Bu kayaçlar yarı kristalli, porfirik yapılıdır; genellikle gözle görülen türlü kristaller, kristal olmayan, çoğu zaman camsı bir hamur içinde dağılmış olarak bulunur; örneğin andezit, riyolit, bazalt ve benzeri gibi (Ketin, 1977).

Piroklastik kayaçlar, damar kayaçlar, dayk olarak adlandırılır. Kayaçlar derinlik kayaçları ile yüzey kayaçları arasında bir geçişi temsil ederler. Karakteristik özellikleri; hamur maddelerinin camsı değil, mikrokristalin olması ve diğer kayaçların yarıkları içerisinde yer almaktadır (Ketin, 1977) (Şekil 9a).

Çok çeşitleri bulunan magmatik kayaçların sınıflandırılması ve isimlendirilmesi, kayaçların bileşimine giren minerallerden biri olan kuvarsın az ya da çok olarak bulunup bulunmaması, bulunduğu % olarak katılma oranına bakılmaktadır (Ketin, 1977).



Şekil 9. (a) Tüf taşı örneği, (b) Harzburgit taşı örneği (URL-3, URL-4).

1.8.2. Tortul (Sediment) Kayaçlar

Tortul kayaçlar, daha önceden mevcut olan kayaçların dış faktörlerin etkileriyle parçalanması, ayrışması, çeşitli kuvvetlerle aşınıp, karada-suda çökmesiyle meydana gelir.

Kimyasal yolla ya da organik kalıntıların birikmesiyle oluşan kayaçlarda bu sınıfta yer alır. Tortul kayaçlar katmanlı olmaları ve içerisinde fosillere yer vermesi sebebiyle kolayca anlaşılır ve katmana sahip olmayan magmatik kayaçlardan ayrışabilmektedir (Erguvanlı, 1995).

1.8.2.1. Ayrık Tortul Kayaçlar

Ayrık tortul kayaçlar, yeryüzünde gözlenen kayaçların ayrılıp parçalanması ve birikmesi sonucu meydana gelir. Kırıntılı kayaçlar olarak ta bilinmektedir (Erguvanlı, 1995).

1.8.2.2. Organik Tortul Kayaçlar

Organik tortul kayaçlar, canlı organizmaların biyokimyasal fonksiyonlarının bir sonucudur. Kayaçların meydana gelebilmesi için organizmaların fazla sayıda olması ve gelişimlerini sürdürebilmek için uygun ortam ve şartlarının sağlanması gerekmektedir. İçerisinde detritik malzeme azdır ya da hiç yoktur. Okyanusların sığ denizlerinde ve göllerin derinliklerinde oluşmaktadır (Erguvanlı, 1995).

1.8.2.3. Kimyasal Tortul Kayaçlar

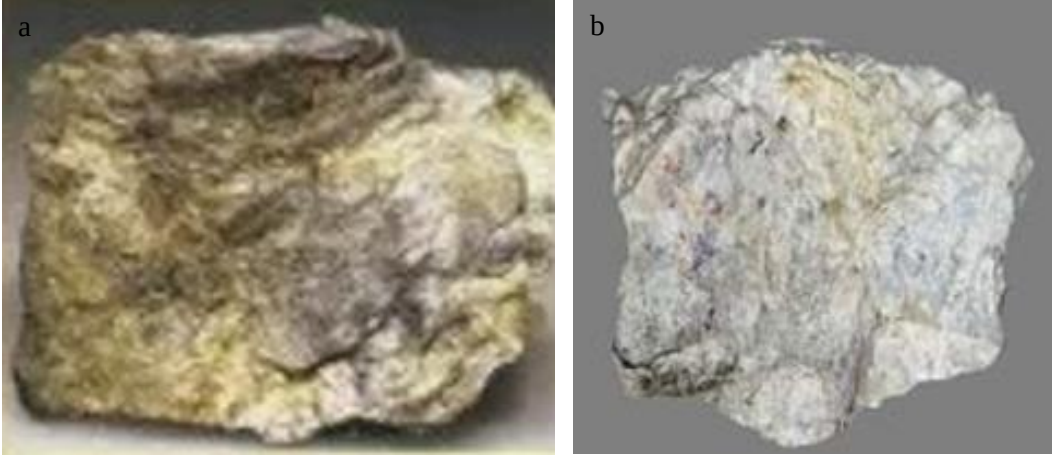
Kimyasal tortul kayaçlar, direkt olarak suların içerisinde erimiş olarak bulunan maddelerin çökmesiyle ya da eriyiklerin başkalarının yerlerini alması ile oluşmuştur (Erguvanlı, 1995) (Şekil 10).



Şekil 10. (a) Puding taşı örneği, (b) Radyolit taşı örneği (URL-5, URL-6).

1.8.3. Metamorfik (Başkalaşım) Kayaçlar

Yeryüzünde görülen bir diğer kayaç türü ise metamorfik kayaçlardır. Üçüncü grubu temsil eden metamorfik kayaçlar, tortul ya da magmatik kayaçların sıcaklık, basınç, gerilme ve kimyasal aktivitesi olan sıvılar etkisi ile başkalaşmaları sonucu meydana gelir. Genelde kristallerden oluşmuş paralel yapılı kayaçlardır (Ketin, 1977) (Şekil 11). Bunlar daha önceden mevcut olan kayaçların metamorfizmaya uğramasından kaynaklanır (Erguvanlı, 1995). Yerkabuğunun diplerinde var olan farklı fiziksel ve kimyasal koşulların etkileriyle kayaçlarda katı halde oluşan mineral değişimi olayı metamorfizmadır. Mineraller belirli bir sıcaklık ve basınç altında sabit halde bulunurlar. Minerallerin kendilerine has sabit sıcaklık ve basınç değerleri mevcuttur. Ancak sıcaklık ve basınç değerlerinde bir değişim gözlenirse mineralde de bir değişim başlar. Mineral aynı kimyasal bileşimde farklı bir minerale dönüşür. Metamorfizmanın aslı da budur (Ketin, 1977). Genel anlamda şekil değiştirmektir. Metamorfizma sırasında kayaçların karakteri değişir. Yapısı, dokusu ve kristal şekli başka olan yeni tip mineraller ve yeni tip kayaçlar meydana gelir. Fakat kayaçların toplam kimyasal bileşimi değişmez. Metamorfik kayaçların yapı ve dokularının oluşmasında; ısı, basınç, gözenek sıvıları ve zaman etkili olur. Örneğin, kontak (termal) metamorfizma sonucunda kil taşları benekli şistlere, kumtaşları kuvarsitlere, kireçtaşları mermere, derinlik kayaçları gnayslara dönüşmektedir (Küçükkaya, 2019).



Şekil 11. (a) Fillat taşı örneği, (b) Skarn taşı örneği (URL-7, URL-8).

1.9. Yapıtaşlarının Bozunması (Alterasyonu) ve Nedenleri

Taş malzeme kullanılarak yapılmış olan anıtların bozunma türlerinin ve derecelerinin belirlenmesinde koruma çalışmalarının planlanmasında en önemli kriterlerdendir. Geleneksel mimaride kullanılan yapıtaşları; fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin etkisi altındadır. Söz konusu faktörlerin baskın olması; çevre, topografya, iklim koşulları ile yapıtaşlarının türü, yapıdaki konumu ve yapının korunmasıyla ilişkilidir. Günümüzde mevcut olan tarihi yapıların çoğu taş malzeme ile inşa edilmiş olup, yoğun olarak kalker kullanılmıştır. Yapıtaşlarının bozunmaya uğramasında atmosfer kadar kayaçların içyapı özellikleri de önem taşımaktadır. Aynı dış etmenlerin etkisi altında kalmış kireçtaşı ile granit farklı derecede bozunmaya uğramaktadır. Magmatik kayaçlar kireçtaşına nazaran daha az etkilenmektedir. Ancak kayaçların içlerine doğru nüfuz eden bozunmanın şiddeti zamanla azalmaktadır. Bunun sebebi; kayaç yüzeyindeki bozunma kuşağının iç kesimlerini koruma görevi görmesidir (Dal ve Artık 2008).

1.9.1. Fiziksel ve Fizikokimyasal Nedenler

1.9.1.1. Su ve Nem Etkisi

Nem, malzemelerin ve yapıların ilk sıradaki düşmanıdır. Nemler fiziksel ve kimyasal bozunmalara sebep olmaktadır. Bozunmaların sonuçlarının bambaşka olmasına neden olan farklı çeşitlerde nemler bulunmaktadır. Tedavinin doğru uygulanabilmesi için öncelikle

doğru teşhisin koyulması ve hasar sebeplerinin nem kaynaklarına indirgenmesi gerekmektedir (Küçükaya, 2019). Anıtsal yapılar zaman içerisinde hava koşullarından dolayı hasara uğramaktadır. Yapıların düzenli bakımı sağlanmadığı takdirde geri dönülemeyen ciddi bozunmalara sebep olabilmektedir. Taş malzemeler yaz aylarında aşırı sıcak sebebiyle genişir, kış aylarında ise donu maruz kalmaktadır. Oluşan ısı değişimleri taşların zamanla yıpranmasına sebep olur. Suyun hareketi taş malzemeyi bozunmaya uğratmaktadır. Nem zeminden yükselerek taşıyıcıya etki eder ve gelen yükü ağırlaştırır. Bununla birlikte içerisinde bulunan tuzlar duvar yüzeyinden buharlaştığı için çiçeklenmelere ve duvar yapısını tahrip edici etkilere sebebiyet vermektedir (Şekil 12 ve 13). Sonuç olarak taşların bozunmasına sebep olan iki temel öge su ve tuzdur. Suyun ilettiği kükürtlü ve karbonlu bileşikler taş malzeme yüzeyinde siyah kabuk oluşumuna, ortam pH değerinin düşmesine, asitlerin etkin hale gelmesine neden olur (Dal ve Artık 2008).

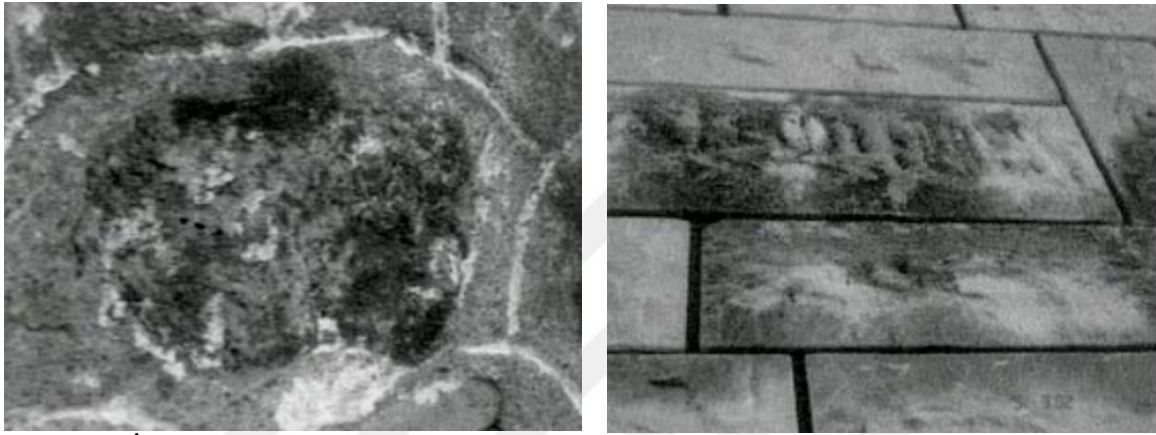


Şekil 12. Sultanahmet'te bulunan hipodromun ortasındaki örme dikilitaşının kaidesinde gözlenen çatlaklar dizisi ve Şekil 13. Taş malzemedede oluşan çatlaklar (Öcal ve Dal, 2012).

1.9.1.2. Hava Kirliliği

Hava kirliliğine sebep olan sanayi atıkları ve araçlardan çıkan zararlı gazlar yapıtaşları yüzeyinde kirli bir yüzey oluşmasına ve yapıtaşlarının erimesine sebep olan asit yağmurlarını oluşturmaktadır. Taşların erimesine sebep olan asitler; atmosferdeki gazların (karbon dioksit, kükürt dioksit, kükürt trioksit) yağmur suyunda erimesine yol açmaktadır. Nadiren neme maruz kalan yüzeylerde siyah, geçirgenliği olmayan bir katman oluşmaktadır. Yüzey üzerinde katmanlaşan siyah kir tabakası ayrıntıların anlaşılmasını engellemekte ve

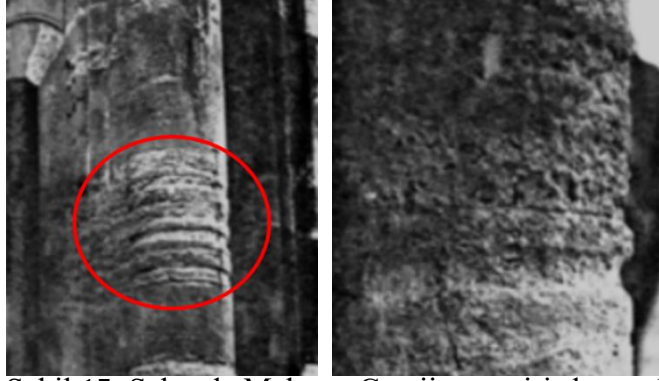
katman altında kalan ana taş malzemenin özelliklerinin yok olmasına sebep olmaktadır (Şekil 14). Malzemenin zaman içerisinde kabarması ve dökülmesi sülfatlaşmanın başladığının göstergesidir. Taşın gözeneklerine kalsiyum sülfat nüfuz ettiğinde, bozunma şiddetine bağlı olarak, malzemenin yüzeyi dökülmeye başlar. Bunun sebebi ise sülfatlı minerallerin kristal suya sahip oluşudur. Bu durum malzemenin ayrılmasını ve çatlamasını hızlandırmaktadır (Dal ve Artık, 2008).



Şekil 14. İzmit merkezinde yer alan moloz taş duvar ve küfeki taşında hava kirliliğinin yarattığı deformasyonlar (Demirarslan K. ve Demirarslan D., 2008).

1.9.1.3. Petrografik Nedenler ve Taşın Ocaktan Alınması

Taşların aynı ocaktan çıkarılmasına rağmen yapıtaşlarına bakıldığında bazı taşların oldukça iyi korunduğunu, bazılarında ise bozunmaların olduğu görülmektedir. Taşlar aynı membadan çıkarılmış olsa dahi farklı özellikler ve niteliklerde oluşabilmektedir. Kayaçların arasında oluşan bu farklılıkların sebebi olarak petrografik nedenler gösterilmektedir. Örneğin kalker katmanları arasında çoğunlukla atmosferik koşullara karşı yeterli dayanıklılığı olmayan marnlı katmanlar olabilmektedir (Şekil 15). Kayaçların birbiriyle benzer özellikler gösterememesi bölgesel tektonik basınçların ya da ilerleme kaydetmiş olan yapısal bozunmaların neticesi olabilmektedir (Erguvanlı, 1967). Kayacın niteliği ve maruz kalacağı hasarların diğer nedeni ise ocaktan hatalı şekilde çıkarılmasından kaynaklıdır. Örneğin taş, ocaktan çıkarılamadığında dinamitleme yöntemi uygulanır. Bu yöntem ile taşta oluşan darbeler, çatlamalara sebep olur ve suyun girişi engellenemez. Taş işlenirken kullanılan aletlerin hatalı vuruşu sonucu malzemede fissür (çatlak), bere (çürüme), sıçrak oluşabilmektedir (Küçükkaya, 2019).



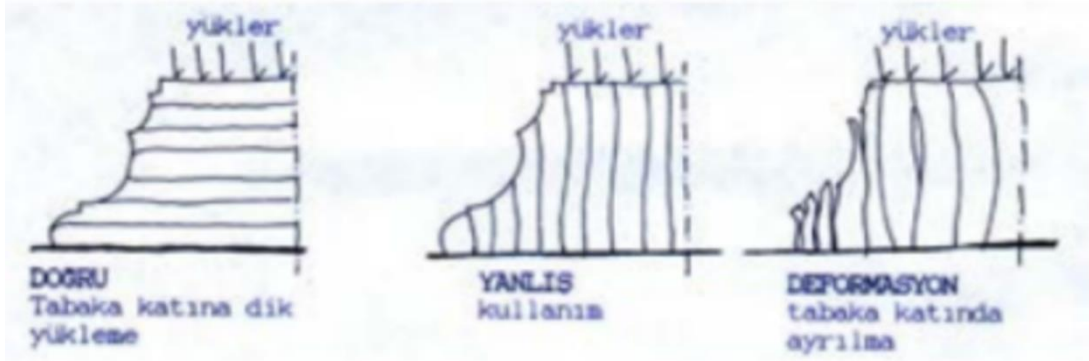
Şekil 15. Şehzade Mehmet Camii, yan giriş kapısı köşe sütunu, rüzgâra maruz bölgede petrografik nedenlerle (marnlı katmanların bulunması) oluşmuş aşınma (Küçükkaya, 2019).

1.9.1.4. Yapıtaşının Hatalı Yönde Kullanımı

Anıtsal yapılarda kullanılan taş malzemelerin uygun kalitede olmaması yapıların bozunmaya uğramalarını kolaylaştırmaktadır. Taşın içerisinde yer alan yabancı maddeler hızlı bir şekilde taşın aşınmasına ve bir süre sonra parça kopmalarına sebep olmaktadır. Tortul kayaçlar yüzeye paralel ya da eğik katmanlar halinde bulunurlar. Bu sebeple taş kullanılacağı yapıda doğasına uygun şekilde konumlandırılmalıdır. Aksi halde taş doğasına aykırı konumlanırsa tabakaları bozunur ve katman katman kopmalar başlar (Şekil 16 ve 17). Tabakaların dik konumlanması durumunda taşın rutubetlenme oranı artar ve bu durum da bozunma derecesini yükseltir (Dal ve Artık 2008).



Şekil 16. Üç Şerefeli Camii, beden duvarlarını oluşturan taşların tabakalaşma yönünde dikkat edilmeden yerleştirilmesi duvar yüzeyindeki bozunmalara sebeptir (Küçükkaya, 2019).



Şekil 17. Taşın ocaktaki konumuna uygun kullanımı (Küçükkaya, 2019).

1.9.1.5. Taşın Çalışması

Yapıtaşının hatalı yönde kullanımının devamı niteliğinde olan bir diğer durum ise taşın çalışmasıdır. Ancak bu durum göz ardı edilmektedir. Eski zamanlarda bir yerden bir yere ulaşım oldukça güç olmaktaydı. Taşın çıkarılıp yerleşeceği yapıya getirilene kadar oldukça zaman geçmekteydi. Bu geçen zaman aslında taşın çalışması ve dinlenmesi için bir fırsat niteliğindeydi. Fakat günümüz şartları dikkate alındığında ulaşımın oldukça kolay olması sebebiyle taş ocaktan alınıp yapım alanına kısa sürede götürülebilmektedir. Söz konusu ulaşım mesafesi taşın çalışmasına ve dinlenmesine imkân tanımamaktadır ve çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir. Taş malzeme tabakaları sıkıştıktan sonra hemen kullanılmamalıdır. Taş ortam değiştirdiği için üzerindeki tabakaların baskısı azalır. Taş takip edildiğinde üzerindeki basıncın ters yönünde bir sehim oluşturmaktadır. Bu sebeple yapıda konumlandığı alanda çalıştığı görülmüştür. Taşın yapıda kullanılacağı konumu tabakalarıyla uyumlu olmalıdır. Aksi halde, malzeme direnç gösteremez ve katman katman dökülür. Dikey gelen yüklerin dağılımı katman katlarına paralel konumlandırılmalıdır (Küçükkaya, 2019).

1.9.1.6. Uzun Süreli Doğal Etkenler

Yapılar zamanla doğal olaylar karşısında yıpranmakta ve düzenli aralıklarla bakımı sağlanmadıkça ciddi tahribatlara zemin hazırlamaktadır. Örneğin yağmur sularının cephe yüzeyine temas etmesiyle aşındırıcı etki yaratır ve eğer taş malzeme kolaylıkla aşınabiliyorsa ciddi tahribatlara sebep olur. Suyun sebep olduğu etki ise don olayıdır. Malzemede bulunan

çatlaklara nüfuz eden su donarak daha büyük çatlaklara ve devamında büyük parça kopmalarına kadar ilerlemektedir (Ahunbay, 2009).

1.9.1.7. Ses Titreşimlerine Bağlı Bozunmalar

Ses, moleküllerin titreşerek bir şiddet ve frekans sınırları içerisinde anlaşılan ve duyu organımızda işitme hissi yaratan bir dalga hareketidir. Oluşan ses anıtsal yapılara ve kullanılan yapıtaşlarında çeşitli bozunmalara neden olmaktadır. Sesin basınç seviyesi desibeldir. Her türlü ortamda moleküllerin hareketiyle yayılan bir mekanik enerjidir. Malzemelerin yorulmasını da sesin meydana getirdiği hareketler etkilemektedir (Erol, 2006).

1.9.1.8. İnsan Faaliyetleri

İnsan çevresini değiştiren jeolojik bir unsurdur. 1950 tarihi ve sonrasında nüfusa bağlı olarak üretim ve enerji tüketim oranının artış göstermesiyle topluma yansıyan olumsuz etkileri artmaktadır. Taşın ocaktan çıkarılmasından itibaren toplumun olumsuz etkileri oluşmaya başlamaktadır (İmamoğlu, 2013).

1.9.1.9. Tuz Kristalizasyonu

Tuz kristalizasyonu, taş malzeme bozunmaları içerisinde yaygınlık göstermekte ve ciddi hasarlara sebep olmaktadır. Gözenekli kayaçların tamamında donma veya hava kirliliği etkisi olmadan da etkili olabilmektedir. Suda eriyen tuz; su ile taşınarak taşın boşluklarına ve varsa çatlaklarına nüfuz ederek buharlaşmaktadır. Buharlaşma sonucunda tuz, taşın yüzeyinde ve çatlaklarda birikmeye başlamaktadır. Tuz kristalleşmesi sırasında taşın su alması nedeniyle hacmi zamanla artmaktadır. Taş yüzeyinde meydana gelen bu kristalizasyona çiçeklenme ya da tozlanma adı verilmektedir. Tozlanma nedeniyle taş malzeme ve sıvasında kabarmalar gözlenmektedir. Yüzeyde oluşan tuz birikerek kabuk oluşturmakta ve kirliliğe neden olmaktadır (Küçükkaya, 2004) (Şekil 18).



Şekil 18. (a) Tuz kristallerinin oluşturduğu çiçeklenme, (b) tarihi mezarda sarı renk çiçeklenme (Hasbay ve Hattap, 2017).

1.9.1.10. Sıcaklık ve Isısal Genleşme

Isı değişimi devamında hacim değişimini meydana getirmektedir. Oluşan sıcaklık farklılıkları kayaçların genleşmesini ve büzülmesini, taneler içerisinde çeşitli yön ve büyüklükte iç basınçlar oluşturmaya neden olmaktadır. Sıcaklık farklılığının sürekli olarak devam etmesi durumunda malzeme yorulmaya başlamaktadır. Devamında ise gözle görülemeyen kılcal çatlaklar gelişmektedir. Kılcal çatlaklar ilerledikçe yeni çatlaklar ve kırılmalar oluşmaya başlamaktadır. Çatlakların ilerlemesiyle kayaçlar parçalanmakta ve ufalanmaktadır (Küçükkaya, 2004).

Isı genleşme katsayısı yapı elemanlarında farklılık göstermektedir. Katsayı değeri benzer olmayan elemanlar birlikte kullanıldığında birbirlerini etkileyerek bozmaya, hasara ve deformasyona neden olmaktadır (Küçükkaya, 2004). Örnek olarak, geleneksel malzemelere kıyasla betonarmede ve çelikte iki kat daha fazla genleşme görülmektedir. Bu sebeple geleneksel strüktürlerin çelik ya da betonarme sistemlerle sağlamlaştırılmaları büyük öneme sahiptir. Yapıda iki farklı malzemeden oluşan yapı elemanı varsa, malzemelerden zayıf olanı kopar ya da deforme ve mikro çatlaklar gözlemlenir. Geleneksel taş duvarların betonarme taşıyıcılarla desteklenmesi, gözle görülemeyen çatlaklarla başlayan hızlandırılmış bozunmaları oluşturabilmektedir (Yıldırım, 2007).

1.9.1.11. Donma Etkileri

Taşların boşluk ve çatlaklarına nüfuz eden suyun donması halinde hacmi % 9 oranında artmaktadır. Hacmi artan su, bir basınç meydana getirmektedir. Basıncın etkisiyle malzemede çatlamlar ve kırılmalar meydana gelmektedir (Erguvanlı, 1967). Oluşan çatlaklar daha fazla suyun taşta nüfuz etmesine neden olmaktadır. Bir sonraki donmada çatlak daha da büyümekte ve ilerlemektedir. Zaman ilerledikçe taşın içyapısı tamamen tahrip olmaktadır (Ersen, 1998).

1.9.1.12. Güneş Etkileri

Taşlarda; zaman içerisinde gece-gündüz arasında oluşan ısı farklılıkları ve güneş etkisi sebebiyle renk değişimi gözlenmektedir. Örneğin hafif sarımtırak renk traverten taşı zaman içerisinde sarıya dönüşebilmektedir. Taş, uzun süre şiddetli güneşe maruz kaldığında ise turuncu bir renk alabilmektedir. Renk değişimi çoğunlukla kayaçta bulunan ince tanecikler halinde dağılmış piritin ayrışmasından kaynaklanmaktadır (Erguvanlı,1967).

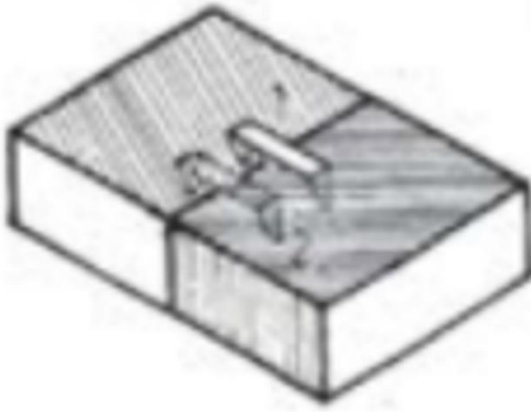
1.9.1.13. Yangın Etkileri

Yangın esnasında sıcaklığın yükselmesi sonucu taş yüzeyi hızla hacim genişlemesine uğramaktadır. Ancak taşın iç yüzüne aynı hızla nüfuz edemeyen sıcaklık sebebiyle taşın iç bölümü soğuk kalmaktadır. Bunun sonucunda malzemenin direncini aşan iç gerilmeler oluşmakta ve parça parça dökülmeler meydana gelmektedir (Yıldırım, 2007). Bu durum tüm taşlar için geçerlidir. Fakat kuvars yüzdesi fazla olan taşlar tamamen parçalandıkları için kullanılamamaktadır (Erguvanlı,1967).

1.9.1.14. Madeni Malzemenin Korozyonu

Korozyon, metallerin ve alaşımların kimyasal veya elektro-kimyasal olaylarla bozunmasıdır. Elektroliz işlemiyle çözülen metaller aşınmaya uğrayarak bozunmaktadır. Metaller taş malzeme ile birlikte kullanıldığında aşınmaya uğrayarak genişmekte ve basınçla birlikte taşı patlatmaktadır. Demir ve çinkonun oksidasyon ürünleri olan; demir

oksit, demir üç oksit ve çinko oksit kendilerinden hacim olarak daha büyüktür. Korozyon oluştuğunda, genişerek yakınındaki taşı baskı ile patlatmaktadır (Şekil 20). Bu tür sorunlar genelde demir kenetin ve diğer metallerin korozyona karşı tedbir alınmamasından kaynaklanmaktadır (Küçükaya, 2019). Bu sebeple kenetlerin dış duvar yüzeyinden uzak durulması istenmektedir (Şekil 19). Osmanlı mimarisinde demir kenetlerin korozyonunu önlemek amaçlı iç yağına su eklenerek kenet üzerine koruyucu bir karbür tabakası oluşturulduğu bilinmektedir. Yapı elemanı eğer nemli değilse korozyon olayı görülmemektedir. Bir kimyasal reaksiyon için suyun varlığı önemlidir. Paslanma, bazı kayalarda bulunan ve demir minerallerinin içeriğinde olan (pirit) maddelerden kaynaklı oluşmaktadır (Küçükaya, 2019).



Şekil 19. Demir kenetlerin dış duvar yüzeyindeki konumu ve Şekil 20. Mermer sövede parça kopması (Küçükaya, 2019).

1.9.1.15. Biyolojik Tahribatlar

Malzemedeki biyolojik bozunmalar, taşlar nemlendikleri zaman; nemlenmenin miktarına, yerine, taşın cinsine, iklimine bağlı olarak biyolojik gelişmeler nedeniyle oluşmaktadır. Yapıtaşlarının nemlenmesiyle havada bulunan polenler ve sporlar malzeme yüzeyine yapışmaktadır. Yosunlar ise nemli ve çıkıntılı yapı yüzeyine yerleşerek gelişmekte ve zamanla malzeme yüzeyinde lekelenmeler oluşmaktadır. Kayacın nemini alarak zamanla kök salmaya başlamaktadır (Dal ve Artık 2008). Rüzgârın taşıyarak getirdiği tohumlar malzemenin boşluklarına yerleşerek burada gelişmekte ve kök salarak yapının bozunmasına neden olmaktadır. Yapıtaşlarının bozunmasına sebep olan biyolojik organizmaların çeşitleri; bakteriler, algler yosunlar, mantarlar, likenler ve kara yosunlarıdır (Küçükaya, 2004).

Mikroorganizmalar ve bitkiler, alg, bakteri, liken, yosun ve sarmaşıklar taş yüzeylerinde büyüyerek kimyasal ve mekanik etkilerle malzemeye zarar verebilmektedir. Taş malzeme üzerindeki toz katmanı, organizmalar için besin görevi görmektedir. Bazı durumlarda taş mineralleri de organizmalar için besin sağlamaktadır. Biyolojik bozunmalar taşın olağan yaşlanma süreci olarak kabul edilmektedir. Biyolojik büyüme tahrip edicidir ve bozunmanın özelliklerinin anlaşılması bu tahribatın engellenmesi ya da kontrol altına alınması için önemlidir (Yıldırım, 2007).

1.9.1.15.1. Bakteriler ve Mantarlar

Taşa ayrışmaya neden olan bakteriler iki grupta incelenebilmektedir. Bunlar gerekli olan enerjilerini; kimyasal oksitlenme ve indirgenme yoluyla gün ışığından alan ototrofik bakteriler ile enerjilerini topraktaki organik maddelerden karşılayan heterotrofik bakterilerdir. Bakteriler gerekli olan enerjiyi kimyasal reaksiyonlara maruz kalan inorganik maddelerden ya da üremelerine destek sağlayan oksidasyonundan alarak asitleri meydana getirmektedir. Oluşan güçlü ve zayıf asitler, taşta bulunan karbonat ve silikat minerallerine zarar vermektedir. Sülfat, nitrat üreten sülfat, nitrat bakterileri ve sülfürik asitin oluşmasına neden olan tybasiller taşın yüzeyinde yaşayarak taşın bozunmasına sebep olmaktadır. Diğer bakteri ve mantar türleri ise yaşamları boyunca gerekli olan enerjiyi organik maddelerin oksidasyonundan elde etmektedir. Organik asitler bu reaksiyonların sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu asitlerden biri ise oksalik asittir. Ayrışmış taş yüzeylerindeki kabuklarda bulunan kalsiyum oksalat, bu olguyla açıklanmaktadır (Ersen, 1998; Yıldırım, 2007).



Şekil 21. Mikroorganizmaların sebep olduğu yüzeysel çözünmeler (Dolar ve Yardımlı, 2017).

1.9.1.15.2. Likenler

Likenler; kayalar, taşlar, kiremit, toprak, ağaç kabuğu ve odun gibi birden fazla türe sahip tabakalar üzerinde yaşayan, biyolojik olarak yapılarında alglerin ve mantarların birlikte yer aldığı canlılardır. Likenler pek çok renkte oluşabilmektedir. Karayosunlarından farklı olarak beyaz, siyah, turuncu, yeşil, kırmızı, sarı ve kahverengi gibi çeşitli renklerde, daha sağlam ve kırılğan yapıdadırlar. Toprak desteğine ihtiyaç duymadan taş yüzeylerine tutunma yeteneğine sahip olan likenler, yüksek bitkilerin gelişmesi için de gerekli olan humus oluşumunun düzenleyicileridirler (Schaffer, 2004).

Taş yüzeyleri likenlerden aşağıdaki şekillerde etkilenirler:

- Kalkerli ve silikatlı taşların yüzeylerinde yaşayan likenler, su emici karakterde olduklarından taş yüzeylerini uzun süreli ıslak tutmakta ve bu nem de taşta hasarlara neden olmaktadır (Schaffer, 2004).
- Likenler yapısında bulunan mantar hifleriyle asitler salgılayarak taşta tutunurlar ve taşta zaman içerisinde aşınmaya neden olurlar (Şekil 22 ve 23) (Schaffer, 2004).
- Su olmadan fotosentez yapamasa da solunuma devam ederek hayatta kalabilmesi, kuru ve güneşli ortamlarda da dayanıklı olmaları eski taşların yüzeyinde yüzyıllarca kalabilmelerine olanak sağlamaktadır (Schaffer, 2004).



Şekil 22. Granit üzerinde büyüyen yapraklı liken (ICOMOS, 2008) ve Şekil 23. Taş malzeme üzerinde oluşan liken kolonizasyonu (URL-9).

1.9.1.15.3. Yosunlar

Yosunlar, yapı malzemelerinin yüzeylerinde 1 cm ya da daha derine kadar zarar verebilmektelerdir. Alkali yüzeyler, örneğin kireç harcı, çimento ya da sağlamlaştırma

amacıyla kullanılan çimento betonu yüzeyler üreme ortamını sağlamaktadır (Yıldırım, 2007).

1.9.1.15.4. Algler (Su Yosunları)

Algler; tek hücreli ya da koloni halinde, mikroskobik ya da çok hücreli metrelerce büyüklüğe kadar formları olan fotosentetik organizmalardır. Yeşil, altın sarısı, kırmızı, kahverengi gibi çeşitli renkleri bulunan su yosunlarının; denizlerde, tatlı sularda ve karada kaya, toprak ve ağaç kabuklarında yaşayan binlerce türü bulunmaktadır. Su yosunları rutubeti fazla olan ortamlarda kökleriyle taşı sararak taşın çatlamasına sebep olabilmektedir. Genel anlamda yüzeysel zarar veren su yosunları fotosentez için ışığa ihtiyaç duymakta ve bu sebeple su ve ışığın bulunduğu ortamlarda gelişmektedir (Schaffer, 2004).

Genelde nem oranı yüksek ortamlarda gelişen algler, çevre koşullarının etkisiyle kayalar üzerinde kompakt, sık dokulu veya filmsi bir katman oluştururlar (Şekil 24). Anıtların veya yapıtaşlarının yüzeylerinde tek hücreliden çok hücreli yapıya kadar geniş bir tür yelpazesi gösteren alglerin boyutları sınırlıdır ve hiçbir zaman makro organizma boyutlarına erişemezler. Taşlara daha çok yüzeysel zararlar veren algler, bazı durumlarda çatlaklar aracılığıyla köklerini taşın derinliklerine sararak taşı çatlatabilirler (Öcal ve Dal, 2012). Lekelenmeler ve bazı durumlarda asit etkisiyle oluşan yüzeysel bozunmalar salgıladıkları sıvılar nedeniyle oluşmaktadır. Neme bağlı olarak yapışkan veya yapışkan olmayan yeşil, kırmızı veya kahverengi tuzlar ve lifler halinde olabilmektedir. Taşlarda kolonize olmuş alglerin oluşturduğu kimyasal etkileşimler sonucu asidik veya şelat metabolik ürünlerin açığa çıkması taş bozunmalarında en önemli etkenlerdir (Tintin, 2012).



Şekil 24. Bina yüzeyinde alg oluşum örnekleri (ICOMOS, 2008).

1.9.1.15.5. Bitkiler ve Hayvanlar

Bazı bitki ve hayvan türleri mekanik ve kimyasal etkenlerle taş zarar vermektedirler. Bitki kökleri taş nüfuz ederek (Şekil 25) taşta mekanik çatlaklara ve parça kopmalarına sebep olmaktadır. Kuşlar tarihi yapılar üzerinde yuvalanmakta ve dışkılama yapmaktadır. Karbonatlarla ve diğer taşlarla reaksiyona giren fazla miktarda dışkı; kalsiyum fosfat ve bazı nitratlar meydana getiren fosforik veya nitrik asit içerdiği için tehlike doğurmaktadır (Yıldırım, 2007).



Şekil 25. (a) Taşyapıyı saran ağaç, (b) derz arasında ot oluşumu (Hasbay ve Hattap, 2017).

1.10. Tahribatsız Analiz Yöntemleri

Tarihi yapılarımızın korunmasına yönelik uygulamalar, kapsamlı ön çalışmalar yapmayı gerektirmektedir. Bu çalışmalar, tarihi yapıdaki sorunların doğru tespit edilmesini, yapının günümüze ulaşmasını sağlayan teknolojik özelliklerini ortaya çıkmasını ve elde edilen veriler ışığında bu özelliklerini koruyarak onarım uygulamalarının planlanması hedeflenmektedir. Bu kapsamdaki çalışmaların da, anıtsal yapıya herhangi bir zarar vermeden, tahribatsız analiz yöntemleri kullanılarak yapılması tercih edilmelidir (Tavukçuoğlu, 2009). Tahribatsız yöntemler ile hasar ve bozunmaların erken teşhisinin yapılması, koruma uygulamalarına önemli katkılar sağlamaktadır (Raymahashay ve Sharma, 1993; Cuccuru vd., 2014). Literatürde birçok tahribatsız yöntem olduğu için teşhisin amacına uygun tekniklerin seçimi son derece önemlidir. Aynı zamanda yapı taşlarında gelişen bozunmaların değerlendirilmesinde kullanılacak tahribatsız yöntemlerin sayısının artması teşhisin güvenilirliğini de artırmaktadır (Svahn, 2006; Binda vd., 2007).

Yalnızca bir tahribatsız teknikle bozunmaların tanımlanması uygun görülmemektedir (Fais vd., 2018). Tarihi yapıların tahribatsız muayenesinin ilk adımını malzeme bozunmalarının görsel analizi oluşturmaktadır. Yapıdaki sorunların teşhisinde önemli bir basamak olan görsel analiz yöntemi; ana problemlerin tespit edilmesinde, yapının uzun süreli bakımı ve takibine yönelik uygulamalarda faydalı pratik bir hasarsız yöntemdir. Bu yöntem, tarihi yapılarda görsel olarak takip edilen malzeme bozunma şekillerinin tanımlanması, sınıflandırılması ve çizim ya da fotoğraflar üzerinden haritalandırılmasını sağlamaktadır (Fitzner, 1997; Fitzner, 2004). Bu sayede bozunma türleri ile yapının iç ve dış ortam iklim koşulları, işlevsel sistemlerindeki aksaklıkları, nem ve ısı sorunları arasındaki ilişkiler incelenebilmekte; malzeme bozunmalarına sebep olabilecek problemlerin yapı ölçeğinde değerlendirmesi yapılabilmektedir (Tavukçuoğlu ve Caner-Saltık, 1999).

Tahribatsız deneylerde amaç malzemenin bütünlüğünü ve kullanımına zarar vermeden niteliğini belirlemektir. Hasarsız test teknikleriyle gerçekleştirilen uygulamalarda, test edilen materyaller deforme olmamaktadır. Hasarsız test teknikleri çeşitli prensiplere dayanarak çeşitli koşullar altında uygulanmaktadır. Hasarsız olmaları ve hasarlı yöntemlere nazaran daha hızlı olmaları neredeyse her alanda yaygın olarak kullanılmalarını sağlamaktadır. Hasarsız test yöntemlerinin çoğu uygulamalarında sonuçlar test sırasında alınmaktadır (Kara, Erdal ve Çelik, 2017).

1.10.1. Göz ile Muayene

Bir malzeme yüzeyindeki yapısal bozukluklar ve yüzey analizi gibi kaliteyi etkileyen parametrelerin büyüteç kullanarak ya da kullanılmadan tedavi edilmelidir. Büyüteç ile çatlak hasarlı yüzeyden, taşın dokusu, mineralleri, görünüş özellikleri ve taşın cinsi anlaşılmaktadır (Küçükaya, 2019). Göz ile muayene basit bir uygulama olarak düşünülse de en önemli tedavi tekniğidir ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Herhangi bir hasarsız yöntemden önce ilk olarak başvurulması gerekli yöntemdir. Muayene yüzeylerine erişilebilirlik durumuna göre gerektiğinde endoskop gibi yardımcı gereçler de kullanılarak uygulanabilmektedir. Uygun ışık şartlarında ve uygun bakış açılarında inceleme yapılması gerekmektedir (Şekil 26). Yalnızca göz ile muayene yöntemiyle malzemeye hasar tespiti yapmak doğru bir uygulama değildir. Diğer test yöntemlerinden elde edilen verileri de toplayarak bir tanı koymak gerekmektedir. Muayenenin amacı gözle veya optik cihazlarla görülebilen hasarları tespit edebilmektir (TSE, 1999).



Şekil 26. Göz ile muayene örneği (URL-10, 2021).

1.10.2. Yüzey Nem Ölçüm Testi

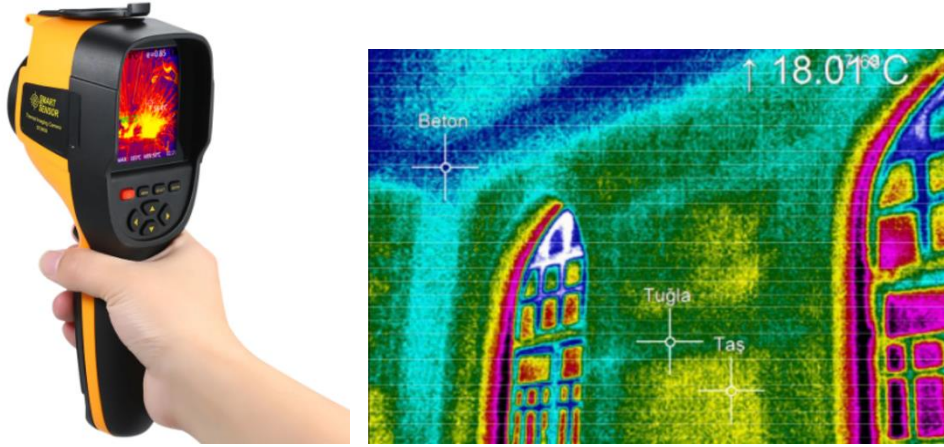
Yüzey nem ölçüm testi; taşlardaki birçok bozunma sürecinin temel sebebi olan suyun, kökeninin ve varlığının oranını tespit etmek için hem sahada hem de laboratuvarında kullanılabilen tahribatsız bir yöntemdir. Bu test sayesinde malzemedeki nem içeriği, elektriksel direnç farkı ile ölçülmektedir (Hatır, 2019) (Şekil 27). Bu testten elde edilen değerler, diğer ölçüm noktaları ile kıyaslanarak malzemelerin nem içerikleri hakkında kıyaslanabilir sayısal veriler elde edilmesini sağlamaktadır (Hatır, 2019).



Şekil 27. Yüzey nem ölçüm testi uygulamasından bir görünüm (Hatır, 2019).

1.10.3. Kızılötesi Termografi Testi

Kızılötesi termografi, cisimlerin yüzey sıcaklığını belirlemek için uygulanabilen tahribatsız deney yöntemidir (Şekil 28). Termografi, malzemedan yayılan radyasyonu toplayarak elektrik sinyallerine çevirir ve yüzeyin ısı dağılımını çeşitli renklerle bir görüntü elde edilmesini sağlar (Barreira ve Freitas, 2007) (Şekil 29). Termal görüntüleme yapılırken çevresel parametreler önemlidir. Gün boyu, malzeme güneşin doğması ile ısınmaya başlarken, güneşin batması ile ısınan malzeme soğur. Termal çekimlerin yorumlanabilmesi için gün doğmadan ve güneş battıktan hemen sonra olmak üzere en az iki kere ölçüm yapılması önerilmektedir. Ayrıca güneş sebebiyle oluşan yansımalar, gölgede kalan bölgeler, malzemenin rengi, çekim açısı ve mesafesi gibi hata oluşturabilecek unsurlar dikkate alınarak yorumlanmalıdır (Hatır, 2019).



Şekil 28. Kızılötesi termal kamera uygulaması (URL-11, 2021) ve Şekil 29. Beton, tuğla ve taş malzemelerinin sıcaklık farkları sonucu oluşan renk değişimleri (Kaplan vd, 2016).

1.10.4. Schmidt Çekici Sertlik Testi

Schmidt çekici sertlik testi, mühendislik tasarımının ana parametresi olan tek eksenli basınç dayanımını dolaylı yoldan tespit etmek için kullanılan hasarsız bir deney yöntemidir. Çekiç, silindir gövdeli yaylı bir pistondan oluşur (Hatır, 2019) (Şekil 30). Schmidt çekici ölçümlerinde, bilye, yay kullanılarak mevcut taş yüzeye fırlatılır. Bilye taş cismin yüzeyine çarptıktan sonra geri sıçramakta ve sıçrama ne kadar büyük ise sertlik o kadar yüksek değerde tespit edilmektedir (Aksoy ve Karaton, 2019). L ve N tipi olmak üzere iki çeşit schmidt çekici bulunmaktadır (Hatır, 2019) (Şekil 31). N-tipi Schmidt çekicinin darbe enerjisinin fazla olması sebebiyle yüzey karakteristiklerinin belirlenmesinde daha düşük hassasiyetle çalışmaktadır. L-tipi Schmidt çekici ise düşük darbe enerjisi sayesinde zayıf ve boşluklu yapıya sahip, ayrılmış kayaç yüzeylerinde daha iyi sonuçlar vermesi iki farklı çekiç tipinin de farklı amaçlar için kullanılması sonucunu doğurmaktadır (Yıldız, 2012).



Şekil 30. Schmidt test çekici (Aksoy ve Karaton, 2019) ve Şekil 31. Schmidt sertlik çekiçleri (Yıldız, 2012).

1.10.5. P-dalga Hızı Testi

P-dalga hızı testi, malzemenin yüzey ve yüzey altındaki kusurları (süreksizlikler, boşluk, çatlak, vb.) tespit etmek için hem laboratuvarında hem de sahada kullanılabilen tahribatsız bir deney yöntemidir. Test, ses dalgasının katı malzemeler yoluyla iletilmesine dayanmaktadır. Cihazın uçları yüzeye temas ettirildiğinde, gönderici uçtan alıcı uca ses hızı gönderilmektedir (Şekil 32). Ses hızının geçiş süresi cihaz ekranından okunarak değer kaydedilmekte ve uygulama tamamlanmaktadır (Hatır, 2019).



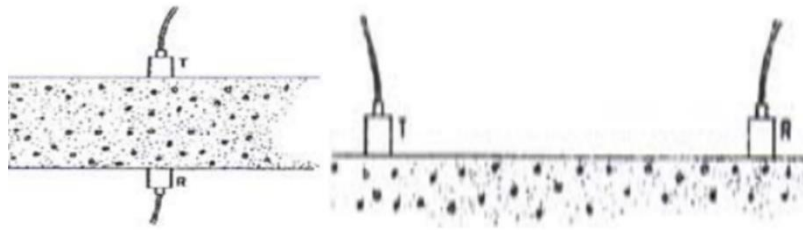
Şekil 32. P-dalga hızı testi uygulamasından bir görünüm (Hatır, 2019).

1.10.6. Taşınabilir Mikroskop Testi

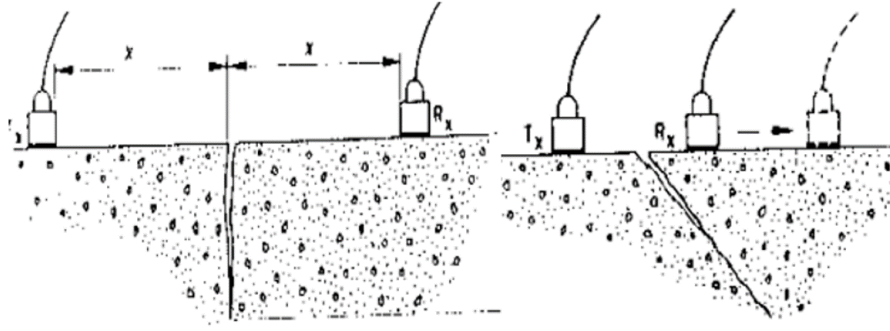
Taşınabilir mikroskop ölçümü, yapı malzemelerini oluşturan makro minerallerin, gözeneklerin geometrisi ve boyutlarını tespit etmek için kullanılabilen tahribatsız bir yöntemdir. Görüntüleme algısı 1600 x 1200 piksel olan cihaz, 54x optik 216x dijital yakınlaşma ile çekimler yapabilmektedir (Hatır, 2019).

1.10.7. Ultrasonik Hız Ölçümleri

Taş malzemenin ultrasonik hızı, taşın genel durumunu tanımlayan substratın yığın yoğunluğuna ve boşluk oranına bağlıdır. Ultrasonik hız ölçümleri, taş malzemenin zaman içindeki değişimlerini hasarsız bir şekilde kontrol etmek için kullanılmaktadır (Akoğlu, 2011). Ultrases aleti ile karşılıklı yüzeylerde doğrudan veya aynı yüzden dolaylı ölçüm yapılarak ses geçiş süresi ölçülmekte ve ses geçiş hızı hesaplanmaktadır (Şekil 33). Ses geçiş hızının yüksek olması, gözeneklerin fazla olduğu dolayısıyla dayanımın yüksek olduğu anlamına gelir. Ancak bu deney dayanımın belirlenmesi için tek başına yeterli değildir. Diğer ölçümler ile birlikte değerlendirilmelidir. Ultrases geçiş süresindeki kayıtlar izlenerek çatlak oluşumu tespit edilmektedir. Tarihi yapılarda, çatlakların giderilmesi için yapılan enjeksiyon işlemlerinde çatlakların ne derece yok olacağının araştırılması için ultrasonik ölçüm yönteminden yararlanılabilir (Aköz ve Yüzer, 2009) (Şekil 34).



Şekil 33. Doğrudan ölçüm ve dolaylı ölçüm (Aköz ve Yüzer, 2009).



Şekil 34. Çatlak derinliği ve çatlak yönünün araştırması (Aköz ve Yüzer, 2009).

1.10.8. Georadar

Georadar yönteminde bir ortam içinden elektromanyetik dalgalar gönderilir, alıcı ve verici arasında geçen zaman kaydedilir ve hedeflenen bir bölge taranır. Böylece ortamdaki fiziksel süreksizliklerin varlığına bağlı olarak bilinmeyen karakteristikler açığa çıkarılabilir. Bu yöntem ile malzemenin mekanik özellikleri araştırılamamaktadır. Ancak yapının gözle veya alınan numuneyle belirlenemeyen fiziksel karakteristikleri belirlenebilmektedir (Aköz ve Yüzer, 2009).

1.10.9. Endoskopik Yöntem

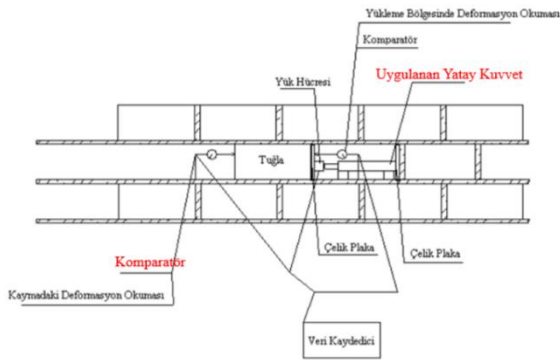
Yapıların taşıyıcı görevlerini üstlenen yapı elemanlarının büyük hacimde olması gözle ya da alınan numune ile erişilemeyen bölümlerde kullanılan malzemelerin türüne karar verilmemesi durumunda kullanılan tahribatsız yöntemlerden biridir. Bu yöntem ile uygulanılacak alanda 1 cm çapında delik açılır ve içeriye gönderilen kablo ile görüntü alınarak istenilen derinlikte kullanılan malzemenin ne olduğuna karar verilmektedir (Aköz ve Yüzer, 2009) (Şekil 35).



Şekil 35. Endoskopik yöntemin yapıda uygulanma görseli (Aköz ve Yüzer, 2009).

1.10.10. Yerinde Kayma Deneyi

Yığma yapıdaki kayma dayanımının belirlendiği deney seti, güç uygulayan kompresör, kuvvetölçer ve deplasmanı tespit eden dönüştürücüden meydana gelmektedir. Deneyde ölçüm yapılacak bölgenin iki tarafı açılır, bir taraftan yatay kuvvet uygulanmaktadır. Malzemenin diğer tarafına yerleştirilen dönüştürücünün maksimum deplasmanı kaydettiği andaki kayma gerilmesi, yapıdaki kayma gerilmesi indeksi olarak tespit edilmektedir (Aköz ve Yüzer, 2009) (Şekil 36).



Şekil 36. Yerinde Kayma Deneyi (Aköz ve Yüzer, 2009).

1.10.11. Yerinde Basınç Gerilmesinin Belirlenmesi

Yığma yapılarda, gerçekleştirilen yerinde basınç deneyinde; elemana uygulanan kuvvetin ve kuvvete karşılık gelen boy değişiminin ölçülmesine olanak sağlayan flatjack

deney düzeneğinden yararlanılır. Bu deney düzeneği, Şekil 37’de görüldüğü gibi basınç uygulayan bir kompresör ve bir basınçölçer, basınç kuvvetini yüzeye uygulamaya yarayan plaklar, deplasmanı ölçmeye yarayan komparatör ve komparatörü tespit etmeye yarayan pimlerden oluşmaktadır. Deneyde, öncelikle deplasmanların ölçüleceği pimler yüzeye uygun olarak yapıştırılarak başlangıçtaki uzaklık ölçülmektedir. Elemanda, plağın yerleştirileceği bölge, matkap ile açılarak harç kaldırıldığı için yapının zati yükü nedeni ile ölçüm bölgesinde meydana gelen boy değişiminin belirlenmesiyle pimler arasındaki mesafe tekrar ölçülmektedir. Açılan bölgeye plak yerleştirilerek kuvvet uygulanmaktadır. Belirli aralıklar ile kuvvet ve deplasmanlar ölçülmektedir. Deneylerde ölçümü yapılan bölgenin gerilme seviyesi belirlenmektedir. Bu gerilme seviyesi, şekil değiştirmenin başlangıçtaki değerine ulaştığı gerilme seviyesi olarak kabul edilmektedir (Aköz ve Yüzer, 2009) (Şekil 37).

Bu çalışmada tahribatsız analiz yöntemlerinden göz ile muayene ve Schmidt çekici sertlik testi uygulanmıştır.



Şekil 37. Plak (200x400x8 mm) ölçüm yöntemi ile yapılan teorik anlatımı ve uygulaması (Aköz ve Yüzer, 2009).

1.11.Tahribatlı Analiz Yöntemleri

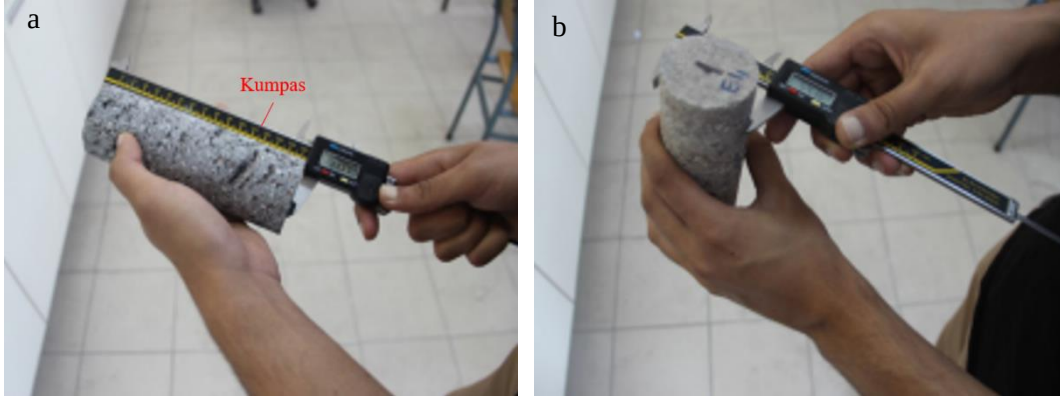
Detaylı araştırması yapılacak objeden alınan numunenin, analitik incelenmesi esasına dayanır (Küçükkaya, 2019). Mikroskopik inceleme için numune alma ve numuneyi kalıba yerleştirme yöntemi gibi deneyler tahribatlı test yöntemi deneyleri arasında yer almaktadır. Test edilecek malzeme çekme, bükme gibi kuvvetler uygulanarak tedavi edilmektedir. Yapılan fiziksel müdahaleler, malzemeye zarar vererek sonradan kullanılamayacak hale getirebilmektedir. (Kara vd., 2017). Tahribatlı deney yöntemleri; mekanik özellikleri belirleme, içyapı tespiti, gevreklikten sünekliğe geçiş sıcaklığı, süneklik, tokluk, sertlik, sıcaklık ve mukavemette değişim, dinamik şartlarda dayanım ve şekil verilebilirliği test etmek amacıyla uygulanan ancak malzemede hasar oluşturabilen test yöntemidir (Alsaran, 2017).

Tahribatsız muayene yöntemleri malzemenin içyapısının incelenmesi, hata ve kusurlarının tespiti için kullanılıp mekanik özelliklerin tespiti konusunda tahribatlı deneylere başvurma ihtiyacı duymaktadır (Çelik, 2013). Tahribatsız analiz yöntemleriyle, taş malzemenin donma-çözünme, minerolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri elde edilir ve sonuçlar değerlendirilir (Hatır, 2019).

1.11.1. Fiziksel Özellikler

1.11.1.1. Birim Hacim Ağırlık ve Yoğunluk

Birim hacim ağırlığının belirlenmesi için, karot örneklerin boyu (L) ve çapı (D) kumpas ile birbirine dik iki yönde ölçülerek elde edilen değerlerin ortalaması alınır (Şekil 38). Karot örneğin çap ve boyu ile numunenin hacmi hesaplanmıştır. Karot numunenin kütlesi (M) hassas terazi ile belirlenir. Elde edilen değerler hesaplanarak, numunelerin hacim ağırlığı (γ), yoğunluğu (P) ve hacmi (V) belirlenir (Hatır, 2019).



Şekil 38. Karot ölçümleri; a) karot boyunun (L) dijital kumpasla ölçümü, b) karot çapının (D) dijital kumpasla ölçümü (Hatır, 2019).

1.11.1.2. Kuru Birim Hacim Ağırlık ve Kuru Yoğunluk

Kuru birim ağırlığın belirlenmesi için öncelikle standartlara göre hazırlanan numunelerin boyu (L) ve çapı (D) ölçülür. Elde edilen değerler ile örneklerin hacmi (V) hesaplanır. Numuneler 105 °C’ deki etüvde 24 saat kurutulur. Etüvde kurutulan örnekler hava nemi almaması için desikatör içerisinde 30 dakika soğutulduktan sonra hassas terazi ile kuru kütle (M_k) değeri belirlenir. Elde edilen değerlerle kuru birim hacim ağırlığı (γ_k) ve kuru yoğunluğu (P_k) hesaplanır (Hatır, 2019).

1.11.1.3. Porozite

Porozite deneyi için öncelikle standartlara göre hazırlanan örneklerin boyu (L) ve çapı (D) ölçülür. Elde edilen değerler ile örneklerin hacmi (V) hesaplanır. Ölçüleri hesaplanan numuneler 105 °C’ deki etüvde 12 saat kurutulur. 12 saat sonra etüvden çıkarılan örnekler, hava nemi almaması için desikatör içerisinde 30 dakika soğutulmuş ve hassas terazi ile kuru kütle (M_k) değeri belirlenir. Kuru kütlesi belirlenen örnekler, saf su ile dolu bir kap içerisinde 48 saat bekletildikten sonra yüzeyleri kurulanmış ve hassas terazide tartılarak doymuş kütle (M_s) belirlenir. Elde edilen değerlerle örneklerin boşluk oranı (e), boşlukların hacmi (v) ve porozite (n) değeri hesaplanır (Hatır, 2019).

1.11.1.4. Ağırlıkça Su Emme

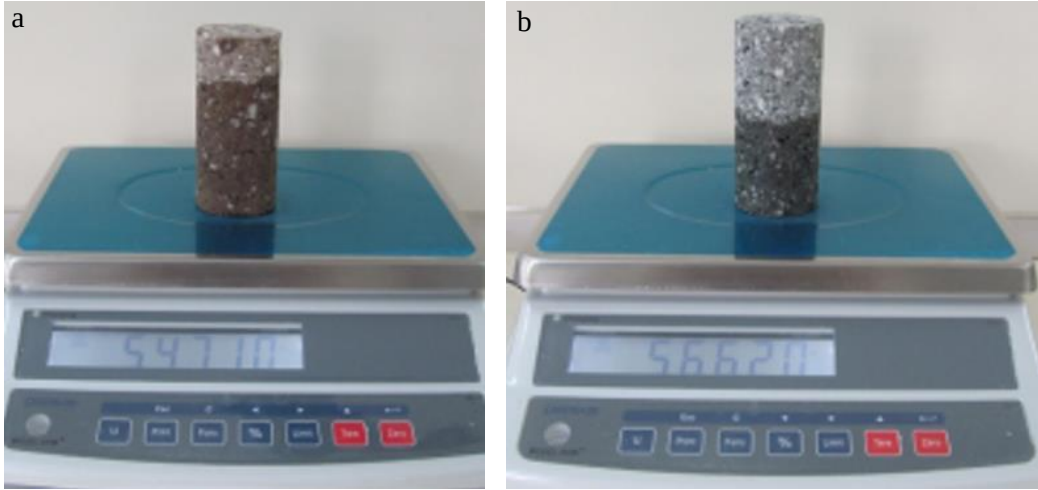
Ağırlıkça su emme değerin belirlenmesi için öncelikle hazırlanan numunelerin boyu (L) ve çapı (D) ölçülür. Ölçüleri belirlenen karot örnekler saf su ile dolu bir kap içerisinde 12 saat bekletilir (Şekil 39a). Suya doymuş numunelerin üzeri kurulanmış ve hassas terazide tartılarak doymuş kütlesi (M_s) belirlenir. Daha sonra numuneler $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' deki etüvde 24 saat boyunca kurutulur (Şekil 39b). Kurutulan numuneler hava nemi almaması için desikatör içerisinde 30 dk soğutulduktan sonra hassas terazi ile kuru kütle değeri (M_k) belirlenir (Şekil 39c). Elde edilen değerlerle örneklerin değeri belirlenir (Hatır, 2019).



Şekil 39. Ağırlıkça su emme deney aşamaları; a) numunelerin saf su altında bırakılma işlemi, b) numunelerin etüvde kurutulma işlemi (Hatır, 2019). c) numunelerin desikatör ile nemden korunması işlemi (URL-11, 2021).

1.11.1.5. Kapilerite Deneyi

Kapilerite deneyi için öncelikle standartlara göre hazırlanan numunelerin boyu (L) ve çapı (D) ölçülür. Daha sonra örnekler, sabit kütleye ulaşmaya kadar havalandırmalı etüvde ($70\pm5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de) kurutulmuş ve hassas terazi ile kuru kütle (M_d) değeri belirlenir. Deneye başlamadan önce içerisi boş su tankına demir ızgara yerleştirilir ve karot örnekler ızgara üzerine konulur (Şekil 40a). Örneklerin alt kısmı $3\pm1\text{ mm}$ suda kalacak şekilde tanka su eklenir. Örnekler su ile temas ettikleri anda kronometre başlatılır ve 30, 60, 480, 1440, 2880 ila 4320. dakikalarda hassas terazi ile ölçümler yapılır (Şekil 40b). 30-2880. dakikalar arasında ölçülen ağırlıklar (M_i), 4320. dakikada yapılan ölçümün kütlesi (M_f) olarak belirlenir. Deney sonucundan elde edilen değerlerle su emme değeri düşük olan örneklerdeki kılcal su emilim (C_d) değerleri bulunur (Hatır, 2019).



Şekil 40. (a) Düşük mukavemetli su yükselimi, (b) Yüksek mukavemetli örneğindeki su yükselimi (Hatır, 2019).

1.11.2. Minerolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikler

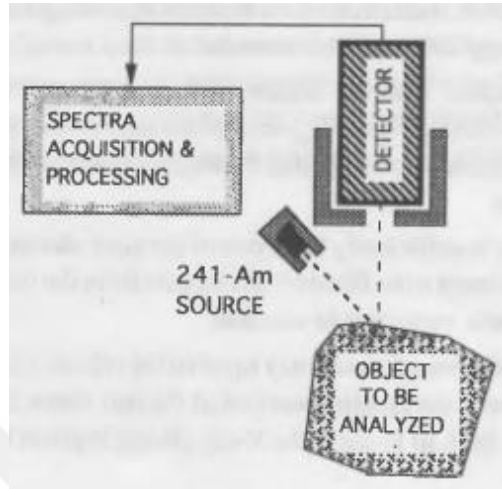
1.11.2.1. Polarizan Mikroskop

Petrolojik mikroskop olarak da bilinen bir polarizasyon mikroskobu, mineraller ve kayalar gibi kristalimsi malzemenin optik özelliklerini incelemek için polarize ve iletilen ışığı kullanan bir mikroskop türüdür. Polarize edici mikroskoplar iki türdür. Bunlar kayaçların ve minerallerin incelenmesi için kullanılan ve optik minerallerin incelenmesi için kullanılan yansıyan ışık mikroskobudur (Raith vd., 2012). Bu çalışmada kayaçları ve mineralleri inceleyen polarizan mikroskop kullanılmıştır.

1.11.2.2. X-Işını Floresan Spektrometresi (X-Ray Fluorescence) – XRF

En küçük, en büyük elementleri yüksek hassaslıkta analiz etmeyi sağlayan analitik bir metottur (Şekil 41). Ölçüler maddeye zarar verici değildir ve genelde bütün nesne analiz edilebilir. Nesne içinde bulunan her eleman değişik enerjilerde X-ışını üretir. Bu ışınlar spektrum olarak sunulur. Piklerin pozisyonu hangi elementlerin olduğunu ve pik yükseklikleri her elementin ne miktarda olduğunu anlatmaktadır. İki atomik kabuk arasında elektronların geçişi, kabuklar arasındaki enerji farklılıklarıyla doğrudan ilgili olan, foton enerjisinin yayınımına sebep olabilir (Küçükaya, 2019). Kayaç içerisinde bulunan kristallerin kimliğinin belirlenmesi, elementlerin çeşidi, elementlerin içeriği ve sayısal

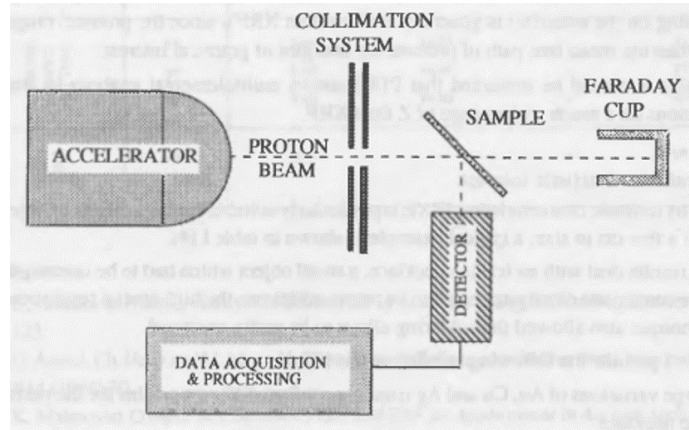
özelliklerinin tespiti için uygulanan XRF analizi, aynı zamanda kayaçlardaki erimiş tuz ve siyah kabuğun minerolojik içeriğinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Küçükaya, 2004).



Şekil 41. Radyoaktif kaynakla beslenen XRF (Ferretti, 1993).

1.11.2.3. Partikül İndüklenen X-Işını Yayınımı Analizleri (Particle-Induced X-Ray Emission) – PIXE

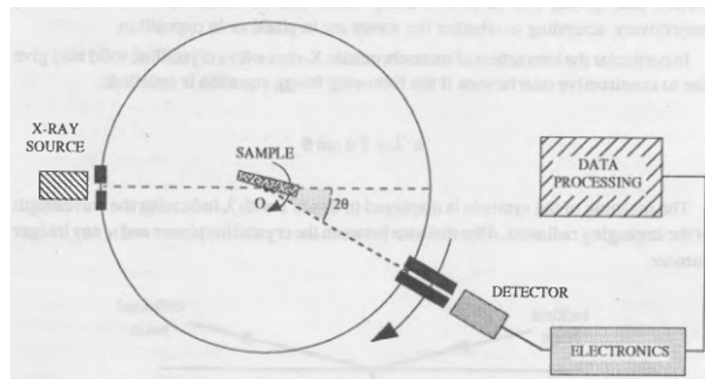
X-ışınlarının yayınımı karakteristiği yalnız fotonlar tarafından değil, elektronlar, protonlar, a parçacıkları, dötronlar ya da ağır iyonlar tarafından da meydana getirilebilir. PIXE, XRF ile aynı özelliklere sahiptir. PIXE'nin tercih edilmesinin ana sebebi, miligram seviyesindeki örnek ağırlığında ppm (milyonda bir) seviyesinde yüksek duyarlılığıdır, ayrıca XRF'e göre daha geniş mesafelerde basit ışımalardaki çoklu analizlere izin vermektedir (Ferretti, 1993) (Şekil 42).



Şekil 42. PIXE Deneysel Kurulum (Ferretti, 1993).

1.11.2.4. X-Işını Kırınımı (X-Ray Diffraction) – XRD

Madde kristalinin sayısal özellikleri, Kayaç içerisindeki minerolojinin tespiti ve kimliğinin saptanması için uygulanır. Taşlardaki erimiş tuz ve kil minerallerinin kimlik belirlenmesinde, harcın, çiçeklenme ürünlerinin ve siyah kirli kabuğun mineralojik tetkikinde kullanılır. Kırınım bilgileri iki basamakta yapılır; önce uygun sayısal algoritmalar ile bireysel safhada kimlik belirlenir sonrada uygun diğer metotlarla bu sayısal özellikler geliştirilir. Örnekler önce toz haline getirilir, ardından özel koşullar altında X-ışını difraktometresi ile analiz edilir ve her maddenin grubu kimlik belirleme standartları içinde karşılaştırılır (Küçükaya, 2019) (Şekil 43).



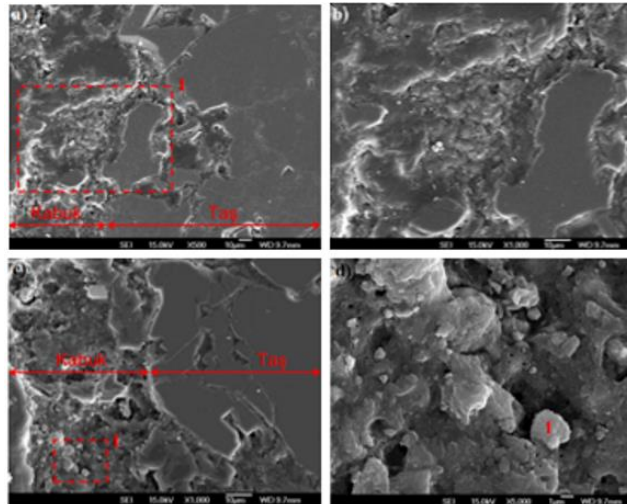
Şekil 43. Difraktometrenin Şematik Diyagramı (Ferretti, 1993).

1.11.2.5. Tarayıcı Elektron Mikroskop – SEM

Atomik ölçeği dahi görebilen taramalı elektron mikroskobu, kayaçları oluşturan bileşenlerin dağılımının ve mikro yapısının tespit edilmesini sağlar (Sousa vd., 2005). SEM ile elektron akımı, TV kamerasında olduğu gibi, numunenin yüzeyini tarar. Yansıtılan elektronlar maddenin yapısını açıklayarak üç boyutlu TV görüntüsü verir (Küçükaya, 2019). SEM, ışık mikroskobuna (optik mikroskop) (x 10000'e kadar) kıyasla çok yüksek büyütmelerde (x300000'e kadar) çok ayrıntılı üç boyutlu görüntüler gösterir. Ancak görüntüler ışık dalgaları olmadan oluşturulduğu için siyah beyazdır (Joshi ve Bhattacharyya, 2008) (Şekil 44).

SEM analizi için bazı sınırlamalar söz konusudur: alınan numune en fazla 100 mm çapa ve 2kg ağırlığa sahip olabilir. Diğer özellikler olarak SEM: Akım voltajı için 300 V ile 40kV arası büyük ekranda net görüntü, dinamik stereo, büyük alanlı zımlamalarda otomatik kurgu, EBIC görüntüleme ve yarı iletkenler için ölçü, online görüntü, küçük alanın doğrudan ölçülmesi, görüntü tutma, tiff dosyası olarak depolama, A4 kağıdı, film, termal baskı veya kaldırılabilir disk görüntüleme özelliklerine sahiptir (Küçükaya, 2019).

SEM için petrografik analizlerde kalıplara alınmış numunelerden 2-3mm kalınlıkta kesit alınır ve önce yüzey parlatılır sonra altın ya da karbon ile kaplanarak aletteki özel yerine konumlandırılır (Yıldırım, 2007).



Şekil 44. Kirli kabuk ve taş arakesitini gösteren SEM görüntüleri; b) a'da I ile belirtilen bölgenin 2 kat büyütülmüş halini göstermektedir. d) ise c'de I ile belirtilen bölgenin 5 kat büyütülmüş halini göstermektedir. d'de 1 uçucu partikülü göstermektedir. (Yıldız, 2012).

1.11.2.6. Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi – AAS

Spektroskopi; maddenin atomik özelliklerine bağlı yapısını incelemek için, atom altı parçacıkların (elektron, proton, nötron v.b.), X ışınlarının (fotonlar) örnekten saçıldıktan sonra elektromanyetik dalga özelliklerinden faydalanılarak numunenin yapısının belirlenmesi tekniğidir. Görünür ışık bölgesinde elektromanyetik ışımının madde ile etkileşmesi, atomların dış yörünge elektronlarının uyarılması ile meydana gelir.

Deneyisel olarak, serbest atom bulutu arasından geçen sürekli spektrumlu optik ışıma göz önüne alınarak gözlemlenebilir. Geçen spektrum atom tipinin karakteristiğine bağlı olarak bazı izler bırakır. AAS, taştan alınan numune içerisinde varsa 14 elementin (Na, Mg, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Au, Hg), milyonda bir hassaslıkta sayısal değerlerinin bulunması için kullanılmaktadır. Nadir bulunan maddelerin analizinde, hız ve kolaylık sağlamasından dolayı en çok tercih edilen metotlardan biridir (Küçükkaya, 2019). Eski eserlere ait sıva ve taşların kimyasal analizindeki sayısal sonuçlar ikna edici olmaktadır.

AAS'nin uygulaması için öncelikle elde edilen numune kuvvetli bir asit kullanarak eritilir. Aletin alevi içerisine çözelti spreyi yapılır ve parçalara ayrılması sağlanır. Elementin dalga boyu ışığı, alev boyunca parlar ve bu ışığın birazı örnek maddenin atomları tarafından emilir. Emilen ışık miktarı solüsyondaki elementlerin zenginleşmesi ile ters orantılıdır. Tam bir analiz yapabilmek için elementlerin hepsi teker teker incelenmelidir. Bu teknik oldukça yavaş, fakat çok hassastır ve milyonda bir seviyedeki parçaları ölçebilir (Küçükkaya, 2019).

1.11.2.7. Yükleme İşlemleri Çiftlenmiş Plazma Atomik Işıma Spektroskopisi - ICP-AES

Yükleme işlemli çiftlenmiş plazma atomik ışıma spektroskopisi, malzemeden alınması gereken numune ve benzer analitik kapasiteye sahip olmasından dolayı atomik absorpsiyon spektroskopisine (AAS) benzemektedir. En büyük yararı uygulama hızıdır. Multi-elemental bir teknik olup aynı anda ikiden fazla elementin analizine izin vermektedir. 30-40 elementi dakikalar içinde ölçebilir. Kimyasal girişim atomik absorpsiyon spektroskopisinden daha düşük, ancak spektral girişim daha yüksektir ve periyodik sistemdeki bütün elementler tayin edilebilir (Küçükkaya, 2019).

1.11.2.8. İyon Kromatografisi– IC

İyon kromatografisi, iyonik numunenin uygun seçilmiş iyon değiş-tokuş reçine sütunundan geçerken maruz kaldığı ayrılma etkileri üzerine kurulmuştur. Mevcut iyonların kalitesi ve miktarları; anyon ve katyonlarının analizinde kullanılır (Ferretti, 1993). İyonların sütun içerisindeki süreci, iyonun değiş-tokuş reçinesine eğilimi ile alakalıdır; bu durum farklı iyon çeşitlerinin sütundan farklı zamanda ayrılmalarına sebep olur. Numune sisteme enjekte edildiğinde ve sütun boyunca çözücü ile taşındığında, numunenin iyonları reçine ile birleşir. Bir süre sonra numune iyonlar, çözücü iyonlarla yer değiştirir, daha sonra reçine ile tekrar birleşir. Algılayıcılar, genel olarak iyon tipine bağlı olarak UV ışımasına doğru emilmeyi veya toplam iletkenliği ölçerler. İyon kromatografisi, taştaki su bazlı tuzların bulunması için kullanılır (Ferretti, 1993).

1.11.2.9. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)

FTIR, matematiksel Fourier dönüşümü yöntemi ile ışığın kızılötesi yoğunluğuna karşı dalga sayısını ölçen kimyasal bir analitik yöntemdir. Bu yöntem, kızılötesi radyasyonun absorpsiyonu ile kimyasal bağların titreşiminin ölçülmesini sağlamaktadır (Şekil 45). Kızılötesi radyasyonu kimyasal bağların gerilme, büzülme ve bükülme gibi değişik titreşim hareketleri ile absorbe edilir. Kızılötesi bölgesindeki kimyasal bağların salınımlı değişiklikleri ve absorpsiyon özellikleri, en üst spektral seviyelerin oluşumuna katkıda bulunur. FTIR ile moleküler bağların karakterizasyonu; Katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki bir organik bileşiğin yapısındaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, bağların yapıdaki durumları ve bağlanma konumları belirlenebilir (Yıldız, 2012).



Şekil 45. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FTIR) (Yıldız, 2012).

1.11.3. Mekanik Özellik

1.11.3.1. Tek Eksenli Basınç Deneyi

Tek eksenli basınç testi için öncelikle standartlara göre hazırlanan numunelerin ebatları ölçülür. Blok numunelerin her biri için 5 karot üzerinde gerçekleştirilen deneyde, karotlar baskının sabit olan alt tablası ile oynar üst başlığı arasına yerleştirilir (Şekil 46a). Numunelerin 5-10 dk içerisinde kırılabilmesi için, yükleme hızı seçilir ve numuneye aktarılır (Şekil 46b). Yük değeri (P) numunenin yükü kaldıramayıp yenildiği anda belirlenir (Şekil 46c). Numunenin tek eksenli basınç dayanımı elde edilen değerle bulunmuş olur (Hatır, 2019).



Şekil 46. Tek eksenli basınç deney aşamaları; a) deneyde kullanılan yükleme başlıkları ve pres, b) yükleme hız seçimi, c) örneğin deney sonrası görünümü (Hatır, 2019).

Çalışmada tahribatlı analiz yöntemleri içerisinde yer alan polarizan mikroskop ve XRD analizlerine yer verilmiştir. Ancak polarizan mikroskop ve XRD analizleri literatürde tahribatlı analiz yöntemleri olarak adlandırılmasına rağmen bu çalışma kapsamında alınan numuneler malzemeden kopan parçalardan elde edilmiştir. Dolayısıyla tahribatlı olarak nitelendirilen anali yöntemleri çalışmada tahribatsız bir şekilde uygulanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölüm iki aşamadan meydana gelmektedir. 1. aşama Trabzon şehrinin Ortahisar ilçesinde yer alan 11 adet dini yapının tanıtılması, saha çalışmaları yapılarak örneklerin fotoğraflanması ve uygun görülen yapıtaşlarından numune alınmasından oluşmaktadır. 2. aşama ise alınan numunelerin laboratuvar ortamında test edilerek yorumlanmasından oluşmaktadır.

1.12. Çalışmanın Tanıtılması

2.1.1. Kullanılan Yöntem ve Teknikler

Çalışmaya yön verecek yapıların belirlenmesiyle detaylı bir literatür taraması yapılmış ve Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü'nden ilgili yapılar hakkında belgeler toplanmıştır. Ardından saha çalışmaları başlatılarak cami grubundan tek tek tahribatsız bir şekilde findık büyüklüğünde numuneler alınmıştır. Yapılarla birlikte numunelerin alındığı bölgeler fotoğraflanmıştır. İkinci aşamada ise alınan numunelerin bozunma detaylarını incelemek üzere İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisli bölümüne gönderilerek örneklerin XRD grafikleri elde edilmiştir. Ardından mineraloji ve petrografik analizi için Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümüne gönderilerek gerekli incelemeler tamamlanmıştır. Saha çalışmasında ise N tipi (kayaçlar için) Schmidt çekici uygulanarak geri tepme değerleri kaydedilmiştir. Elde edilen bütün veriler bir araya getirilerek karşılaştırma tablolarıyla yorumlanmıştır.

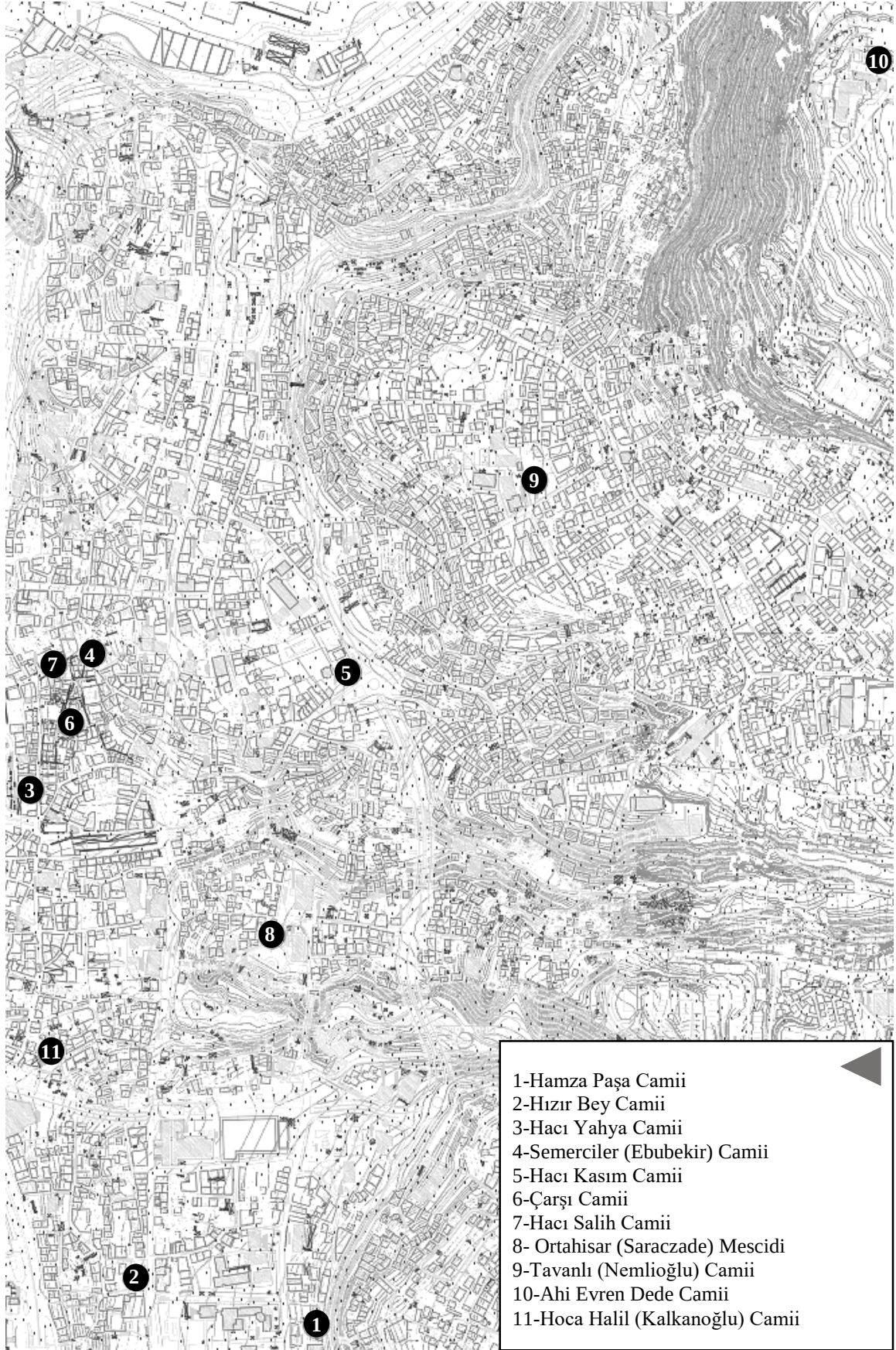
2.1.2. Örneklem Grubunun Belirlenmesi

Yapılarda bozunmaya uğramış taş malzemelere yönelik yapılan araştırmada ilk olarak hangi tür yapılar üzerinde sınırlama yapılacağına karar verilmiştir. Bunun için Trabzon merkezde yer alan cami, konut ve idari yapılar incelenmiştir. Yapıların konumu, çevre etkisi, yönleri incelendiğinde çalışmaya en uygun olacak yapı türünün dini yapılar olduğuna karar verilmiştir.

Buna sebep olarak; ulaşım kolaylığı sağlaması, şehir merkezinde yer almaları (hava kirliliği, gazlar ve partiküller, titreşim vb. gibi aynı etkilere maruz kalmaları) ve nem gibi çevresel etmenlerin içerisinde yer almaları, ayrıca yapıda kullanılan malzemelerin yaşlarında eş değer olması açısından 18-19.yy tarihi yapılarının seçilmesi çalışmanın örneklerinin belirlenmesinde destekleyici nitelik olarak gösterilmektedir.

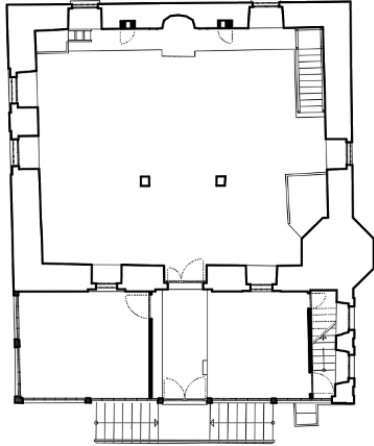
Yukarıda bahsedilen 11 adet dini yapı kronolojik olarak aşağıda sıralanmaktadır;

- Hamza Paşa Camii, 1735-1736
- Hızır Bey Camii, 1798-1799
- Hacı Yahya Camii, 18.yy
- Semerciler (Ebubekir) Camii, 1821
- Hacı Kasım Camii, 1821-1822
- Çarşı Camii, 1839-1840
- Hacı Salih Camii, 1859-1860
- Ortahisar (Saraczade) Mescidi, 1866
- Tavanlı (Nemlioğlu) Camii, 1874-1875
- Ahi Evren Dede Camii, 1890-1891
- Hoca Halil (Kalkanoğlu) Camii, 1894-1895

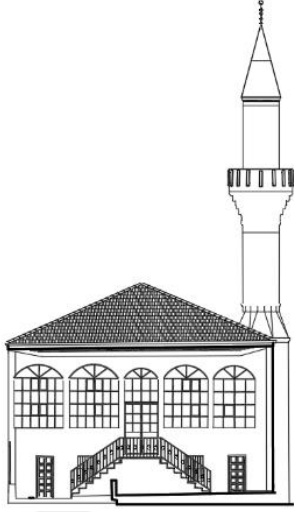


Şekil 47. Çalışma için seçilen 11 adet dini yapının konum haritası (TBBA).

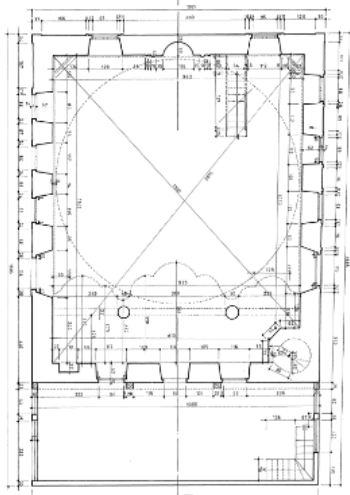
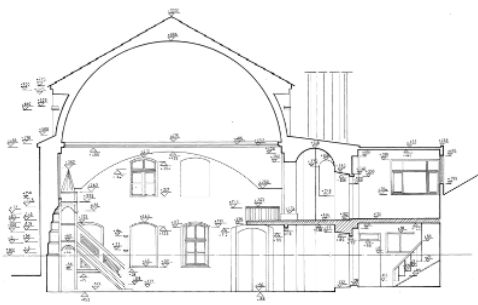
Tablo 1. Hamza Paşa Camii Yapı Kimlik Kartı (a. TBBA; b. URL-12; c. e. ve g. TVBMA; d. ve f. yazar arşivi)

YAPI KİMLİK KARTI		
Yapı No: 1	Yapı Adı: Hamza Paşa Camii	a. 1 Nolu Yapı Numunesi
Konumu: Ortahisar/Trabzon		
Yapım Tarihi: 18.yy		
Banisi: Hamza Bey		
Kullanım İşlevi: İbadet		
Onarım Yılı: 2007		
Yapım Tekniği: Yığma Yapım Sistemi		
Kullanılan Malzeme Türleri: Litik kristal bazanitik tüf		
b. Yapı Kuzeydoğu Cephe Görself		c. 1 Nolu Yapı Planı
		
d. Yapı Doğru Cephe Görself		e. 1 Nolu Yapı Kesiti
		

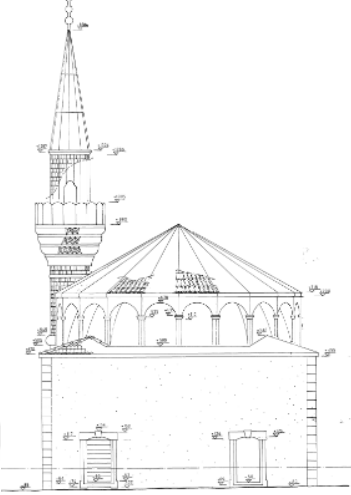
Tablo 1'in devamı

f. Yapı Kuzey Cephe Görseli	g. 1 Nolu Yapı Kuzey Görünüşü
	
Yapının Mimari Özellikleri: İşlek araç yolları arasında avlu içerisinde yer alan cami, 18.yy'da inşa edilmiştir. Eğimli arazide bodrum kat üzerine inşa edilmiştir. Caminin kuzeyinde ve batısında avlu ve komşu binalar, doğusunda haziresi, güneyinde ise tanjant yolu vardır. Ahşap hatıllı kaba yontu taş malzeme ile inşa edilen yapı; bodrum, harim, mahfil ve son cemaat yerinden meydana gelir. Caminin mahfil kısmı son cemaat yeri üzerine doğru genişletilmiştir. Batı cephe ekseninin hafif kuzeyinde bulunan minare yapıya bitişik olarak konumlandırılmıştır. Kuzeyde yer alan son cemaat mahali, kare kesite sahip sekiz adet ahşap sütunun konumlandığı beş bölümden meydana gelmektedir. Ahşap sütunlar yuvarlak kemerlerle birbirlerine bağlanmaktadır. Son cemaat mahalinin doğusu açık, batısı taş duvarla kapatılmıştır. Son cemaat mahalinin düz ahşap tavan ile örtülmüştür. Batı cephesi duvarında dikdörtgen formlu, taş söveli ve ahşap doğramalı iki pencere yer almaktadır. Orijinalinde son cemaat bölümünün kuzey ve doğu cephesi açık olmasına rağmen günümüzde belli bir yüksekliği taş duvarla, diğer bölümleri ise ahşap doğramalı camekânla kapatılmıştır. Son cemaat mahaline orta bölümde bulunan iki ahşap kanatlı kapıdan girilmektedir. Yapı eğimli arazi üzerine inşa edildiği için giriş kapısına taş malzemeli merdivenden ulaşılmaktadır.(Sarı, 2021). Yapının Malzeme ve Teknik Özellikleri: Cami beden duvarlarında ahşap hatıllı kaba yontu taş malzeme, mihrapta, minarede, kapı ve pencerelerin söve, lento ve kemerlerinde düzgün kesme taş malzeme kullanılmıştır. Son cemaat birimi kapalı olup sıvanmıştır. Beden duvarlarında ahşap hatıllı yığma taş tekniği ve minarede yığma taş tekniği uygulanmıştır (Sarı, 2021).	

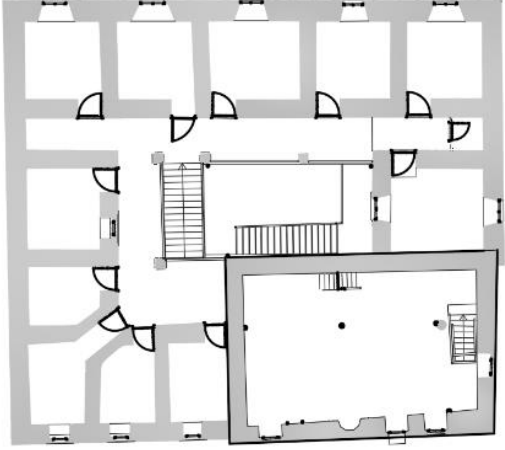
Tablo 2. Hızır Bey Camii Yapı Kimlik Kartı (a. TBBA; b. d. ve f. yazar arşivi; c. e. ve g. TVBMA)

YAPI KİMLİK KARTI		
Yapı No: 2	Yapı Adı: Hızır Bey Camii	a. 2 Nolu Yapı Numunesi
Konumu: Ortahisar/Trabzon		
Yapım Tarihi: 1798		
Banisi: -		
Kullanım İşlevi: İbadet		
Onarım Yılları: 1837, 1859, 1903, 1996 ve 2011		
Yapım Tekniği: Yığma Yapım Sistemi		
Kullanılan Malzeme Türleri: Litik kristal bazanitik tüf (ignimbrit)		
b. Yapı Batı Cephe Görşeli		c. 2 Nolu Yapı Planı
		
d. Yapı Güneydoğu Cephe Görşeli		e. 2 Nolu Yapı Kesiti
		

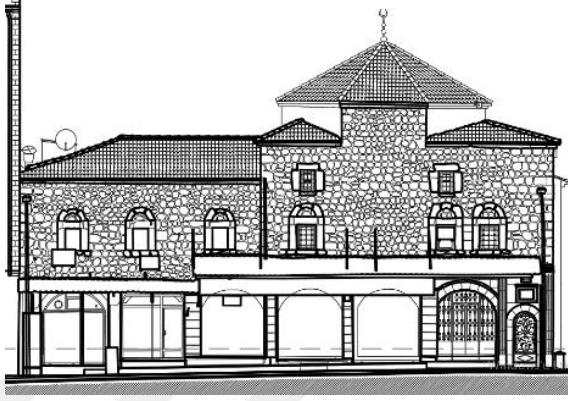
Tablo 2'in devamı

f. Yapı Doğu Cephe Görseli	g. 2 Nolu Yapı Güney Görünüşü
	
Yapının Mimari Özellikleri: Yazılı kaynaklara göre caminin 1553–1562 yılları arasında inşa edilen “Eksotha Mescidi”nin yerinde yapılmış olduğu öngörülmektedir. Yapı, güney cephesinde yer alan kitabeye göre, 1798 tarihinde inşa edilmiştir (Tuluk ve Düzenli, 2010). Aynı kitabede 1837, 1859, 1903, 1996 ve 2011 yıllarında onarımdan geçtiği de anlaşılmaktadır. Yapı ana cadde üzerinde kuzey-güney doğrultuya sahip eğimli arazi üzerine inşa edilmiştir. Yapının kuzey yönünde bulunan ek bölüm altında bodrum kat yer alır. Yapı çevresinde sırasıyla güney bölümünde ana cadde, batısında ve doğusunda avlu ve kuzeyinde komşu bina yer almaktadır. Caminin 1983 tarihindeki belgesine göre içerisinde harim, mahfil ve iki katlı son cemaat yeri bulunmaktadır. Sonraki tarihlerde yapılan onarımlara bakıldığında yapının kuzey yönünde genişletilmiştir. Yapı taş malzemeye inşa edilmiş olup harim bölümü ve kuzeyindeki iki katlı bölümden meydana gelmektedir. İki katlı bölümün üst katı kadınlar mahfili olarak, alt katı ise erkek cemaat kullanılmaktadır. Cami içerisinde yükselen minare harim bölümünün kuzeybatı köşesinde yer almaktadır (Sarı, 2021). Yapının Malzeme ve Teknik Özellikleri: Caminin, harim duvarlarında, kubbe kasnağında, mihrabında, harimdeki sütunlarda, kemerlerde ve minarede taş malzeme, minberde, vaaz kürsüsünde, kapı kanatlarında, pencere doğramalarında ve korkuluklarda ahşap malzeme kullanılmıştır. Yapı dış cephesi ve harim duvarları sıvanıp boyanmıştır. Yapının beden duvarlarında ve minaresinde yığma taş, süslemelerinde ise oyma, kabartma ve kalem işi tekniği uygulanmıştır (Sarı, 2021).	

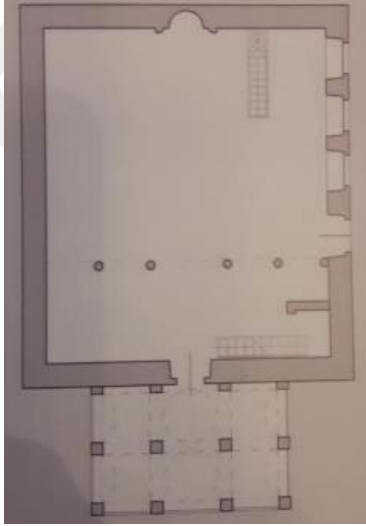
Tablo 3. Hacı Yahya Camii Yapı Kimlik Kartı (a. TBBA; b. d. ve f. URL-13; c. e. ve g. TVBMA)

YAPI KİMLİK KARTI		
Yapı No: 3	Yapı Adı: Hacı Yahya Camii	a. 3 Nolu Yapı Numunesi
Konumu: Ortahisar/Trabzon		
Yapım Tarihi: 1782		
Banisi: Hacı Yahya Oğlu Hacı Abdullah		
Kullanım İşlevi: İbadet		
Onarım Yılları: 2017		
Yapım Tekniği: Yığma Yapım Sistemi		
Kullanılan Malzeme Türleri: Ojit bazanit		
b. Yapı Güney Cephe Görşeli		c. 3 Nolu Yapı Planı
		
d. Yapı Kuzey Cephe Görşeli		e. 3 Nolu Yapı Kesiti
		

Tablo 3'ün devamı

f. Yapı Güney Cephe Görseli	g. 3 Nolu Yapı Güney Görünüşü
	
Yapının Mimari Özellikleri: Yapı, Trabzon-Ortahisar ilçesinin Bedesten caddesinde yer almaktadır. Mahalle yolunun kenarında yer alan cami fevkani camilere örnek verilebilir. Zemin katında dükkân bulunan caminin harim bölümüne güneydoğu köşesinde yer alan giriş kısmından ulaşılır. İnce yontu taş malzemeyle inşa edilen cami harim ve mahfil katından meydana gelmektedir. Günümüzde yapıyı diğer camilerden ayıran özelliği ise minaresinin bulunmamasıdır. Caminin beden duvarları üzerinde harim bölümünde dört ve mahfil katında dört adet olmak üzere toplamda sekiz pencere yer almaktadır. Harim bölümündeki pencerelerin üçü güney cephede, biri ise doğu cephede yer alırken, mahfil katı seviyesindekilerin birer tanesi kuzey ve doğu cephede, diğer ikisi ise güney cephede yer almaktadır (Sarı, 2021). TVBM arşivine göre 2017 yılında onarım çalışmaları yapılmıştır. Yapının Malzeme ve Teknik Özellikleri: Çoğunlukla kesme ve ince yontu taş malzeme kullanımıyla inşa edilen yapının; duvarlarında, revak kolonlarında kapı ve pencere atkı taşlarında, kemerlerde, revak ve tonozların destek kemerlerinde, tonozlarda, kapı ve pencere sövelerinde taş malzeme kullanılmıştır. Duvarlar kaba yontu taşla örülüyken, kemerler, kolonlar ve kapı-pencere söveleri düzgün kesme taşdır. Avlu zemini taş döşemedir. Birinci ve ikinci kattaki döşemelerin özgün biçimi taş kaplamadır (TVBM). Beden duvarlarında yığma taş, duvarlarda ve kubbedeki süslemelerde kalemişi, mihrapta ise oyma ve kabartma tekniği uygulanmıştır (Sarı, 2021).	

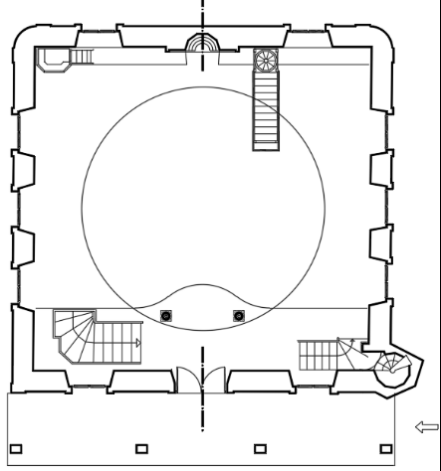
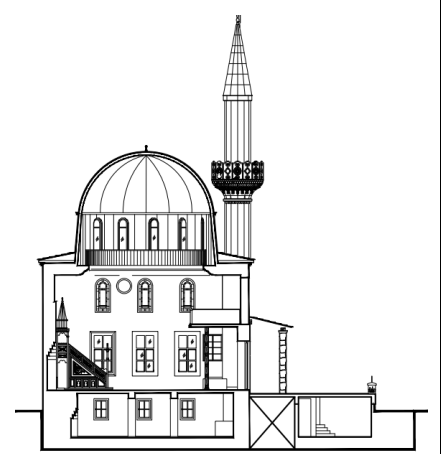
Tablo 4. Semerciler (Ebubekir) Camii Yapı Kimlik Kartı (a. TBBA; b. URL-14; c. Özen vd., 2010; d. yazar arşivi, e. ve g.'ye ait belgelere ulaşılamadı; f. Sarı, 2021)

YAPI KİMLİK KARTI		
Yapı No: 4	Yapı Adı: Semerciler (Ebubekir) Camii	a. 4 Nolu Yapı Numunesi
Konumu: Ortahisar/Trabzon		
Yapım Tarihi: 1759		
Banisi: Hacı Ebu Bekir b. Nuh		
Kullanım İşlevi: İbadet		
Onarım Yılları: 1821, 1979 ve 1988		
Yapım Tekniği: Yığma Yapım Sistemi		
Kullanılan Malzeme Türleri: Altere Litik bazanitik tüf		
b. Yapı Kuzey Cephe Görşeli		c. 4 Nolu Yapı Planı
		
d. Yapı Kuzey Cephe Görşeli		e. 4 Nolu Yapı Kesiti
		

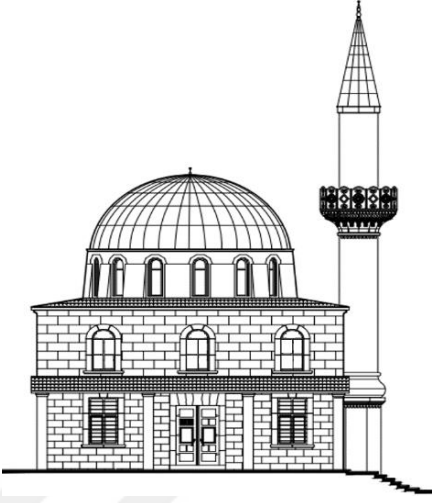
Tablo 4'ün devamı

f. Yapı Batı Cephe Görşeli	g. 4 Nolu Yapı Görünüşü
	
Yapının Mimari Özellikleri: Yapı, Çarşı mahallesindeki Semerciler yokuşunda konumlanmaktadır. Cami üzerinde inşa tarihini gösteren kitabe bulunmaz. Hacı Ebu Bekir b.Nuh'un (Özen vd., 2010) 1759 tarihinde yaptırdığı bilinen caminin mimarı bilinmemektedir. Yapının kuzey cephesinde yer alan kitabeye göre 1821, mihrap kaidesindeki kitabeye göre ise 1979 yılında onarım görmüştür. Ayrıca Vakıflar Bölge Müdürlüğünün arşiv kayıtlarından da 1988 yılında onarım geçirdiği bilinmektedir (Sarı, 2021). Mahalle yolunun kenarında bulunan cami fevkani olarak inşa edilmiştir. Caminin kuzey bölümünde mahalle yolu, doğusunda ve güneyinde komşu binalar, batısında ise küçük bir avlu vardır. Taş malzeme ile inşa edilen yapı, harim, mahfil ve son cemaat yerinden meydana gelmektedir. Kuzeybatı köşede yer alan minare yapıya sonradan eklenmiştir. Caminin kuzey cephesinde, yuvarlak kemerlerle birbirine bağlanan on iki ayak mekânı altıya bölmektedir. Oluşan altı bölüm üçerli iki sıra şeklindedir. Orta kısımda yer alan iki bölüm giriş koridoru, güneybatı bölümü son cemaat yeri, kuzeybatı bölümü imam odası, kuzeydoğuda ise şadırvan olarak kullanılmaktadır. İmam odası olarak kullanılan bölümün alt katında dükkân yer almaktadır. Giriş koridoru olarak kullanılan ortadaki iki bölüm küçük kubbelerle, diğer bölümler ise tonozla örtülüdür (Sarı, 2021). Yapının Malzeme ve Teknik Özellikleri: Camide taş malzeme beden duvarlarında ve mihrap bölümünde, minberde, vaaz kürsüsünde, mahfilde, mahfile ulaşımı sağlayan merdivende, tavanda, kapı ve pencere detaylarında, harim ve mahfil katında ve sütunlarda ahşap malzeme kullanılmıştır. Yapının harim duvarları ile avludan girişi sağlayan batı cephesinin dış duvarı sıvanıp boyanarak taş malzeme kapatılmıştır. Yapının beden duvarlarında da yığma taş tekniği uygulanmıştır (Sarı, 2021).	

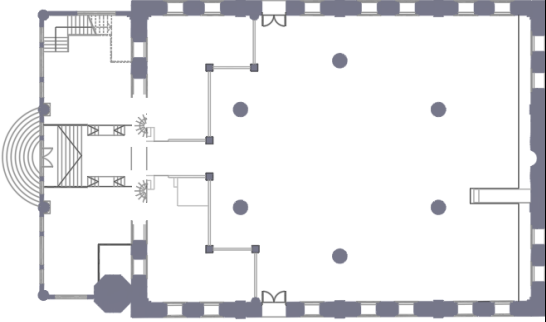
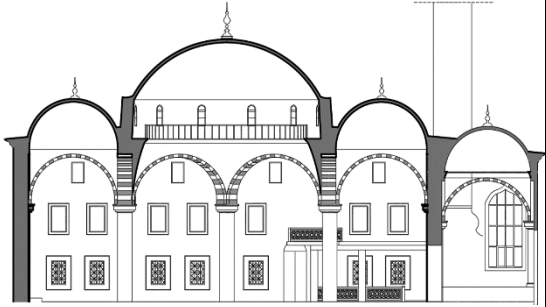
Tablo 5. Hacı Kasım Camii Yapı Kimlik Kartı (a. TBBA; b. ve d. yazar arşivi; c. e. ve g. TVBMA; f. URL-15)

YAPI KİMLİK KARTI		
Yapı No: 5	Yapı Adı: Hacı Kasım Camii	a. 5 Nolu Yapı Numunesi
Konumu: Ortahisar/Trabzon		
Yapım Tarihi: 1821		
Banisi: Hazine Darzade Osman Paşa		
Kullanım İşlevi: İbadet		
Onarım Yılları: -		
Yapım Tekniği: Yığma Yapım Sistemi		
Kullanılan Malzeme Türleri: Altere ojit bazanit		
b. Yapı Güney Cephe Görşeli		c. 5 Nolu Yapı Planı
		
d. Yapı Batı Cephe Görşeli		e. 5 Nolu Yapı Kesiti
		

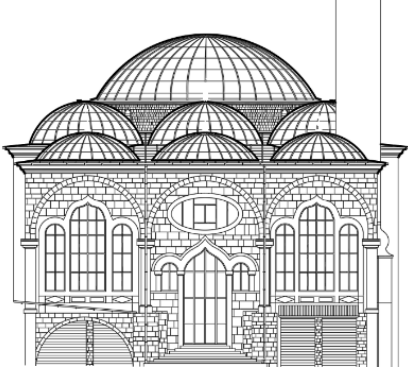
Tablo 5'in devamı

f. Yapı Kuzey Cephe Görseli	g. 5 Nolu Yapı Görünüşü
	
Yapının Mimari Özellikleri: Tanjant yolu üzerinde avlu içerisinde konumlanan yapı, düzgün dikdörtgen alan üzerine iki katlı olarak inşa edilmiştir. Düzgün kesme taş malzeme ile inşa edilen cami, harim, mahfil, son cemaat yeri ve bodrum katından oluşmaktadır. Kuzeybatı köşede yapıya bitişik olarak minaresi yer almaktadır. Caminin kuzeyinde taş malzemeden inşa edilen dört sütunun oluşturduğu üç bölümlü son cemaat yeri mevcuttur. Son cemaat yeri ahşap tavan ile kaplı olup, çatısı tek yöne doğru eğim verilerek inşa edilmiştir. Son cemaat yeri kapatılarak, doğu ve batı yöne birer cam kapı konumlandırılmıştır. Batı cephesinde yer alan kapıya yedi basamaklı taş merdivenden ulaşım sağlanır. Caminin üzeri, yüksek kasnak üzerine oturan kubbeye ve kubbe dışındaki bölüm ise tek yöne hafif eğimli çatı ile örtülüdür. Kubbe kasnağında dikdörtgen formlu on üç pencere yer almaktadır. Kuzeybatı köşede, bir bölümü duvar içerisinde yer alan minaresi yer almaktadır (Sarı, 2021). Yapının Malzeme ve Teknik Özellikleri: Cami beden duvarlarında, son cemaat bölümünde yer alan sütunlarda, minarede, mihrapta, kapı ve pencere detaylarında düzgün kesme taş malzeme, minberde, vaaz kürsüsünde, mahfilde, mahfil ve bodrum kata inişi sağlayan merdivenlerde, mahfili taşıyan sütunlarda, son cemaat yeri tavanında, kapı kanatlarında ve pencere doğramalarında ahşap malzeme kullanılmıştır. Harim duvarları sıvalı ve boyalıdır. Yapının beden duvarlarında, minaresinde, son cemaat yeri sütunlarında ve mihrapta yığma taş, minarede, harim giriş kapı kanatlarında, minberde, vaaz kürsüsünde ve mahfilde yer alan süslemelerde oyma ve kabartma, kubbe ve kubbe kasnağındaki süslemelerde ise kalemişi tekniği uygulanmıştır (Sarı, 2021).	

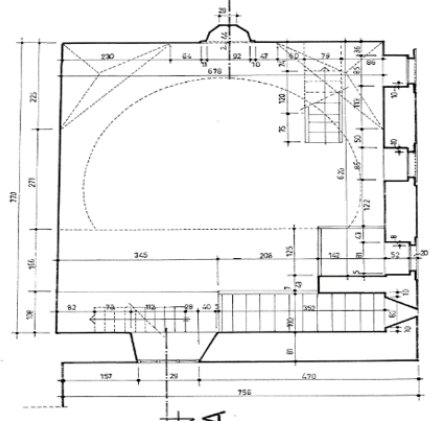
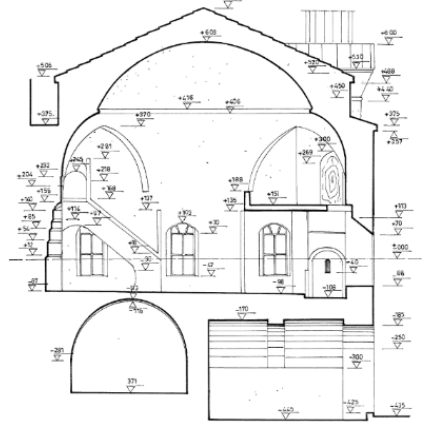
Tablo 6. Çarşı Camii Yapı Kimlik Kartı (a. TBBA; b. yazar arşivi; c. e. ve g. TVBMA; d. ve f. URL-16)

YAPI KİMLİK KARTI		
Yapı No: 6	Yapı Adı: Çarşı Camii	a. 6 Nolu Yapı Numunesi
Konumu: Ortahisar/Trabzon		
Yapım Tarihi: 1839		
Banisi: Hazine Darzâde Osman Paşa		
Kullanım İşlevi: İbadet		
Onarım Yılları: 1948, 1994 ve 2005		
Yapım Tekniği: Yığma Yapım Sistemi		
Kullanılan Malzeme Türleri: Ojit bazanit		
b. Yapı Kuzey Cephe Görşeli		c. 6 Nolu Yapı Planı
		
d. Yapı Batı Cephe Görşeli		e. 6 Nolu Yapı Kesiti
		

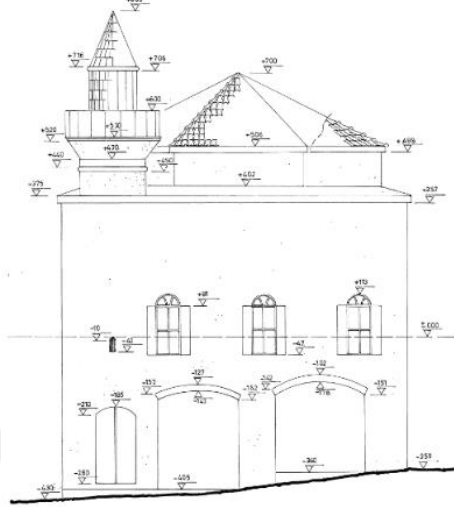
Tablo 6'nın devamı

f. Yapı Güney Cephe Görşeli	g. 6 Nolu Yapı Görünüşü
	
Yapının Mimari Özellikleri: Trabzon merkezde yer alan cami ticari faaliyetlerin yoğun olduğu bir mahallede yer almaktadır. Caminin giriş kapısı üzerinde yer alan kitabesine göre 1839 tarihinde Hazine Darzade Osman Paşa tarafından inşa ettirilmiştir. Trabzon'un büyük camilerinden biri olan Çarşı Camii dikdörtgen bir plan üzerinde konumlanmıştır. Yapının orta kısmında yer alan büyük kubbesi altı adet yuvarlak sütunlar üzerindeki yuvarlak kemerlere oturtulmuştur. Diğer bölümler ise daha küçük kubbelerle örtülmüştür. Yapının ana giriş kapısı dışında doğu ve batı cephelerinde de girişleri mevcuttur. Batı köşesinde minaresi yer almaktadır (Yüksel, 2000). Arazi eğiminden dolayı son cemaat yeri kuzeydoğu ve kuzeybatı köşelerinin altında birer dükkân oluşturulmuştur. Caminin kuzeyinde, dairesel kesitli dört taş sütunun oluşturduğu üç bölümlü son cemaat yeri mevcuttur. Kare kesitli başlıklara sahip sütunlar yuvarlak kemerlerle birbirine bağlanmıştır. Cami, kuzey-güney doğrultuda eğimli arazi üzerine inşa edildiği için, son cemaat yerine girişi sağlayan kapıya yarım daire formu ve sekiz basamaklı taş merdivenle ulaşılır. Harim giriş kapısı önündeki ikinci sahanlığın doğusunda ve batısında, yan gözlere çıkışı sağlayan birer merdiven vardır. Son cemaat yerinin her bir gözü, yuvarlak kemerlerin taşıdığı birer kubbeyle örtülüdür. Kubbeler geçiş pandantiflerle sağlanmaktadır (Sarı, 2021). TVBM arşivine göre 1948, 1994 ve 2005 yıllarında onarım görmüştür. Yapının Malzeme ve Teknik Özellikleri: Caminin cephe duvarlarında, mihrapta, vaaz kürsüsünde, son cemaat yerindeki ve harimdeki sütunlarda, kemerlerde, kubbe kasnağında, pencere ve kapıların söve ve lentolarında ve minarede düzgün kesme taş malzeme, minberde mermer malzeme, kapı kanatlarında ve alt sıradaki pencerelerin doğramalarında ahşap malzeme kullanılmıştır. Ayrıca harim duvarları sıvanıp boyanmıştır. Yapının beden duvarlarında ve minaresinde yığma taş tekniği kullanılmıştır (Sarı, 2021).	

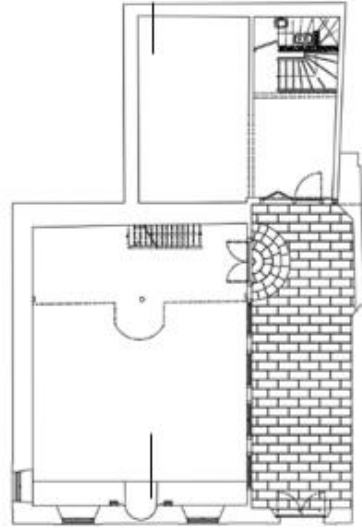
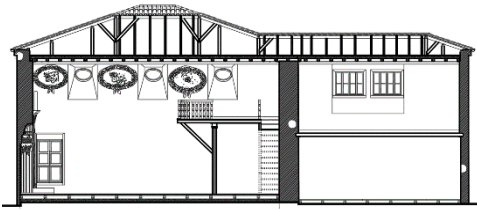
Tablo 7. Hacı Salih Camii Yapı Kimlik Kartı (a. TBBA; b. d. ve f. URL-17; c. e. ve g. TVBMA)

YAPI KİMLİK KARTI		
Yapı No: 7	Yapı Adı: Hacı Salih Camii	a. 7 Nolu Yapı Numunesi
Konumu: Ortahisar/Trabzon		
Yapım Tarihi: 1807		
Banisi: Hacı Salih		
Kullanım İşlevi: İbadet		
Onarım Yılları: 2001 ve 2004		
Yapım Tekniği: Yığma Yapım Sistemi		
Kullanılan Malzeme Türleri: Altere litik bazanitik tuf		
b. Yapı Batı Cephe Görşeli		c. 7 Nolu Yapı Planı
		
d. Yapı Kuzeybatı Cephe Görşeli		e. 7 Nolu Yapı Kesiti
		

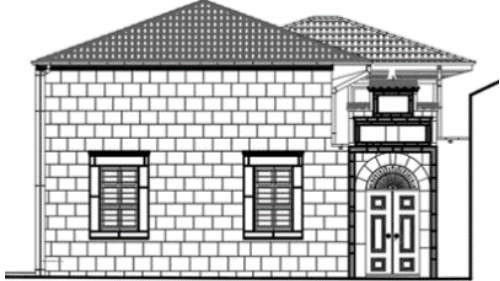
Tablo 7'nin devamı

f. Yapı Batı Cephe Görşeli	g. 7 Nolu Yapı Görünüşü
	
Yapının Mimari Özellikleri: Trabzon çarşısı işlek yol üzerinde bulunan yapı, kuzey-güney doğrultudaki eğimli arazi üzerine oturmaktadır. Yapı 1807 tarihinde Hacı Salih tarafından yaptırılmıştır. Yapı, yoğun ticari faaliyetlerin yer aldığı bölümde bulunması sebebiyle fevkani olarak inşa edilmiştir. Doğu cephesi Alacahan'a, güney cephesi ise komşu binaya bitişik olarak konumlandırılan yapının, batısında iki, kuzeyinde bir dükkân yer alır. Dükkânlar tonoz örtülüdür. Kuzey cephesinde daha sonradan ilave edilen şadırvan yer almaktadır. Kaba yontu taş malzeme ile inşa edilen yapı harim ve mahfil katından meydana gelmektedir. Minare ise yapının kuzeybatı köşesinde konumlanmaktadır. Minaresi normal ölçülere oranla daha küçük ebatlıdır. Fevkani caminin harim bölümüne batı cephe ekseninin kuzey köşesinde yer alan yaklaşık 1 metre genişliğindeki, dikdörtgen formlu, yuvarlak kemerli, taş söveli ve iki demir kanatlı kapıdan girilir. Girişin hemen ardından yaklaşık 90 cm genişliğindeki on iki basamaklı merdivenden harime ulaşılır (Sarı, 2021). TVBM arşivine göre 2001 ve 2004 yıllarında onarım görmüştür. Yapının Malzeme ve Teknik Özellikleri: Caminin beden duvarlarında, kubbe kasnağında ve kubbede kaba yontu taş malzeme, minare, kapı ve pencerelerin söve, lento ve kemerlerinde düzgün kesme taş malzeme, minberde, mahfile çıkışı sağlayan merdivende, pencere doğramalarında ve mahfil korkuluğunda ahşap malzeme kullanılmıştır. Yapı, yığma taş tekniğiyle inşa edilmiştir (Sarı, 2021).	

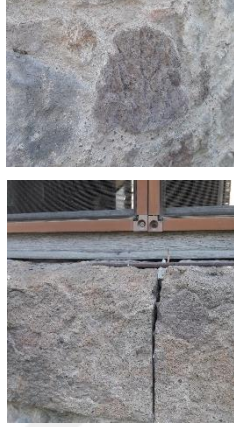
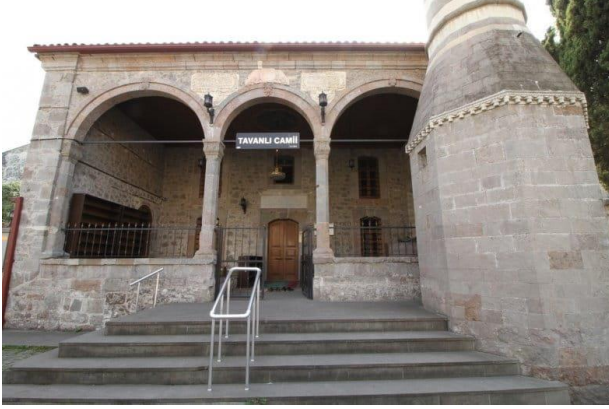
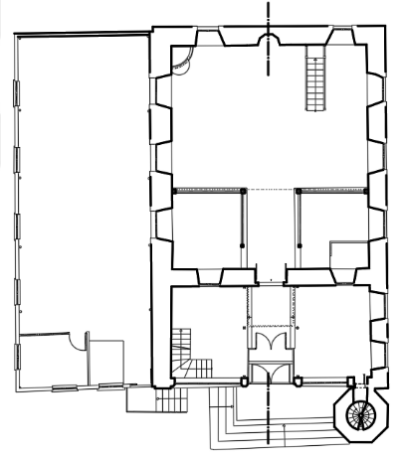
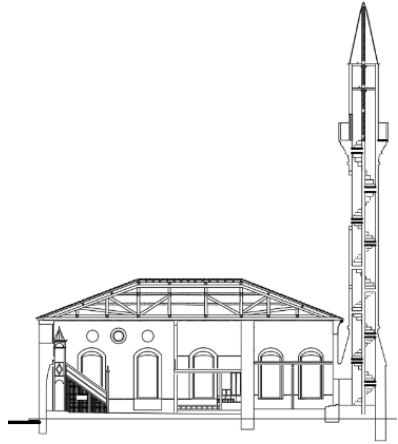
Tablo 8. Ortahisar (Saraçzade) Mescidi Yapı Kimlik Kartı (a. TBBA; b. d. ve f. URL-18; c. e. ve g. TVBMA)

YAPI KİMLİK KARTI			
Yapı No: 8	Yapı Adı: Ortahisar (Saraçzade) Mescidi	a. 8 Nolu Yapı Numunesi	
Konumu: Ortahisar/Trabzon			
Yapım Tarihi: 1866			
Banisi: Saraçzade			
Kullanım İşlevi: İbadet (Günümüzde ibadete kapalıdır)			
Onarım Yılları: -			
Yapım Tekniği: Yığma Yapım Sistemi			
Kullanılan Malzeme Türleri: Ayrışmış litik dasitik tüf			
b. Yapı Güney Cephe Görseli			c. 8 Nolu Yapı Planı
			
d. Yapı Güney Cephe Görseli			e. 8 Nolu Yapı Kesiti
			

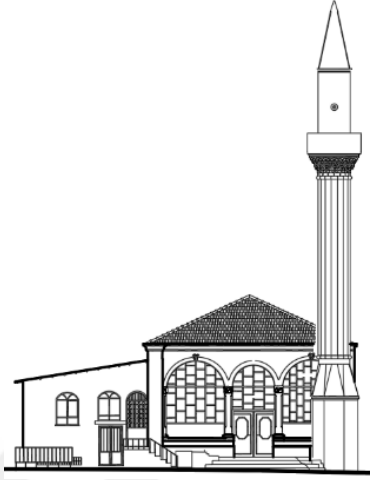
Tablo 8'in devamı

f. Yapı Batı Cephe Görseli	g. 8 Nolu Yapı Görünüşü
	
Yapının Mimari Özellikleri: Mahalle yolunun kenarında Fatih Büyük Camii karşısında yer alan mescidin doğusunda avlu ve komşu bina, güneyinde ve batısında mahalle yolu, kuzeyinde ise komşu bina vardır. Genel itibarıyla kaba yontu taş malzemeyle inşa edilen yapı, harim ve mahfil katından oluşmaktadır. Doğu yöndeki avluya giriş, güney cephede bulunan 1.53 metre genişliğindeki dikdörtgen formlu, yuvarlak kemerli, taş söveli ve iki ahşap kanatlı kapıdan sağlanmaktadır. Mescide avlu içerisinden ulaşılan kapıdan girilir. Harim katındaki pencerelerin dördü doğu cephede, ikisi güney cephede, biri ise batı cephede yer alırken, mahfil katı seviyesindekilerin dördü doğu cephede, üçü ise batı cephede yer alır. Mahfil katında yer alan pencereler oval formlu ve ahşap doğramalıdır. Mescidin üzeri dört omuz kırma çatı ile örtülüdür. Dört cephede de kademeli olarak yukarıya doğru genişleyen saçak silmesi yer almaktadır. Harimin kuzeyinde ikisi duvara dayandırılan, biri ise ortada serbest olarak konumlandırılan üç ahşap sütunun taşıdığı mahfil görülür. Duvara dayandırılan sütunlar kare, ortadaki ise dairesel kesite sahiptir. Harimin üzeri düz ahşap tavanla örtülüdür (Sarı, 2021). Yapının Malzeme ve Teknik Özellikleri: Mescidin beden duvarlarında kaba yontu taş malzeme, mihrapta, güney ve batı cephedeki pencerelerin söve ve lentolarında düzgün kesme taş malzeme, mahfilde, mahfil merdiveninde, kapı kanatlarında, pencere doğramalarında, doğu cephedeki pencerelerinin söve ve lentolarında ahşap malzeme kullanılmıştır. Harim duvarları sıvanıp boyanmıştır. Batı cephesinde görülebilen izler kapı ve pencerelerin bu cephede önceden mevcut olduğunu göstermektedir. Ancak günümüze düzgün kesme taş malzeme ile kapatılmışlar. Cephelerde ve mihrapta yığma taş tekniği uygulanmıştır (Sarı, 2021).	

Tablo 9. Tavanlı Camii Yapı Kimlik Kartı (a. TBBA; b. d. ve f. URL-19; c. e. ve g. TVBMA)

YAPI KİMLİK KARTI		
Yapı No: 9	Yapı Adı: Tavanlı Camii	a. 9 Nolu Yapı Numunesi
Konumu: Ortahisar/Trabzon		
Yapım Tarihi: 1874		
Banisi: Nemlizadeler veya Ketencizade Hacı Mehmet		
Kullanım İşlevi: İbadet		
Onarım Yılları: 1890, 1984, 2001 ve 2010		
Yapım Tekniği: Yığma Yapım Sistemi		
Kullanılan Malzeme Türleri: Litik kristal bazanitik tuf		
b. Yapı Kuzey Cephe Görşeli		c. 9 Nolu Yapı Planı
		
d. Yapı Batı Cephe Görşeli		e. 9 Nolu Yapı Kesiti
		

Tablo 9'un devamı

f. Yapı Doğu Cephe Görşeli	g. 9 Nolu Yapı Görünüşü
	

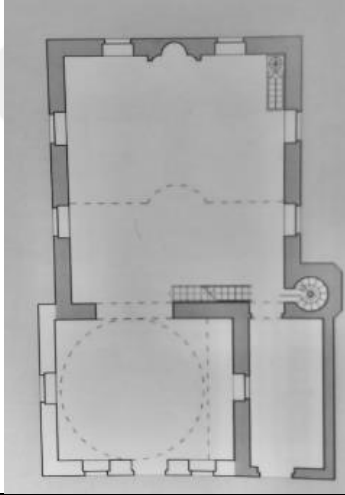
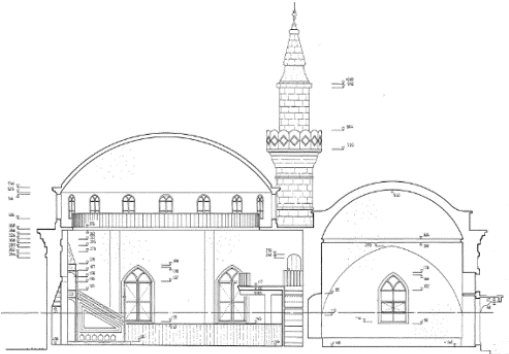
Yapının Genel ve Mimari Özellikleri:

Gazipaşa Mahallesi'nde yer alan cami, kitabesinde yer alan tarihe göre 1874 senesinde inşa edilmiştir. Banisi net bilinmeyen yapının bilgilendirme fişine göre yapı, Nemlizadeler veya Ketencizade Hacı Mehmet tarafından yaptırıldığı yazılmaktadır. Yapı, 1890 yılında onarım görmüştür (Tuluk ve Düzenli, 2010). TVBM arşiv kayıtlarına göre ise 1984, 2001 ve 2010 tarihlerinde onarım görmüştür. Mahalle yolunun kenarında bulunan yapı, dikdörtgen formlu kâgir bir zemin üzerine oturmaktadır (Sarı, 2021). Harim ve üç bölümlü son cemaat bölümünden meydana gelen yapı ahşap tavanlı, dıştan kırma çatıyla örtülüdür. Minaresi kuzeybatı köşesinde yer almaktadır. Cami'nin güney ve batı cephelerinde duvarla çevrili büyük bir haziyesi bulunmaktadır (Eren, 2011). Son cemaat bölümünün doğu ve batı cephesi taş duvarla kapalı ve üzeri düz ahşap tavanla örtülüdür. Doğu cephe duvarı üzerinde 1.06 m genişliğinde, dikdörtgen formlu, yuvarlak kemerli, taş söveli ve tek ahşap kanatlı kapı bulunur. Cami hafif eğimli arazi üzerinde inşa edildiği için son cemaat yerine dikdörtgen formlu dört basamaklı merdiven ile ulaşılır. Cami beden duvarları üzerinde on adet harim bölümünde, altısı ise mahfil katı seviyesinde olmak üzere on altı pencere yer almaktadır (Sarı, 2021).

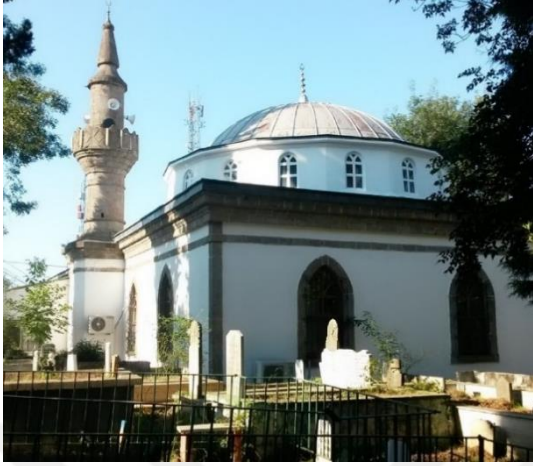
Yapının Malzeme ve Teknik Özellikleri:

Caminin beden duvarlarında kaba yontu taş malzeme ve belli yerlerinde ahşap hatıl, mihrap, pencere ve kapı sövelerinde, minarede, son cemaat yerindeki sütun ve kemerlerde düzgün kesme taş malzeme, minberde, vaaz kürsüsünde, mahfilde, mahfil merdiveninde, harim ve son cemaat yerindeki sütunlarında, tavanlarda, kapı kanatlarında ve pencere doğramalarında ahşap malzeme kullanılmıştır. Cephe duvarlarında ve minarede yığma taş, süslemelerde oyma ve kabartma uygulanmıştır (Sarı, 2021).

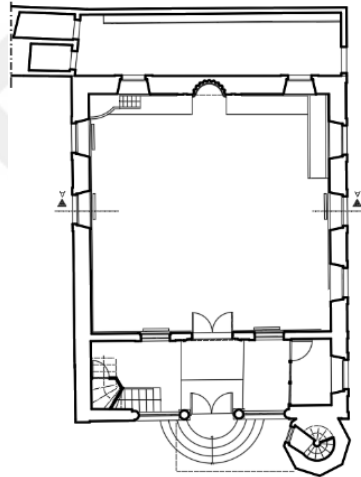
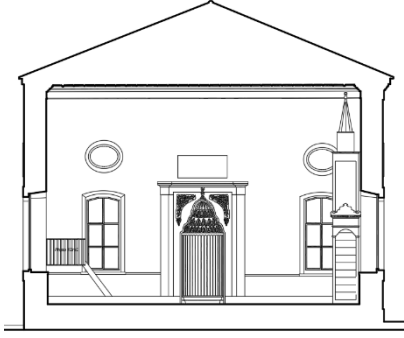
Tablo 10. Ahi Evren Dede Camii Yapı Kimlik Kartı (a. TBBA; b. ve d. yazar arşivi; c. e. ve g. TVBMA; f. URL-20)

YAPI KİMLİK KARTI		
Yapı No: 10	Yapı Adı: Ahi Evren Dede Camii	a. 10 Nolu Yapı Numunesi
Konumu: Ortahisar/Trabzon		
Yapım Tarihi: 1890		
Banisi: -		
Kullanım İşlevi: İbadet		
Onarım Yılları: 1976, 1994 ve 2017		
Yapım Tekniği: Yığma Yapım Sistemi		
Kullanılan Malzeme Türleri: Litik kristal bazanitik tüf		
b. Yapı Kuzey Cephe Görself		c. 10 Nolu Yapı Planı
		
d. Yapı Doğru Cephe Görself		e. 10 Nolu Yapı Kesiti
		

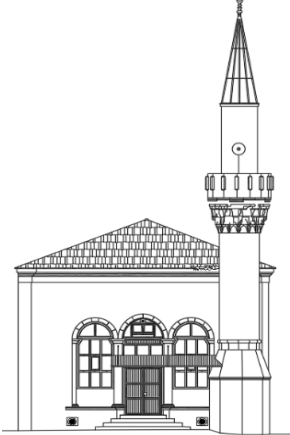
Tablo 10'un devamı

f. Yapı Güney Cephesi ve Haziyesi Görseli	g. 10 Nolu Yapı Görünüşü
	
Yapının Genel ve Mimari Özellikleri: Yapı, Trabzon-Ortahisar ilçesinin Boztepe mahallesinde bulunmaktadır. Giriş kapısı üzerinde yer alan kitabeye göre 1890 tarihinde inşa edilmiştir. 1976 ve 1994 yıllarında onarım gören yapı, yakın dönemde yapılan (2017) kapsamlı restorasyonla bugünkü halini almıştır. Avlu içerisinde yer alan cami düz zemin üzerine oturmaktadır. Düzgün kesme taş malzemeyle inşa edilen cami, harim, mahfil, türbe, giriş koridoru ve kadınlar yerinden oluşmaktadır. Batı cephenin kuzey köşesinde yapıya bitişik olarak minaresi konumlanmaktadır. Kuzeydoğu cephesinde camiye bitişik Ahi Evren Dede türbesi mevcuttur. Yapının kuzeybatı köşesinde giriş koridoru vardır. Koridora, kuzey cephede yer alan 1.47 m genişliğindeki dikdörtgen formlu, sivri kemerli, taş söveli ve iki demir kanatlı kapıdan ulaşılmaktadır. Giriş koridorunun üzerinde iki küçük kubbe mevcuttur. Koridorun batı duvarı üzerinde bulunan 83 cm genişliğindeki açıklıktan bayanların namaz kıldığı yan odaya geçilir. Oda, düzgün olmayan dikdörtgen forma sahiptir. Kuzeybatı köşedeki giriş koridorun güney ucunda bulunan kapıdan harime giriş sağlanır. Caminin doğu, batı ve güney cephe duvarları üzerinde ikişer pencere mevcuttur. Caminin üzeri on altıgen kasnak üzerine oturan kubbe ile örtülüdür. Kubbe kasnağının her bir köşesinde dikdörtgen formlu ve sivri kemerli pencereler yer alır (Sarı, 2021). Yapının Malzeme ve Teknik Özellikleri: Caminin cephe duvarlarında, mihrapta, kapı ve pencerelerin söve, lento ve kemerlerinde düzgün kesme taş malzeme, minarede ince yontu taş malzeme, minberde, vaaz kürsüsünde, mahfil korkuluğunda, harim giriş kapısının kanatlarında, minare giriş kapısında ve pencere doğramalarında ahşap malzeme kullanılmıştır. Caminin hem dış cephesi hem de harim duvarları sıvanıp boyanmıştır. Beden duvarlarında, mihrapta ve minarede yığma taş, harim duvarlarında ve kubbedeki süslemelerde kalemişi, diğer süslemelerde ise oyma ve kabartma tekniği uygulanmıştır (Sarı, 2021).	

Tablo 11. Hoca Halil Camii Yapı Kimlik Kartı (a. TBBA; b. d. ve f. URL-21; c. e ve g. TVBMA)

YAPI KİMLİK KARTI		
Yapı No: 11	Yapı Adı: Hoca Halil Camii	a. 11 Nolu Yapı Numunesi
Konumu: Ortahisar/Trabzon		
Yapım Tarihi: 1896		
Banisi: -		
Kullanım İşlevi: İbadet		
Onarım Yılları: 2008		
Yapım Tekniği: Yığma Yapım Sistemi		
Kullanılan Malzeme Türleri: Altere litik bazanitik tuf		
b. Yapı Kuzey Cephe Görşeli		c. 11 Nolu Yapı Planı
		
d. Yapı Kuzey Cephe ve Çevresi Görşeli		e. 11 Nolu Yapı Kesiti
		

Tablo 11'in devamı

f. Yapı Güneybatı Cephe Görşeli	g. 11 Nolu Yapı Görünüşü
	
Yapının Mimari Özellikleri: Pazarkapı mahallesi içerisinde yer alan cami, kaba yontu taş malzemeli kâgir zemin üzerinde konumlanmaktadır (Sarı, 2021). 1896 tarihinde yerinde bulunan yapı yıkılarak inşa edilmiştir (Tuluk ve Düzenli, 2010). Kuzey ve batı cephesi düzgün kesme taş, güney ve doğu cephesi ise kaba yontu taş malzeme ile inşa edilen yapı, harim, mahfil ve son cemaat bölümünden oluşmaktadır. Kuzeyinde yapıya bitişik olarak minaresi yer almaktadır. Giriş bölümü yarım daire formlu ve dört basamak merdiven ile dairesel kesitli dört taş sütunun oluşturduğu beş bölümlü son cemaat yeri mevcuttur. Yaklaşık 50 cm yüksekliğindeki taş duvar üzerine oturan sütunlar, yuvarlak kemerlerle birbirine bağlanmıştır. Doğu ve batı cephesi taş duvarla kapalı son cemaat yerinin üzeri düz ahşap tavanla örtülüdür. Son cemaat yerinin batı duvarı üzerinde yaklaşık 1 metre genişliğinde, dikdörtgen formlu, basık kemerli, taş söveli, ahşap doğramalı ve demir parmaklıklı pencere yer almaktadır (Sarı, 2021). Yapının Malzeme ve Teknik Özellikleri: Caminin kuzey ve batı cephe duvarlarında, son cemaat yeri sütunlarında, pencerelerin söve ve kemerlerinde düzgün kesme taş malzeme, doğu ve güney cephe duvarlarında kaba yontu taş malzeme, minberde, vaaz kürsüsünde, mahfilde, mahfile çıkışı sağlayan merdivende, tavanlarda, harim ve mahfil katındaki sütunlarda, kapı kanatlarında ve pencere doğramalarında ahşap malzeme kullanılmıştır. Ayrıca harim duvarları sıvanıp boyanmıştır (Sarı, 2021).	

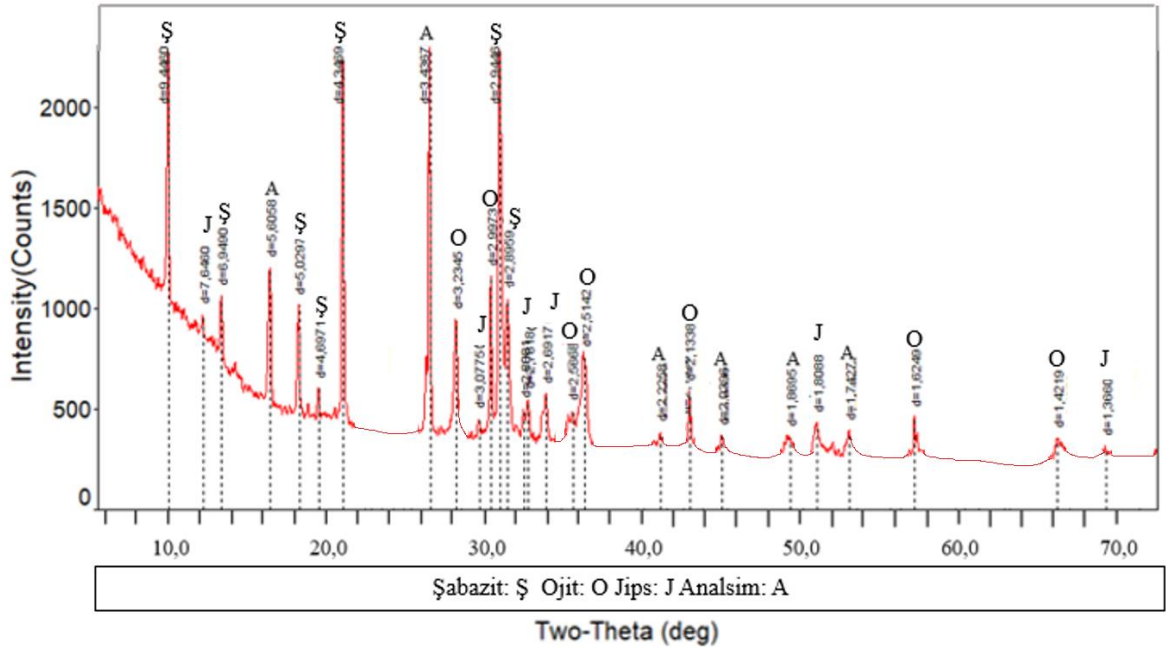
3. BULGULAR

Bu bölümde tarihi yapıları temsilen bazı bölümlerinde kullanılmış olan yapı taşlarının XRD mineral analizleri, mineraloji ve petrografik analizleri ile Schmidt çekici uygulaması ele alınmıştır.

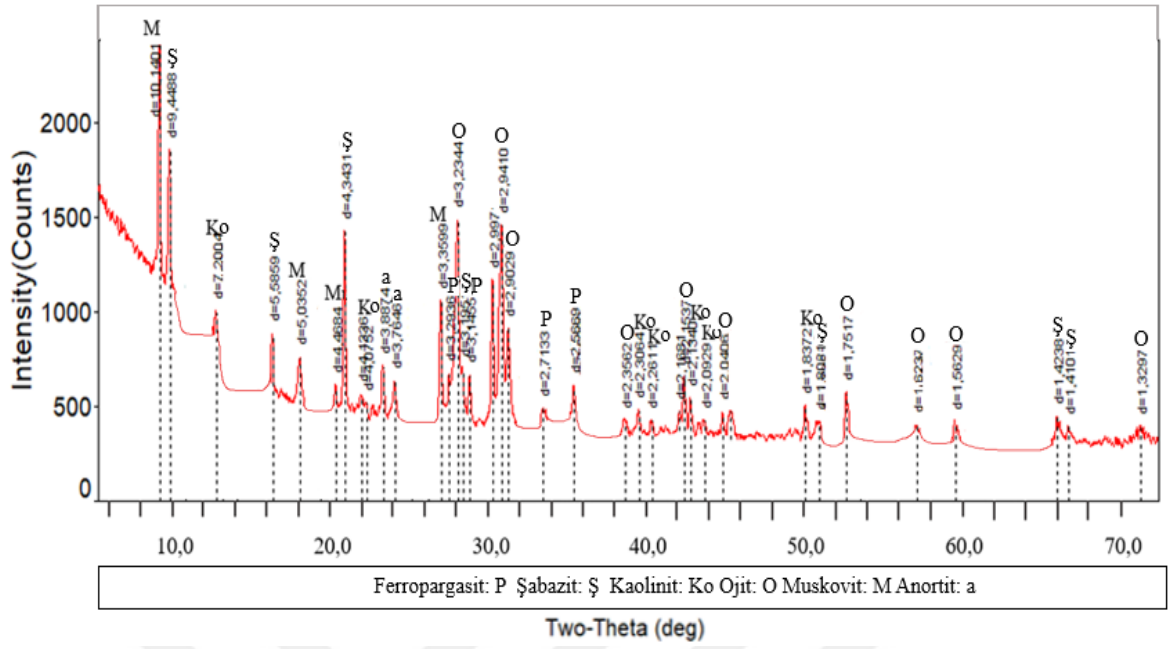
1.13. XRD Mineral Analizleri

Bölüm 2.3.'te belirtilen tarihi yapılarda kullanılan doğal taş malzemelerden alınan numunelerin; İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında XRD mineral analizleri yapılmıştır. Aşağıda 11 adet tarihi yapının farklı bölümlerinden alınan numunelerin XRD analiz sonuçları grafik olarak verilmiştir.

3.1.1. Hamza Paşa Camii XRD Grafikleri

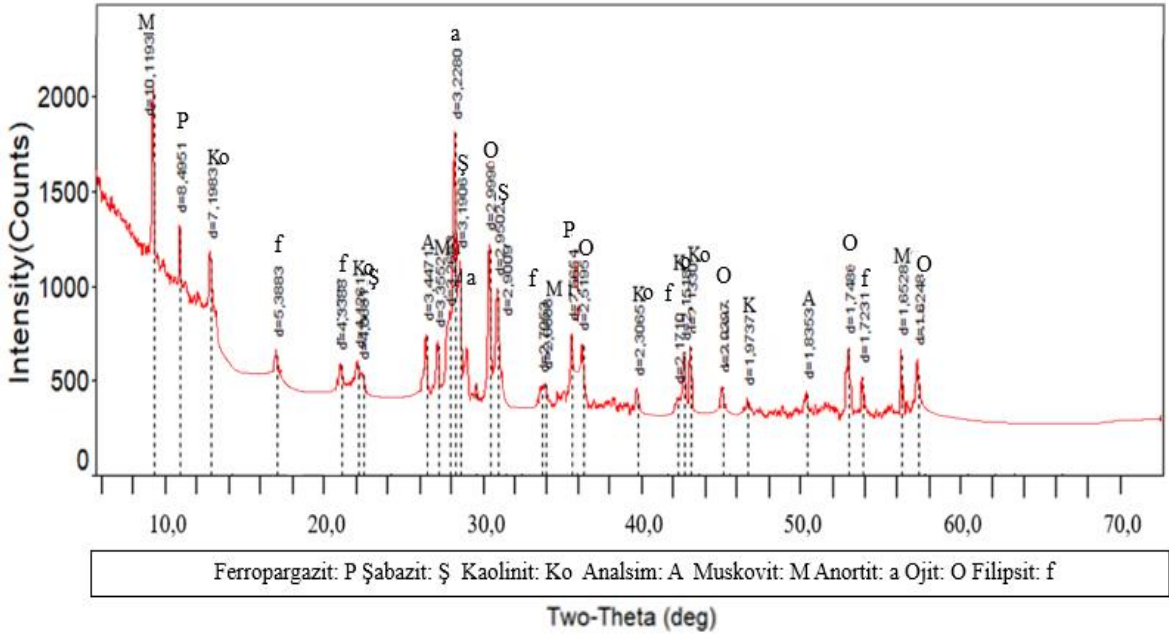


Şekil 48. Hamza Paşa Camii Kuzeybatı sövesinden alınan numunenin XRD grafiği

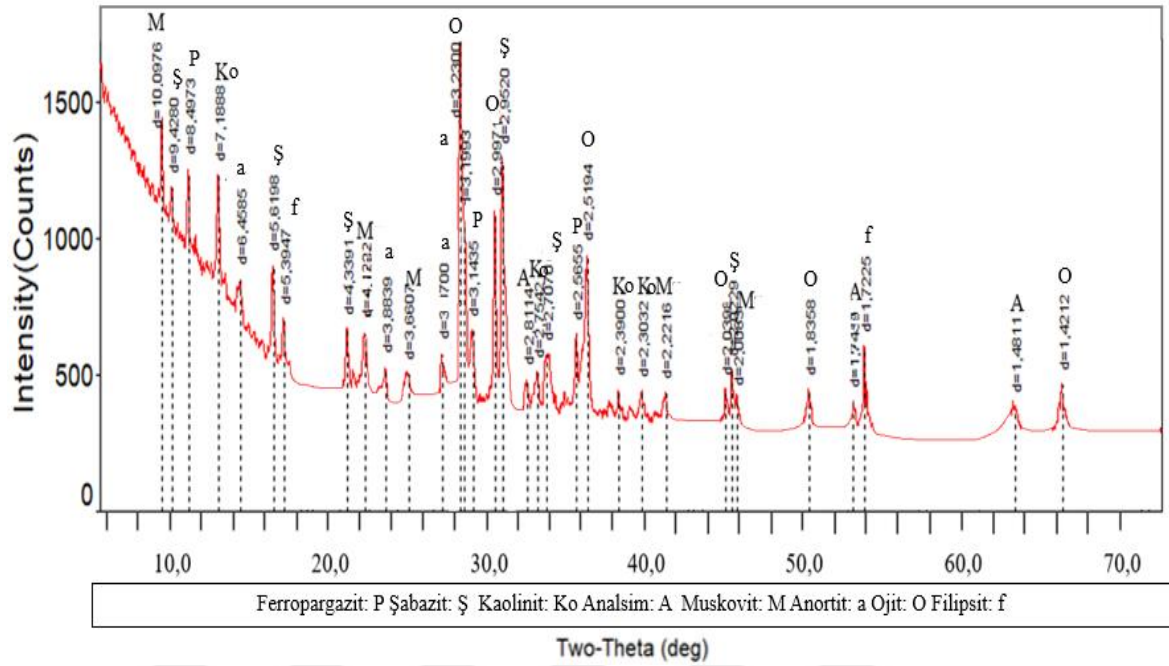


Şekil 49. Hamza Paşa Camii Batı cephesi beden duvarından alınan numunenin XRD grafiği

3.1.2. Hızırbey Camii XRD Grafikleri

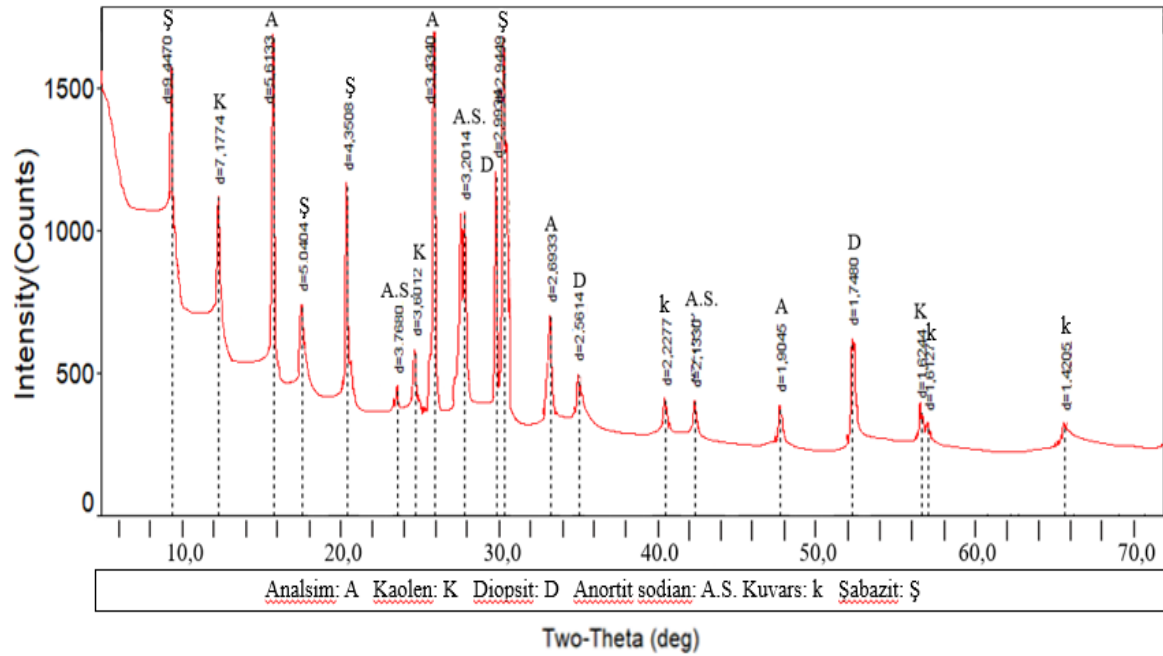


Şekil 50. Hızırbey Camii Güney cephesi sövesinden (sol) alınan numunenin XRD grafiği

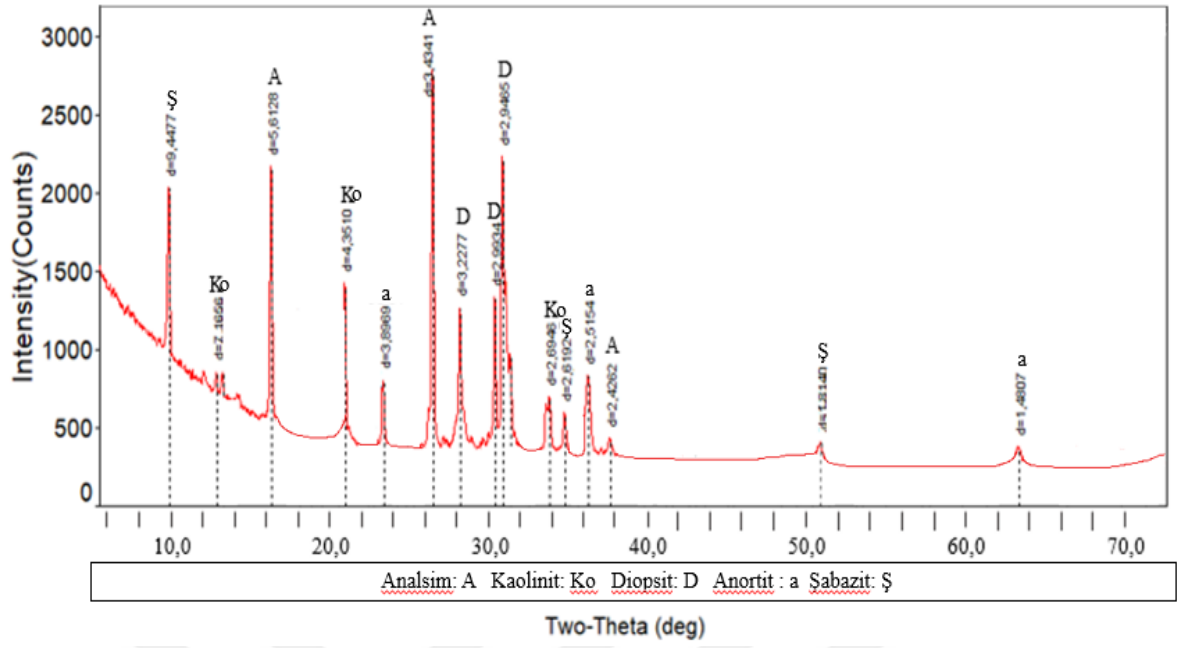


Şekil 51. Hızırbey Camii Batı sövesinden (sağ) alınan numunenin XRD grafiği

3.1.3. Hacı Yahya Camii XRD Grafikleri

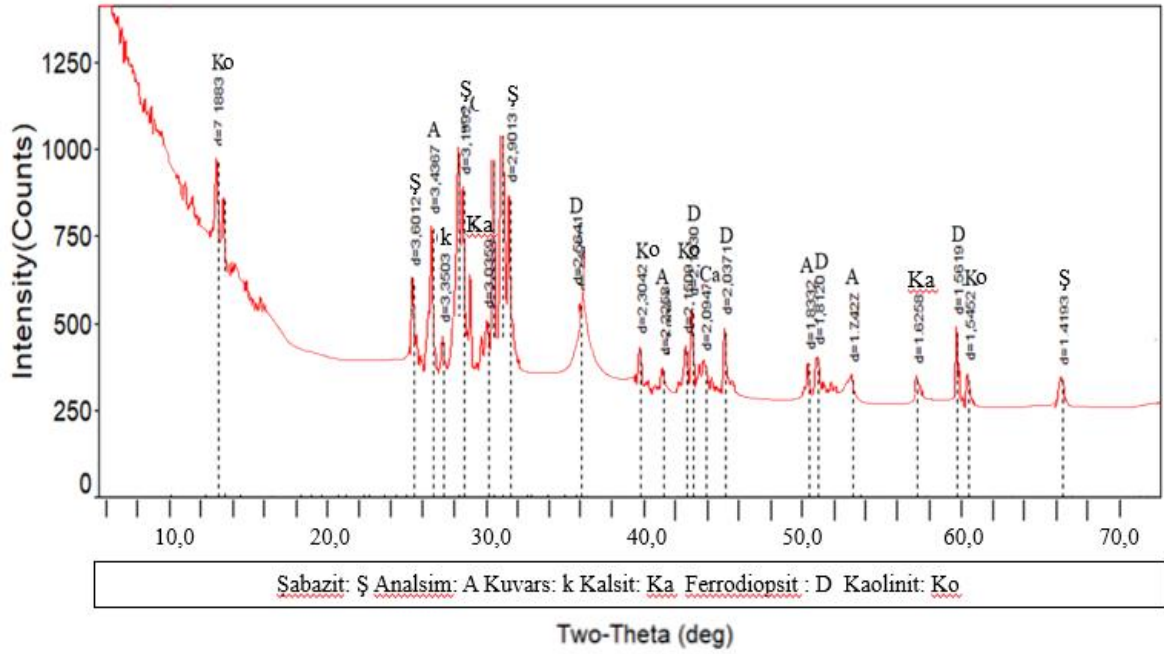


Şekil 52. Hacı Yahya Camii köşe taşından alınan numunenin XRD grafiği



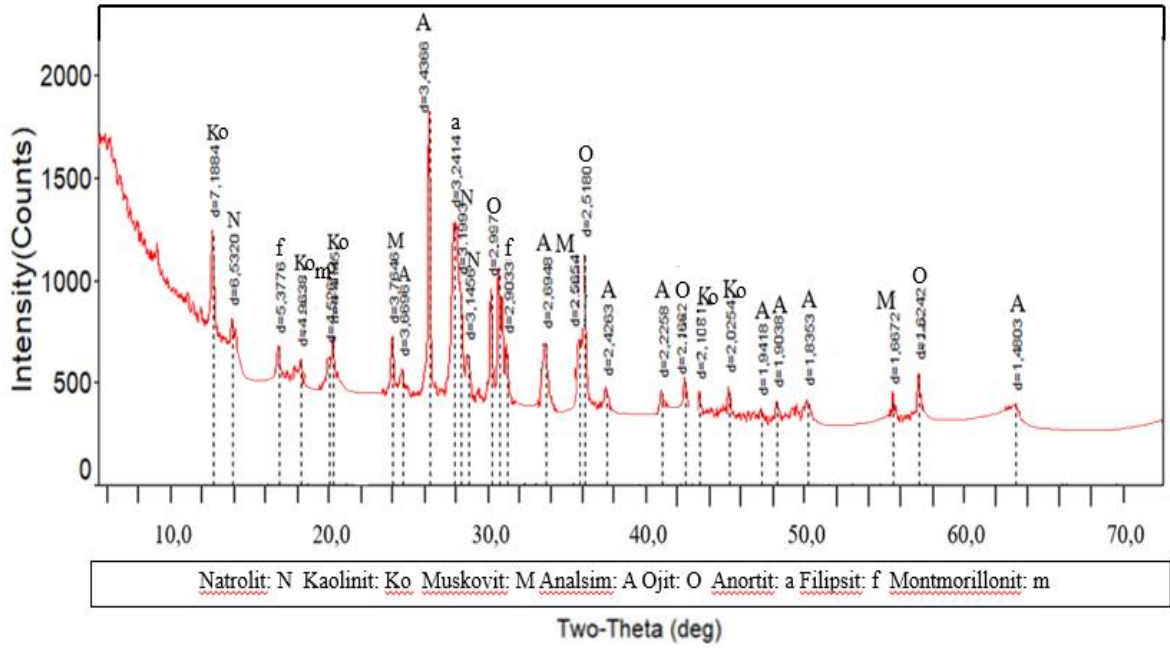
Şekil 53. Hac1 Yahya Camii duvar taşından alınan numunenin XRD grafiği

3.1.4. Semerciler Camii XRD Grafiği

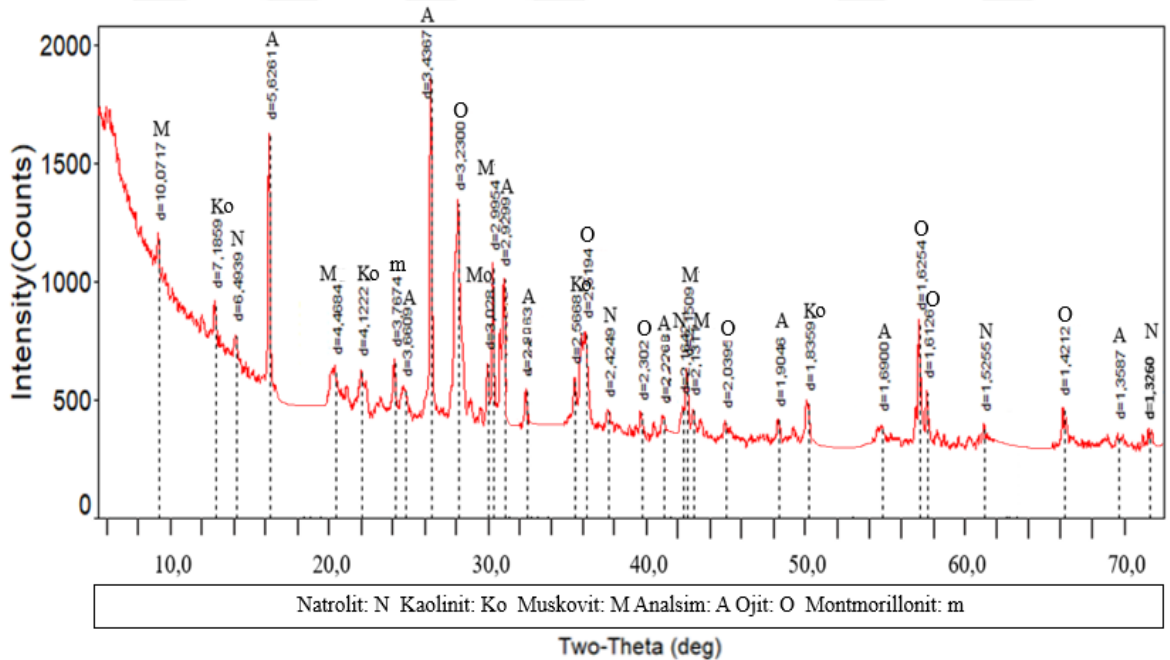


Şekil 54. Semerciler Camii giriş kapısından alınan numunenin XRD grafiği

3.1.5. Hacı Kasım Camii XRD Grafikleri

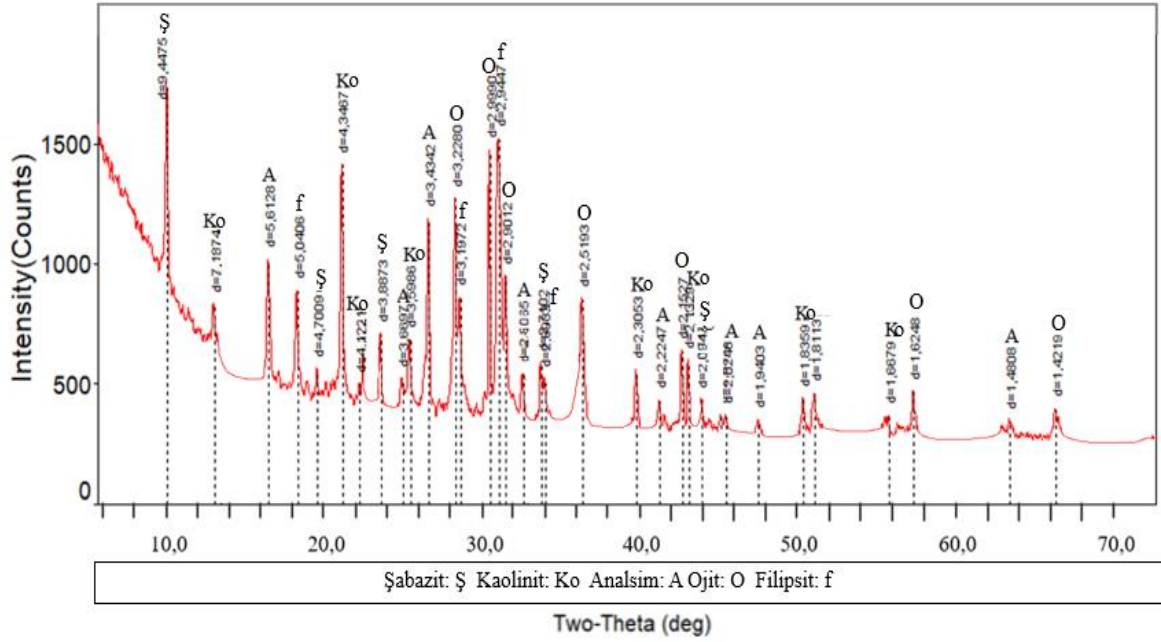


Şekil 55. Hacı Kasım Camii minaresinden alınan numunenin XRD grafiği



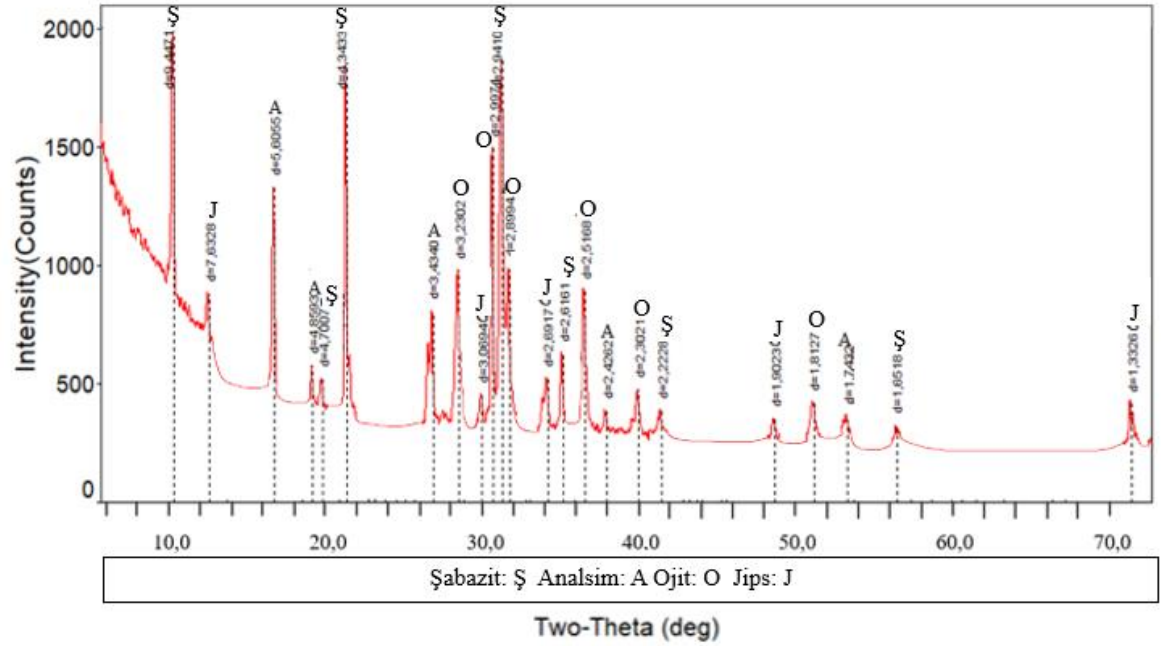
Şekil 56. Hacı Kasım Camii beden duvarından alınan numunenin XRD grafiği

3.1.6. Çarşı Camii XRD Grafiği

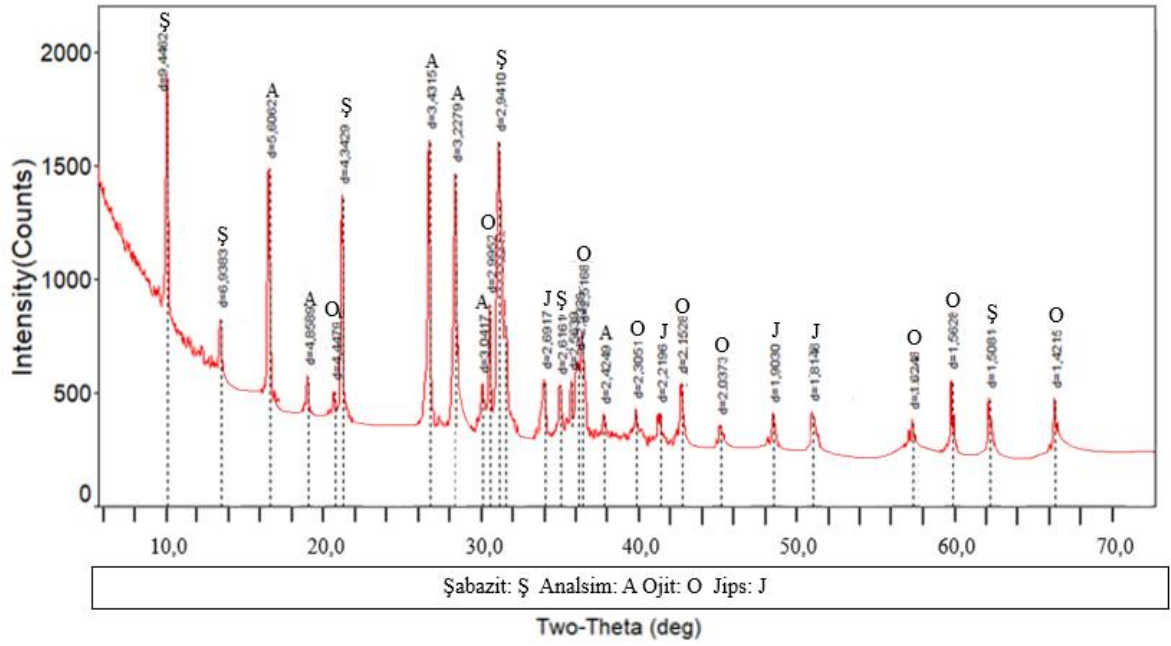


Şekil 57. Çarşı Camii Batı cephesinden alınan numunenin XRD grafiği

3.1.7. Hacı Salih Camii XRD Grafikleri

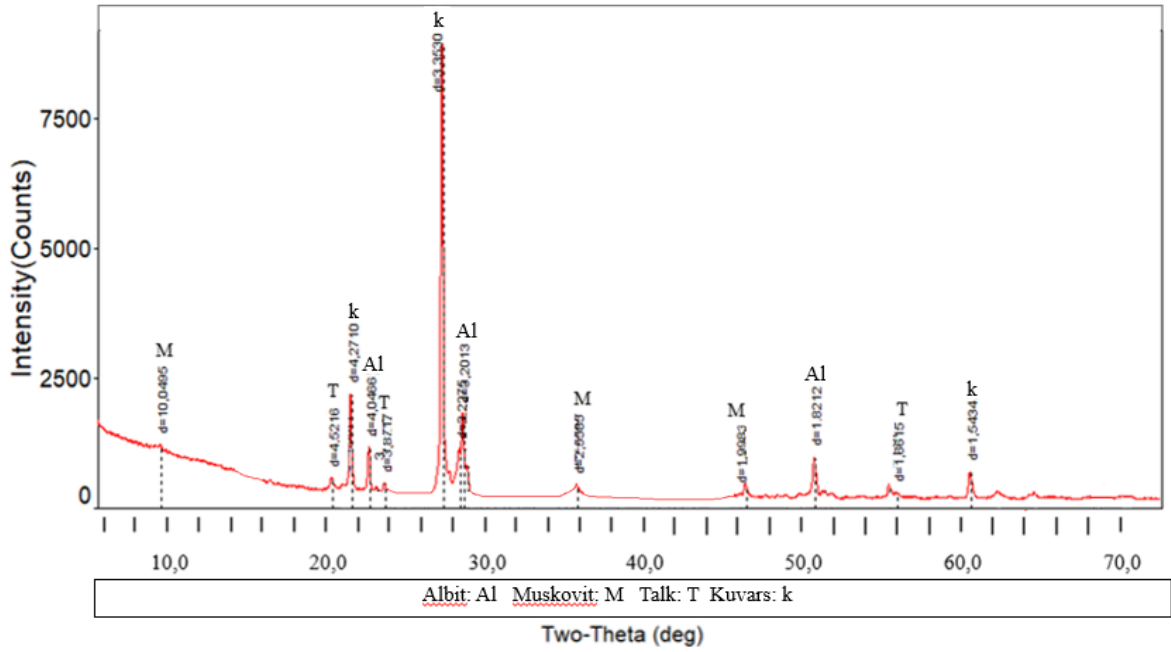


Şekil 58. Hacı Salih Camii'nden alınan numunenin XRD grafiği

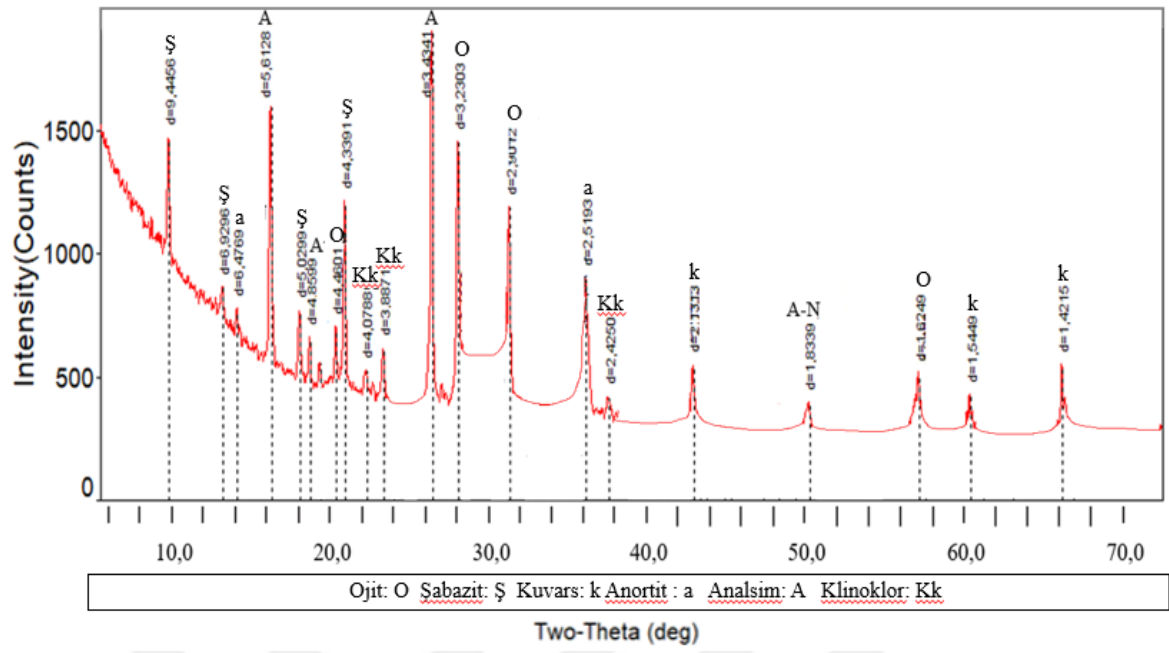


Şekil 59. Hacı Salih Camii'nden alınan numunenin XRD grafiği

3.1.8. Ortahisar Mescidi XRD Grafikleri

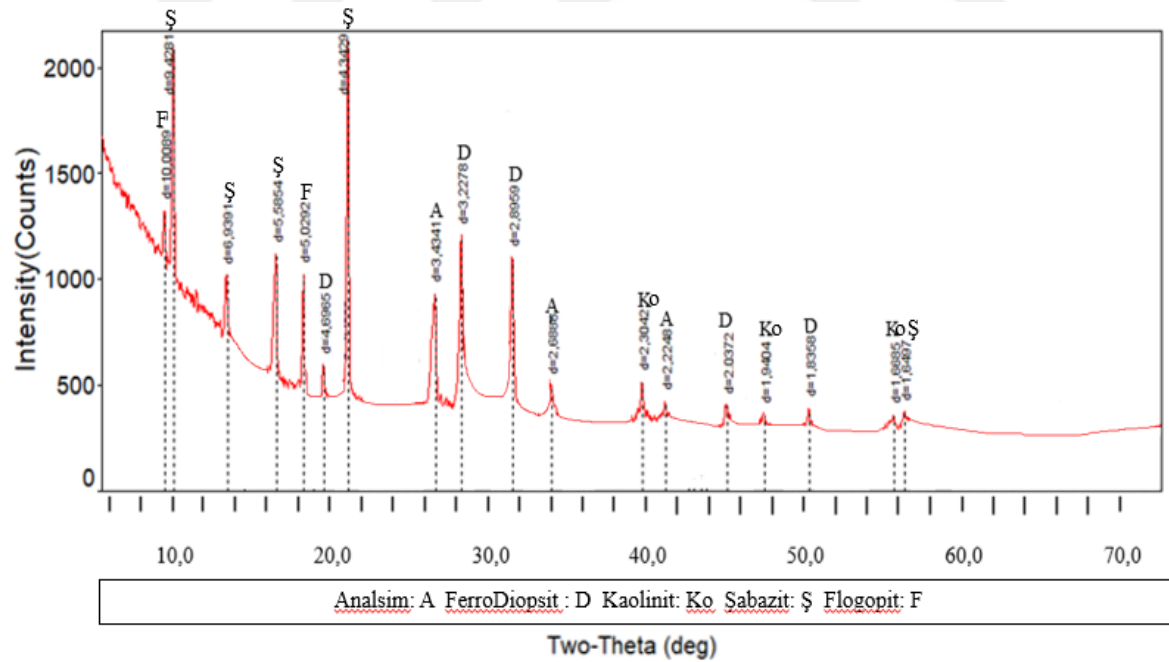


Şekil 60. Ortahisar Mescidi yaprak şeklinde dökülen taş malzemeden alınan numunenin XRD grafiği

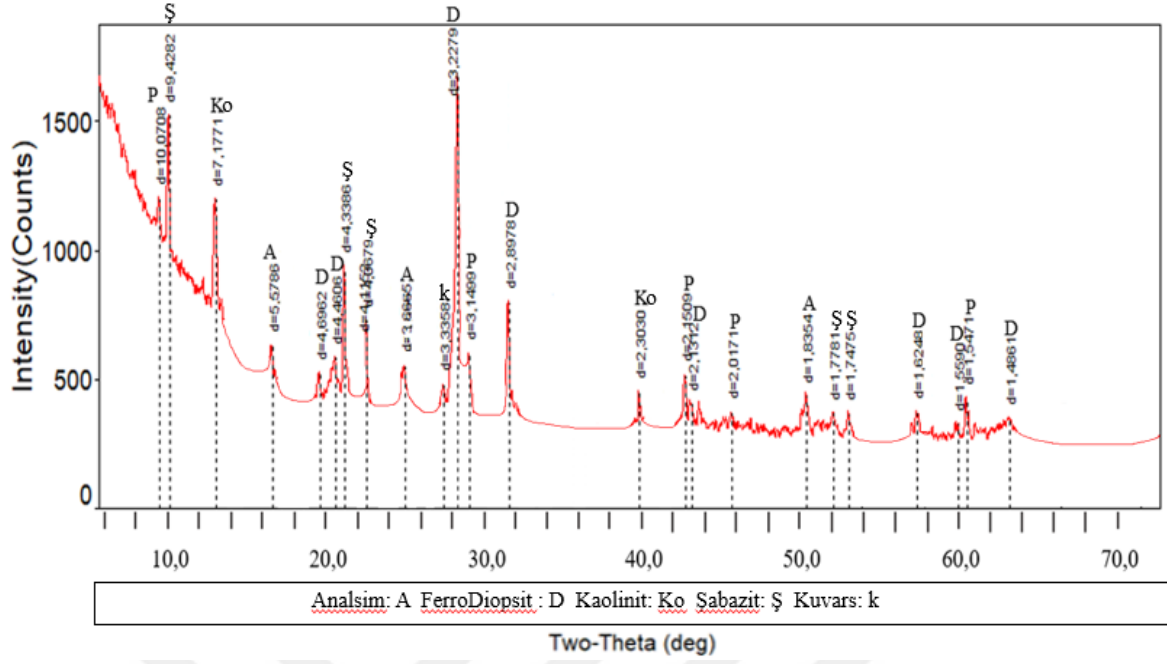


Şekil 61. Ortahisar Mescidi söveden alınan numunenin XRD grafiği

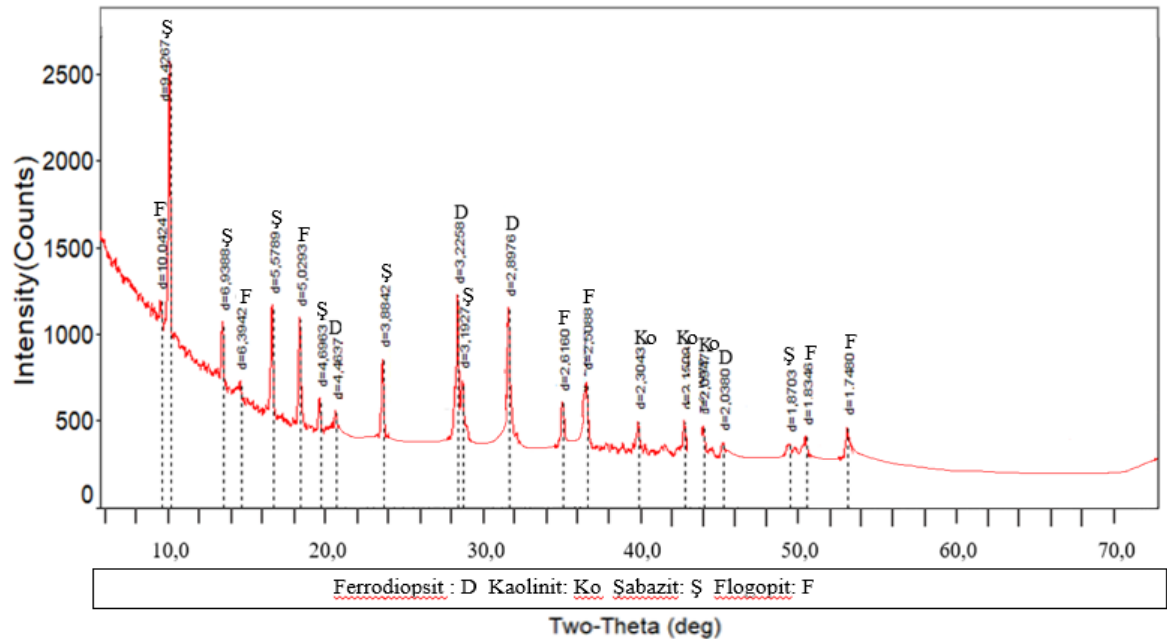
3.1.9. Tavanlı Camii XRD Grafikleri



Şekil 62. Tavanlı Camii söveden alınan numunenin XRD grafiği

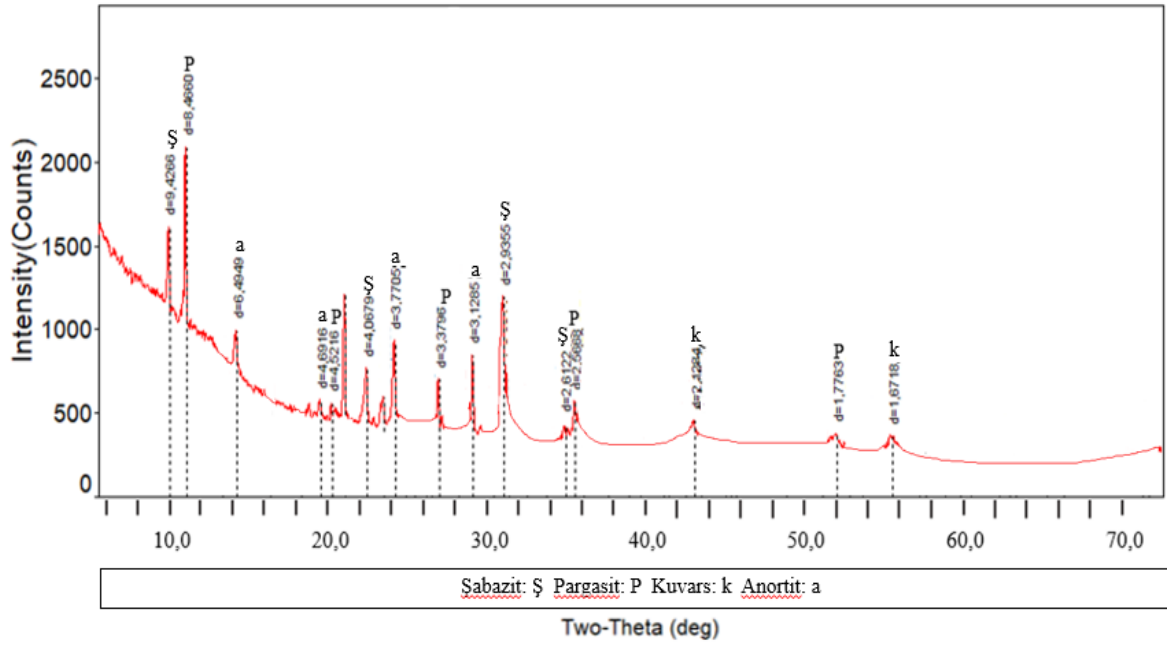


Şekil 63. Tavanlı Camii beden duvarından alınan numunenin XRD grafiği



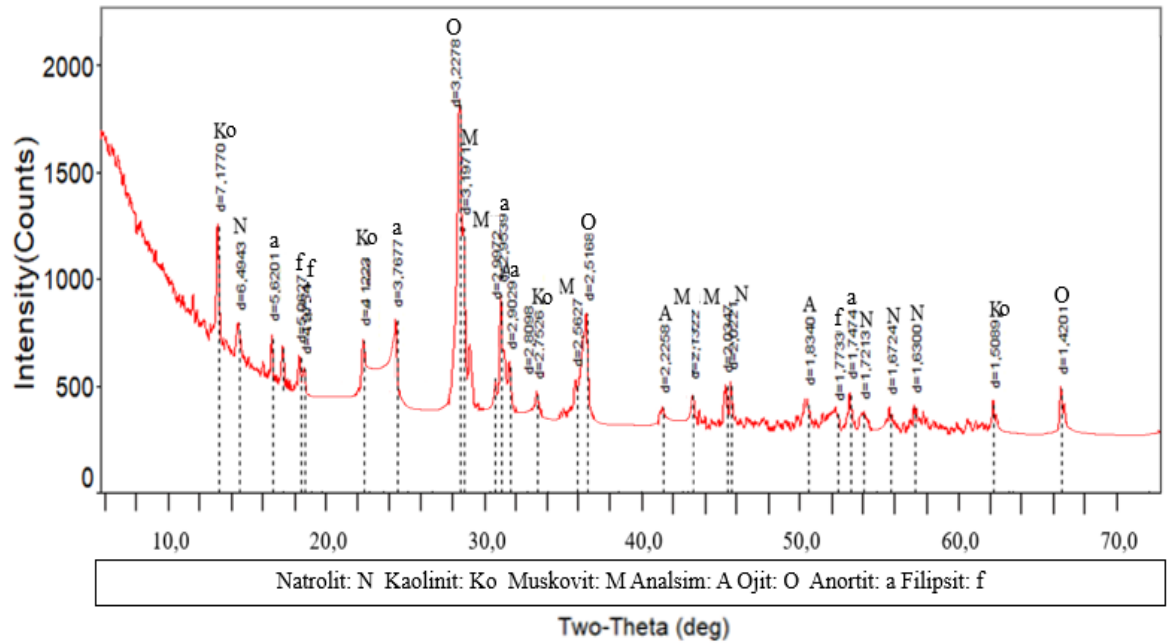
Şekil 64. Tavanlı Camii sövesinden (kapak atma) alınan numunenin XRD grafiği

3.1.10. Ahi Evren Dede Camii XRD Grafiği

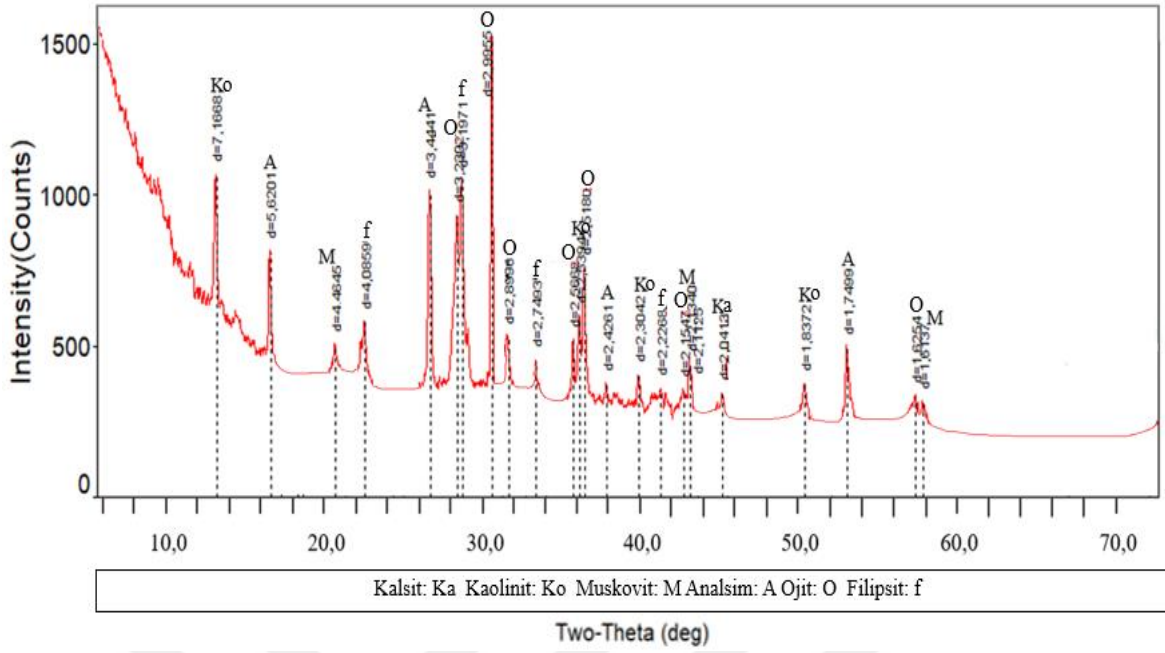


Şekil 65. Ahi Evren Dede Camii Güney cephesi subasmanından alınan numunenin XRD grafiği

3.1.11. Hoca Halil Camii XRD Grafikleri



Şekil 66. Hoca Halil Camii Kuzey cephe duvarından alınan numunenin XRD grafiği



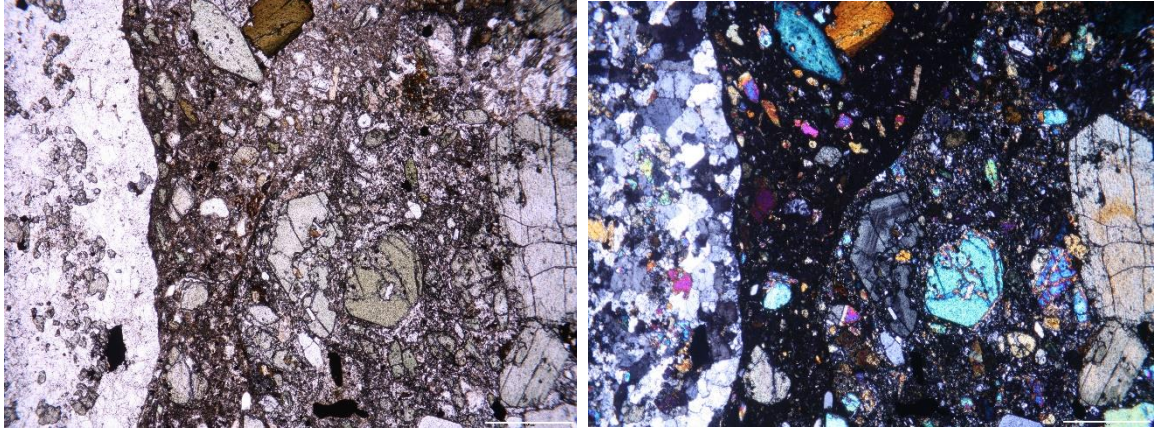
Şekil 67. Hoca Halil Camii söveden alınan numunenin XRD grafiği

3.2. Mineraloji ve Petrografik Analizler

Bölüm 2.3.'te belirtilen tarihi yapılarda kullanılan doğal taş malzemelerden alınan numunelerin mineralojik ve petrografik analizleri yer almaktadır.

3.2.1. Hamza Paşa Camii (Batı duvarı)

- Bağlayıcı malzeme (%25); lehimlenmiş küldür.
- Kayaç kırıntıları (%36): Bazanitik (%20), nefelinitik (%8) ve camsı (vitrik) (%8) kırıntılardan oluşmaktadır. Kayaç kırıntılarında alterasyon düşüktür.
- Kristal kırıntıları (%39): olivin, ojit, plajiyoklas, biyotit ve nefelin kristallerinden oluşmaktadır.
- Olivin: Numunede %10 oranında özşekilsiz kristaller şeklinde mevcuttur.
- Ojit: Numune içinde %14 oranında mevcuttur. Kısmen alteredir.
- Plajiyoklas (labradorit): %10 oranında ve kısmen alteredir.
- Biyotit: %3 oranında hafifçe alteredir.
- Nefelin: %2 oranında mevcuttur.
- Alterasyon: Camsı (vitrik) kırıntılar yoğun olarak kloritize ve kalsitize içerir.

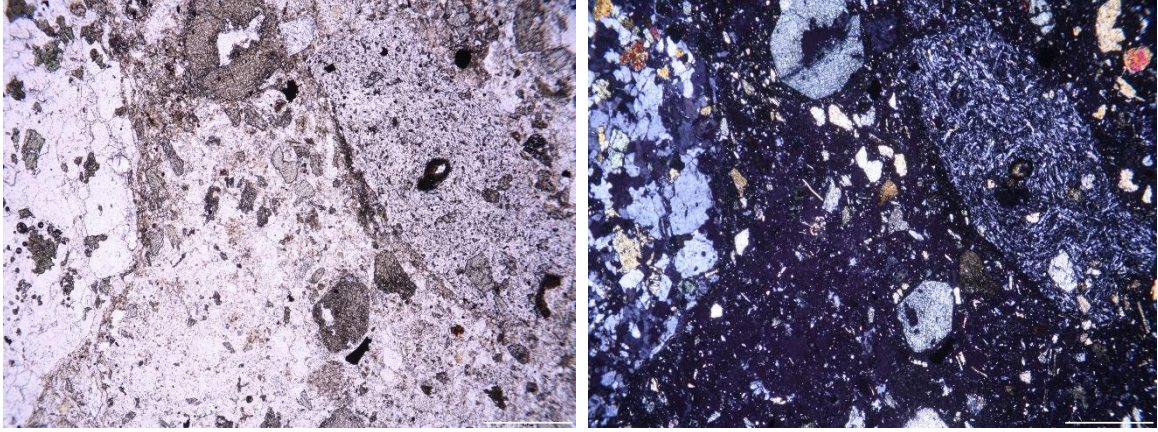


Şekil 68. Hamza Paşa Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)

Kayaç adı: Litik kristal bazanitik tuf.

3.2.2. Hızırbey Camii (Batı duvarı)

- Bağlayıcı malzeme (%15); lehimlenmiş küldür.
- Kayaç kırıntıları (%40): Bazanit (%25), nefelinit-lösit (%5) ve volkanik cam (vitrik) (%10) kırıntılardan oluşmaktadır. Cam kırıntılarında alterasyon yüksek, kayaç kırıntılarında oldukça düşüktür.
- Kristal kırıntıları (%45): Ojit, olivin, plajiyoklas, biyotit ve nefelin-lösit kristallerinden oluşmaktadır.
- Ojit (%20): Oldukça ayrışmasız ancak bol çatlaklı kristal şeklindedir.
- Olivin (%10): Özşekilsiz kristaller şeklinde, kısmen alteredir.
- Plajiyoklas (labradorit): %10 oranında ve kısmen altere bağımsız kristal şeklindedir.
- Biyotit: %3 oranında hafifçe alteredir.
- Nefelin: %2 oranında mevcuttur.
- Alterasyon: Camsı (vitrik) kırıntılar yoğun olarak kloritize ve kalsitizedir. Bazı olivin kristallerinde kalsitleşme gözlenmiştir.



Şekil 69. Hızırbey Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)

Kayaç adı: Litik kristal bazanitik tuf.

3.2.3. Hacı Yahya Camii (Doğu duvarı, HY1 ve HY2)

Yapımında nispeten köşeli kaya parçaları kullanılan bu caminin doğu duvarından alınan iki farklı numunenin mineralojik ve petrografik analizleri şu şekildedir.

HY1

- Doku: Hyalo mikrolitik porfirik
- Cam: % 40 oranında olup, kısmen ayrışarak kil, klot ve zeolite dönüşmüştür.
- Plajiyoklas: %15 orana sahip olup genellikle mikrolit, kısmen fenokristal şeklinde görüldü. Cinslerinin labrador olduğu belirlendi.
- Lössit: %16 oranında genellikle mikro kristal, nadiren fenokristal şeklinde görüldü.
- Ojit: %18 oranında, yarı öz şekilli fenokristal ve mikrolit şeklinde gözlemlendi.
- Olivin: %6 oranda yarı öz şekilli kristal şeklinde mevcuttur.
- Gözenek: %5 oranında ve hamurda boşluk şeklinde mevcut. Boşluklar zeolit ve klorit dolguludur.
- Kayaç adı: Ojit bazanit.

HY2

- Makroskopik olarak 20x30, 25x35 cm boyutlarında olan ve genellikle şekilsiz bloklardan oluşan yapı taşı aglomeratik özellikli olup, bağlayıcı malzemesi tuf, bağlanan malzemesi bazanitik lav çakıllarından oluşmaktadır Bazanitik lav çakılları yuvarlağımsı şekilli olup 2x4 ila 10x15 cm arasında değişen

boyutlardadır. Çakılları birbirine bağlayan malzemeden alınan örneğin mineralojik ve petrografik analizi aşağıda sunulmuştur.

- Bağlayıcı malzeme (%50): Tüf boyutlu olan bağlayıcı malzeme kayaç ve mineral kırıntılarından oluşur. Tamamına yakını kil, zeolit, klorit ve kalsite dönüşmüştür.
- Kayaç kırıntıları (%15): Bazanit (%10) ve volkanik camdan (%5) oluşur. Bazanit hyalo mikrolitik porfirik dokulu plajiyoklas lösit ve ojitten oluşmaktadır. Bolkanik cam parçaları kısmen klorit kil zeolit ve kalsite dönümüştür.

Mineral kırıntıları (%35);

- Plajiyoklas (%15): labraor bileşimli yalın kristaller şeklinde kısmen kil ve kalsite dönüşmüş.
- Lössit (%10): kaya içinde yalın öz şekilli kristal şeklinde bulunmaktadır.
- Ojit (%8): Kısmen kloritize bol çatlaklı kristal şeklinde mevcuttur.
- Opak mineral (%2): Primer yalın kristal şeklindedir.
- Kayaç adı: Litik kristal bazanitik tüf.

3.2.4. Semerciler Camii (Giriş kapısı duvarından alınan numune)

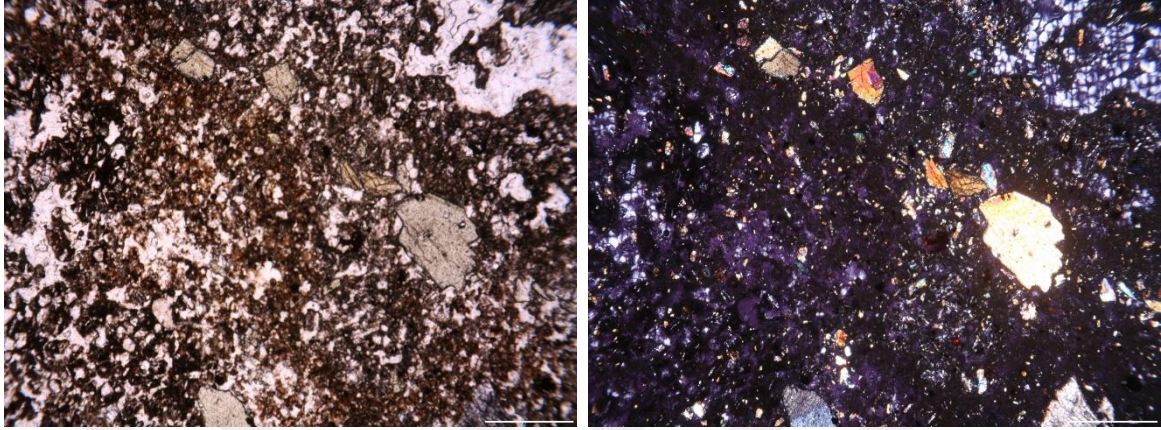
Bağlayıcı malzeme (%30): Killeşmiş ve zeolitleşmiş kül boyutlu kırıntılı malzemenin silisifikasyonu (kalsedon şeklinde silisleşmesi).

Kayaç Kırıntıları: Numunenin %65 ini kayaç kırıntıları kapsar. Bu kayaç kırıntıları başlıca bazanitler kısmen de volkanik cam parçalarından oluşmaktadır. Bazanitler (%50) vaküoler hyalo-porfirik dokulu olup, lösit (analsim), plajiyoklas, olivin ve diyopsit kristalleri ile bunların alterasyon ürünlerinden oluşmaktadır. Plajiyoklas ve lösit ayrışarak kil ve analsim minerallerine, ferromagnezyen mineraller ise klorite dönüşmüştür. Boşluklar ikincil olarak zeolit ve kalsedon dolguludur. Volkanik cam (%15) kırıntıları yoğun alterasyona uğramıştır.

Kristal kırıntıları: %5 orana sahiptirler. Diyopsit (%3) ve plajiyoklas (%2) yalın kristallerinden oluşmaktadır.

Kayaç kırıntıları ve cam kırıntıları yüksek sıcaklıkta lehimlenmiş olarak kendini göstermektedir.

Alterasyon ürünü zeolit (şabazit), kalsedon (ikincil kuvars) ve kil (kaolenit) numunenin %40 lık bölümünü kapsamaktadır.



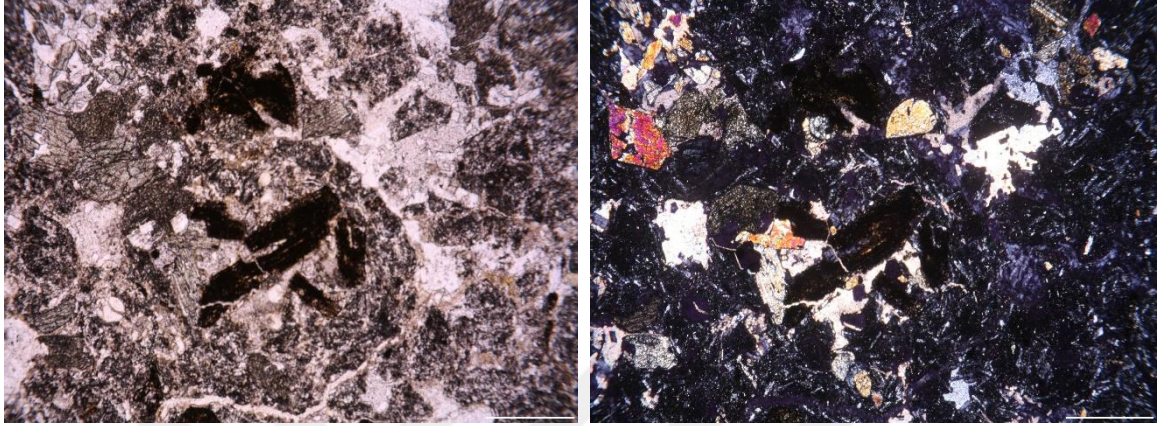
Şekil 70. Semerciler Camii giriş kapı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)

Kayaç adı: Altere Litik bazanitik tuf.

3.2.5. Hacı Kasım Camii (Batı duvarı)

- Doku: Hyalo mikrogrenü porfirik.
- Cam içeriği % 40.
- Plajiyoklas: Numunenin yaklaşık %20'lik bölümünü oluşturmaktadır. Genellikle mikrolit, kısmen fenokristal şeklinde mevcut. Fenokristaller labrador bileşimindedir. Mikrolitler andezin-labrador bileşimli olup, yüksek oranda albitleşmiştir.
- Feldispatoid (genelde Lössit ve kısmen Nefelin): Numunenin %15 lik bölümünü oluşturlar. Lössit kristallerinde yer yer kaolenleşme mevcuttur.
- Ojit: Genellikle Fenokristal, kısmen de mikrolit boyutunda kristallerden oluşmaktadır. Modal olarak kayacın % 15 lik bölümünü kapsar. Fenokristaller düşük oranda kloritleşmiştir.
- Olivin: Numunenin %6 lik bölümünü oluşturmaktadır.
- Boşluk (gözenek): Numunenin %4 lük bölümünü kapsayıp, sekonder olarak zeolit ve kalsit dolguludur.
- Opak Mineral: eser miktarda olup primer özelliklidir.

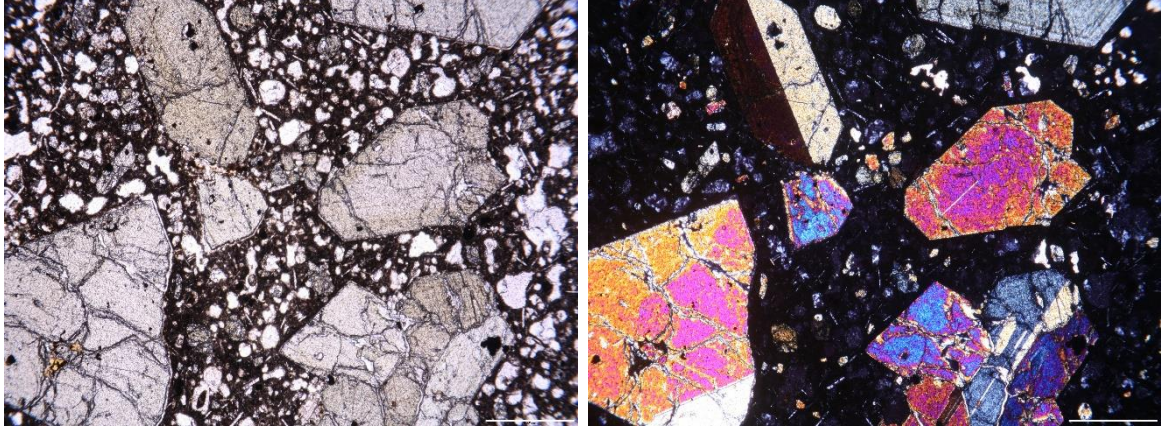
- Alterasyon: Hamurun (cam bölüm) yoğun kil, zeolit, klorit ve kalsitleşmiş olduğu tespit edilmiştir.
- Kayaç adı: Altere ojit Bazanit.



Şekil 71. Hacı Kasım Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)

3.2.6. Çarşı Camii (Batı duvarı)

- Doku: Hyalo-mikrogronü porfirik.
- Cam: Numunenin %30 unu oluşturmaktadır.
- Boşluk oranı: % 2, boşluklar birbiriyle bağlantısız olup, yarıya yakın oranda kalsit, zeolit ve klorit dolgulu.
- Lösit: Modal bileşen olarak numunenin %23 ini oluşturmakta. Kısmen veya tamamen killeşmiş veya zeolitleşmiş.
- Plajiyoklas: %20 orana sahip, labrador bileşimli olup, genellikle mikrolit, kısmen fenokristal şeklinde. Kısmen altere.
- Ojit: %23 oranda genellikle fenokristal şeklinde. Ayrışmasız.
- Olivin: %2 oranda, kısmen veya tamamen kalsitleşmiş.
- Kalsit: Kısmen hamurun, kısmen de olivinin alterasyon ürünü olarak mevcut.
- Zeolit: Hem boşluk dolgusu ve hem de lösit alterasyon ürünü şeklinde görülmüştür.
- Klorit ve kalsedon: kısmen boşluk dolgusu şeklinde gözlenmiştir.
- Kayaç adı: Ojit bazanit.



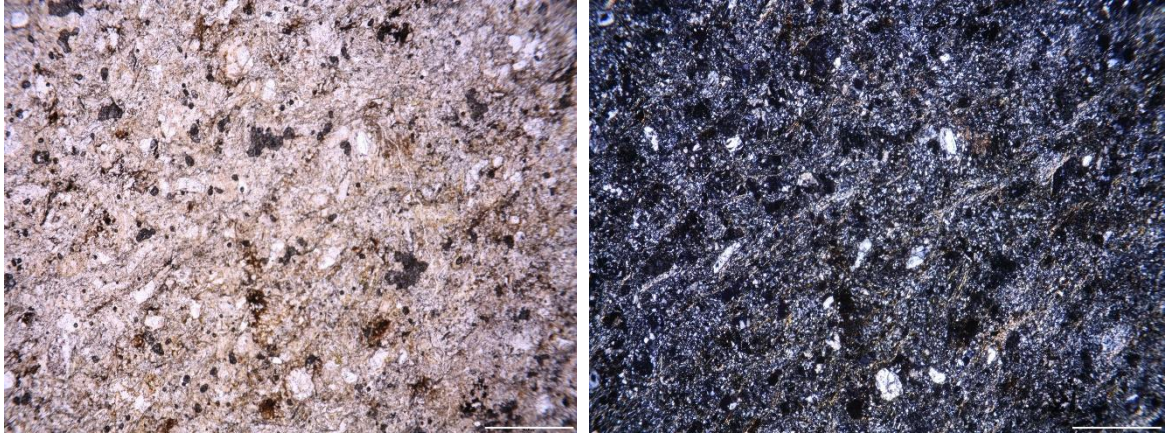
Şekil 72. Çarşı Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoftaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)

3.2.7. Hacı Salih Camii (Batı duvarı)

- Bağlayıcı malzeme (%30): Killeşmiş ve zeolitlenmiş kül boyutlu kırıntılı malzemedir.
- Kayaç Kırıntıları (%60): Kayaç kırıntıları başlıca bazanitler (%35), litik kristal bazanitik tuf (%15) ve kısmen de volkanik cam (%10) parçalarından oluşmaktadır. Bazanitler hyalo-porfirik dokulu olup, lösit, plajiyoklas, olivin ve ojit kristalleri ile bunların alterasyon ürünlerinden oluşmaktadır. Litik kristal bazanitik tüfler bazanit çakılları ve lösit, ojit plajiyoklas kırıntılarından oluşmuştur. Kayaç içinde tüm plajiyoklas ve lösit kısmen ayrışarak kil minerallerine, ferromagnezyen mineraller ise klorite dönüşmüştür. Boşluklar ikincil olarak zeolit ve kalsedon dolguludur. Cam bölümler yoğun alterasyona uğramıştır.
- Kristal kırıntıları (% 10): kırıklı, şekilsiz, bol çatlaklı, lösit (%5), ojit (%3), ve plajiyoklas (%2) yalın kristallerinden oluşmaktadır.
- Kayaç kırıntıları ve cam kırıntıları yüksek sıcaklıkta lehimlenmiş olarak kendini göstermektedir.
- Alterasyon ürünü (sekonder) mineral: Nümunenin % 30 luk bölümünü ayrışarak zeolit, kalsedon ve kil minerallerine dönüşmüştür.
- Kayaç adı: Altere litik bazanitik tuf.

3.2.8. Ortahisar Mescidi (Batı duvarı)

- Bağlayıcı malzeme (%35), zeolit, kalsedon, klorit ve kile dönüşmüş kül boyutunda jeolojik kırıntılar.
- Kayaç kırıntıları (%50): Volkanik cam (obsidyen), dasit, andezit kırıntılarından ibarettir.
- Volkanik Cam: %25 oranda, tamamen klorit ve kile dönüşmüş vitrik parçalar şeklinde.
- Dasit: %20 oranda, hyaloporfirik dokulu, hamuru ileri derece ayrışmaya uğrayarak kil ve klorite dönüşmüş. İçerisindeki plajiyoklas fenokristalleri kile, biyotitler klorite dönüşmüştür.
- Andezit: Numunede %5 oranında mevcut. İleri derecede ayrılarak kil, zeolit ve klorite dönüşmüş.
- Mineral kırıntıları (%15): Kuvars (%5), plajiyoklas (%5), biyotit (%3) ve ortoklastan (%2) ibarettir. Kuvars haricinde hepsi ayrılarak kil, klorit ve albite dönüşmüştür.
- İkincil oluşumlar: kil, zeolit, klorit ve serisit gelişimi şeklindedir.

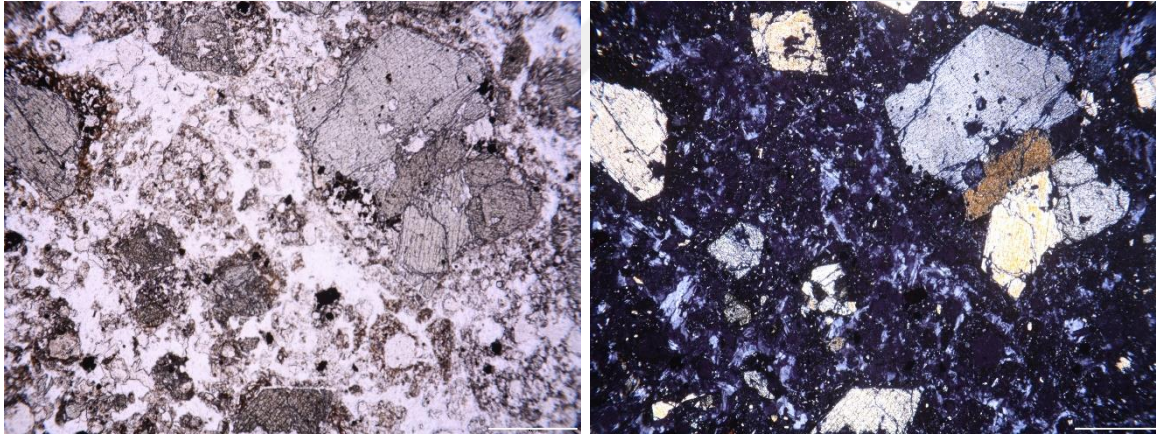


Şekil 73. Ortahisar Mescidi batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)

Kayaç Adı: Ayrışmış litik dasitik tüf.

3.2.9. Tavanlı Camii (Batı duvarı)

- Bağlayıcı malzeme (%20): Kül olup, hem zeolit ve hem de klorit ve kalsedona dönüşmüştür.
- Kayaç kırıntıları (%70): Tamamen bazanitik kayaç kırıntılarından oluşmuştur. Kayaç kırıntıları değişik oranlarda klorit, zeolit ve kile dönüşmüştür. Kayaç kırıntı boyutu 500-2000 mikron arasında değişmektedir. Kayaç kırıntıları mikrogrönü porfirik dokulu olup başlıca lösit, plajiyoklas ve ojitten, kısmen de olivinden oluşmaktadır.
- Kristal kırıntıları (%10): Ojit (%7), Lösit (%2) ve opak mineral (%1) den oluşmaktadır.
- İkincil mineral: Numune içinde hem bağlayıcı malzeme ve hem de kayaç kırıntıları ayrışarak zeolit, kalsedon, klorit ve kalsite dönüşmüştür. Alterasyon ile gelişen sekonder mineral oranı %20'dir.



Şekil 74. Tavanlı Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)
Kayaç adı: Litik kristal bazanitik tüf.

3.2.10. Ahi Evren Dede Camii (Batı duvarı)

Caminin batı duvarı ve güney su basmandan olmak üzere 2 adet numune alınmıştır.

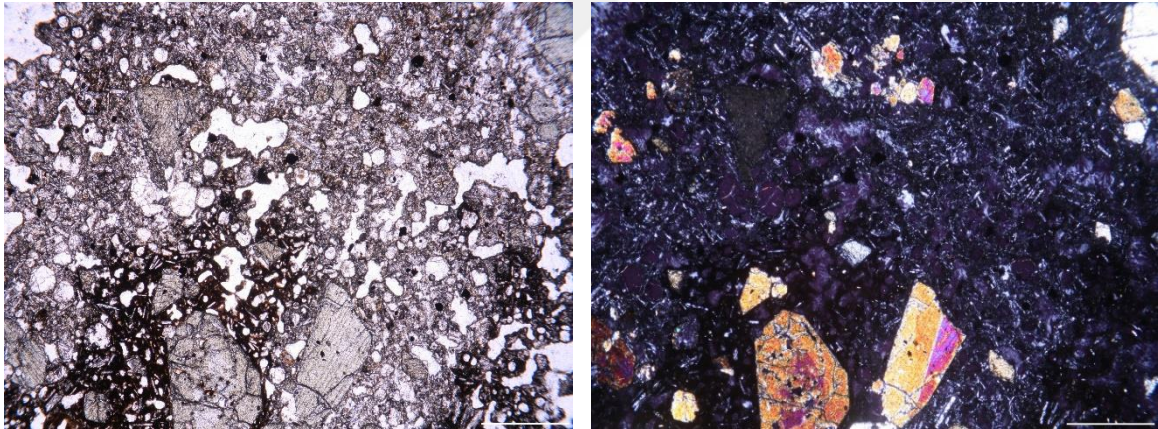
AE1 (Batı duvar)

- Bağlayıcı malzeme (%20):Kül. Kısmen veya tamamen kile ve zeolite dönüşmüştür

- Kayaç kırıntıları (%45): Genellikle hyalo-mikrolitik porfirik dokulu, bazanit (%35) ve litik bazanitik tuf (%10) çakılları şeklinde mevcuttur.

Mineral Kırıntıları (%25):

- Ojit: %10 oranında, Kristal tane boyu 200 mikron civarında yarı öz ve özşekilsiz kristal şeklinde, düşük derece kloritize.
- Plajiyoklas: Numunede % 5 oranında, labrador bileşimli olup genellikle mikrolit, kısmen fenokristal şeklinde.
- Lösit: % 8 oranda, öz şekilli kristaller şeklinde olup, kısmen veya tamamen zeolitleşmiştir.
- Opak mineral (Magnetit?): Genellikle ikincil olarak öz şekilsiz kristaller şeklinde % 2 oranında bulunmaktadır.
- Gözenek: %10 oranında olup tamamen zeolit ve klorit dolguludur. Gözenekler birbirleriyle bağıntılıdır.
- Zeolit: ikincil mineral olarak hem ayrışma ürünü ve hem de boşluk dolgusu olarak mevcuttur.



Şekil 75. Ahi Evren Dede Camii batı duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)

Kayaç adı: Litik kristal bazanitik tuf

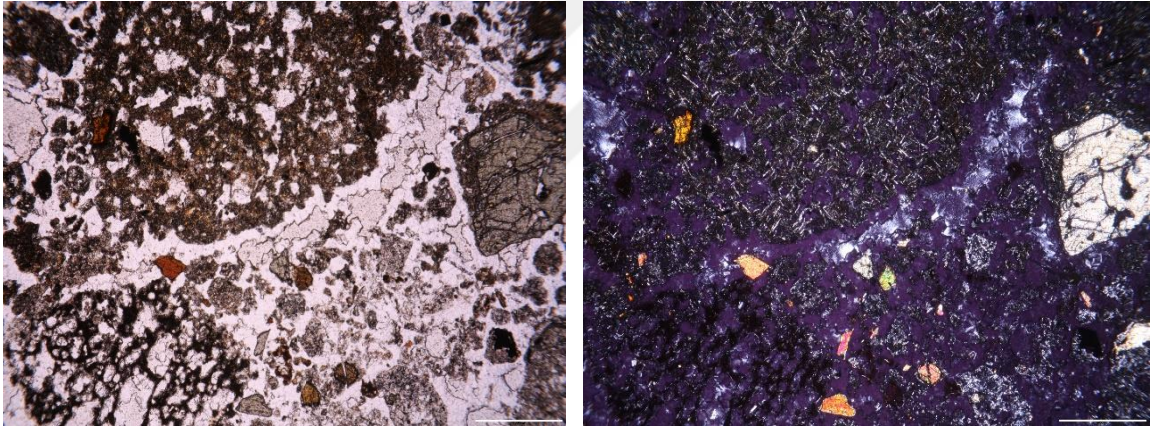
AE 2 (Güney Subasmanı)

- Bağlayıcı malzeme (%20): Zeolit, klorit ve silisleşmiş (kalsedon) kül boyutlu malzeme.
- Kayaç kırıntı oranı %45, kristal oranı %25, bağlayıcı malzeme oranı %20, boşluk oranı %10 dur.

- Kayaç Kırıntıları (%45): Litik bazanitik tuf (%15), litik kristal bazanitik tuf (%15), skorya (scoria) (%10), gözenekli vitrik (v. cam) (%5) kayaç kırıntılarından oluşmaktadır. Kayaç kırıntıları ileri derece ayrılmış olup zeolit, kil ve klorite dönüşmüştür.

Kristal kırıntıları (%25);

- Plajiyoklas: labrador türünde, %8 oranda, yarı altere kristaller şeklinde mevcut.
- Lössit: %5 oranda, kısmen alteredir.
- Ojit: % 7 oranında, yarı öz şekilli, bol kırıklı kristaller şeklinde mevcuttur.
- Hornblend: %3 oranında kristal kırıntıları şeklinde görülmüştür.
- Opak mineral: %2 oranında, saçınım halinde, genellikle sekonder olarak gelişmiştir.
- Gözenek (%10): Gözeneklerin çoğu birbiriyle bağlantılı olup, klorit ve zeolit dolguludur.



Şekil 76. Ahi Evren Dede Camii güney subasmanından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)

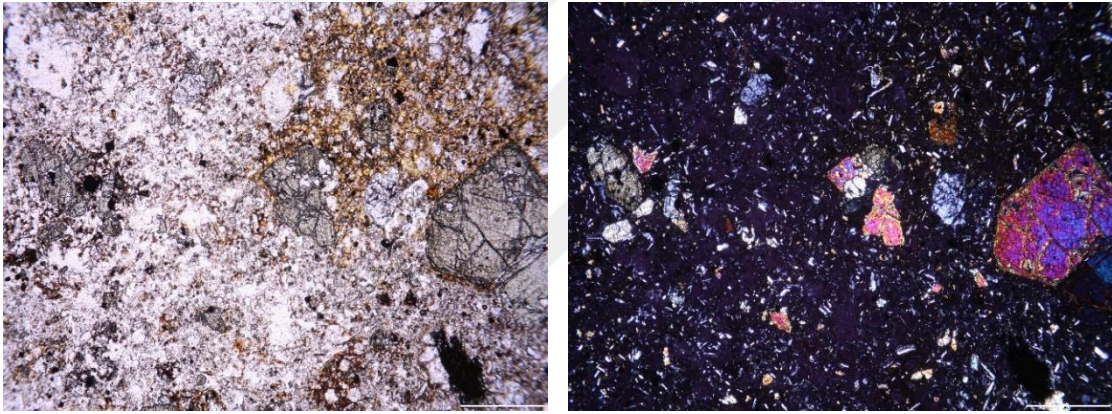
Kayaç adı: Altere Litik kristal bazanitik tuf.

3.2.11. Hoca Halil Camii (Kuzey duvarı)

- Bağlayıcı malzeme (%35): Killeşmiş (kaolenit) ve zeolitlenmiş (filipsit) kül boyutlu kırıntılı malzemedir.
- Kayaç Kırıntıları (%60): Kayaç kırıntıları başlıca bazanitler kısmen de volkanik cam parçalarından oluşmaktadır. Bazanitler (%45) vaküoler hyalo-porfirik ve hyalo-porfirik dokulu olup, lösit (analsim), plajiyoklas, olivin ve

ojit kristalleri ile bunların alterasyon ürünlerinden oluşmaktadır. Plajiyoklas ve lösit ayrışarak kil minerallerine, ferromagnezyen mineraller ise klorit ve kalsite dönüşmüştür. Boşluklar ikincil olarak genelde zeolit ve kısmen de kalsedon dolguludur. Volkanik cam (%10) kırıntıları yoğun alterasyona uğrayarak killeşmiştir.

- Kristal kırıntıları (%10): Ojit (%8) ve plajiyoklas (%2) yalın kristallerinden oluşmaktadır.
- Kayaç kırıntıları ve cam kırıntıları bağlayıcı tuf boyutlu malzeme ile yüksek sıcaklıkta lehimlenmiş olarak kendini göstermektedir.
- Alterasyon ürünü zeolit, kalsedon, kalsit ve kil numunenin %35 lik bölümünü kapsamaktadır.



Şekil 77. Hoca Halil Camii kuzey cephe duvarından alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görüntüsü. Solda TN (tek Nikol), sağda ÇN (Çift Nikol) görüntüleri. Ölçek 1000 mikron)

Kayaç adı: Altere Litik bazanitik tuf.

3.3. Schmidt Çekici Ölçümleri

Bölüm 2.3.'te belirtilen 11 adet tarihi yapı içerisinde yer alan 5 Nolu yapı Hacı Kasım Camii'nin Batı cephe duvarı boyunca zemin kotundan yukarı yönde ilk 5 sırada yer alan 102 adet taş malzemeye Schmidt çekici uygulanmıştır. Buna göre orijinal yapıtaşlarının geri tepme sayısı 21.4 -46.6 aralığında olmakla birlikte, ortalama 35.7'dir. Restorasyon ile yenilenen yapı taşlarında ortalama geri tepme sayısı 26.5-39.9 aralığında, ortalama değerin ise 32.8 olduğu hesaplanmıştır. Schmidt çekici deneyinden elde edilen analiz sonuçları tablolar halinde verilmiştir (Tablo 12-27).

Tablo 12. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (2-8)

Yapıtaşı Numarası	2	3	4	5	6	8
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	48	42	45	43	38	47
	38	42	40	37	36	50
	40	42	38	33	32	50
	38	39	46	38	37	36
	45	42	36	39	26	40
	40	47	42	40	35	36
	38	46	37	33	33	40
	42	30	46	33	42	37
	34	40	43	36	44	40
	41	36	42	40	30	34
Değerlerin Ortalaması	40.4	40.6	41.5	37.2	35.3	41

Tablo 13. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (9-14)

Yapıtaşı Numarası	9	10	11	12	13	14
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	41	44	34	50	42	39
	44	39	32	46	48	47
	33	37	33	50	36	45
	48	36	34	46	38	40
	29	34	35	50	45	45
	34	36	40	46	40	38
	42	32	40	42	48	44
	28	48	38	46	44	42
	39	32	36	50	47	44
	50	36	30	40	42	40
Değerlerin Ortalaması	38.8	37.4	35.2	46.6	43	42.4

Tablo 14. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (15-20)

Yapıtaşı Numarası	15	16	17	18	19	20
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	37	40	35	24	34	26
	34	38	37	33	37	45
	42	37	37	34	40	40
	40	39	35	25	34	35
	36	35	39	30	33	37
	39	39	40	25	32	41
	35	40	38	34	40	40
	43	39	35	21	37	36
	30	35	35	33	42	34
	38	43	42	28	38	32
Değerlerin Ortalaması	37.4	38.5	37.3	28.7	36.7	36.6

Tablo 15. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (21-26)

Yapıtaşı Numarası	21	22	23	24	25	26
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	32	34	43	25	34	40
	38	35	40	44	39	44
	40	36	33	34	44	37
	38	32	34	24	37	38
	32	30	40	40	54	38
	28	37	37	38	37	40
	34	40	41	34	44	40
	36	40	32	40	46	41
	44	33	24	46	40	38
	30	36	37	36	39	43
Değerlerin Ortalaması	35.2	35.3	36.1	36.1	41.4	39.9

Tablo 16. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (27-32)

Yapıtaşı Numarası	27	28	29	30	31	32
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	31	38	37	47	34	40
	33	35	34	45	47	38
	37	40	41	42	48	36
	40	36	36	48	44	46
	38	37	37	42	42	40
	40	42	34	47	38	32
	40	40	36	44	32	36
	33	32	35	48	40	44
	35	41	34	40	34	52
	35	38	36	42	44	50
Değerlerin Ortalaması	36.2	37.9	36	44.5	40.3	41.4

Tablo 17. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (33-38)

Yapıtaşı Numarası	33	34	35	36	37	38
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	40	38	34	31	35	25
	46	40	33	30	30	30
	48	42	40	28	35	21
	50	40	43	30	35	25
	46	39	40	28	35	28
	40	37	44	37	30	28
	43	39	44	33	36	27
	46	40	40	33	35	30
	49	44	38	33	32	34
	47	40	35	31	35	37
Değerlerin Ortalaması	45.5	39.9	39.1	31.4	33.8	28.5

Tablo 18. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (39-44)

Yapıtaşı Numarası	39	40	41	42	43	44
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	28	30	42	38	40	40
	35	28	40	36	36	40
	32	42	50	34	34	42
	35	34	44	32	36	36
	37	34	42	28	30	36
	30	38	38	32	38	34
	40	35	44	36	34	38
	42	36	40	25	36	38
	35	34	44	30	34	42
	45	44	38	32	40	40
Değerlerin Ortalaması	35.9	35.5	42.2	32.3	35.8	38.6

Tablo 19. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (45-50)

Yapıtaşı Numarası	45	46	47	48	49	50
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	36	36	38	46	35	34
	35	30	36	40	40	34
	36	34	40	48	34	34
	38	38	34	46	40	34
	34	47	40	42	32	40
	30	40	36	44	40	30
	40	42	34	45	38	40
	40	34	34	38	38	36
	38	42	36	34	42	34
	28	38	38	39	42	34
Değerlerin Ortalaması	35.5	38.1	36.6	42.2	37.7	35

Tablo 20. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (51-56)

Yapıtaşı Numarası	51	52	53	54	55	56
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	36	34	38	42	26	32
	42	28	36	34	30	34
	40	34	36	40	40	34
	36	36	42	42	34	36
	36	38	40	46	32	32
	38	36	38	38	38	33
	38	38	42	40	36	32
	42	36	40	50	35	39
	42	40	36	50	40	35
	35	38	36	48	45	34
Değerlerin Ortalaması	38.5	35.8	38.4	43	35.6	34.1

Tablo 21. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (57-68)

Yapıtaşı Numarası	57	58	60	62	65	68
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	41	46	32	44	30	42
	44	28	34	38	28	46
	50	32	35	40	29	46
	40	32	40	44	35	42
	38	22	40	44	20	42
	40	22	40	44	32	40
	36	21	44	38	35	47
	36	28	38	50	30	40
	40	34	46	50	30	42
	40	34	40	46	22	42
Değerlerin Ortalaması	40.5	29.9	38.9	43.8	29.1	42.9

Tablo 22. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (69-80)

Yapıtaşı Numarası	69	74	75	76	79	80
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	32	33	38	44	39	33
	42	37	30	47	40	32
	40	34	42	44	40	28
	36	39	40	42	34	28
	37	39	41	40	44	32
	30	30	38	42	42	31
	38	35	41	40	38	25
	42	32	46	38	38	32
	40	40	45	44	38	32
	38	32	40	39	40	29
Değerlerin Ortalaması	37.5	35.1	40.1	42	39.3	30.2

Tablo 23. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (81-88)

Yapıtaşı Numarası	81	82	83	84	85	88
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	38	32	34	40	33	35
	36	40	42	35	34	36
	40	36	40	46	35	38
	30	30	42	50	32	40
	38	36	40	38	34	33
	38	40	36	32	35	35
	36	37	36	34	28	36
	38	41	44	44	40	45
	38	33	39	39	26	29
	37	34	46	48	28	34
Değerlerin Ortalaması	36.9	35.9	39.9	40.6	32.5	36.1

Tablo 24. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (89-95)

Yapıtaşı Numarası	89	90	92	93	94	95
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	28	22	41	40	20	36
	34	30	40	44	24	38
	22	34	35	38	30	20
	32	32	40	42	32	26
	25	29	40	20	28	38
	25	32	38	30	24	38
	25	25	40	22	24	30
	29	34	41	22	24	30
	30	36	42	37	25	31
	22	35	42	24	26	33
Değerlerin Ortalaması	27.2	30.9	39.9	31.9	25.7	32

Tablo 25. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarında yer alan orijinal taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (96-102)

Yapıtaşı Numarası	96	97	98	99	100	101	102
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	40	40	30	22	22	32	28
	36	38	29	23	22	30	17
	30	38	22	22	24	23	17
	40	38	24	24	22	25	22
	40	36	29	25	18	24	24
	35	44	18	23	20	32	26
	30	34	30	16	30	32	30
	38	40	28	23	23	22	25
	30	36	26	32	10	22	22
	36	38	22	14	23	23	23
Değerlerin Ortalaması	35.5	38.2	25.8	22.4	21.4	26.5	23.4

Tablo 26. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarına sonradan eklenen yeni taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (1-66)

Yapıtaşı Numarası	1	7	59	61	63	64	66
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	28	32	23	28	27	23	20
	33	36	25	20	27	32	24
	30	35	30	29	22	40	31
	31	36	30	24	24	28	32
	31	32	34	28	20	32	23
	27	37	22	34	28	34	35
	24	32	32	36	32	42	29
	25	35	22	30	30	34	29
	28	42	35	36	31	30	32
	30	42	30	32	32	36	22
Değerlerin Ortalaması	28.7	35.9	28.3	29.7	27.3	33.1	27.7

Tablo 27. Hacı Kasım Camii Batı beden duvarına sonradan eklenen yeni taşlara yapılan Schmidt çekici deney sonuçları (71-87)

Yapıtaşı Numarası	71	72	73	77	78	86	87
Schmidt Çekici Vuruş Değerleri	30	40	35	38	38	26	31
	34	30	42	39	27	26	30
	40	36	36	48	36	30	30
	34	42	34	36	34	38	33
	34	41	38	36	39	22	32
	32	44	38	34	37	30	32
	36	35	45	42	40	18	34
	40	37	48	44	35	22	34
	33	36	40	48	32	28	24
	38	39	43	26	36	25	32
Değerlerin Ortalaması	35.1	38	39.9	39.1	35.4	26.5	31.2

3.4. Makroskopik Gözlem

Yapılan saha çalışmalarında da birtakım veriler toplamak mümkündür. Yapılan makroskopik gözlemler ile mevcutta bulunan yapı taşlarında normal dökülmenin aksine yaprak yaprak dökülmeler (Şekil 80), yapı taşlarının yapılarda taşıyıcı eleman olarak görev almaları nedeniyle zamanla deformasyon etkisini arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 78. Katman katman dökülme örnekleri (Hoca Halil Camii ve Ortahisar Mescidi) (yazar arşivi).

4. İRDELEME

Bu çalışmada restorasyon problemlerinden biri olan malzeme problemine değinilmektedir. Malzeme problemi olarak dayanımı ve gücü bakımından tarihi yapılarda en çok tercih edilen malzemelerden biri olan doğal taş üzerinde durulmaktadır. Yapılarda kullanılan doğal taş malzeme her ne kadar dayanımı yüksek olsa da zamanla gerek dış etkenlerden gerekse iç yüzeyinde bozunmaya sebep olacak mineraller bulunması sebebiyle yıpranmaktadır. Bu durumun ilerlemesi halinde çatlaklardan parça kopmalarına kadar devam eden bir süreç gözlemlemek mümkün olabilmektedir.

Bu bölümde yapılan laboratuvar ve saha çalışmalarından elde edilen bulgular irdelenmiştir.

4.1. XRD ve Mineraloji-Petrografik Analizleri ile İlgili İrdeleme

Yapılan jeolojik (mineraloji ve petrografi, XRD) analizlerde incelenen tarihi yapılara ait yapı taşlarının özellikleri belirlenmiştir. Bu özellikler KTÜ Jeoloji mühendisliği bölümü mineraloji-petrografik anabilim dalı öğretim üyelerine danışılarak Trabzon il sınırları içerisinde 4 farklı alandan geldiği anlaşılmıştır (Tablo 28, 29 ve 30) (Şekil 81).

- Kuzgundere (tabakhane) vadisi piroklastitleri
- Saraftepe bazaniti
- Boztepe aglomera ve tüfü
- Arsin dasitik tüfü

❖ Kuzgundere (tabakhane) Vadisi

Trabzon merkez ilçe sınırları içerisinde bulunan bu vadi içerisinde Miyosen yaşlı Feldspatoidli tüf, aglomera ve breşler yer almaktadır. Kalınlıkları yer yer 50 metreye varan bu katmanlı/katmansı birimlerin ortalama kalınlığı 30 metre kadardır. Tüf, aglomera ve breşlerin karmaşık olarak yer aldığı bu bölgede tüfler genellikle litik bazanitik tüf, litik kristal bazanitik tüf özelliğindedir. Aglomera ve volkanik breşler ile art arda bulunan tüflerin 3 ila 5 metre kalınlığında homojene yakın katmanlar şeklinde tekrarlı olmaları bunların yapı taşı olarak kullanılmalarına olanak sağlamıştır.

Aynı alanlar içinde, aglomera ve breşik bölümlerde bağlayıcı malzeme olarak bulunan tüflerde ise katmansı yapı pek gözlenmez. Bağlayıcı malzemesi kül boyutlu tuf olan aglomera ve volkanik breş içinde lapilli (4-32 mm) ve blok (>32 mm) boyutundaki malzeme yer yer 5-6 metre çapına kadar ulaşan bazanit özelliğindedir. Bazanitler içinde tipik olarak ojit, lösit, labrador ve analsim mevcuttur. Bu mineraller Kuzgundere Vadisi'nde yüzeyleyen piroklastitler için belirleyici olarak kullanılmıştır.

- Taş ocaklarından yapı taşı olarak bazanitik tüflerin çıkarılmaları sırasında, aynı ocak içerisinde bulunan bazanit bloklarının da yapı taşı olarak kullanıldıkları tarihi yapılarında kullanılan doğal taşların mineralojik ve petrografik analiziyle anlaşılmıştır.
- Bazanitik tüfler içinde kayaç kırıntısı olarak bazanit, volkanik cam, litik kristal bazanitik tuf, mineral kırıntısı olarak analsim, lösit, plajiyoklas, ojit ve olivin gözlenmiştir. Bazanitik tüflerde yoğun ayrışma sonucu olarak şabazit, montmorillonit, kaolenit ve klorit gelişimi olmuştur. Özellikle kaolenit ve montmorillonitin varlığı yapı taşının yontulmasını (şekil almasını) kolaylaştırmıştır. Ancak yine montmorillonitin varlığı yapı taşının su teması etkisiyle kolayca ayrışmasına (bozuşmasına) neden olmuştur. Tuf içinde montmorillonitin su ile temasıyla hacminin %300 kadar arttığı bilinmektedir.
- İncelenen 11 adet tarihi yapılarda kullanılan doğal taş malzemesinin tamamı Trabzon İl merkezine yakın eski taş ocaklarından sağlanmıştır. Bunlardan 10 tanesinin ana gövdesine ait doğal taş, bu tarihi yapıların da içinde bulunduğu yaklaşık 2 km çapındaki alandan temin edilmiştir. Ancak tarihi yapıların bazılarının söveleri ile bazı köşe taşları Trabzon şehir merkezinin 8 km güneyinde yer alan Saraftepe'den sağlanmıştır. Sadece bir tanesinin (Ortahisar Mescidi) doğal taşı Arsin civarındaki bir taş ocağından getirilmiştir. Buna göre;
 1. Hoca Halil Camii beden duvarları ve söveleri
 2. Hamza Paşa Camii beden duvarları
 3. Hacı Kasım Camii beden duvarları ve minaresi
 4. Çarşı Camii beden duvarları
 5. Ortahisar Mescidi söveleri
 6. Hacı Salih Camii beden duvarları, Kuzgundere vadisi civarındaki eski taş ocaklarından sağlanmış olmalıdır.

❖ Saraftepe Bazaniti

Saraftepe, şehir merkezinin 8 km kadar güneyinde, Düzyurt mahallesi civarında yer almaktadır. Saraftepe bazaniti Üst Kretase yaşlı tortul kayaçlar içinde 30 metre kalınlığında 0.7 km boyunda yüzeyleme veren Miyosen yaşlı bazanitik bir sildir. Kuzgundere vadisi civarında yüzeylenen Miyosen yaşlı bazanitik kayaçlar ile benzerlik gösterse de, lav özellikli olmalarıyla onlardan kolayca ayrılırlar. Ayrıca Kuzgundere vadisi bazanit ve tüflerinde gözlenmeyen ve sadece Saraftepe Bazaniti içinde primer olarak bulunan pargasit (amfibol) ve flogopit mineralleri bu sahadan alınan yapıtaşları için belirleyici olmuştur. Saraftepe bazaniti, tüflere nazaran daha sert, kompakt ve çok daha sağlam yapılı ancak kolay yapıtaşı bloğu verme özelliği nedeniyle tarihi yapılarda söve olarak kullanılmalarına olanak sağlamıştır. Saraftepe bazanit ocağından sağlanan doğal yapı taşları aşağıdaki tarihi yapıların değişik bölümlerinde kullanıldığı yapılan mineraloji ve petrografik analizlerle ortaya konmuştur.

1. Tavanlı Camii söveleri
2. Hamza Paşa Camii köşe taşları
3. Hızırbey Camii söveleri
4. Ahi Evren Dede su basmanında kullanılmıştır.

❖ Boztepe Aglomera ve Tüfü

Boztepe civarında yüzeylenen bu piroklastitler jenetik olarak Kuzgundere vadisi piroklastitleriyle yaş ve oluşum bakımından eş, ancak mineralojik açıdan benzer özellik sunarlar. Kuzgundere vadisi piroklastitleri içinde ferromagnezyen mineral olarak ojit ve olivin mevcut iken, Boztepe civarı piroklastitlerinde diyopsit bulunur. İncelenen bazı tarihi yapıların Boztepe piroklastitlerine yakın olmaları nedeniyle, bunların inşasında tercih sebebi olmuşlardır. Boztepe civarı piroklastitler aşağıdaki tarihi yapılarda kullanılmıştır:

1. Semerciler Camii kapı sütunu
2. Tavanlı Camii beden duvarları
3. Hacı Yahya Camii beden duvarları ve köşe taşları, Boztepe piroklastitlerinden sağlanmıştır.

❖ Arsin Dasitik Tüfü

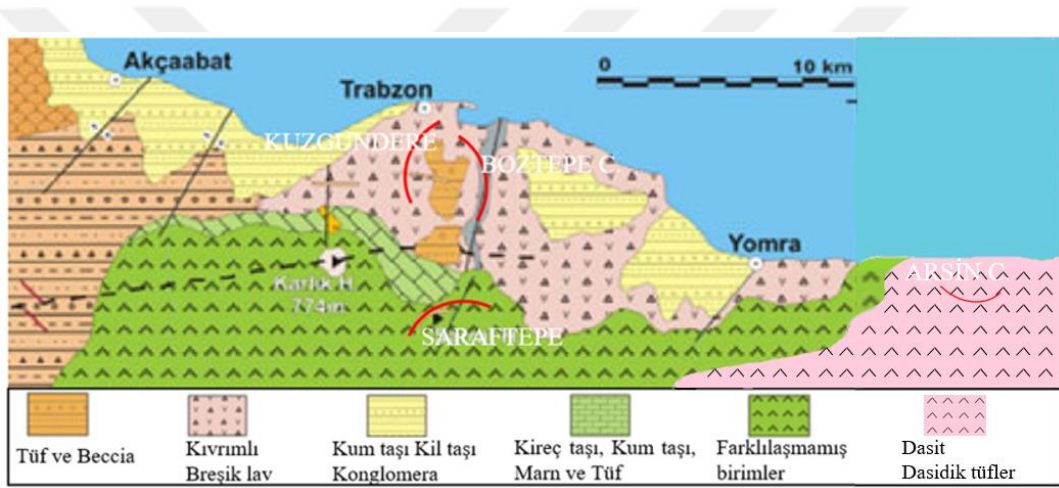
Trabzon merkeze en yakın dasitik tüfler Arsin civarında Üst Kretase yaşlı volkanitler içerisinde yüzeylenirler. Bu tüfler tipik olarak primer albit ve kuvars içermeleriyle diğer piroklastik gruplardan ayrılırlar. İncelenen tarihi yapılardan sadece Ortahisar Mescidi'nin batı beden duvarı Arsin dasidik tüfünden tedarik edilmiştir.

Tablo 28. Örneklem grubundan alınan numunelerin XRD (Mineralojik) Analizleri

Örneklem Grubu	Numunenin Konumu	Primer Mineraller	Bozunma Mineralleri	Köken Bölge
Semerciler Camii	Giriş kapısı sütunu	Fe Diyopsit Analsim	Şabazit Kuars (ikincil) Kalsit Kaolenit	Boztepe Cıvarı
Hoca Halil Camii	Söve	Ojit Analsim	Kalsit Kaolenit Muskovit Fillipsit	Kuzgundere (tabakhane) vadisi
	Kuzey beden duvarı	Ojit Anortit Analsim	Kaolenit Natrolit Muskovit Fillipsit	Kuzgundere (tabakhane) vadisi
Tavanlı Camii	Söve	Fe Diyopsit Analsim Flogopit	Kaolenit Şabazit	Saraftepe
	Batı beden duvarı	Fe Diyopsit Analsim	Kaolenit Şabazit Kuars (ikincil)	Boztepe civarı
	Söve	Fe Diyopsit Flogopit	Kaolenit Şabazit Kuars (ikincil)	Saraftepe
Hamza Paşa Camii	Batı beden duvarı	Ojit Analsim	Şabazit Jips	Kuzgundere (tabakhane) vadisi
	Batı köşe taşı	Ferropargasit Ojit Anortit	Şabazit Kaolenit Muskovit	Saraftepe
Hızırbey Camii	Söve (güney)	Ferropargasit Ojit Anortit Analsim	Şabazit Kaolenit Muskovit Fillipsit	Saraftepe
	Söve (batı)	Ferropargasit Ojit Anortit Analsim	Şabazit Kaolenit Muskovit Fillipsit	Saraftepe
Ahi Evren Dede Camii	Güney cephe su basmanı	Pargasit (amfibol) Anortit	Şabazit Kuars (ikincil)	Saraftepe
Hacı Kasım Camii	Beden duvarı	Ojit Analsim	Kaolenit Natrolit Muskovit Montmorillonit	Kuzgundere (tabakhane) vadisi
	Minare	Ojit Anortit Analsim	Montmorillonit Natrolit Kaolenit Muskovit Fillipsit	Kuzgundere (tabakhane) vadisi
Çarşı Camii	Batı beden duvarı	Ojit Analsim	Şabazit Kaolenit Fillipsit	Kuzgundere (tabakhane) vadisi
Ortahisar Mescidi	Batı beden duvarı	Albit Kuars	Muskovit Talk	Arsin civarı

Tablo 28'in devamı

	Söve	Ojit Anortit Analsim	Şabazit Kuars (ikincil) Klinoklor	Kuzgundere (tabakhane) vadisi
Hacı Salih Camii	Kuzey beden duvarı	Ojit Analsim	Jips Şabazit	Kuzgundere (tabakhane) vadisi
	Batı beden duvarı	Ojit Analsim	Jips Şabazit	Kuzgundere (tabakhane) vadisi
Hacı Yahya Camii	Duvar	Diyopsit Anortit Analsim	Kaolenit Kuars (ikincil) Şabazit	Boztepe civarı
	Köşe taşı	Diyopsit Anortit Analsim	Kuars (ikincil) Şabazit	Boztepe civarı



Şekil 79. Trabzon kentine ait jeolojik haritası yeniden düzenlenerek (Yücel vd., 2014).

Tablo 29. Örneklem grubundan alınan numunelerin Mineraloji ve Petrografik Analizler-1

Örneklem Grubu	Mineralojik-Petrografik Adlandırma	Piroklastitler				
		Bağlayıcı malzeme	Bağlanan Malzeme			
			Kayaç kırıntısı		Kristal	
			Tür	Miktar %	Tür	Miktar %
Semerciler Camii (Batı beden duvarı)	Altere litik bazanitik tuf	Kül (%30)	Bazanit	50	Diyopsit	3
			V. cam	15	Plajiyoklas	2
Hoca Halil Camii (Kuzey beden duvarı)	Altere litik bazanitik tuf	Kül (%35)	Bazanit	45	Ojit	8
			V. cam	10	Plajiyoklas	2
Tavanlı Camii (Batı beden duvarı)	Litik kristal bazanitik tuf	Kül (%20)	Bazanit	70	Diyopsit	7
					Lösit	2
					Opak m.	1
Hamza Paşa Camii (Batı sövesi)	Litik kristal bazanitik tuf	Kül %25)	Bazanit	20	Ojit	14
			Nefelinit	8	Olivin	10
			V. cam	8	Plajiyoklas	10
					Biyott	3
					Nefelin	2
Hızırbey Camii (Batı beden duvarı)	Litik kristal bazanitik tuf	Kül (%15)	Bazanit	25	Ojit	20
			Nefelinit	5	Olivin	10
			V. cam	10	Plajiyoklas	10
					Biyott	3
					Nefelin	2
Ahi Evren Dede Camii	Litik kristal bazanitik tuf (batı beden duvarı)	Kül (%20) Gözenek (%10)	Bazanit	35	Lösit	8
			Lbt	10	Plajiyoklas	5
					Diopsit	10
					Opak m.	2
	Altere litik kristal bazanitik Tuf (güney cephe su basmanı)	Kül (%20) Gözenek (%10)	Lbt	15	Plajiyoklas	8
			Lkbt	15	Lösit	5
			Skorya	10	Diopsit	7
			Gvc	5	Olivin	3
					Opak m.	2
Ortahisar Mescidi (Batı beden duvarı)	Ayrışmış litik dasitik tuf	Kül (%35)	V.cam	25	Kuvars	5
			Dasit	20	Plajiyoklas	5
			Andezit	5	Biyotit	3
					Ortoklas	2
Hacı Salih Camii (Batı beden duvarı)	Altere litik kristal bazanitik tuf	Kül (%30)	Bazanit	35	Lösit	5
			lkbt	15	Ojit	3
			V. cam	10	Plajiyoklas	2
Hacı Yahya Camii (Doğu beden duvarı)	Litik kristal bazanitik tuf	Kül (50)	Bazanit V. cam	10	Plajiyoklas	15
				5	Lösit	10
					Ojit	8
					Opak m.	2

Tablo 30. Örneklem grubundan alınan numunelerin Mineraloji ve Petrografik Analizler-2

Örneklem Grubu	Mineralojik-Petrografik Adlandırma	Volkanitler		
		Doku	Mineraller	
			Tür	Miktar %
Hacı Kasım Camii (Batı beden duvarı)	Altere ojit bazanit	Hyalo mikrogrenü porfirik.	Cam Plajiyoklas Feldspatoid Ojit Hornblend Gözenek	40 20 15 15 6 4
Çarşı Camii (Batı köşe taşı)	Ojit bazanit	Hyalo-mikrogrenü porfirik.	Cam Plajiyoklas Lösit Ojit Olivin Gözenek	30 20 23 23 2 2
Hacı Yahya Camii (Doğu köşe taşı)	Ojit bazanit	Hyalo-mikrolitik porfirik.	Cam Plajiyoklas Lösit Ojit Olivin Gözenek	40 15 16 18 6 5

4.2.Schmidt Çekici Ölçümleri ile İlgili İrdeleme

Yapı taşlarında incelenen tarihi yapılardan yalnızca Hacı Kasım Camiinin batı duvarının bir bölümü Schmidt çekici ile test edilmiştir (Şekil 82). 102 adet testin 85 adedi orijinal yapı taşlarına, 17 adedi restorasyon ile yenilenen yapı taşlarına uygulanmıştır. Her bir yapı taşına uygulanan Schmidt çekici vuruş sayısı değişken olmakla birlikte en az 10, en çok 18 olarak uygulanmıştır.

Buna göre orijinal yapıtaşlarının geri tepme sayısı 21.4-46.6 aralığında olmakla birlikte, ortalama 35.7'dir.

Orijinal yapı taşlarında geri tepme sayısının yukarıdan aşağıya (zemine doğru) azaldığı açık olarak gözlenmiştir. Bu durum, zemine doğru bozunmanın artış gösterdiğinin de kanıtıdır. Öyle ki döküntü ve ufalanabilirliğin yüksek olduğu orijinal yapı taşlarında geri tepme sayısının 30 un altına düştüğü, hatta 21 e kadar azaldığı gözlenmiştir (Tablo 12-27).

Restorasyon ile yenilenen yapı taşlarında ortalama geri tepme sayısı 26.5-39.9 aralığında, ortalama değerin ise 32.8 olduğu hesaplanmıştır. Yeni yapı taşlarında geri tepme sayısının yapının etek bölümünde 30'un üzerinde olması etekte kullanılan yeni yapı taşının

kalın olmasına bağlanmıştır. Duvarın etek bölümünden daha üst seviyede kullanılmış olan yeni yapı taşlarında kalınlığın az olması (muhtemelen 3-4 cm) geri tepme sayısını düşürmüştür (Tablo 26-27).

Orijinal yapı taşının ortalama geri tepme sayısı 35.7 ve yeni yapı taşının ortalama geri tepme sayısının 32.8 olduğu yukarıda belirtilmişti. Orijinal yapı taşının zamanla yıpranma durumu da dikkate alındığında yeni yapı taşına oranla daha dirençli olduğu aşîkârdır. Bu durum, yeni yapı taşının orijinalinin yerini görsel olarak almakla birlikte, dayanım ve direnç açısından araştırılmaya değer olduğunu göstermektedir. Yeni yapı taşları mineraloji ve petrografik açıdan incelenmemiş olsa da, gözenek oranının orijinale oranla daha fazla, yoğunluğunun daha düşük ve bozunma oranının (killeşme, kloritleşme vb) daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Kullanılan Schmidt çekicinin yapı taşlarındaki bozunmayı belirlenmesinde etken olup olmadığına bakılarak; doğal taş restorasyonunda kullanılabileceği tespit edilmiştir. Yapı taşlarında ayrışmalar meydana geldiğinde değişimi gerekmektedir. Hacı Kasım Camii'nde bu durumu makroskopik gözlemlerle olduğu kadar Schmidt çekiciyle de test edilmiştir. Caminin batı cephesinde yer alan pencere bitişinden zemine kadar olan 5 sıra yapı taşı cephe boyunca incelenmiştir. Belirlenen alanda hem orijinal hem de yeni kayanın yer aldığı görünmüştür. Orijinal kayanın verileri incelendiğinde düşük ve yüksek geri tepme değerleri elde edilmesine rağmen yeni kayada yalnızca düşük değerlere rastlanmıştır. Ancak orijinal malzeme yorulmuş taş olmasına rağmen yeni malzemenin değerlerinin daha yüksek olması gerekmektedir. Yeni taşın geri tepme değerlerine bakıldığında 40'tan yukarı değer almadığı, orijinal taşın ise yaklaşık 47 değerini gördüğü tespit edilmiştir.

Schmidt çekici ile yapılan test sonucunda zemine doğru ilerledikçe yapı taşlarındaki bozunma oranının arttığı ve geri tepme değerlerinin düştüğü anlaşılmaktadır. Bu sebeple yerine ikame edilecek malzemelerin zemine yakın olan bölümlerinde az gözenekli malzeme kullanılması gerekmektedir.



Şekil 80. Hacı Kasım Camii Batı cephesi beden duvarında Schmidt çekici uygulanan taşlar ve numaralandırılması

Tarihi yapılarda doğal yapı taşlarında mevcut bozunmanın diğer sebepleri:

- Ocakta üretim sırasında kullanılan balyoz vb. aletlerin etkisiyle taşın mikro çatlaklar kazanması ve bu çatlakların zamanla su alarak yapı taşını zayıflatması,
- Yapılarda taşıyıcı eleman olarak görev almaları nedeniyle zamanla deformasyon etkisini artması,
- Yapı taşında montmorillonit gibi bozunma minerallerinin suya olan hassasiyeti,
- Ocaktan çıkarılan yapı taşının, yapının inşaatı sırasında orijinal konumundan farklı şekilde yerleştirilmesi,
- Kolay şekillenebilmeleri nedeniyle tüflerin yapı taşı olarak tercih edilmeleri, beraberinde bazı olumsuzluklar da getirmektedir. Kolay şekillenebilme, taşın porozitesi (boşluk oranı) ile doğru orantılıdır. Porozitesi yüksek olan piroklastitlerde, su ile temas yüzeyi daha fazla olacağından, ayrışmanın etkisi daha çabuk olacaktır.

5. SONUÇLAR

Tez çalışmasında, Trabzon'un Ortahisar ilçe sınırları içerisinde aynı dönemlere denk gelen ve kent merkezinde yer alan 11 adet camide kullanılan doğal taş malzemelerden numuneler alınmıştır. Numunelerin analiz sonuçlarını en belirgin şekilde ortaya koymak adına bazı yapılardan ikişer ya da üçerli numuneler alınmıştır. Alınan numuneler öncelikle XRD analizleri için İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında, Schmidt çekici testi ve laboratuvar imkânları Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden sağlanmıştır. Bazı tahribatsız yöntemler ulaşılabilirliğin olmayışı ve maddi zorluklar sebebiyle çalışmada kullanılamamış olsa da; XRD analizleri, mineroloji ve petrografik analizleri ve Schmidt çekici testi analizleri tespit edilmiş ve makroskopik gözlemlerden de destek alınmıştır. Elde edilen veriler ile karşılaştırma tabloları yapılarak irdelenmiştir.

Çalışmanın saha ve laboratuvar analizleri ve literatür sonucunda;

11 adet tarihi yapıda kullanılan doğal taş malzeme türlerinin; XRD ve mineraloji-petrografik analizler ışığında tespitleri yapıldı.

XRD, mineral analizlerini tespit etmek için kullanılmıştır. Çünkü mikroskop altında bozunma minerallerinin türleri belirlenmemektedir. Mikroskopik çalışmalarla da ilksel minerallerinin, bazı sekonder ve ayırtman minerallerinin neler olduğu hem mikroskopik gözlem ile hem de XRD çalışmaları ile tespit edildi.

Yapılan tahribatsız analiz yöntemlerinden göz ile muayene ve Schmidt çekici testi uygulanmıştır. Polarizan mikroskop ve XRD analizleri literatürde tahribatlı analiz yöntemleri olarak adlandırılmasına rağmen bu çalışma kapsamında alınan numuneler malzemeden kopan parçalardan elde edilmiştir. Dolayısıyla tahribatlı olarak nitelendirilen anali yöntemleri çalışmada tahribatsız bir şekilde uygulanmıştır.

11 tarihi yapıda 4 farklı kaya tipinin (doğal taş türünün) kullanıldığı tespit edildi. Bunlar Kuzgundere, Saraftepe, Boztepe ve Arsin civarındır. Bu 4 bölge malzeme içerisinde yer alan tipik minerallerin bulunması sebebiyle ayırt edilebilmektedir.

- Semerciler Camii batı beden duvarından ve giriş kapısı sütunundan alınan numunelerin Boztepe civarında bulunduğunu,

- Hoca Halil Camii kuzey beden duvarı ve söveden alınan numunelerin Kuzgundere’de bulunduğu,
- Tavanlı Camii batı beden duvarının Boztepe civarından ve sövesinin Saraftepeden temin edildiği,
- Hamza Paşa Camii batı beden duvarının Kuzgundereden ve batı köşe taşının Saraftepeden temin edildiği,
- Hızırbey Camii batı beden duvarının Kuzgundereden ve güney ve batı sövelerinden alınan numuneler ise Saraftepeden temin edildiği,
- Ahi Evren Dede Camii batı beden duvarı Boztepe civarından ve güney cephesi su basmanından alınan numunelerin ise Saraftepeden temin edildiği,
- Ortahisar Mescidi batı beden duvarı Arsin civarından ve sövenin Kuzgundereden temin edildiği,
- Hacı Salih Camii kuzey ve batı beden duvarlarının Kuzgundereden temin edildiği,
- Hacı Yahya Camii doğu beden duvarının (1) Boztepe civarından, doğu beden duvarı (2) Kuzgundereden ve köşe taşının Boztepe ciavarından temin edildiği,
- Hacı Kasım Camii batı beden duvarının Kuzgundereden temin edildiği,
- Çarşı Camii batı beden duvarı ve köşe taşının Kuzgundereden temin edildiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Saraftepeden alınan kayaçlar özellikle sövelerin yapımında kullanılmıştır. Diğer taşlarda bulunan tüften ziyade lav özelliğinin olması sebebiyle işlenmesi zordur. Yapı taşlarının tamamında bu malzeme kullanımı mümkün görünmemektedir. Onun yerine daha kolay şekil alabilen tuf kullanımı görülmektedir. Fakat tuf; yapısı gereği dayanımı düşük bir malzemedir. Sövelerde kullanılan kayaç boylarının duvarlarda kullanılan kayaçlardan daha uzun olduğu gözlenmiştir. Saraftepe bazanitide tuf kadar olmasa da işlenmeye uygun ve dayanımı yüksek bir malzemedir.

Tipik Saraftepe bazaniti içinde primer olarak pargasit (amfibol) ve flogopit mineralleri bu sahadan alınan yapıtaşları için belirleyici olmuştur.

Boztepe civarından alınmış olan piroklastit kayaçlar bulunmuştur. Kuzgundere vadisi kayaçlarına oldukça benzerdir. Yaşları ve oluşum mekanizmaları benzerlik göstermektedir. Ojit, Boztepe civarında ve Kuzgundere’de bulunmasına rağmen Kuzgundere’de diopsit yoktur. Boztepe civarında diopside rastlanmıştır.

Kuzgundere bazaniti içinde tipik olarak ojit, lösit, labrador ve analsim bulunması sebebiyle yapıtaşları için belirleyici olmuştur.

Arsin bölgesindeki tüfler dasitik tüf olması sebebiyle mikroskop incelemesiyle diğerlerinden kolaylıkla ayrılmaktadır. Bu tüfler tipik olarak primer albit ve kuvars içermeleriyle diğer piroklastit gruplardan ayrılırlar. Tirebolu taraflarında da yer alan dasitik tüf Arsin bölgesine nazaran daha uzakta olması sebebiyle buradan malzeme alınmadığı daha yakında bulunan Arsin bölgesinden alındığı düşünülmektedir.

Bazı yapıtaşlarından alınan numunelerde montmorillonit (kil türü) minerali tespit edilmiştir. Montmorillonit su aldığı anda direkt şişen bir mineraldir. Malzemede kapak atmalara sebebiyet verebilmektedir. Gözenek sayısının artması kolayca bozunmaya sebep olmaktadır.

Makroskopik gözlemler neticesinde doğal taşın yerine ikamesinde doğru konumda konulmaması bozunma sorunlarını beraberinde getirmektedir. Malzemenin yapısında bulunan katmanlı tabaka gelen yüke paralel olarak konumlandırıldığında yaprak yaprak dökülmeler ve kapak atmalar gözlenmektedir. Bu sebeple ikame edilecek malzemenin katmanlı tabaka yönüne dikkat edilerek konumlandırılması gerekmektedir.

Tüf gibi dayanımı yüksek olmayan kayaçlar taşıyıcı görev üstlendiğinde üzerine binen yükleri karşılayamadıkları için çatlak oluşumundan parça kopmalarına kadar ilerlemektedir. Bu sebeple taşıyıcı gücü yüksek aglomeratik kayaçların kullanımı daha doğrudur.

Kayaçların taş ocaklarından çıkarılması sırasında balyoz vb. malzemeye hasar verebilecek aletler kullanıldığında gözle görülemeyen kılcal çatlaklar meydana gelmektedir. Sonrasında ise mikro çatlaklar su ile temas ederek bozunmaya sebebiyet verir. Kayaçların çıkarılmaları esnasında büyük blokları parçalamaktan ziyade keserek blok almak gerekmektedir.

Kullanılan Schmidt çekicinin yapı taşlarındaki bozunmanın belirlenmesinde etken olup olmadığı test edilerek; doğal taş restorasyonunda kullanılabileceği tespit edildi. Yapı taşlarında ayrışmalar meydana geldiğinde değişimi gerekmektedir. Hacı Kasım Camii'nde bu durumu makroskopik gözlemlerle olduğu kadar Schmidt çekiciyle de test edilmiştir.

Caminin batı cephesinde belirlenen alanda hem orijinal hem de yeni kayanın yer aldığı görünmüştür. Orijinal kayanın verileri incelendiğinde düşük ve yüksek geri tepme değerleri elde edilmesine rağmen yeni kayada yalnızca düşük değerlere rastlanmıştır. Ancak orijinal malzeme yorulmuş taş olmasına rağmen yeni malzemenin değerlerinin daha yüksek olması beklenmekteydi.

Yeni taşın geri tepme değerlerine bakıldığında 40'tan yukarı değer almadığı, orijinal taşın ise yaklaşık 47 değerini gördüğü tespit edilmiştir. Bu sebeple yeni taşın ikamesinde problem olduğu söylenebilmektedir. Kullanılan malzeme; gözenek oranı yüksek, yoğunluğu düşük ve levha şeklinde kesilmiş ince katman halinde olduğu kuvvetle muhtemeldir. Schmidt çekici ile yapılan test sonucunda zemine doğru ilerledikçe taşlardaki bozunma oranının arttığını ve geri tepme değerlerinin düştüğünü gözlemlenmektedir. Bu sebeple yerine ikame edilecek malzemelerin zemine yakın olan kısımlarında az gözenekli malzeme kullanılması gerekmektedir. Schmidt çekici sayesinde değişecek olan doğal taş malzemenin tespitinde kullanılması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Onarım çerçevesinde tarihi yapılara malzeme kavramı büyük öneme sahiptir. Tarihi yapıyı korumak; malzemeyi korumak demektir. Yapıların bozunmaya uğrayan bölümlerinin sebebini tespit ederek bakım ve onarım çalışmaları üzerinden değerlendirmeye alınması literatürde çokça yer bulmaktadır. Fakat yapı taşında meydana gelen hasarlar ileri seviyeye ulaştığında malzeme yenilemesi söz konusudur. Bu sebeple orijinal malzemenin birebir aynısı veya malzemeye çok yakın özellikler barındıran bir başka malzemenin tespit edilmesi gerekmektedir. Yapılan literatür çalışmaları sonucu elde edilen bilgilere göre orijinal malzemenin ikamesi konusuna yeterince önem verilmediği görülmektedir. Özgün malzeme kullanımı gerek literatürde gerekse yapılan gözlemler sonucu sınırlı olduğu ve üzerinde yeterince durulmamış olması sebebiyle bu çalışmanın kendine özgü bir çalışma olduğu düşünülmektedir.

6. ÖNERİLER

Bu çalışma; mimarlık anabilim dalı (restorasyon bilim dalı) ile jeoloji anabilim dalının (mineraloji ve petrografi bilim dalının) kesişmesi sonucu ortaya çıkan multidisipliner bir çalışma; ancak koruma ve restorasyon söz konusu olduğundan restorasyon anabilim dalı güdümünde olması gereken bir çalışmadır. Buna göre;

- Restorasyon bilim dalı çerçevesinde taş malzeme oldukça önemlidir. Bu sebeple yapılacak olan malzeme çalışmalarında muhakkak taş bilimciden destek alınması özellikle mineraloji-petrografi bilim dalında uzman kişiler tarafından irdelenmesi,
- Restorasyon aşamasında bozunmaya uğramış doğal taş malzemelerin öncelikle hangi sebeplerden kaynaklı bozunduğunun iyi analiz edilerek akabinde yöntemlerin geliştirilmesi,
- Onarımda kullanılacak olan doğal taş malzemenin konumuna dikkat edilmesi,
- Schmidt çekicinin özellikle doğal taş vb. malzeme restorasyonunda çalışmalara yön vermesi sebebiyle kullanılması,
- Schmidt çekici testi ile orijinal taşların zemine doğru ilerledikçe bozunma miktarının arttığı gözlemlenmiş, bu durumda zemine yakın bölümlerde gözenekleri daha az miktarda bulunan aglomeratik doğal taş malzemelerin kullanılması,
- İkame edilecek malzemenin yoğunluğunun orijinal kayadan daha fazla olması gerektiği ve içerisinde Montmorillonit mineralinin bulunmaması,
- Doğal taş malzemenin ana kaynağına ulaşmak için yapıya en yakın bölgelerde arama yapılması gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Ahunbay Z., 2009. Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, Beşinci Baskı, Yem Yayınları, İstanbul.
- Akevren, S., 2010. Non-destructive Examination of Stone Masonry Historic Structures-Quantitative IR Thermography and Ultrasonic Testing, Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akoğlu, K. G., 2011. Deterioration of Nemrut Sandstone and Development Of Its Conservation Treatments, Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aköz, F., ve Yüzer, N. 2009. Tarihi Yapılarda Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler. IMO-1. İnşaat Mühendisliği Eğitimi Sempozyumu, İstanbul, 6-7.
- Aksoy, H. S. ve Karaton, M., 2019. Tarihi Yığma Yapıların Malzeme Karakteristiklerinin Hasarsız Yöntemlerle Belirlenmesi: Diyarbakır Ulu Camii Örneği, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 8, 1, 109-117.
- Alsaran, A., 2017. Tahribatlı ve Tahribatsız Yöntemler, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Altun, S. ve Altun, Ö., 2019. Günümüzde Taş Mimari Restorasyon Teknikleri ve Isaura Kenti Mimarisinde Uygulama Önerileri, Uluslararası Sempozyum: Geçmişten Günümüze Bozkır, Konya, 179-184.
- Aydın, A. ve Basu, A., 2005. The Schmidt Hammer in rock material characterization, Engineering Geology, 81, 1, 1-14.
- Baktır, S., 2006. Yapı Malzemelerindeki Teknolojik Gelişmelerin Mimari Biçimlenmeye Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Barreira, E. ve Freitas, V. P., 2007. Evaluation of Building Materials Using Infrared Thermography, Construction and Building Materials, 21, 1, 218-224.
- Binda, L., Lualdi, M. ve Saisi, A., 2007. Non-Destructive Testing Techniques Applied for Diagnostic Investigation: Syracuse Cathedral in Sicily, Italy, International Journal of Architectural Heritage, 1, 4, 380-402.
- Bozkurt, Ö., 2008. Tarihi Yapıların Restorasyonunda Ahşabın Biyolojik Bozulmalarına Karşı Yerinde Emprenye Tekniklerinin Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

- Büyükmihçı G., 1999. Atmosferik Olayların Taş Malzeme Üzerindeki Olumsuz Etkileri, Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu III, Kocaeli, 2-3.
- Cansunar, G., 2019. Gaziantep Geleneksel Mimarisinde Taş Malzemenin Kullanımı ve Korunmasına Yönelik Yöntem Araştırması, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ceylan, O., 2017. Edirnekapi Ayios Yeorgios Kilisesi ve Meşruatları (Okul Binası, Papaz Evi, Bekçi Evi, Çan Kulesi, Bahçe Duvarları, Çeşme) 2014-2015-2016-2017 Yılları Restorasyon Uygulaması, Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, 2-4 Kasım, İstanbul, 47-58.
- Cuccuru, F., Fais, S. ve Ligas, P., 2014. Dynamic Elastic Characterization of Carbonate Rocks Used as Building Materials in the Historical City Centre of Cagliari (Italy), Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 47, 3, 259-266.
- Çakmak, A., 2021. Yapı Malzemesinin Tarihsel Gelişimi Ve Mimarlığa Etkileri, ATA Planlama ve Tasarım Dergisi, 5, 1, 41- 54.
- Çavuş, M., Dayı, M., Ulusu, H. ve Aruntaş, Y., 2015. Sürdürülebilir Bir Yapı Malzemesi Olarak Kerpiç, 2nd International Sustainable Buildings Symposium, 184-192.
- Çelik, M., 2013. Kaynak Bağlantılarında Konvansiyonel Ve Gelişmiş Ultrasonik Muayene Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dal, M. ve Gültekin, A.H., 2010. Trakya Bölgesi Geleneksel Yapı Restorasyonlarında Kullanılan Pınarhisar Kalkerinin Mineralojik ve Petrografik Özellikleri, Üç Aylık Mimarlık ve Yapı Malzemeleri Dergisi, 5, 15, 92-96.
- Dal, M. ve Artık, K., 2008. Geleneksel Mimaride Taş Alterasyonu, Türkiye VI. Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu, Afyonkarahisar, 59-62.
- Demirarslan K. ve Demirarslan D., 2008. Hava Kirliliğinin Mimari Yapılar Üzerindeki Etkisinin İrdelenmesi, Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, Hatay, 201.
- Diz-Mellado, E., Mascort-Albea, E. J., Romero-Hernández, R., Galán-Marín, C., Rivera-Gómez, C., Ruiz-Jaramillo, J., ve Jaramillo-Morilla, A. 2021. Non-Destructive Testing and Finite Element Method Integrated Procedure for Heritage Diagnosis: The Seville Cathedral Case Study, Journal of Building Engineering, 37, 102-134.
- Doehne, E. ve Price, C. E., 2010. Stone Conservation An Overview Of Current Research, Second Edition, Getty Publications, Los Angeles.
- Dolar, A. ve Yardımlı S., 2017. Tarihi Yapı Taşlarındaki Alg Ve Bakteri Alterasyonları, Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, Hatay, 143-152.

- Doubal, J., 2017. Cleaning Stone-the Possibilities for an Objective Evaluation. In Proceeding of the 13th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone: Conservation, Pardubice, 729-736.
- El-Gohary, M., 2011. Physical Deterioration of Egyptian Limestone Affected by Saline Water, International Journal of Conservation Science, 2, 1, 17-28.
- Era, A. C., 2013. Geleneksel Harman Tuğlası Ve Üretimi, Mesleki Bilimler Dergisi (MBD), 2, 2, 61-70.
- Erdem, H. O. ve Caner, E. 2017. Koruma Onarım Çalışmaları Öncesi Bozulmaların Teşhisine Bir Örnek: Hierapolis Kuzey Nekropolü 175 Nolu Anıtsal Mezar, Art-Sanat Dergisi, 8, 73-89.
- Eren, S., 2011. Trabzon ili Gülbahar Hatun ve Tavanlı Camii Hazireleri ile Küçük İmaret Mezarlığı'ndaki Mezar Taşları, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ersen, A., 1998. Doğal Yapı Taşlarındaki Bozulmalar ve Bozulma Süreçleri, Yapı Dergisi, 195, 94-96.
- Erol, H. B. 2006. İç Mekânda Malzeme Kullanımında Akustik Performans Kriterleri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erguvanlı, K., 1967. Mühendisler Jeolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, İstanbul.
- Erguvanlı, K., 1995. Mühendislik Jeolojisi, Dördüncü Baskı, Seç Yayın Dağıtım Yayınları, İstanbul.
- Fais, S., Casula, G., Cuccuru, F., Ligas, P. ve Bianchi, M. G., 2018. An Innovative Methodology for the Non-Destructive Diagnosis of Architectural Elements of Ancient Historical Buildings, Scientific Reports, 8, 1, 4334.
- Fassina, V., 1988. Stone Decay of Venetian Monuments in Relation to Air Pollution, In International Symposium, The Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites: Preservation and Protection, Venice, 787-796.
- Ferretti, M., 1993. Scientific Investigations of Works of Arts, ICCROM, Roma.
- Fidan, M., Yaşar, S. ve Yaşar, M., 2016. Features Design And Traditional Architecture Of The Turkish Eastern Black Sea House, Mugla Journal of Science and Technology, 2, 2, 24-29.
- Fitzner, B., 2004. Documentation and Evaluation of Stone Damage on Monuments, 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Stockholm, 677-690.

- Fitzner, B., Heinrichs, K. & Kownatzki, R., 1997. Weathering Forms at Natural Stone Monuments- Classification, Mapping and Evaluation, *International Journal for Restoration of Buildings and Monuments*, 3, 2, 105-123.
- Gülmez, S., 2005. Antik Yapılarda Kullanılan İnşaat Malzemeleri ve Bu Malzemelerin Özelliklerinin Mineralojik, Petrografik, Kimyasal, Fiziksel, Mekanik ve Tahribatsız Deney Yöntemleri Kullanılarak Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Hasbay, U., Artık, K. ve Okuyucu, E., 2018. Doğal Taşlarda Görülen Fizikomekanik Hasarlar, *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 6, 1, 1-9.
- Hasbay, U. ve Hattap, S., 2017. Doğal Taşlardaki Bozunma (Ayrışma) Türleri ve Nedenleri, *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 5, 1, 23-40.
- Hatır, M. E., 2019. Kapadokya Bölgesi 19. yy. Osmanlı Kiliselerindeki Taş Malzemelerin Bozunma Nedenleri ve Rehabilitasyonu İçin Öneriler; Niğde Küçükköy Kilisesi Örneği, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Heidari, M., Torabi-Kaveh, M., Chastre, C., Ludovico-Marques, M., Mohseni, H., ve Akefi, H. 2017. Determination of Weathering Degree of the Persepolis Stone Under Laboratory and Natural Conditions Using Fuzzy Inference System, *Construction and Building Materials*, 145, 28-41.
- ICOMOS, 1994. Nara Özgünlük Belgesi, Nara Özgünlük Konferansı, Nara, 1994.
- Işık, N., Halifeoğlu, F. M., ve İpek, S. 2020. Nondestructive Testing Techniques to Evaluate the Structural Damage of Historical City Walls, *Construction and Building Materials*, 253, 119-228.
- İmamoğlu, E., 2013. Taş Yapılarda Yüzey Bozulmaları: Trabzon Kenti Kamu Yapıları Üzerinde Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kaplan, G., Avdan, U. ve Kaplan O., 2016. Tarihi Yapılarda Yapı Malzemelerinin Termografi Yöntemi İle Belirlenmesi, 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, Eskişehir, 11-32.
- Kara, O., Erdal, H. ve Çelik H., 2017. Bazı Tahribatsız Test Yöntemleri: Karşılaştırmalı Bir Derleme Çalışması, *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 3, 82-93.
- Ketin, İ., 1977. Genel Jeoloji Yerbilimlerine Giriş, Cilt 1, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- Kılıç, G., 2014. Using advanced NDT for Historic Buildings: Towards an Integrated Multidisciplinary Health Assessment Strategy, *Journal of Cultural Heritage*, 16, 4, 526-535.
- Kuban, D., 1995. Türk Hayatlı Evi, 16, Eren Yayıncılık, İstanbul.

- Kurugöl, S. ve Küçük, G. S., 2015. Tarihi Eserlerde Demir Malzeme Kullanım ve Uygulama Teknikleri, 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu Bildiri Kitabı, İstanbul, 521-536.
- Kuş, A., 2015. Batılı Seyyah ve Araştırmacılara Göre 19. Yüzyılın İkinci Yarısında Doğu Karadeniz Bölgesi, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun.
- Küçükkaya, A. G., 2004. Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Küçükkaya, A. G., 2019. Yapıtaşlarının Restorasyonu, Yeditepe Üniversitesi Yayınevi, İstanbul.
- Negiz, N., 2017. Kentlerin Tarihsel Sürdürülebilirliğinde Kültürel Miras: Önemi ve Değeri Üzerine Düşünmek, Akademia Sosyal Bilimler Dergisi, 3,1, 159-172.
- Öcal, A. ve Dal, M., 2012. Doğal Taşlardaki Bozunmalar, Birinci Baskı, Muka Matbaası, İstanbul.
- Özen, H., Tuluk, Ö. İ., Engin, H. E., Düzenli, H. İ., Sümerkan, M. R., Tutkun, M., Üstün, F. ve Keleş, S., 2010. Trabzon Kent İçi Kültür Varlıkları Envanteri, T.C. Trabzon Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayınları, Trabzon.
- Özgen, S., 2009. Tarihi Çevre İçinde Üç Boyutlu Çalışmaların Cepheler Açısından Algılamaya Etkisi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Patil, S. M., Kasthurba, A. K. ve Patil, M. V., 2021. Characterization and Assessment of Stone Deterioration on Heritage Buildings, Case Studies in Construction Materials, 15, 1-10.
- Raith, M. ve Peter, R., 2012. Thin Section Microscopy, Second edition, 18-20.
- Raymahashay, B. ve Sharma, S., 1993. Decay of building stones: a mineralogical model for Konark Sun Temple, India, Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 26, 2, 155-157.
- Rives, V. ve Talegon, J., 2006. Decay and Conservation of Building Stones on Cultural Heritage Monuments, Materials Science Forum, 514.
- Salvatici, T., Calandra, S., Centauro, I., Pecchioni, E., Intrieri, E. ve Garzonio, C. A., 2020. Monitoring and Evaluation of Sandstone Decay Adopting Non-Destructive Techniques: On-Site Application on Building Stones, Heritage, 3,4, 1287-1301.
- Sarı, Y., 2021. Trabzon ve İlçelerinde Camiler, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- Schaffer, R.J., 2004. The Weathering of Natural Building Stones, BRE, London.

- Siegesmund, S., Weiss, T. ve Vollbrecht, A., Natural Stones, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies: Introduction, Geological Society, London, Special Publications, 205, 1, 1-7.
- Svahn, H., 2006. Final Report for the Research and Development Project Non-Destructive Field Tests in Stone Conservation, Literature Study, Riksantikvarieämbetet, Stockholm, 63.
- Tavukçuoğlu, A., 2009. Tarihi Yapıların Tahribatsız Yöntemlerle Muayenesi, Kâğıt Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri, 187-188.
- Tavukçuoğlu, A. ve Caner-Saltık, E., 1999. "Mapping of Visual Decay Forms and Infrared Imaging of Stone Structures for the Maintenance and Monitoring Studies", 8th International Conference on Durability of Building Materials and Components (May 30-June 3, 1999, Vancouver, Canada), Vol. 1, National Research Council of Canada (NRC) Research Press, Canada, 613-623.
- T.S.E., 1999. Göz ile Muayene, TS-EN 13018, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 8.
- Török, A. (2010). In situ Methods of Testing Stone Monuments and the Application of Nondestructive Physical Properties Testing in Masonry Diagnosis. Materials, Technologies and Practice in Historic Heritage Structures, 177-193, SpringerLink, Budapest.
- Tuluk, Ö.İ. ve Düzenli, H.İ., 2010. Trabzon Kent Mirası Yer-Yapı-Hafıza, Ömer İskender Tuluk ve Halil İbrahim Düzenli, birinci basım, 71-72, Klasik Yayınları, İstanbul.
- Uğur, T. ve Güleç, A., 2014. Harç, Sıva ve Diğer Kompozit Malzemelerde Kullanılan Bağlayıcılar ve Özellikleri, Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, 17, 77-91.
- Uğurlu, E. ve Böke, H., 2009. Tarihi Yapıların Özgün Değerleri ile Korunması, Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, 1,2, 17-19.
- Yıldırım, N., 2007. Kireçtaşlarında Tuzların Yıkıcı Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldız, A., 2012. Kalker Esaslı Yapı Taşlarında Kirli Kabuk Oluşumu ve Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Yılmaz, Ö., 2006. Batılı Seyyahlara Göre Trabzon (1808-1878), Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ. ve Abdioğlu, E., 2013. Volcanic Facies and Mineral Chemistry of Tertiary Volcanics in the Northern part of the Eastern Pontides, Northeast Turkey: Implications for Pre-eruptive Crystallization Conditions and Magma Chamber Processes, *Mineralogy and Petrology*, 107, 4, 439-467.
- Yüzer, E., 1997. Türkiye'nin Doğal Taşları, Gün Matbaası, İstanbul.

Yüzer, E., Güngör, Y. ve Aydoğan, S., 2016. Doğal Taşın Öyküsü, 1.baskı, Kare Tasarım, İstanbul.

Zakar, L., 2013. Restorasyon Uygulamalarında Kullanılan Çağdaş Teknikler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ziyaettin, N., 2010. Kimyasal Uygulamalarının Kuzey Kıbrıs Yapı Taşlarının Dürabilitesi Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

URL-1,
https://tr.wikipedia.org/wiki/Bazalt#/media/Dosya:Diyarbak%C4%B1r_Behram_Pa%C5%9Fa_Camisi.jpg, 27 Ocak 2022.

URL-2, <https://www.ergagrup.com/granit-tasin-ozellikleri-nedir/>, 24 Kasım 2021.

URL-3, <https://www.marjinaldogaltas.com/tuf/>, 24 Kasım 2021.

URL-4, <https://stringfixer.com/tr/Harzburgite>, 24 Kasım 2021.

URL-5, <https://www.insaport.com/haberler/dogal-bir-tas-hereke-pudingi/>, 24 Kasım 2021.

URL-6, <http://precagri.blogspot.com/2009/12/radyolarit-radiolarite.html>, 24 Kasım 2021.

URL-7, <https://jeolojibilgileri.wordpress.com/2018/11/02/yaygin-metamorfik-kayalar/>, 24 Kasım 2021.

URL-8, <https://rocks.comprenature.com/es/skarn-usos/model-97-7>, 24 Kasım 2021.

URL-9,
https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/141565/mod_resource/content/1/05_Biyojistik-bozulmalar.pdf, 29 Ocak 2022.

URL-10, <https://www.kalitebelgesi.com/muayene-hizmetleri/tahribatsiz-muayene/gozle-muayene>, 7 Kasım 2021.

URL-11,
https://www.google.com/search?q=desikat%C3%B6r&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjE8svEstr1AhXWQvEDHR24DPUQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1, 22 Aralık 2021.

URL-12,
https://www.google.com/maps/place/Hamza+Pa%C5%9Fa+Cami/@41.004354,39.7130918,3a,75y,90t/data=!3m8!1e2!3m6!1sAF1QipOolT-RGL_OHjLWf_rSBeD8e6qPUUrB4Q27bAv6!2e10!3e12!6shhttps:%2F%2Fh5.goo gleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipOolT-RGL_OHjLWf_rSBeD8e6qPUUrB4Q27bAv6%3Dw203-h270-k-

no!7i3024!8i4032!4m7!3m6!1s0x40643c360e4fe649:0x288ca7c557e08ed!8m2!3d41.004354!4d39.7130918!10e5!16s%2Fg%2F1tcwdggs?hl=tr, 25 Şubat 2023.

URL-13, <https://www.zanmimarlik.com.tr/projects/rolove-restitusyon-restorasyon/gonhan>, 26 Şubat 2023.

URL-14, [https://karadeniz.gov.tr/semerciler-ebubekir-camii/#prettyPhoto\[instagram\]/0/](https://karadeniz.gov.tr/semerciler-ebubekir-camii/#prettyPhoto[instagram]/0/), 26 Şubat 2023.

URL-15, https://www.mustafacambaz.com/details.php?image_id=10720, 26 Şubat 2023.

URL-16, <https://karadeniz.gov.tr/carsi-camii-2/#prettyPhoto>, 12 Nisan 2023.

URL-17, <https://karadeniz.gov.tr/haci-salih-camii/#prettyPhoto>, 12 Nisan 2023.

URL-18, <https://www.google.com/maps/place/Ortahisar+%C5%9Eehzade+Mescidi/@41.0048007,39.7195965,3a,75y,90t/data=!3m8!1e2!3m6!1sAF1QipPobGSRpFABcJBDKm5sKULVl84ntc9rdXAbBI1U!2e10!3e12!6shttps:%2F%2Fh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipPobGSRpFABcJBDKm5sKULVl84ntc9rdXAbBI1U%3Dw203-h152-k-no!7i4000!8i3000!4m11!1m2!2m1!1sortahisar+mescid!3m7!1s0x40643d47c2ff6173:0x2bdae1436f4ed96!8m2!3d41.0048868!4d39.7197098!10e5!15sChBvcnRhaGlzYXlgbWVzY2lkkgEGbXVzZXVt4AEA!16s%2Fg%2F11j2lp894h?hl=tr>, 14 Nisan 2023.

URL-19, <https://karadeniz.gov.tr/nemlioglu-tavanli-camii/#prettyPhoto>, 14 Nisan 2023.

URL-20, <http://61.gen.tr/ahi-evren-dede-camii/>, 14 Nisan 2023.

URL-21, <https://karadeniz.gov.tr/hoca-halil-camii/#prettyPhoto>, 14 Nisan 2023.

8. EKLER

Ek 1. Çalışmada Kullanılan Terimler Sözlüğü

A

Aglomera: Piroklastik kayaç türü (bağlanan malzeme yuvarlak şekillidir)

Albit: Sodyumca zengin feldispat

Albitleşmiş: Kayacın bozuşmasıyla oluşan Na, Al ve Si bakımından zengin ikincil mineral oluşumu

Alterasyon: Jeolojik bozunma işleminin adıdır

Altere: Mineralojik ve/veya kimyasal olarak bozunmuş jeolojik malzemedir

Analsim: Zeolit minerali

Anortit: Kalsiyumca zengin plajiyoklas

Anortit sodian: Sodyumca zengin Anortit

B

Bazanitik: Koyu gri renkli bir çeşit volkanik kayaç

Biyotit: Demir magnezyum kalsiyumca zengin silikat minerali

Breş: Piroklastik kayaç türü (bağlanan malzeme köşelidir)

C

Camsı: Jeolojide doğal olarak ve hızlı soğumuş volkanik kayaç özelliği

D

Dasit: Açık renkli granitoit bileşimli volkanik bir kayaç

Dayk: Magmatik kayaçların yerin derinliklerinde kendisinden önce oluşmuş kayaçları keserek yerleşmesine denir

Detritik: Kırıntılı

F

Feldispatoid: Silisyumca fakir feldispat

Fenokristal: kayaç içerisinde gözle görünebilen irilikteki mineral

Ferrodüyopsit: Demir oranı yüksek olan diüyopsit

Ferromagnezyen mineral: Demir ve magnezyumca zengin silikat minerali

Ferropargasit: Demir magnezyum kalsiyumca zengin ve su içeren silikat minerali

Filipsit: İkincil bir zeolit minerali

Flogopit: Bir mika türü

H

Horblend: Kompleks bileşimli (Ca, Fe, Mg, Na, K, Al) bir sulu silikat minerali

Hyalo mikrolitik porfirik doku: Cam, mikroskop altında görünebilen ince kristal ve gözle görünebilen iri kristal birlikteliğinden oluşan doku türü

Hyalo-porfirik doku: Volkanik kayaçlarda; cam ve iri kristalden oluşan mineral beraberliği

İ

İkame: (Restorasyondaki anlam) hasar görmüş taşın yenisiyle değiştirilmesi

J

Jeokimya: Kayacın veya minerallerin kimyasıyla ilgilenen jeolojinin alt bilim dalıdır

Jips: Kalsiyum sülfat minerali

K

Kalsitize: Bir mineralin kısmen kalsitleşmiş hali

Kalsit: CaCO_3 bileşiminde mineral

Kalsedon: Su içeren SiO_2 bileşimli ikincil mineral

Kaolinit: Kil minerali

Karot: Numuneden veya yerin derinliklerinden özel aparatlarla alınan ve bulunduğu derinliği temsil eden üç-on beş cm çapında silindir şekilli jeolojik malzeme (kayaç veya cevher)

Kısmen altere: Bir mineralin az bozunmuş hali

Killeşme: Özellikle feldispatlarda gözlenen bozunmayla oluşmuş su içeren ikincil mineral

Klinorklor: Magnezyumca zengin minerallerin bozulmasıyla oluşan ikincil minerali

Kloritize: Bir mineralin kısmen kloritleşmiş hali

Klot ve zeolite: Bir tür bozulma mineralleri

Kristal: Dış görünüşleri ne olursa olsun düzenli bir içyapısı olan, üç boyutta kesintisiz devamlılık gösteren bir içyapıya sahip homojen doğal katılardır

Kuvars: Saf SiO_2 den oluşan minerali

L

Labrador: Kalsiyumca zengin plajiyoklas

Lav: Ergimiş haldeki doğal jeolojik malzeme ve onun katılaşmasıyla oluşan volkanik kayaç

Lehimlenmiş kül: Volkan ağzından fırlayan kül boyutundaki kırıntıların sıcak halde yeryüzünde birikerek katılaşmasıyla oluşan kayaç

Litik: (Taşı) kayaç veya kayaç parçasına ait

M

Magnetit: Demirce zengin oksit minerali

Metamorfizma: Herhangi bir kayacı oluşturan minerallerin oluşmuş olduğu basınç ve sıcaklık koşullarından farklı basınç ve sıcaklığa maruz kaldıklarında ergiyerek yeniden farklı mineral oluşurması olayına denir

Mikrokristal: Gözle görülemeyen ancak mikroskop altında görülebilen kristallere denir

Mikrolit: mikroskop altında gözlenebilen mineral

Mineralojik Analiz: Kayacı oluşturan farklı cinsteki minerallerin türlerinin belirlenmesi ve kayaç içerisinde dağılımını ortaya koyan analizdir

Miyosen: 5-23milyon yıl aralığındaki jeolojik zaman

Montmorillonit: Genelde feldispatların ayrışmasıyla ortaya çıkan kil türü

Muskovit: Kalsiyum magnezyum alüminyum içeren sulu silikat minerali

N

Natrolit: Zeolit türü

Nefelin: Feldispat. Silisyumca fakir feldispat minerali

Nefelinitik: Sadece nefelin mineralinden oluşan

Nefelinit-lösit: Feldispat türü minerallerdir

O/Ö

Obsidyen: Tamamen camdan oluşan volkanik kayaç

Ojit: Demir ve magnezyumca zengin silikat minerali

Olivin: Magnezyumca zengin silikat minerali

Özşekilsiz: Belirli bir kristalografik şekli olmayan

P

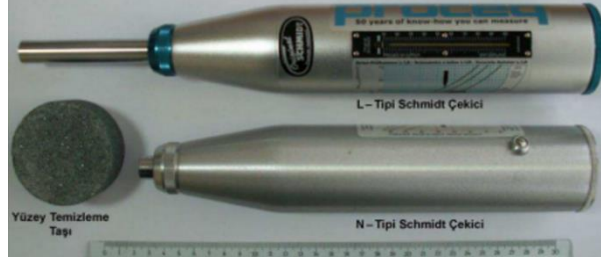
Pargasit: Bir amfibol türü

Petrografik Analiz: Kayacın oluşum koşullarını ve dolayısıyla dokusunu belirleyen mineral tür ve yüzdesini hesaplayan ve sonuçta kayacın isimlendirilmesini sağlayan analizdir

Plajiyoklas: Sodyum ve kalsiyum ve alüminyumca zengin silikat minerali

S/Ş

Schmidt çekici: Kayacın tahribatsız basınç dayanımını ölçmek için kullanılan alet



Serisit: Feldispatların bozulmasıyla oluşan ikincil minerali

Silikat minerali: Bileşiminde SiO₂ bulunan mineraller

Silisifikasyon: Bozulma sonucu silisyumca zengin minerallerin gelişimi

Skorya: Çok gözenekli bazalt bileşimli camsı kayaç

Şabazit: Zeolit mineral türü

T

Talk: Genellikle olivinin bozunmasıyla oluşan ikincil mineral

Tüf: Bir piroklastik kayaç çeşitidir

V

Vaküoler hyalo-porfirik doku: Volkanik kayaçlarda doğal gözenek, cam ve iri kristalden oluşan doku türü

Z

Zeolitleşme: Sodyumca zengin silikat minerali oluşumu

X

XRD Difraktometresi: Minerallerin belirli açılarla x ışınlarına maruz kalmasıyla numunelerden yansıyan özelliğine bağlı olarak yapılan mineral analizi

ÖZGEÇMİŞ

Beyza KOLAYLI, lise öğrenimini Affan Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2015 yılında Avrasya Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2019 yılında lisans eğitimini Mühendislik-Mimarlık fakülte birinciliğiyle tamamladı. 2020 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda Tezli Yüksek Lisans eğitimine başladı. Orta derecede İngilizce bilmektedir.

