T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TAŞINABİLİR KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA VE ONARIM ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARİHİ TAŞ YAPILARDA GÖRÜLEN BOZULMALAR ve TEMİZLİK YÖNTEMLERİNİN İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ EDEBİYAT FAKÜLTESİ GÜNEY DIŞ CEPHESİ ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Emre Veysel ŞENER
2501170882

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. GÜLDER EMRE

İSTANBUL-2020

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje numarası: 34311

ÖZ

TARİHİ TAŞ YAPILARDA GÖRÜLEN BOZULMALAR ve TEMİZLİK YÖNTEMLERİNİN İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ EDEBİYAT FAKÜLTESİ GÜNEY DIŞ CEPHESİ ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Emre Veysel ŞENER

Bu çalışma, tarihi taş yapılarda görülen bozulmalar ve temizlik yöntemlerinin araştırılması ve İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Dış Cephesi örneği üzerinden değerlendirmesi kapsamında oluşturulmuştur. Bu çalışmada, Sedat Hakkı Eldem ve Emin Onat tarafından II. Ulusal Mimarlık akımının etkisiyle tasarlanan İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi'nin güney dış cephesinde meydana gelen bozulmaların tespiti ve temizlik yöntemleri araştırılmıştır. Yapıda bozulmaya sebep olan faktörler çeşitli analiz yöntemleri ile tespit edilmiştir ve temizlik önerileri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Mimarlık tarihinin önemli yapıları arasında yer alan İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi yapısı üzerine yapılan bu çalışma genel olarak tarihi taş yapılarda meydana gelen veya gelebilecek bozulma faktörleri ile temizlik yöntemlerinin araştırılması ve değerlendirilmesi literatüre katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: kargir yapı, tarihi taş yapı, mimari, doğal taş, bozulma, koruma, onarım, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, İstanbul.

ABSTRACT

THE EVALUATION OF DETERIORATIONS AND CLEANING METHODS ON HISTORICAL STONE STRUCTURES ON THE EXAMPLE OF ISTANBUL UNIVERSITY FACULTY OF LETTERS FROM SOUTHERN EXTERNAL FACADE

Emre Veysel ŞENER

This study was created within the scope of the investigation of the deterioration and cleaning methods seen in the historical stone structures and the evaluation of the Istanbul University Faculty of Letters southern external facade. Within the scope of the study, deteriorations and cleaning methods on the Istanbul University Faculty of Letters on Southern External Facade were identified and investigated with a design language that reflects II. National Architectural Movement designed by Sedat Hakkı Eldem and Emin Onat. The factors that cause deterioration in the structure were determined by various analysis methods and the cleaning suggestions were compared and evaluated. This general study on Istanbul University Faculty of Letters, which is one of the important structures in the history of architecture, will provide data in terms of research and evaluation of deterioration factors and cleaning methods that may occur in historical stone structures.

Key Words: masonry building, historical stone structures, naturel stone, deteriorations, conservation, restoration, Istanbul University Faculty of Letters, Istanbul.

ÖNSÖZ

İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi II. Ulusal Mimarlık akımının önemli yapılarından biri olmasının yanında bir kamu yapısı olarak kullanılmaya devam etmektedir. Tarihi taş yapıların bozulma faktörlerini ve temizlik önerilerini araştırmak üzere yapının güney dış cephesi örneği üzerinden çalışmalar yürütülmüştür. Bu kapsamda yapının en hareketli ve bozulma faktörlerinin yoğun gözlemlendiği güney dış cephesinden alınan örnekler üzerinde yapılan analizler ile bozulma nedenleri tespit edilmiş ve bu bozulmalar için temizlik önerileri sunulmuştur.

Öncelikle bana, benim için manevi değeri büyük olan İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi yapısının taşları üzerine çalışmaya imkân veren; tezin belirlenmesinde, sınırlarının çizilmesinde ve süreci boyunca desteklerini esirgemeyen ve ihtiyaç duyduğum her konuda yanımda olan danışmanım çok kıymetli hocam Doç. Dr. Gülder EMRE'ye destekleri için içtenlikle teşekkür ederim. Tez çalışması için gerekli izinlerin alınmasında yardımlarını esirgemeyen İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Hayati DEVELİ'ye, Edebiyat Fakültesi Genel Sekreteri Alihan KILIÇ'a, İstanbul Üniversitesi Yapı İşleri Teknik ve Daire Başkanlığı'na ve sorduğum hiçbir soruyu cevapsız bırakmayan ve yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Ufuk KOCABAŞ'a, teşekkür ederim.

Çalışma kapsamında yapılan termografik incelemelerde yardımlarını esirgemeyen İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez Laboratuvarı uzmanlarından Restoratör-Konservatör Özlem TOPRAK-CİHAN ve Buket KAFADAR-SON'a ve destekleri için Restoratör-Konservatör Nazım Can CİHAN'a teşekkür ederim. İstanbul Edebiyat Fakültesi rölövelerine ulaşmamda yardımcı olan Mimar Hasan KILIÇ'a ve AutoCAD çizimlerinde desteklerini esirgemeyen kıymetli ağabeyim İç Mimar Enes ŞENER'e teşekkür ederim.

COVID-19 pandemisi ile mücadele ettiğimiz bugünlerde fiziksel olarak bir araya gelmenin sınırlılığı içerisinde olmamıza rağmen, çalışma kapsamında planlanan temizlik uygulamalarından, mikro kumlama uygulamaları için Ömer AKBAŞ ve arkadaşım Restoratör-Konservatör Sadık ATAR'a, lazerle yapılan temizlik uygulamaları için Mine YAR'a bu süreçteki destekleri için ayrıca teşekkür ederim.

Çalışmalarımı gerçekleştirirken deneyim, yorum ve önerileri ile katkı sağlayan KUDEB uzmanlarından Ergün ÇAĞIRAN, Mustafa ERUŞ, Özlem HAZAL-ERUŞ ve Fatih ÖZIŞIK'a, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım bölüm hocalarıma teşekkür ederim. Ayrıca bu çalışmayı maddi olarak destekleyen İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP)'a teşekkür ederim. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi'nde yapılan restorasyon çalışmalarını üstlenen Cumhur Alp İnşaat personellerinden şantiye şefi Mimar Gökhan AYSAL ve Restoratör Işıl DOĞANAY'a yardımları için teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında yorum ve önerileri ile destek olan Dr. Öğr. Üyesi Evren TÜRKMENOĞLU'na, Arş. Gör. Dr. Taner GÜLER'e ve teknik destekleri için Dr. Öğr. Üyesi Gökçe KILIÇ, Dr. Öğr. Üyesi Namık KILIÇ ve Hilal GÜLER'e teşekkür ederim.

Ve tabi ki bu zorlu süreçte yanımda olan ailem ve tüm destekleri için sevgili eşim Gözde'ye sonsuz teşekkür ederim.

EMRE VEYSEL ŞENER

ACIBADEM, 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ...iii
ABSTRACT...iv
ÖNSÖZ...v
İÇİNDEKİLER...vii
ŞEKİLLER LİSTESİ...xii
TABLOLAR LİSTESİ...xvi
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ...xvii
GİRİŞ...1

BİRİNCİ BÖLÜM
DOĞAL TAŞLARIN OLUŞUMU, ÖZELLİKLERİ VE SINIFLANDIRILMASI

1.1. Doğal Taşların Tanım ve Özellikleri...6
1.1.1. Taşların Jeolojik Özellikleri...7
1.1.2. Taşların Kimyasal Özellikleri...7
1.1.3. Taşların Fiziksel Özellikleri...8
1.1.3.1. Birim hacim Ağırlığı...10
1.1.3.2. Özgül Ağırlık (G) ...10
1.1.3.3. Doğal Su İçeriği (W_n) ...10
1.1.3.4. Porozite (n) ve Boşluk Oranı (e) ...11
1.1.3.5. Doygunluk Derecesi (S) ...12
1.1.3.6. Su Emme...12
1.1.3.7. Geçirimlilik (Permeabilite) (K) ...13
1.1.3.8. Tane Boyutları...13
1.1.4. Taşların Teknolojik Özellikleri...13
1.2. Doğal Taşların Sınıflandırılması...13
1.2.1. Magmatik (Katılaşım) Kayaçlar...15
1.2.2. Tortul (Sedimanter) Kayaçlar...16
1.2.3. Metamorfik (Başkalaşım) Kayaçlar...16
1.3. Çalışma Alanını Oluşturan Kireç Taşının Özellikleri...17
1.3.1. Tanımı, Oluşumu ve Özellikleri...17

1.3.2. Kullanım Alanları ve Tercih Nedenleri……20

İKİNCİ BÖLÜM

DOĞAL TAŞLARIN BOZULMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER VE DOĞAL TAŞLARDA BOZULMA TÜRLERİ

2.1. Taşın Yapısından Kaynaklanan Bozulmalar……22
2.1.1. Taşın Yapısal Özellikleri……..22
2.1.2. Taşın Fiziksel Özellikleri……..23
2.1.3. Taşın Mineralojik ve Kimyasal İçeriği……24
2.2. Çevresel Faktörlerden Kaynaklanan Bozulmalar……26
2.2.1. Atmosferik Koşullara Bağlı Fiziksel ve Fiziko-Kimyasal Bozulma Faktörleri…….……26
2.2.1.1. Hava ve Çevre Kirliliği……..26
2.2.1.1.1. Kükürt dioksit Etkisi……..28
2.2.1.1.2. Karbon dioksit Etkisi……..30
2.2.1.1.3. Azot oksit Etkisi……..30
2.2.1.1.4. Klorür Etkisi……31
2.2.1.1.5. Asit Yağmurlarının Etkisi……...32
2.2.1.1.6. Partiküllerin Etkisi……...33
2.2.1.2. Su ve Nem Faktörleri……33
2.2.1.2.1. Su……34
2.2.1.2.2. Nem……37
2.2.1.3. Tuzların Etkileri……39
2.2.1.3.1. Tuz Kristalizasyonu……42
2.2.1.3.2. Tuz Kaynakları……45
2.2.1.3.2.1. Klorür……47
2.2.1.3.2.2. Sülfat……48
2.2.1.3.2.3. Karbonat……...49
2.2.1.3.2.4. Nitrit ve Nitrat……..49
2.2.1.4. Sıcaklık Faktörleri……..50
2.2.1.4.1. Sıcaklık Değişimi……50
2.2.1.4.2. Donma Etkisi……...51

2.2.1.5. Güneş Etkisi……...52
2.2.1.6. Rüzgâr Etkisi……..53
2.2.2. Doğal Felaketlerin Etkisi……..53
2.2.3. Beşeri Faktörler…….54
2.3. Biyolojik Bozulma Faktörleri……..55
2.3.1. Bakteriler……...56
2.3.2. Mantarlar……...58
2.3.3. Algler (Su Yosunları) ……...58
2.3.4. Yosunlar (Kara Yosunları) ……...59
2.3.5. Likenler…….59
2.3.6. Bitkiler…….60
2.3.7. Hayvanlar……..61
2.4. Taşlarda Gözlemlenen Bozulma Türleri……..62
2.4.1. Çatlaklar ve Deformasyon……...…….63
2.4.2. Ayrılma/Eksilme…..……..64
2.4.3. Materyal Kaybı…….65
2.4.4. Renk Değişimi……..66
2.4.5. Birikme…….67
2.4.6. Biyolojik Yerleşim……68

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
TARİHİ TAŞ YAPILARIN KORUMA UYGULAMALARINDA TEMİZLİK YÖNTEMLERİ

3.1. Temizlik Yöntemleri……71
3.1.1. Su ile Yapılan Temizlik Yöntemleri…….……75
3.1.1.1. Basınçlı Su ile Temizlik…….……76
3.1.1.2.Atomize Su ile Temizlik…….……77
3.1.1.3. Su Buharı ile Temizlik……...77
3.1.1.4. Sulu Kumlama ile Temizlik……...78
3.1.2. Mekanik Temizlik Yöntemleri……..78
3.1.2.1. Küçük El Aletleri ile Temizlik……...78
3.1.2.2. Kumlama ile Temizlik……79

3.1.2.3. Mikro Kumlama (Kontrollü Kumlama) ile Temizlik ……79
3.1.3. Kimyasal Temizlik Yöntemleri…….80
3.1.3.1.Kil ve Kağıt Hamuru ile Temizlik……..81
3.1.3.2. Jel ve Lapa ile Temizlik…….82
3.1.4. Diğer Temizlik Yöntemleri……...86
3.1.4.1. Lazer ile Temizlik……..86
3.1.4.2. Kuru Buz ile Temizlik……88

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ EDEBİYAT FAKÜLTESİ GÜNEY DIŞ CEPHESİNDE TESPİT EDİLEN BOZULMALAR

4.1. Zeynep Hanım Konağından Günümüze İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Tarihçesi……..89
4.1.1. Zeynep Hanım Konağı……..91
4.1.2. Günümüzdeki İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yapısı……...93
4.1.3. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesinin Koruma-Onarım Tarihi...96
4.2. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Dış Cephesinden Alınan Örneklerin Tanımlanması ve Yapılan Analiz Çalışmaları……100
4.2.1. Basit Spot Testler……131
4.2.1.1. Çözünebilir Tuzların Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analizleri131
a. Klorür Analizi……....132
b. Sülfat ve Karbonat Analizi……132
c. Nitrat Analizi…….133
d. İletkenlik Ölçümü. ……133
4.2.1.2. Yağ Testi……..134
4.2.1.3. Protein Testi…….134
4.2.1.4. Nem Tayini……...136
4.2.2. Termografik İncelemeler…….138
4.2.3. Haritalandırma……151
4.3. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Dış Cephesinde Yapılan Temizlik Uygulamaları……..……153
4.3.1. Mikro Kumlama ile Temizlik Uygulaması…….154

4.3.2. Lazer ile Temizlik Uygulaması……...158
4.3.3. Kimyasal Temizlik Uygulaması……..161

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ…….170
KAYNAKÇA……...…183

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: Doğal taşların oluşumlarına göre çeşitleri…….…….14
Şekil 1.2: Kayaç döngüsü……...15
Şekil 1.3: Kalsit ve aragonit kristalleri……...17
Şekil 1.4: Kireç taşının genel özellikleri…….18
Şekil 1.5: Bakırköy ve civarında çıkarılan taş ocakları……..19
Şekil 1.6: Taş ocağındaki tabakalaşma kesiti…….20
Şekil 2.1: Gözenekli taşların içinde suyun dağılımı……...35
Şekil 2.2: Taşların bozulmasına etki eden nem kaynaklarının şematik incelenmesi..39
Şekil 2.3: Taş gözeneklerindeki tuzların aşındırması…….41
Şekil 2.4: Taş yüzeylerinde tuz kristallenmelerinin oluşumu….……43
Şekil 2.5: Taşların ayrışmasında bakterilerin etkisi…….……...57
Şekil 2.6: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Cephesi 2019-Mart (sol) ve 2019-Ağustos (sağ) aylarına ait bitkilerin yapı üzerindeki aktivasyonu..…61
Şekil 2.7: Bozulma türlerinin sınıflandırılması…….……..63
Şekil 2.8: Taşlarda çiçeklenme oluşumu……68
Şekil 4.1: 1909-1942 yıllarında Darülfun'un faaliyet gösterdiği Zeynep Hanım Konağı…….……92
Şekil 4.2: Zeynep Hanım Konağı'nın Pervititch Haritasında vaziyet planı……...92
Şekil 4.3: Mimar Sedat Hakkı Eldem ve Emin Onat tarafından yapılan İstanbul Üniversitesi Fen ve Edebiyat Fakülteleri'nin planı……...……..93
Şekil 4.4: İstanbul Üniversitesi Edebiyat ve Fen Fakülteleri'nin uydu görüntüsü….95
Şekil 4.5: 1970'li yıllarda Ordu Caddesi……97
Şekil 4.6: 1970'li yıllarda Ordu Caddesi……98
Şekil 4.7: Ordu caddesi üzerindeki araç ve insan yoğunluğu…….....99
Şekil 4.8: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney cephesi kot farkı detayı……..…….……101
Şekil 4.9: Yapı üzerinde örnek alınacak yerlerin numaralandırılması…….102
Şekil 4.10: Örneklerin tasnif edilmesi……..103
Şekil 4.11: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesinden örnek alınan yerler……....104

Şekil 4.12: Örnek 5 ve 7……...105
Şekil 4.13: Örnek 8, 9 ve 10……106
Şekil 4.14: Örnek 12 ve 14……...107
Şekil 4.15: Örnek 15, 16 ve 17……..…109
Şekil 4.16: Örnek 20 ve 22……..…….110
Şekil 4.17: Örnek 26 ve 27……...…111
Şekil 4.18: Örnek 30 ve 32……...…112
Şekil 4.19: Örnek 35…….....113
Şekil 4.20: Örnek 40 ve 43……...…114
Şekil 4.21: Örnek 44, 45 ve 47……..…115
Şekil 4.22: Örnek 48……..…116
Şekil 4.23: Örnek 51……..…117
Şekil 4.24: Örnek 55, 56 ve 57……..…118
Şekil 4.25: Örnek 58, 61 ve 62…….……120
Şekil 4.26: Örnek 67 ve 68……...……121
Şekil 4.27: Örnek 70 ve 71……...……122
Şekil 4.28: Örnek 72……123
Şekil 4.29: Örnek 64, 73, 74 ve 75……...……124
Şekil 4.30: Örnek 77 ve 78……...……125
Şekil 4.31: Örnek 82, 83 ve 84……..…127
Şekil 4.32: Örnek 94…….……128
Şekil 4.33: Örnek 102……...…128
Şekil 4.34: Örnek 108……...…130
Şekil 4.35: Örnek 109……...……130
Şekil 4.36: Termografik incelemeler; 5, 7, 8, 9, 10 ve 12 no'lu örnekler……140
Şekil 4.37: Termografik incelemeler; 14, 15, 16, 17, 20 ve 22 no'lu örnekler……141
Şekil 4.38: Termografik incelemeler; 40, 43, 44, 45 ve 47 no'lu örnekler…..……..142
Şekil 4.39: Termografik incelemeler; 51, 56, 57 ve 64 no'lu örnekler…..……143
Şekil 4.40: Termografik ncelemeler; 64, 67 ve 68 no'lu örnekler…….……..….144
Şekil 4.41: Termografik incelemeler; 64, 67 ve 71 no'lu örnekler…….…..……145
Şekil 4.42: Termografik incelemeler; 74, 75, 77 ve 84 no'lu örnekler…….……146
Şekil 4.43: Termografik incelemeler; 82, 83 ve 84 no'lu örnekler…….……..147

Şekil 4.44: Termografik incelemeler; çatı ve saçak altı…….……...148
Şekil 4.45: Termografik incelemeler; güney dış cephe genel 1…….……..…149
Şekil 4.46: Termografik incelemeler; güney dış cephe genel 2…….……..…150
Şekil 4.47: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesinde tespit edilen bozulmaların haritalandırılması…….…...152
Şekil 4.48: Mikro kumlama ile temizlik; 10 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) ……...……..155
Şekil 4.49: Mikro kumlama ile temizlik; 16 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) …….....155
Şekil 4.50: Mikro kumlama ile temizlik; 48 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) …….....156
Şekil 4.51: Mikro kumlama ile temizlik; 64 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) …….....156
Şekil 4.52: Mikro kumlama ile temizlik; 68 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) …….....157
Şekil 4.53: Mikro kumlama ile temizlik; 71 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) ……...…..157
Şekil 4.54: Thunder Art (Quanta System DNA Laser Technology) lazer cihazı….159
Şekil 4.55: Lazer ile temizlik; 10 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) ……...160
Şekil 4.56: Lazer ile temizlik; 48 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) ……...160
Şekil 4.57: AB57'nin içeriği ve hazırlanışı……..…161
Şekil 4.58: AB57'nin fırça ile uygulanması…….162
Şekil 4.59: 10 no'lu örnek; AB57 ile temizlik uygulaması……..163
Şekil 4.60: 48.a ve 48.b no'lu örnekler; AB57 ile temizlik uygulaması……..163
Şekil 4.61: 48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4 no'lu örnekler; AB57 ile temizlik uygulaması164
Şekil 4.62: 71 no'lu örnek; AB57 ile temizlik uygulaması……..164
Şekil 4.63: AB57 ile temizlik; 10 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) ..……...…165
Şekil 4.64: AB57 ile temizlik; 48.a ve 48.b no'lu örnekler, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) …….....166
Şekil 4.65: AB57 ile temizlik; 48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4 no'lu örnekler, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) …….....166

Şekil 4.66: AB57 ile temizlik; 71 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ) ……..167
Şekil 4.67: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesi müdahale paftası……...……...…….169

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Bir litre suda ve ortalama sıcaklıkta bazı kayaçların çözünme miktarı…..8
Tablo 1.2: Mohs sertlik cetveli…….9
Tablo 1.3: Moos ve Quervain'nin kayaçların porozite yüzdelerini sınıflandırması...12
Tablo 2.1: Havanın (atmosferin) normal bileşiminde bulunan maddeler……...27
Tablo 2.2: Kirli atmosfer ile temiz atmosfer durumunun karşılaştırılması…….27
Tablo 2.3: Bazı tuzların bileşimi ve çözünürlüğü (25º C) …….40
Tablo 2.4: Ortalama 20-25 C sıcaklıkta bazı tuzların denge nemdeğerleri……....45
Tablo 2.5: Taşlarda bozulmalara etki eden çözünebilir tuzlar ve tuzların genel kaynakları……..……47
Tablo 2.6: Biyolojik faktörlerin taşa etkileri……..56
Tablo 3.1: Önerilen ve önerilmeyen temizlik yöntemleri…….…..75
Tablo 4.1: Suda çözünebilir tuzlar, iletkenlik, yağ ve protein analizi değerlendirme tablosu……...135
Tablo 4.2: Nem analizi değerlendirme tablosu…….137
Tablo 4.3: Mikro kumlama öncesi ve sonrası; suda çözünebilir tuzlar, iletkenlik, yağ ve protein analizi değerlendirme tablosu…….……..159
Tablo 4.4: AB57 öncesi ve sonrası; suda çözünebilir tuzlar, iletkenlik, yağ ve protein analizi değerlendirme tablosu……...168

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

A	**:** Argon
$AgNO_3$	**:** Gümüş Nitrat
$Al_2SiO_4(OH-, F-)_2$	**:** Topaz
Al_2O_3	**:** Korund/Korendon
Atm	**:** Atmoser Basınç
$BaCI_2$	**:** Baryum Klorür
Bar	**:** Basınç Birimi
C	**:** Elmas
C	**:** Karbon
Ca	**:** Kalsiyum
$Ca_5(PO_4)_3$	**:** Apatit
$CaCl_2$	**:** Kalsiyum Klorür
$CaCO_3.MgCO_3$	**:** Magnezyum Karbonat
$CaCO_3$	**:** Kalsiyum Karbonat
CaF_2	**:** Flüorit
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	**:** Nitrokalsit
CaO	**:** Kalsiyum Oksit
$Ca(HCO_3)_2$	**:** Kalsiyum Bikarbonat
$CaSO_3$	**:** Kalsiyum Sülfit
$CaSO_4$	**:** Kalsiyum Sülfat
$CaSO_4 .2H_2O$	**:** Alçı taşı/Jips
CH_4	**:** Metan
Cl	**:** Klor
cm	**:** Santimetre
cm^3	**:** Santimetreküp
CMC	**:** Karboksi Metil Selüloz
CO	**:** Karbon Monoksit
CO_2	**:** Karbon Dioksit
$CuSO_4$	**:** Bakır Sülfat
d	**:** Yoğunluk

e	**:** Boşluk Oranı
EDTA	**:** Etilen Diamin Tetra Asetikasit
$FeCO_3$	**:** Siderit/Demir (II) Karbonat
FR	**:** Serbest Devinimli
G	**:** Özgül Ağırlık
gr	**:** Gram
H_2CO_3	**:** Karbonik Asit
HCI	**:** Hidroklorik Asit
He	**:** Helyum
HF	**:** Hidroflorik Asit
Hg	**:** Civa
H_2O	**:** Su
H_2SO_4	**:** Sülfürik Asit
H_2SO_3	**:** Sülfüröz Asit
H_2O_2	**:** Hidrojen Peroksit
HNO_3	**:** Nitrik Asit
HNO_2	**:** Nitroz
I.C.R.	**:** Rome's Istituto Centrale del Restauro
IR	**:** Infrared/Kızılötesi
K	**:** Permeabilite/Geçirimlilik
$KAISİ_3O_8$	**:** Ortoklas/Ortoz
KCl	**:** Potasyum Klorür
K_2CO_3	**:** Potasyum Karbonat
$K_2CO_3 .2H_2O$	**:** Potasyum Karbonathidrat
kgf	**:** Kilogram Kuvvet
K_2SO_4	**:** Potasyum Sülfat
Km	**:** Kilometre
km^2	**:** Kilometrekare
Kr	**:** Kripton
m	**:** Kütle
m	**:** Metre

m^3	**:** Metreküp
ml	**:** Mililitre
mm	**:** Milimetre
$MgCl_2.6H_2O$	**:** Biskofit/Magnezyum Klorür
$MgCl_2 .6H_2O$	**:** Magnezyum Klorhidrat
$MgCO_3$	**:** Magnezyum Karbonat
$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	**:** Talk
$MgSO_4.7H_2O$	**:** Magnezyum Sülfat Heptahidrat
$MgSO_4. 6H_2O$	**:** Hegzahidrit/Magnezyum Sülfat
$MgSO_4.7H_2O$	**:** Epsomit/Magnezyum Sülfat
mj	**:** Megajul
n	**:** Porozite
N_2	**:** Azot
NaCI	**:** Sodyum Klorid
NaCl	**:** Halit/Sodyum Klorür
$Na_2CO_3.10H_2O$	**:** Natron/Sodyum Karbonat
Na_2CO_3	**:** Sodyum Karbonat
$Na_2CO_3.10H_2O$	**:** Sodyum Karbonathidrat
$NaNO_3$	**:** Sodyum Nitrat
$Na_2SO_4.10H_2O$	**:** Mirabilit/Sodyum Sülfat
Na_2SO_4	**:** Tenardit/Sodyum Sülfat
$Na_2SO_4 .10H_2O$	**:** Sodyum Sülfathidrat
NaOH	**:** Sodyum Hidroksit
Ne	**:** Neon
NH_3	**:** Amonyak
NH_4OH	**:** Amonyum Hidroksit
nm	**:** Nanometre
NO_x	**:** Nitrojenoksit
NO	**:** Azot Monoksit
NO_2	**:** Azot Dioksit
NO_3	**:** Azot Trioksit

N_2O	**:** Diazot Monoksit
N_2O_3	**:** Diazot Trioksit
N_2O_4	**:** Diazot Tetraoksit
N_2O_5	**:** Diazot Pentaoksit
pH	**:** Hidrojenin Gücü
QS	**:** Anahtarlama Modu
S	**:** Doygunluk Derecesi
sn	**:** Saniye
SiO_2	**:** Silisyum Dioksit/Kuvars
SO_2	**:** Kükürt Dioksit
SO_x	**:** Kükürt Oksit
TiO_2	: Titanyum dioksit
UNESCO	**:** United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü)
UV	**:** Ultraviyole/Morötesi
v	**:** Hacim
W_T	**:** Toplam Ağırlık
W_k	**:** Kuru Ağırlık
w_n	**:** Su Ağırlığı
X_2	**:** Ksenon
yy	**:** Yüzyıl
µS	**:** Mikrosiemens
µg	**:** Mikrogram
µ	**:** Mikron/Mikro Metre
µs	**:** Mikro Saniye

GİRİŞ

Konu ve Amaç

Koruma ve onarım bir kavram olarak ayrı ayrı ve beraber ele alındığı zaman bazı soruları beraberinde getirmektedir. Koruma, neyin, neden koruma kapsamı altına alınması gerektiğine; onarım, nasıl, hangi yöntemlerle ve ne kadar müdahale yapılacağına dair çeşitli birçok soruyu beraberinde getirmektedir. Bu teorik sorulara verilen her cevap, koruma ve onarım pratiklerinin çerçevesini belirlemek üzere öneriler sunmaktadır.

1976 yılında UNESCO'nun "kültürel varlık" kavramını önermesi ile Venedik Tüzüğü'ndeki "anıtsallık" kavramı bütün kültürel maddi varlıkları kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Bu kavram, 1983 yılında 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nun kapsamına alınmıştır. Doğal ve kültürel varlıklar, "taşınır" ve "taşınmaz" kültür varlıkları olarak ayrılmaktadır. Taşınmaz doğa ve kültür varlıkları olarak sitler ve anıtlar, korunması gereken özelliklere sahip; doğal, insan yapısı veya ikisinin ortak ürünü olabilmektedir. Bunlar, tarihi, arkeolojik, doğal, kırsal, kentsel ve karmaşık sitler olarak sınıflandırılmaktadır. Çalışma alanımız olan İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi'nin de içinde bulunduğu tarihi yarımada karmaşık sit alanı olarak tanımlanmaktadır (Ahunbay, 2009: 22-28).

İstanbul Tarihi Yarımada'sında Roma, Bizans, Osmanlı ve Cumhuriyet dönemine ait eserlerde, yapı malzemesi olarak kireç taşı kullanımı oldukça yaygındır. İstanbul ve çevresinde hammaddenin elde edilebileceği kireç taşı yataklarının olması, taşın kolay işlenebilir ve mukavemetinin zamanla artarak uzun yıllar dayanım göstermesi inşa malzemesi olarak kullanılmasında tercih sebebi olmuştur.

İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Balabanağa Mahallesi, Ordu Caddesi, No: 6, 34134, Laleli-Fatih-İstanbul açık adresinde bulunmaktadır. Yapı, güneyinde Ordu Caddesi, doğusunda Kimyager Derviş Paşa Sokak, batısında Büyük Reşit Paşa

Caddesi ve kuzeyinde Vezneciler Caddesi ile sınırlanarak yaklaşık dikdörtgen bir arazi üzerine inşa edilmiştir.

Tezin araştırma alanı olarak belirlenen İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi yapısı, II. Ulusal Mimarlık dönemine tarihlenen bir kamu binası olarak aktif şekilde kullanılan bir yapı olma özelliğindedir. Yapının ana malzemesi kireç taşıdır. Yapı iklimsel etmenler, biyolojik faktörler, çevresel koşullar ve atmosferik kirleticilerin yanı sıra yoğun insan sirkülasyonuyla beraber beşerî etkilere oldukça açık bir durumdadır. Yapının büyük ölçekli bir kompleks olması bozulma süreçlerini incelemek ve temizlik yöntemlerini değerlendirebilmek için zaman, maliyet ve iş gücü gibi sınırlılıklar yaratmaktadır. Bu nedenle çalışma alanı yapının atmosferik etkilere en açık, insan ve araç trafiğinin en yoğun olduğu güney dış cephe olarak sınırlandırılmıştır.

Bu çalışma, özelde uygulama alanı olarak belirlenen İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Dış Cephesi'nde gözlemlenen bozulmalar ve temizlik yöntemlerini, genel olarak ise tarihi taş yapılarda gözlemlenen bozulmaların nedeni, kaynakları ve sorunları gibi konuların araştırılmasını kapsamaktadır. Bu çalışma, tarihi taş yapılarda meydana gelen bozulmalar, bozulmaya etki eden faktörler, bozulma formları ve temizlik yöntemlerinin değerlendirmesini yaparak, çözüm önerilerini sunmak ve bu alanda yapılacak çalışmalara katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Kapsam

Tezin birinci bölümünde; doğal taşların oluşumu, jeolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Taşların sınıflandırılması ve çalışma alanını oluşturan kireç taşının oluşumu, özellikleri, kullanım alanı ve yaygın tercih nedenleri araştırılmıştır.

İkinci bölümde; doğal taşların bozulmasına etki eden faktörler ve bozulma türleri araştırılmıştır. Taşın fiziksel özelliği, kimyasal ve mineralojik içeriğinden kaynaklanan bozulmalar, taşın yapısından kaynaklanan bozulmalar olarak ele alınmıştır. Çevresel faktörlerden kaynaklanan bozulmalar, atmosferik koşullara bağlı

bozulmalar, hava ve çevre kirliliği, su ve nem faktörleri, tuz, güneş, rüzgâr ve sıcaklık faktörleri olarak incelenmiştir. Doğal taşların bozulmasına sebep olan etkenlerden, doğal felaketler, beşerî faktörler ve biyolojik bozulma faktörleri araştırılmıştır. Bu bölümde doğal taşlarda oluşan bozulma formları sınıflandırılmış ve açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde tarihi taş yapıların koruma uygulamalarında temizlik yöntemleri ele alınmıştır. Öncelikle tarihi taş yapılarda temizlik çalışmalarının neden, ne kadar ve nasıl yapılması gerektiği tartışılmış, uygun temizlik yöntemlerinin seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar üzerinde durulmuştur. Su ile yapılan temizlik, mekanik temizlik, kimyasal temizlik ve diğer temizlik yöntemleri incelenip, yapılacak temizlik uygulamalarının içeriği, yapı, çevre ve uzman personel açısından avantaj ve dezavantajları araştırılmıştır.

Dördüncü bölümde çalışma alanımızı oluşturan İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Dış Cephesi örneği üzerinden, tarihi taş yapılarda gözlemlenen bozulmalar ve temizlik yöntemleri değerlendirilmiştir. Bu bölümde İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi yapısının, Zeynep Hanım Konağı'ndan günümüze, sanat ve mimarlık tarihi açısından yeri incelenmiştir. Çalışma alanı olarak belirlediğimiz güney dış cephe, yapının en hareketli ve bozulma faktörlerinin daha yoğun gözlemlendiği bir alandır. Bu alanda yapılan uygulamaların tüm aşamalarında çizim, fotoğraf ve video ile belgeleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapının güney dış cephesinin çeşitli yerlerinden toplamda 110 adet örnek alınmıştır. Alınan örnekler tuzların depozit oluşturduğu, imitasyon veya plastik onarımlı olduğu düşünülen taş yüzeylerinden ve iklimsel etmenlerin sebep olduğu yüzey deformasyonların gözlemlendiği taş yüzeylerinden alınmıştır. Bu örneklerden seçilmiş 48 numune üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Yapının bozulma faktörlerinin belirlenmesinde çözünebilir tuzların kalitatif ve yarı kantitatif analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler ile çözünebilir tuzlardan klor,

sülfat, karbonat ve nitratın yapı üzerindeki niceliği belirlenmiştir. Örneklerin iletkenlik değerleri, nem miktarları, yağ ve protein varlıkları tespit edilmiştir.

Yapının zeminden çatısına kadar, özellikle örnek alınan yerlere odaklanılarak, termografik incelemesi gerçekleştirilmiştir. Termografik analiz yöntemi yapıyı oluşturan farklı malzemelerin ısı yayınımlarını tespit edebilmektedir. Çalışma alanımızın termografik incelemeleri, yapının sıcaklık ve bağıl nem oranlarını haritalandırarak, yapının özgün malzemesi olan kireç taşı ve imitasyon ya da plastik onarımlı olduğu düşünülen taşların tespit edilmesine imkân vermektedir.

Çalışma alanımızda yapılan detaylı inceleme ve bozulma faktörlerinin anlaşılması için gerçekleştirilen analiz çalışmalarının sonucunda bozulma türleri tespit edilmiştir. Belirlenen bozulma formlarının çizim üzerinde lejantları oluşturularak haritalandırması yapılmıştır.

Örneklerin alındığı alanların bazılarında temizlik uygulamaları denenmiştir. Belirlenen temizlik alanları; boyalı ve siyah kabuk oluşumunun gözlemlendiği alan, sert siyah kabuklu alan ve yumuşak siyah kabuklu alanlarının oluştuğu yerlerdir. Bu örnek alanlarına, mikro kumlama ile temizlik, lazer ile temizlik ve kimyasal temizlik yöntemlerinden AB 57 ile temizlik uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Deneme uygulamaları sonucunda tuz testleri ve estetik açıdan sonuçları karşılaştırılıp temizlik yöntemlerinin yapı üzerindeki avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

Sonuç ve değerlendirme bölümünde bu alanda yapılan çalışmaların literatürü göz önünde bulundurularak, “Tarihi Taş Yapılarda Görülen Bozulmalar ve Temizlik Yöntemleri: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Dış Cephesi Örneği Üzerinden Değerlendirilmesi” başlıklı tez kapsamında yapılan uygulamaların, yapı, çevre, uzman personel açısından avantaj ve dezavantajları tartışılmıştır.

Çalışma alanımızı oluşturan yapının bozulmasına etki eden faktörlerin belirlenmesinde ve temizlik yöntemlerinin değerlendirilmesinde, yapının içinde bulunduğu tüm koşullarla doğrudan ya da dolaylı olarak ilişkili olduğunu ve olası her

durumun farklı bozulma formları oluşturabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bozulma faktörlerin tek tek detaylı bir şekilde ele alınabilmesi farklı çalışmaları gerektireceği için çalışmamızın sınırları tez kapsamında yapılan analizlerin sonuçlarına göre belirlenen bozulmaların anlaşılması ve temizlik yöntemlerinin değerlendirilmesi olarak belirlenmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM DOĞAL TAŞLARIN OLUŞUMU, ÖZELLİKLERİ VE SINIFLANDIRILMASI

Yaşam alanımızı oluşturan Dünya çekirdek, manto ve kabuktan oluşmuş dinamik bir yapıya sahiptir. Elementlerin birleşmesi ile mineral, minerallerin birleşmesi ile de yerkabuğunu (litosfer) oluşturan kayaçlar meydana gelmektedir. Litosfer olarak adlandırılan yer kabuğu, en üst kısımda soğuk, katı ve kırılgan bir yapıdadır. Kabuğun üst kesimlerinde kalınlığı 25-70 km arasında değişen kıtasal kabuk ve kalınlığı 5-10 km arasında değişen okyanusal kabuk yer almaktadır. Litosfer, sıcak ve daha az katı olan astenosfer üzerinde bulunmaktadır. Kayaçlar kıtaları, dağları, okyanus tabanlarını ve doğal yaşam alanlarını oluşturmaktadır. (Yüzer, vd., 2016; Dirik, 2005; Tatar, 2016: 31-36, Yıldırım ve Gökaşan, 2013: 8-15).

1.1. Doğal Taşların Tanım ve Özellikleri

Mineraller doğada bulunan, organik ve inorganik maddelerden meydana gelmiş, belirli bir kimyasal bileşime sahip, fiziksel ve kimyasal bakımlardan homojen ve katı maddeler olarak tanımlanmaktadır.[1] Jeolojide kayaç olarak tanımlanan taşlar, çeşitli minerallerin bir araya gelmesi ya da tek bir mineralden, organizma kalıntılarından (fosil) meydana gelen veya bunların farklı oran ve kombinasyonları ile oluşmaktadır (Ketin, 2016: 223). Başka bir ifade ile jeolojik olarak bir bütünlüğe sahip, katı halde bulunan doğal maddelere kayaç ya da taş denir. Örneğin doğada saf halde bulunan cıva (Hg) ve su (H_2O) mineral olduğu halde kayaç sınıfına girmiyorken buz ve buzul kütleleri ise kayaç olarak tanımlanmaktadır. Kum, çamur ve toprak gibi esas olarak minerallerden oluşan ancak bir araya gelmemiş mineraller, uygulamalı jeolojide gevşek kayaçlar olarak adlandırılmaktadır (Tatar, 2016: 140; Erguvanlı, 1973: 19-23).

Yer kabuğu ve litosferi oluşturan kayaçların yapı malzemesi olarak ve endüstride kullanılması, depreme karşı dayanıklılık dereceleri ve sağlamlık gibi özellikleri kayaç karakterinin tespiti ile mümkün olabilir. Doğal taşların ürün olabilmesi için

[1] Mineraller hakkında detaylı bilgi için bkz.: Kurt ve Arık, 2003; Kurt, 1998; Sür, vd., 2009.

mekanik, fiziksel, jeolojik, kimyasal ve teknolojik özellikleri büyük önem taşımaktadır. Çalışma alanımızı oluşturan konservasyon ve restorasyon uygulamalarında taşların sorunlarını tespit etmek ve uygun koruma onarım çalışmaları belirleyebilmek için; taşın jeolojik yapısının anlaşılması gerekmektedir. Bu bağlamda taşın mineralojik ve petrolojik analizleri ayrıca taşın jeolojik, kimyasal, fiziksel ve teknolojik özellikleri önem oluşturmaktadır.

1. 1. 1. Taşların Jeolojik Özellikleri

Jeolojik özellikler taşların kökenini, oluşum sürecini, ortamını, litolojik ve jeo-hidrolojik bakımdan durumlarını ifade etmektedir. Kayaçlar kökenlerine göre; magmatik kayaçlar, tortul (sedimanter) kayaçlar ve metamorfik (başkalaşım) kayaçlar olarak sınıflandırılmaktadır.

1. 1. 2. Taşların Kimyasal Özellikleri

Kayaçlar, ana mineraller, ikincil mineraller ve taş içindeki parçaların bileşimindeki maddelerden oluşmaktadır. Örneğin kuvars, mika ve feldispat, granit'in ana minerallerini oluştururken, ojit ve hornblende de ikincil madde olarak sayılmaktadır (Sür, vd., 2009: 99).

Kayaçları meydana getiren maddeler kayacın nasıl ayrıştığı ile ilgili bilgi vermektedir. Bazı kayaçların suya ve asite karşı reaksiyon göstererek ayrışması kayaçların kimyasal özelliği ile ilişkilidir. Ya da bazı tuzlu ve karbonatlı kayaçlar su etkisi ile çözünerek ayrışmaktadırlar (Tablo 1.1). Bileşiminde kalker ve $CaCO_3$ mineralli bazı kayaçlara asitle muamele edildiği zaman, kayaçlarda köpürerek ayrışma gözlemlenmektedir (Sür, vd., 2009: 100).

Tablo 1.1: Bir litre suda ve ortalama sıcaklıkta bazı kayaçların çözünme miktarı.

Madde	Ayrışan Miktar (gr)
KCI	310
NaCI	280
$CaCO_3$	0,19 (deniz suyu)
$CaCO_3$	0,06-0,30 (tatlı su)
$CaSO_4 .2H_2O$	2,38
$CaCO_3 .MgCO_3$	0,06
$FeCO_3$	0,14

Kaynak: Sür, vd., 2009: 100.

1. 1. 3. Taşların Fiziksel Özellikleri

Kayaçların fiziksel özellikleri makroskopik ve detay fiziksel özellikler olarak ikiye ayrılmaktadır. Taşların fiziksel özelliklerini anlamak için yapılan testler ve analizler, restorasyon çalışmalarında taşın uygunluk durumu, seçilimi ve işlenebilirliği gibi niteliklerinin anlaşılmasını sağlamaktadır. Böylece taşlarda gözlemlenen fiziksel deformasyonlar da bu yöntemle anlaşılabilir.

Kayaçların duyu organları ile algılanan özellikleri taşın makroskopik özelliklerini oluşturmaktadır. Kayaçların renk, parlaklık, pürüzlülük, yağlı ve kayganlık gibi özellikleri görünüş özelliklerini oluşturmaktadır. Kayaçlarda gözlemlenen ayrılma durumu, kalkerlerde kalıp, bazaltlarda prizma, granitlerde kabuk ve jipslerde kat kat olmaktadır. Bu durum kayaçların düzenli ya da düzensiz ayrılma tarzını göstermektedir. Kayaçların sertlik durumu minerallerin karşılaştırılmaları ile anlaşılmaktadır. Minerallerin katı bir cisimle çizilmeye karşı gösterdikleri dirence sertlik denir. Bir taş diğerini göre daha sert ise onu çizebilir (Sür, vd., 2009: 100-101; Tatar, 2016: 101). Alman mineralog F. Mohs tarafından bazı minerallerin sertlik dereceleri, 1 ile 10 arasında değer verilerek sertlik cetveli oluşturulmuştur. Böylelikle sertliği bilinen mineral, sertliği bilinmeyen diğer mineraller hakkında yorum yapma imkânı vermektedir. Örneğin; sertliği bilinmeyen bir mineral, topazı çizer, korund tarafından çizilirse sertliği 8'den fazla 9'dan az çıkarımı yapılıp yaklaşık 8,5 olarak belirlenebilir (Tablo 1.2), (Verges-Belmin, 1996).

Tablo 1.2: Mohs sertlik cetveli.

Mohs Sertlik Cetveli			
Sertlik	**Mineral**	**Formül**	**Karşılaştırma**
1	Talk	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	Tırnak ile çizilir
2	Jips	$CaSO_4.2H_2O$	Tırnak ile çizilir
3	Kalsit	$CaCO_3$	Cam ve çelik çakı ile çizilir
4	Fluorit	CaF_2	Cam ve çelik çakı ile çizilir
5	Apatit	$Ca_5(PO_4)_3$	Cam ve çelik çakı ile çizilir
6	Ortoklas/Ortoz	$KAISi_3O_8$	Camı çizer, çelik ile çizilir
7	Kuvars	SiO_2	Cam ve çeliği çizer
8	Topaz	$Al_2SiO_4(OH-, F-)_2$	Cam ve çeliği çizer
9	Korund/Korendon	Al_2O_3	Cam ve çeliği çizer
10	Elmas	C	Her şeyi çizer

Kaynak: Tatar, 2016: 102.

Kayaçların detay fiziksel özellikleri laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çeşitli analiz yöntemleri ile hesaplanmaktadır. Çalışma alanımızı oluşturan tarihi kargir[2] yapıların inşa faaliyetlerinde ve koruma-onarım çalışmalarında kullanılacak uygun taşın seçimi için yapılan hesaplamalar ve analiz yöntemleri aşağıda verilmektedir. Taşların birim hacim ağırlığı, özgül ağırlıkları, doğal su içeriği, porozite, doygunluk derecesi, su emme ve tane boyutları gibi fiziksel özelliklerinin anlaşılması için yapılan hesaplamalar bunlardan bazılarını oluşturmaktadır.[3] Bu hesaplamalar tarihi yapılarda kullanılan taşların yapısı, niteliği, mevcut durumu hakkında bilgi vermektedir. Bu hesaplamalar ve analizlerin verdiği sonuçlar yapılacak koruma ve onarım çalışmaları için uygun yöntem, kullanılacak malzemelerin belirlenmesi ve taşın seçilimi gibi etkenlerin belirlenmesine ve planlanmasına katkı sağlamaktadır.

[2] Kargir etimolojik olarak Farsça kökenli "taş ve tuğladan yapılmış olan" anlamına gelmektedir. Kargir kelimesinin kagir, kagır ve kargır gibi kullanımları da mevcuttur. Bu çalışma kapsamında ''kargir'' kelimesi kullanılacaktır.

[3] Taşların fiziksel özellikleri hakkında detaylı bilgi için bkz.: Erguvanlı, 1973: 45-107; Siegesmund ve Durrast, 2014: 97-214; Winkler, 1997: 32-60.

1.1.3.1. Birim Hacim Ağırlığı

Kayaçların toplam ağırlığı, birim hacim ağırlığı (1 cm^3, 1 m^3 gibi) olarak tanımlanır. Birim hacim ağırlığı, örnek ağırlığının bütün hacmine bölünmesi ile bulunur. Kayaçların içlerindeki çatlak, boşluk ve katı kısımların mineralojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre birim hacim ağırlıkları değişiklik gösterirler. Birim hacim ağırlıkları fazla olan kayaçlar genelde az poroziteli olup, suyu az emerler ve özgül ağırlıkları fazladır (Sür, vd., 2009: 101).

Birim hacim ağırlığı, doğal birim, tane birim, doygun birim (bütün boşlukların su ile dolu olması), kuru birim (boşluklu kısımların hava ile dolu olması) gibi çeşitli birim ağırlıkları mevcuttur. Doğal birim hacim ağırlığı, toplam ağırlığın toplam hacme oranıdır (Erguvanlı, 1973: 46-49).

$$n = W_T / W_T$$

1.1.3.2. Özgül Ağırlık (G)

Belirli bir birim hacimdeki cismin ağırlığının, aynı hacimde ve +4 °C saf su ağırlığına oranıdır. Özgül ağırlıkları kayaçların su miktarı ve boşluk oranına bağlı olarak değişiklik gösterir (Erguvanlı, 1973: 49-52).

$$G_1 = l / W$$

Yogunluk ise; cismin kütlesinin hacmine oranı şeklindedir.

$$d = m/v$$

1.1.3.3. Doğal Su İçeriği (W_n)

Taşların belirli bir hacimde kapsadığı su ağırlığının, katı kısmına (tane ağırlığına) oranı olup % olarak ifade edilir.

$$\%\ w_n = \text{Su ağırlığı} / \text{Tane (katı) Ağırlığı} \times 100$$

Kayaçların doğal su içeriğinin laboratuvar ortamında hesaplanması şu şekildedir:

- Taşlardan alınan numune tartılır. Bu değer toplam ağırlık (W_t) olarak tanımlanır.

- Numune 24 saat, 105 °C'lik fırında kurutulur ve tekrar tartılır. Bulunan değer numunenin katı ve kuru (W_k) ağırlığıdır.
- W_t – W_k ağırlıklar arasındaki fark, numunenin içinde buharlaşan suyun miktarıdır.

Bu bağlamda doğal su içeriği şu şekilde hesaplanır (Erguvanlı, 1973: 54):

$$w_n = W_t\text{-}W_k / W_k \text{ X } 100$$

1.1.3.4. Porozite (n) ve Boşluk Oranı (e)

Kayaçların porozitesi içinde bulunan boşlukların hacminin (V_b), tüm hacmine (V_t) oranıdır. 'n' ile gösterilip, % olarak ifade edilir.

$$\% \text{ n} = V_b / V_t \text{ X } 100$$

Kayaçların boşluk hacminin (V_b), katı (tane) kısımlarına (V_k) oranıdır. 'e' ile gösterilip, % olarak ifade edilir (Sür, vd., 2009: 102).

$$\% \text{ e} = V_b / V_k \text{ X } 100$$

Kayaçların özgül ağırlıkları ve poroziteleri arasında ilişki bulunmaktadır. Örneğin; granit gibi magmatik kökenli taşların poroziteleri az, özgül ağırlıkları fazla olmasına karşın püskürük taşlardan volkanik tüflerin poroziteleri fazla, özgül ağırlıkları azdır.

Kayaçların içindeki boşluklar 0,005-0,2 mm arasında olup "mikropor" veya 0,2-2 mm arasında olup "makropor" olarak adlandırılır. Büyük olan boşluklar kristal ya da tanelerin arasında, küçük olan boşluklar da kristal veya tanelerin içinde yer alırlar. Moos ve Quervain kayaçların porozite yüzdelerini şu şekilde sınıflandırmaktadır: (Tablo 1.3) (Erguvanlı, 1973: 56-57).

Tablo 1.3: Moos ve Quervain'nin kayaçların porozite yüzdelerini sınıflandırması.

% 1 Poroziteli	Çok kompakt
% 1 – 2,5 Poroziteli	Az boşluklu
% 2,5 – 5 Poroziteli	Orta boşluklu
% 5 – 10 Poroziteli	Oldukça boşluklu
% 10 – 20 Poroziteli	Çok boşluklu
% 20 Poroziteli	Çok fazla boşluklu

Kaynak: Erguvanlı, 1973: 56.

1.1.3.5. Doygunluk Derecesi (S)

Kayaçlarda bulunan boşlukların içindeki suyun hacminin (V_w), boşlukların hacmine oranıdır (V_v). 'S' ile gösterilip % olarak ifade edilmektedir (Erguvanlı, 1973: 59).

$$S = V_w / V_v \text{ X } 100$$

1.1.3.6. Su Emme

Kayaçlar suya batırıldıklarında, belli bir süre içerisinde poroziteleri oranında boşluk kısımları su ile dolmaktadır. Kayaçların boşluklarında tekrarlanan su emme ve boşalma işlemi taşlarda çatlaklar ve deformasyonlara sebep olmaktadır. Taşlarda gözlemlenen su emme işlemi şu şekilde hesaplanmaktadır (Erguvanlı, 1973: 59-60):

- Taş numunesi 24 saat 105 °C'lik fırında kurutulur ve tartılır. Kuru ağırlık ($W_k = P_1$) bulunur.
- Numuneye 24 ya da 48 saat su emdirilir ve tartılır ($W_t = P_2$).
- Ağırlık yüzdesi olarak su hesaplanır, ağırlıkça su emme (S_s) aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir;

$$S_s = P_2 – P_1 / P_1 \text{ X } 100$$

1.1.3.7. Geçirimlilik (Permeabilite) (K)

Kayaçların su geçirme özelliğidir. 'K' ile gösterilip, m^3/sn olarak ifade edilmektedir. Kum taşı, kireç taşı, delikli ve çatlak kayaçlar su geçiriminin fazla olduğu kayaçlardır. Granit ve mermer gibi sert ve sıkı yapılı olan kayaçlar geçirimi çok azdır veya yoktur (Sür, vd., 2009: 102).

1.1.3.8. Tane Boyutları

Kaya, blok, iri çakıl, çakıl, kum, silt ve kil, tane boyutları ve çapları dikkate alınarak ayırt edilip, malzemeler sınıflandırılmaktadır. Blok, iri çakıl ve çakıl gibi büyük çaplı olanlar ölçülerek; kum, silt ve kil gibi küçük çaplı olanlar ise elek analizleriyle sınıflandırılmaktadır (Erguvanlı, 1973: 62-64).

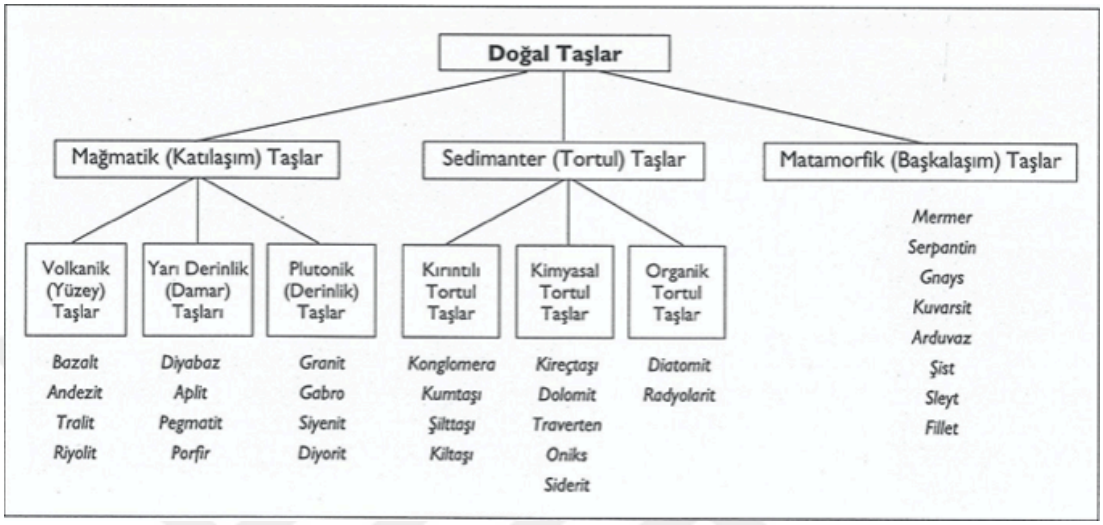
1. 1. 4. Taşların Teknolojik Özellikleri

Kayaçların fiziksel, kimyasal ve jeolojik özellikleri teknolojik özelliklerini belirlemektedir. Örneğin taşların inşa faaliyetleri, endüstride kullanımı ve koruma-onarım çalışmaları gibi çeşitli alanlarda kullanılması, taşların kesilebilme, kırılabilme, işlenebilme ve parlatılabilme gibi teknolojik özelliklerine bağlı olabilmektedir.

1. 2. Doğal Taşın Sınıflandırılması

Kayaçlar oluşumları sırasındaki doğal ortamı yansıtan belgelerdir. Yer kabuğunun jeolojik gelişmesinin izleri çeşitli kayaçlar üzerine işlenmiştir. Bu sebeple kayaçlar 'yer tarihinin doğal belgeleri' niteliğini taşımaktadır (Ketin, 2016: 223). Yer kabuğunu meydana getiren kayaçlar oluşum şartlarına, kökenlerine ve yerkabuğundaki konumlarına göre sınıflandırılmaktadırlar. Kayaçlar oluşum kökenlerine göre magmatik kayaçlar (magmatitler), tortul kayaçlar (sedimentitler) ve metamorfik kayaçlar (metamorfitler) olarak üç gruba ayrılmaktadır (Şekil 1.1), (Erguvanlı, 1973; Dimes, 1998: 22-26).

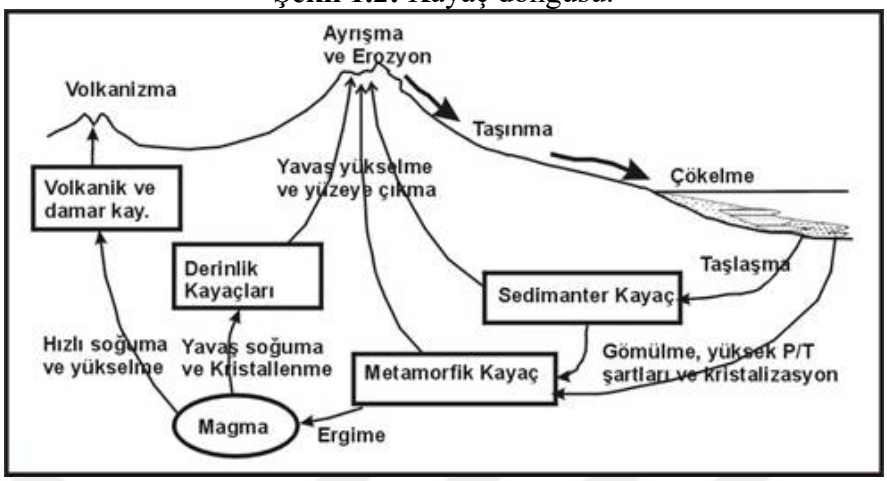
Şekil 1.1: Doğal taşların oluşumlarına göre çeşitleri.



Kaynak: Dal, 2011.

Metamorfik ve tortul kayaçların zaman içerisinde ufalanarak küçük parçalara dönüşmesi ve bu parçaların zamanla birleşmesiyle biriken parçacıklar tortul kayaçları oluşmaktadır. Tortul ve püskürük kayaçların sıcaklık ve basınç etkisiyle farklı özellikler kazanması başkalaşım kayaçlarını meydana getirmektedir. Başkalaşım ve tortul kayaçlar magmaya inerek burada eriyip tekrar yeryüzüne çıkarak püskürük kayaçlara dönüşebilmektedir. Birbirini takip ve tekrar eden bu süreç, kayaç döngüsü olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1.2.) (Lazzarini,1988: 1-45).

Şekil 1.2: Kayaç döngüsü.



Kaynak: Bozcu, Sedimantoloji Ders Notları.

1. 2. 1. Magmatik (Katılaşım) Kayaçlar

Katı yerkabuğunun altında belli derinliklerde çok sıcak ve ergimiş halde bulunan kayaç malzemelerine magma denir. Magmanın yer kabuğunun derinliklerinde veya yeryüzünde soğuyarak katı bir hal alması magmatik kökenli kayaçları oluşturmaktadır (Ketin, 2016: 224).

Magmanın bulunduğu derinliklerdeki sıcaklığın ve gazların artması, yer kabuğunun hareketlenmeleriyle çatlaklar ve zayıflıklar oluşturmaktadır. Magma, basıncın da artması ile çatlaklar kanalı ile derinlerden yeryüzüne doğru yükselme eğilimindedir. Yeryüzüne doğru harekete geçen eriyik durumdaki magma, 5 km'den daha büyük derinliklerde tıkanır ve soğuyarak taşlaşırsa granit, gabro ve siyenit gibi "plutonik veya derinlik kayacı" oluşturur. Yeryüzüne yakın derinliklerde oluşursa porfir veya porfirit gibi kayaçları oluşturur. Bunlar "subvolkanik veya yarı derinlik kayacı" olarak adlandırılmaktadır. Son olarak da magmanın yeryüzüne çıkarak oluşturduğu andezit, riyolit ve bazalt gibi kayaçlar "volkanik kayaç veya yüzey kayacı" olarak adlandırılmaktadır (Tatar, 2016: 146).

1. 2. 2. Tortul (Sedimanter) Kayaçlar

Tortullar, suda eriyik halde bulunan inorganik maddelerin yeryüzünde fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollarla denizlerde, göllerde ve akarsu yataklarında birikmesi ile oluşmaktadır. Tortul kayaçlar kökenlerine ve oluşum ortamlarına göre kırıntılı (klastik) tortul kayaçlar, organik tortul kayaçlar ve kimyasal tortul kayaçlar olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Aşınma ve ayrışma ile kayaçlardan kopan parçalardan taşınarak belli bir yerde birikmesi sonucu meydana gelen kayaçlar, kırıntılı (klastik) tortul kayaçlar meydana gelmektedir. Tane boyutlarına göre kaba taneliler, ince taneliler ve çok ince taneliler olarak sınıflandırılırlar. Doygun eriyiklerin kimyasal olaylar sonucu çökelmesi ve tuzlu suların buharlaşması ile oluşan kayaçlar kimyasal tortul kayaçlardır. Kireç taşları, çörtler ve evaporitler kimyasal tortul kayaçları oluşturmaktadır. Canlı organizmaların, özellikle radiolarialar, foraminiferler, mercanlar ve alglerin, iskelet, kabuk veya diğer parçalarının bir araya gelmesi sonucu organik tortul kayaçlar meydana gelmektedir. Kimyasal bileşimlerine göre karbonatlı, silisli ve karbonlu olarak ayrılmaktadırlar. Organik kayaçlara kireç taşları, diatomitler, radiolitler, linyit ve taş kömürü örnek olarak verilebilir (Ketin, 2016: 232-250).

1. 2. 3. Metamorfik (Başkalaşım) Kayaçlar

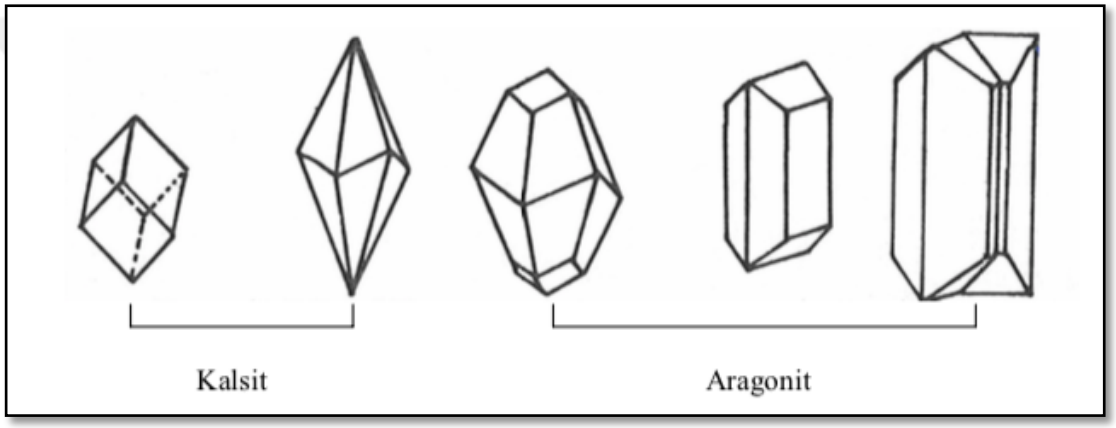
Magmatik ve tortul kayaçların yüksek sıcaklık ve basınç altında kalması ile yapı, doku ve mineralojik bileşimleri bakımından başkalaşım geçirmeleri sonucunda meydana gelen kayaçlara metamorfik (başkalaşım) kayaçları denir. Her metamorfizmada mineralojik, dokusal ve kimyasal başkalaşımın hepsinin meydana gelmesi zorunlu değildir. Başkalaşım sadece dokusal olursa bazı mermer türleri; mineralojik ve dokusal olursa mikaşistler; mineralojik, dokusal ve kimyasal olursa kontak felsler şeklinde başkalaşım meydana gelir (Tatar, 2016: 149).

1. 3. Çalışma Alanını Oluşturan Kireç Taşının Özellikleri

1. 3. 1. Tanımı, Oluşumu ve Özellikleri

Minerolojik bileşimleri $CaCO_3$ (kalsiyum karbonat) olan, kalsit ve aragonit kristallerinin şekilsiz türlerine kalker denir (Şekil 1.3). Kireç taşı olarak tanımlanan kalker kelimesi Fransızca *"calcaire*" kelimesinden dilimize geçmiş olup İngilizce "*limestone*" olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 1.3: Kalsit ve aragonit kristalleri.



Kaynakça: Yıldırım, 2007: 5.

Kireç taşları köken bakımından tortul taş sınıfına girmektedir. Kireç taşının yoğunluğu ortalama 2,3 g/cm^3 ve sertliği Mohs sertlik cetvelinde 2-3 aralığına denk gelmektedir. Kimyasal bileşimlerinde en az %90 $CaCO_3$ (kalsiyum karbonat) olan kayaçlara kalker ya da kireçtaşı denilmektedir. Mineralojik bileşimlerinde en az %90 kalsit minerali bulunan kayaçlara da kalker adı verilmektedir. Saf oldukları zaman bileşimlerinde %56 CaO (kalsiyum oksit), %44 CO_2 (karbondioksit) bulunur. İçeriğinde sıklıkla magnezyum, manganez, demir, kil ve bitüm bulunmaktadır. Örneğin kalker taşının içerisinde %10'dan fazla $MgCO_3$ (magnezyum karbonat) var ise dolomitik kalker, bu miktar %45 olursa taş, dolomit olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1.4), (Erguvanlı ve Sayar, 1955: 14; Yıldırım, 2007: 6). Kireç taşlarını diğer taşlardan ayıran en önemli özellik asite karşı verdiği tepkidir. HCI (hidroklorik asit) ile tepkimeye girdiğinde, köpürerek çözünür ve CO_2 açığa çıkar.

$$CaCO_3 + 2HCI \rightarrow CaCI_2 + H_2O + CO_2$$

Şekil 1.4: Kireç taşının genel özellikleri.

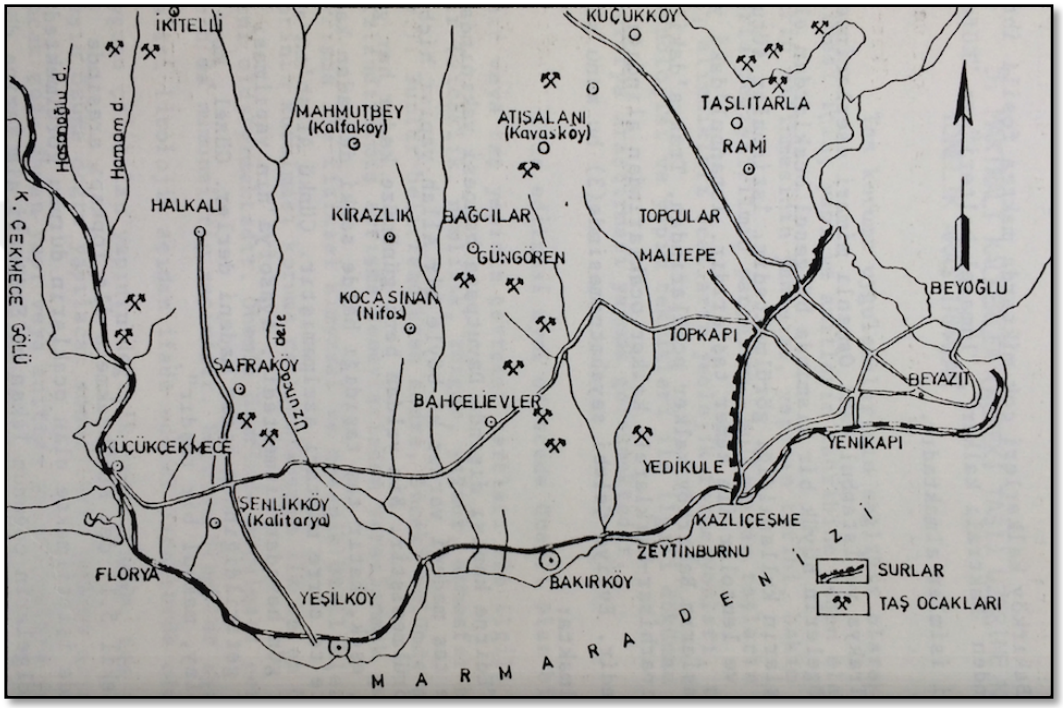
Kireç Taşının Genel Özellikleri		
Tanım	Bol fosilli, boşluklu, kripto-kristalli kireç taşı	
Fiziksel Özellikler	Birim hacim ağırlık (gr/cm^3)	2.19
	Porozite	%12.60
	Su emme (ağırlıkça)	%5.70
	Su emme (hacimce)	%11.08
	Kılcallık kat sayısı (cm^2/sn)	$4.93\ 10^{-6}$
	Donma çözülmede ortalama ağırlık kaybı	% 0.28
Mekanik Özellikler	Tek eksenli basınç dayanımı (kgf/cm^2)	f_1=332 kgf/cm^2 f_{30}=455kgf/cm^2
	Çekme dayanımı (kgf/cm^2)	f_{30}=36
	Elastise Modulü (kgf/cm^2)	E= 240000
	Yüzeysel sertlik okuması	$R_{(1)}$=47.7 $R_{(30)}$=50.1
	Ultra ses hızı (km/sn)	$V_{(1)}$=3.88 $V_{(30)}$=5.01

Kaynak: Arıoğlu ve Arıoğlu, 1999.

Kireç taşlarının sınıflandırılması, içerisinde bulunan maddelere, dokularına, renklerine ve görünüşlerine göre değişmektedir. Kireç taşlarının görünümü oluşumlarına ve renk verici demir, mangan ve organik katışıklar gibi maddeler içermelerine göre değişiklikler göstermektedir. Oluşan kireç taşlarının çoğu organik, kırıntılı ve kimyasal maddeler içermektedir. Organik tortul kayaç sınıfına giren kireç taşları, İstanbul'un batısındaki Bakırköy, Davutpaşa, Sefaköy ve Haznedar dolaylarındaki taş ocaklarından çıkarıldığı için (Şekil 1.5) Bakırköy kalkeri; oluşumu esnasında yapısında deniz kabukluları bulundurduğu için Maktralı kalker ve Lümeşalli kalker; gözenekli, yumuşak ve kolay işlenebilir yapısından dolayı da küfeki olarak farklı adlandırmalarla bilinmektedir. Bakırköy formasyonuna ait taşlar,

yoğun olarak marn ve kil katkılıdır. Beyaz ve sarımsı renkli olup çok miktarda mactra fosilli, gözenekli ve yer yer de tebeşirimsi niteliktedirler (Tufan, 2007: 20; Yıldırım, 2007: 7-10; Angı, vd., 2017).

Şekil 1.5: Bakırköy ve civarında çıkarılan taş ocakları.

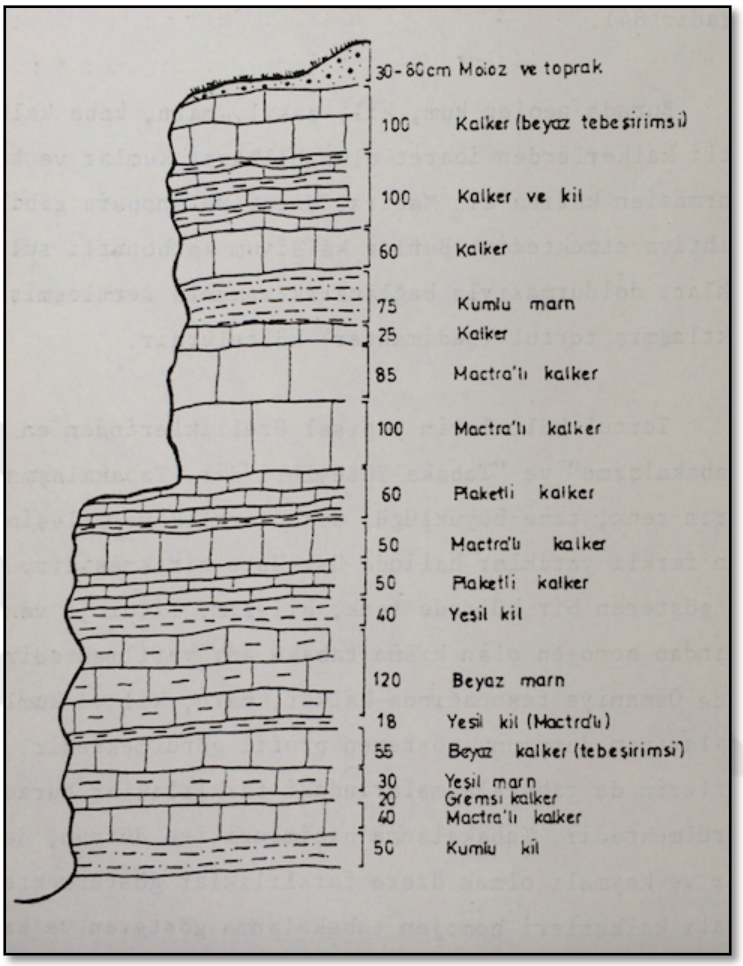


Kaynak: Erguvanlı ve Sayar, 1955: 17.

1. 3. 2. Kullanım Alanları ve Tercih Nedenleri

İstanbul'un merkezinden batısına, Küçükçekmece'ye doğru uzanan Neojen (Sarmsien) formasyonu arasından çıkarılan kireç taşlarının ocaktaki farklı tabakalaşma durumları taşların yapısındaki homojenliği etkilemektedir (Şekil 1.6). Dolayısıyla ocaktaki taşların tabaka kalınlıklarının değişmesi bazı yerlerde çok fosilli, boşluklu, süngerimsi, çatlaklı, deformasyona uğramış ve hatta ayrışmış olma durumunu etkilemektedir. Yapı malzemesi ve restorasyon uygulamalarında kullanılacak taşların seçiminde taşların ocaktaki durumu göz önünde bulundurulmaktadır.

Şekil 1.6: Taş ocağındaki tabakalaşma kesiti.



Kaynak: Erguvanlı ve Sayar, 1955: 18.

Kireç taşları, geleneksel kargir yapılarda kesme taş ya da moloz taş olarak kullanılmaktadır. Tarihi kargir yapılarda sıklıkla kullanılan kireç taşları, yoğun, som, gevşek, boşluklu, sert ve yarı sert olarak tanımlanmaktadır.

Roma, Bizans, Osmanlı ve Cumhuriyet dönemlerinde İstanbul'un anıtsal yapılarında yaygın olarak kullanılan kireç taşının tercih edilmesinin birçok sebebi bulunmaktadır. İnşa edilecek kargir yapılar için taşın ocaktan kolay elde edilebilir olması ve nakliyesi hem maliyet hem de zaman açısından tasarruf sağlamaktadır. İstanbul'da inşa edilmiş anıtsal kargir yapıların malzeme temininde taş ocağı ile inşa alanının yakın olması kireç taşının tercih edilmesinde önemli bir etkendir. Kireç taşı

yumuşak ve hafif bir malzeme olması bakımından ocaktan çıkarıldıktan sonra kolayca işlenmeye imkan vermektedir (Kumral, vd., 2019: 285).

Kireç taşı ocaktan çıktıktan sonra, hafif ve yumuşak, kolay kesilip işlenebilir, dayanımı düşük olma özelliklerine sahiptir. Yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlamasıyla, çekme basınç dayanımları ve elastisitesi artarken, permeabilitesi (geçirimlilik) azalarak bu özellikleri değişmektedir. Bunun sonucu olarak nem almayan ya da az alan bir özelliğe kavuşmaktadır (Arıoğlu ve Arıoğlu, 1999: 6). Ayrıca kireç taşları, atmosferde bulunan CO_2'i bünyesine alarak ikinci bir hidratasyonla sertliğini artırıp mekanik dayanımını yükseltmektedir (Kumral, vd., 2019: 279).

Özellikle İstanbul Tarihi Yarımada'da inşa edilen anıtlarda kullanılan ana yapı malzemesi kireç taşıdır. Bunlardan Ayasofya ve Kariye Müzeleri, Valens (Bozdoğan) Su Kemeri, İstanbul şehir surları, Süleymaniye, Şehzadebaşı ve Sultan Ahmet Cami ve İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi yapılarının inşasında kullanılan ana malzeme, İstanbul ve çevresinden çıkarılan kireç taşlarından oluşmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM
DOĞAL TAŞLARIN BOZULMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER VE DOĞAL TAŞLARDA BOZULMA TÜRLERİ

Doğada bulunan taşlar sıcaklık, yağış ve rüzgâr gibi iklimsel etmenler, atmosferde bulunan kirleticiler ve canlı organizmalardan etkilenmektedir. Ayrıca taşın kendi yapısında bulunan veya sonradan bünyesine aldığı tuzlar etkisiyle zaman içerisinde fiziksel, kimyasal ve fiziko-kimyasal değişimlere uğramaktadır. Taşlarda gözlemlenen bu değişimler bozulma veya ayrışma olarak tanımlanmaktadır.

Taşların bozulma nedenleri oluşumlarına göre gruplandırılır. Bu bozulmalar fiziksel, yapısal ve mineralojik özellikleri bakımından taşın oluşumundan kaynaklanmaktadır. Atmosferik kirleticiler, su, nem, ısı değişimleri, tuzlar, güneş, rüzgâr, doğal felaketler ve beşerî faktörler gibi çevresel etkenlerdir. Bakteri, mantar, alg, liken, yosun, odunsu bitkiler, hayvanlar gibi biyolojik ve mikrobiyolojik etkenler de taşların bozulma durumuna etki eden faktörleri oluşturmaktadır (Rives ve Garcia-Talegon: 2006). Doğal taşlardaki bozulmaların miktarı, hızı ve niteliği taşın yapısının yanı sıra ortam koşullarına göre de değişkenlik göstermektedir.

2.1. Taşın Yapısından Kaynaklanan Bozulmalar

2.1.1. Taşın Yapısal Özellikleri

Doğal taşların mekanik dayanımı kristal yapısına bağlıdır. Taşları oluşturan kristallerin büyüklüğü arttıkça birbirine kenetlenmesi azalmaktadır. İri kristalli doğal yapı taşlarında ayrışma kolay gerçekleşmektedir. Bu durum sedimanter kayaçlarda agrega büyüklüğüne bağlıdır. Dolayısıyla yapısal olarak ince kristalli, sıkı yapılı kayaçlarda bozulma daha yavaş, iri kristal yapılı olan doğal yapı taşlarında ise bozulma süreçleri daha hızlı gerçekleşmektedir (Tintin, 2012: 38).

Doğal taşları oluşturan kristalli yapıların bağlayıcısı olan maddeler de taşların ayrışmasına etki etmektedir. Doğal çimento niteliğindeki bağlayıcı maddeler taştaki tanelerin arasını doldurarak kayaçların sağlamlığını artırmaktadır. Bağlayıcı

maddeler türlerine göre çeşitlilik göstermektedir. Örneğin; kil ve kalker kökenli çimentoların bağlayıcı özellikleri zayıf, silisyum dioksitli çimentoların bağlayıcı özellikleri fazladır (Küçükkaya, 2014: 53-54).

2.1.2. Taşın Fiziksel Özellikleri

Doğal taşların porozite (boşluk oranı), geçirimliliği, tane boyutları, doğal su ve tuz içeriği, birim hacim ağırlığı, doygunluk derecesi ve özgül ağırlıkları gibi fiziksel nitelikleri taşın dış etkenler karşısında davranışını belirlemektedir.

Doğal yapı taşları genelde 2,4-2,8 g/cm^3 arasında yoğunluğa sahiptir. Bu yoğunluk oranlarının üstünde ve altındaki değerler taşların bozulmasına etki etmektedir. Taşların oluşum sırasında ve sonrasında iç ve dış etkilerden kaynaklı oluşan boşluklar ve çatlaklar gözenekliliğini oluşturmaktadır. Taşların bünyesindeki boşlukların hacminin, tüm hacmine oranı porozite (boşluk oranı) olarak tanımlanmaktadır. Boşluk oranı tüm taş çeşitlerinde görülmektedir ve boşluk oranı taşların bozulma sürecini etkilemektedir. Doğal taşların boşluk oranı arttıkça mukavemetinde azalma, su, nem ve buhar geçirimliliğinde, ısı tutuculuğunda artma gözlemlenmektedir. Dolayısıyla çok boşluklu taşların bünyesine giren su donduğu zaman genleşme ile taşlarda çatlama veya patlamalara yol açarak deformasyona sebep olmaktadır (Öcal ve Dal, 2012: 43-44).

Doğal yapı taşlarında gözeneklilik ve buna bağlı su emme oranları ile taşlarda oluşan bozulma oranları arasında ilişki bulunmaktadır. Boşluk oranı fazla olan taşların geçirimliliğinin de fazla olma durumu söz konusudur. Bu durumda yapı taşı olarak seçilecek taşın, geçirimliliğinin düşük olması, yapının bozulma sürecini uzatması açısından bir avantaj olurken; koruma onarım çalışmalarında hazırlanan solüsyonların uygulanması açısından dezavantaj oluşturabilmektedir.

2.1.3. Taşın Mineralojik ve Kimyasal İçeriği

Taşlardaki kimyasal ayrışma miktarı, mineral bileşimlerinin yanı sıra çevresel faktörler ile yakından ilişkilidir. Minerallerin bir araya gelmesi ile oluşan kayaçların bozulmasına ısı, basınç, su ve nem gibi çeşitli faktörler etki etmektedir. Taşların dış etkenlere karşı gösterdikleri direnç, oluşumlarındaki kristalleşme dereceleri ve minerallerinin suya karşı gösterdikleri hassasiyete bağlıdır. Taşlardaki minerallerin ayrışma sıralaması ile kayaçların oluşum döngüsündeki kristalize olma sıralaması benzerlik göstermektedir (Tintin, 2012: 35). Magmatik, metamorfik ve tortul taşların oluşumlarındaki farklılıklar bozulma süreçlerinde de değişiklik göstermektedir. Magmatik ve metamorfik taşlarda gözlemlenen bozulmalar tortul taşlara göre daha yavaş gerçekleşmektedir.

Mineralojik yapısında kuvars (silisyum dioksit) bulunan kayaçların bozulma oranı çok düşüktür. En zor çözünen ve nispeten stabil bir mineral olan kuvars başlangıçta köşeli olup zamanla aşınarak deformasyona uğramaktadır. Buna bağlı olarak granit, bazalt, andezit, gabro ve diyorit gibi magmatik kökenli kayaçların bozulmaya karşı direnci çok fazladır. Feldspatlar kuvarstan önce kristalize olduğu için dış etkenlere maruz kalan ve öncelikle ayrışan minerallerdir. Ortaklas, feldspat grubu silikat minerallerindendir. Su ve karbondioksit bu minerallerin ayrışmasına etki eden iki önemli unsurdur. Karbondioksit su ile çözündüğünde zayıf bir asit olan karbonik asit (H_2CO_3) ortaya çıkar. Ortoklas, karbonik asitle temas ettiğinde silisyum dioksit ve potasyum karbonat oluşmaktadır (Özgünler-Acun, 2007: 16).

$$2K(AlSi_3O_8)+H_2CO_3+H_2O \longrightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4+K_2CO_3(Tuz)+4SiO_2$$

Bu reaksiyon sonucunda sudaki hidrojen iyonları taşın kristal yapısını bozarak potasyum açığa çıkarır. Sudaki hidrojen iyonları alüminyum silikatlar ile birleşerek yeni kil minerallerini oluşturmaktadır. Ortaklas kristalinin çözülmesi ile suda çözünürlüğü fazla olan potasyum karbonat (K_2CO_3) ikinci ürünü, silisyum dioksit (SiO_2) ise üçüncü ürünü oluşturur. Plajioklasların ayrışması ortoklaslarla benzerlik göstermektedir. Plajioklasların ayrışmasında potasyum karbonat yerine, sodyum ve kalsiyum karbonatlar (kalsit) meydana gelmektedir. Kalsiyum ile sodyum

karbonatlar suda pek fazla çözünmeyip bikarbonat halindeyken çözünürler ve suda birikirler. Demir-magnezyumlu minerallerin ayrışmasında suda çözünen tuzlar ve feldspatların ayrışmasında ortaya çıkan ürünler meydana gelmektedir. Demir ya oluşan kil mineralleri ile birleşmektedir ya da demir karbonat gibi başka ürünlerin meydana gelmesine sebep olmaktadır. Ayrıca genel olarak oksijenle tepkimeye girerek demir oksitlerden hematiti oluşturmaktadır. Ayrışmadan kaynaklanan demir-magnezyumlu minerallerin bir kısmı karbonat haline geçtikten sonra çözünerek su kaynakları ile sürüklenerek birikmektedir, bazıları ise yeni oluşan kil mineralleri ile birleşmektedir (Özgünler-Acun, 2007: 16-17; Winkler, 1975: 137-145).

Kimyasal yapılarında kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bulunan tarihi taş yapılar kolaylıkla asitlerle tepkimeye girmektedir. Atmosferde bulunan karbon dioksit (CO_2) ve özellikle hava kirliliğinin çok olduğu bölgelerde bulunan kükürt dioksitin (SO_2) su ile tepkimeye girmesi sonucunda sülfürik asit (H_2SO_4), sülfüröz asit (H_2SO_3) ve karbonik asit (H_2CO_3) meydana gelmektedir. Karbonik asitin, kireç taşı ($CaCO_3$) ile tepkimesi sonucu karbondioksit vererek oluşturduğu kalsiyum bikarbonat $Ca(HCO_3)_2$ taş yüzeyine ve boşluklarına çökerek kalker kabuk oluşturmaktadır. Aynı tepkime taşın çatlak ve gözeneklerinde gerçekleşir. Taşın bu boşlukları düzgün kristalleşmiş, ikinci kalsit kristalleri olarak bilinen kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) oluşumları ile dolar. Kalsiyum karbonatın kükürt dioksit ile tepkimesi sonucunda alçıtaşı ($CaSO_42H_2O$) kabuk oluşumu görülmektedir (Winkler, 1975: 137-145). Taşların bünyesinde bulunan kalsiyum klorür ($CaCl_2$), sodyum klorür (NaCl), potasyum klorür (KCl) gibi suda kolaylıkla çözünebilen tuzlar taşlarda boşluklar meydana getirmektedir. Kalsiyum sülfat ($CaSO_4$) ise su ile reaksiyona girdiğinde şişerek taşlarda oluşan boşlukların çeperlerine basınç yapar. Bu basınç önce kılcal çatlaklara sonrasında ise çatlakların taşlarda parçalar halinde kopmalarına sebep oluşturmaktadır (Eriç, 2002; Küçükkaya, 2014: 55).

2.2. Çevresel Faktörlerden Kaynaklanan Bozulmalar

Kargir yapıların bozulmasına hava-çevre kirliliği, su-nem kaynakları, tuzların etkileri, ısı faktörleri, güneş ve rüzgâr etkisi, doğal felaketler ve beşeri nedenler gibi çevresel faktörler direk ya da dolaylı olarak etki etmektedir. Bu faktörlerin tümü tek başına ya da birbirleriyle ilişkili bir şekilde doğal yapı taşlarının bozulmasına sebep olmaktadır.

2.2.1. Atmosferik Koşullara Bağlı Fiziksel ve Fiziko-Kimyasal Bozulma Faktörleri

Yeryüzünün şekillenmesinde önemli etkiye sahip atmosferik koşullara bağlı matematiksel konumu, yer şekilleri, deniz ve karasallık etkisi, rüzgârların esme yönleri, basınç merkezleri gibi iklimsel etmenler doğal yapı taşlarında ayrışma, aşınma, ufalanma, parça kayıplarının oluşmasında aktif rol oynamaktadır.

2.2.1.1. Hava ve Çevre Kirliliği

Atmosferik kirlenme, havanın normal bileşiminde bulunmayan bulunsa da atmosfer içindeki yüzde miktarları (Tablo 2.1, 2.2) değişerek kirletici halini alan katı, sıvı, gaz haldeki maddelerin atmosfere katılmasıyla hava ve çevre kirliliğini oluşturmaktadır (Sungur ve Gönençgil, 1997: 338). Atmosferik kirlenme, havadaki katı, sıvı ve gaz halde bulunan yabancı maddelerin canlı hayatına, taşınır-taşınmaz kültür varlıklarına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, süre ve yoğunlukta havada (atmosferde) kalmasıdır (Şahin, 1989).

Tablo 2.1: Havanın (atmosferin) normal bileşiminde bulunan maddeler.

Gaz	Miktarı (Hacimsel) %
N_2 (Azot)	78.090
0_2 (0ksijen)	20.950
A (Argon)	0.930
CO_2 (Karbondioksit)	0.030
Ne (Neon)	0.018
He (Helyum)	0.00052
CH_4 (Metan)	0.00022
Kr (Kripton)	0.00010
N_2O (Diazot oksit)	0.00010
H_2 (Hidrojen)	0.0005
X_2 (Ksenon)	0.000008
Su Buharı	Değişen Miktar

Kaynak: Sungur ve Gönençgil, 1997: 339.

Tablo 2.2: Kirli atmosfer ile temiz atmosfer durumunun karşılaştırılması.

Kirletici Madde	Temiz hava Değeri (ppm) (min)	Kirli Hava Değeri (ppm)	Oran
CO_2 (Karbondioksit)	318	400	1.3
CO (Karbonmonoksit)	0.1	40-70	400-700
SO_2 (Kükürtdioksit)	0.0002	0.2	1000
CH_4 (Metan)	1.5	2.5	1.7
NO_x (Nitrojenoksitler)	0.001	0.2	200
NH_3 (Amonyak)	0.002	0.01	5

Kaynak: İncecik, 1994: 13.

18. ve 19. yüzyıllarda endüstri devrimiyle birlikte çevre ve hava kirliliğini büyük oranda artmasına neden olacak faaliyetler başlamıştır. Isınma ve enerji ihtiyacının petrol ve kömür gibi fosil yakıtlardan temin edilmesi, çıkan gazların bir önlem alınmadan atmosfere bırakılması, fabrika, nüfus ve buna bağlı olarak taşıt miktarlarının artması ile birlikte hava kirliliğinin olumsuz etkileri daha da artış göstermektedir. Sıcaklık, basınç, nem, rüzgâr hızı ve yönü, yağış, bulutluluk gibi meteorolojik olaylar ve topografik özellikler, hava kirliliğinin süresi ve şiddetini

etkilemektedir. Sanayileşme, nüfus yoğunluğu ve çarpık kentleşme gibi beşeri faktörler hava ve çevre kirliliğinin oluşumunda önemli etkenlerdir (Çukur ve Aygören, 2018: 595-597; İncecik ve İm, 2013: 133-145; Kırımhan, 2006).

Hava kirliliğinin tarihi taş binalar üzerine olumsuz etkilerinin ilk çalışmaları Londra'da 1863 yılında gerçekleştirilmiştir (Benedetti, vd., 2008). Hava kirliliğinin doğal yapı taşlarına doğrudan etkisi üzerine 1970'lerin ortasından 1990'lı yılların başına kadar yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir (Doehne ve Price, 2010: 10-14). 21. yüzyılda da hava kirliliği önemli çevre kirliliği problemlerinden biri olmayı sürdürmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de artan hava kirliliği kültür varlıklarımızın hızlı bir şekilde bozulmasına sebep olmaktadır. Taşınır-taşınmaz kültür varlıkları atmosferik kirliğinin etkilerinden önemli derecede zarar görmektedir (Gökaltun, 2004; Tecer 2005).

2.2.1.1.1. Kükürtdioksit Etkisi

Kömür, petrol, doğalgaz gibi biyojenik ve fosil yakıtların yanmaları ve volkanik aktiviteler havadaki kükürdün (% 0,5-6) ana kaynağını oluşturmaktadır. Havadaki en önemli kirleticilerden olan SO_x (kükürtoksitler) havada kükürtdioksit, kükürttrioksit ve bu oksitlerin asitleri ve sülfit, sülfat tuzları gibi inorganik kükürt bileşikleri ile kükürtlü organik bileşikler şeklinde bulunmaktadırlar (Gökaltun, 1997: 11).

SO_2'nin (kükürdioksit) doğal taş yapı malzemeleri üzerindeki birikimi iki farklı yolla oluşmaktadır. Bunlardan ilki kuru çökelme olarak tanımlanmaktadır. Kuru çökelme, SO_2'nin yağmur veya kar yağışının olmadığı ortamlarda, rüzgar ve türbülans etkileri ile atmosferden, taş yüzeyine gaz şeklinde ulaşması ve yüzey üzerinde birikmesidir. Kuru çökelmenin meydana gelmesinde, yağışsız geçen sürenin etkisi, güneş ışığının parlaklığı, rüzgar hızı, çiy, sis ve bağıl nemlilik gibi atmosferik faktörler, atmosferik kirletici konsantrasyonunun niteliği ve miktarı, doğal yapı taşının karakteristik özellikleri önem oluşturmaktadır. İkinci faktör ise ıslak çökelme olarak tanımlanan gaz halindeki kirleticilerin bağıl nem, yağmur, sis veya bulutların içindeki su damlacıkları ile birleşip çözülmesini içeren bir kimyasal reaksiyon şeklinde gerçekleşmektedir (Bede, 2000: 303-311; Gökaltun, 2004).

Kuru ve yaş birikim ile malzeme yüzeyine ulaşan SO_2 (kükürdioksit) bir dizi reaksiyonla taşın kimyasal bileşimine etki ederek bozulmasına neden olmaktadır. Aşağıda gerçekleşen reaksiyonlar sonucu oluşan sülfirik asit (H_2SO_4) ana bileşenleri kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) olan kalsiyum karbonatlı kayaçların ayrışmalarına neden olabilecek etkili bir asit olup taşlarda bozulma reaksiyonları şu şekildedir (Torraca, 2005: 40-41; Winkler, 1997: 124-127):

- **$SO_2(g) + ½O_2 \rightarrow SO_3(g)$** (Kükürttrioksit nem çekme özelliği gösterir)

- **$SO_2+H_2O. \rightarrow H_2SO_3$** (Sülfüroz)

- **$H_2SO_3 + ½O_2 \rightarrow H_2SO_4$** (sülfürikasit taşlarda bozunma gerçekleştirir) Sülfüroz bir mol daha havadan oksijen alarak, sülfürikasite dönüşmektedir.

- **$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2$** (Yüzeyde kabuklanma)

$CaSO_4$ (kalsiyum sülfat) bünyesine su alarak $CaSO_4.2H_2O$ (jips/alçı taşı) oluşturmaktadır. Bu reaksiyon gerçekleşirken hacim artışı meydana gelmektedir;

1 hacim $CaCO_3$ (kalsiyum karbonat), 1,33 hacim $CaSO_4$ (kalsiyum sülfat)'a bu reaksiyonda, 2,15 hacim $CaSO_4.2H_2O$ (jips/alçı taşı)'nı oluşturmaktadır. $MgCO_3$ (magnezyum karbonat) olduğu zaman $MgSO_4.7H_2O$ (magnezyum sülfat heptahidrat) oluşturarak 5,3 kat hacim artışı meydana gelmektedir. Gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan sülfatlar taş yapılarda hacim artışına bağlı kabarma, ufalanma, çatlama gibi deformasyonların yanı sıra taş yüzeylerinde sert ve geçirimsiz bir kabuk (alçı taşı) oluşmasına neden olmaktadırlar. Alçı taşının suda çözünmesi kalsit kristallerine göre daha fazla olduğu için taş yapıların yağmur sularına açık bölgelerinde erozyon şeklinde gerçekleşen deformasyonlar gözlemlenmektedir. Yağmur sularına kapalı bölgelerde ise taş yüzeylerinde oluşan kabuklanmanın kalınlığı artarak bir süre sonra parça kopmalarına sebep olmaktadır. Düşük porozite oranına sahip, dayanımı yüksek kireç taşlarında SO_x (kükürt oksit) kaynaklı gözlemlenen bozulma etkileri daha az ve yavaş gerçekleşmektedir (Moroni ve Pli, 2000: 367-374; Böke, 1999: 131-139).

2.2.1.1.2. Karbondioksit Etkisi

Karbon (C), oksijen (O_2) ile tepkimeye girerek karbondioksiti (CO_2) ve az miktarda karbonmonoksiti (CO) açığa çıkararak, kokusuz ve renksiz karbonoksit (CO_x) gazlarını oluşturur (Winkler, 1997: 121-122; Gökaltun, 1997: 12).

Doğal taş yapılara zemin sularından ya da atmosferden gelen CO_2 hidrojenle birleşerek **$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$** taşlarda H_2CO_3 (karbonik asit) oluşturur.

Karbonik asit kalsit, sodyum, kaolinit, kalsiyum montmorillonite ve potasyum ile reaksiyona girmektedir. Karbonatlı kayaçların suda çözünmesi yavaş ve azdır fakat CO_2 sularda oldukça etkilidir. Bu bakımdan CO_2'li yağmurlar taş yapıların ayrışmasına sebep olmaktadırlar. Kalsit mineralleri ile gerçekleşen reaksiyonlar sonucu **$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$** taşlarda $Ca(HCO_3)_2$ (kalsiyum bikarbonat) meydana gelmektedir.

Tekrar eden reaksiyon yani suyun buharlaşması ve CO_2 nin uzaklaşması kalsitin yeniden oluşmasına sebep olmaktadır. Karbonik asitli sular kalkerli taşların yanı sıra feldspatları da ayrıştırarak kil minerallerine **$2KAlSi_3O_5 + CO_2 + 2H_2O \rightarrow K_2CO_3 + Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 4SiO_2$** dönüştürmektedir (Steiger, vd., 2014: 257; Torraca, 2005: 39; Fassina, 1988: 145-149).

2.2.1.1.3. Azot Oksit Etkisi

Atmosferde bulunan azotun oksitlenmesi NO (azot monoksit), NO_2 (azot dioksit), NO_3 (azot trioksit), N_2O (diazot monoksit), N_2O_3 (diazot trioksit), N_2O_4 (diazot tetraoksit) ve N_2O_5 (diazot pentaoksit) gibi çeşitli oksitlenme ürünleri oluşturmaktadır. Atmosfer kirliliği bakımından NO (azot monoksit) ve NO_2 (azot dioksit) en önemli oksitlenme ürünlerindendir.

NO (nitrik oksit) kokusuz, renksiz gaz olup yüksek sıcaklıkta yanma sonucunda ortaya çıkmaktadır. **$N_2+O \rightarrow NO+N$, $N+O_2 \rightarrow NO+N$** ve **$N_2+O_2 \rightarrow 2NO_2$** reaksiyonları sonucu azot monoksit oluşmaktadır.

Azot oksitin havadaki oksijenle tepkimeye girmesi **$2NO+O_2 \rightarrow 2NO_2$** azot dioksiti oluşturmaktadır.

Atmosferdeki su buharı ve sisin çok yoğun olduğu bölgelerde NO_2 (azot dioksit), hızlıca oksitlenerek **$NO_3 + NO_2 \rightarrow N_2O_5$** (diazot pentaoksit)'e sonrasında **$N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$** (nitrik asit)'e dönüşmektedir. Kimyasal tepkimelerle havada meydana gelen HNO_3 (nitrik asit) ve HNO_2 (nitroz) fotokimyasal yolla ayrışarak tekrar azot oksitleri oluşturmaktadır (Doğru, vd., 2016: 411; Massey, 1999).

Azot gazı ile su reaksiyona girdiğinde nitrik asiti meydana getirir. Atmosferde az miktarda nitrik asit bulunduğu bilinmektedir. Büyük şehir merkezlerinde NO_x 10-20 $\mu g/m^3$ oranında iken kırsal bölgelerde bu oran 1 $\mu g/m^3$ olarak kaydedilmiştir. Karbonatlı yapı taşları ile reaksiyona girebilecek azot türlerinden nitrik asit en etkili olanıdır. Nitrik asit yapı taşlarının sertliği, yoğunluğu, gibi niteliklerine göre etkide bulunmaktadır. Tortul taşlarda daha etkili iken magmatik, metamorfik kökenli yoğun ve sert kayaç türlerinde daha az etkilidir (Çorapçıoğlu, 1983: 41-42; Benedetti vd., 2008; Sikiotis ve Kirkitsos, 1994).

NO_x'in karbonatça zengin yapı taşlarına SO_2'ye görece daha az etki ettiği ileri sürülmektedir (Tecer, 2005: 234). Karbonatlı yapı taşlar üzerinde NO_x'in etkisinin yoğun görülmemesi, kalsiyum nitrat gibi bozulma ürünlerinin çözünebilirliğinin fazla olması nedeniyle taş yüzeylerinden yağmur, kar gibi iklimsel faktörlerin etkisi ile hızlı bir şekilde uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır (Jain ve Mishra, 1993; Öcal ve Dal, 2012: 66).

2.2.1.1.4. Klorür Etkisi

Karbonatlı taşların önemli çözücüsü olan klorürlerin kaynağı deniz, çöl ve endüstriyel faaliyetlerdir. Kömür, kâğıt ve klor içeren plastiklerin yanması ve hidroklorik asit üretimi yapan endüstriyel kaynaklardan açığa çıkan hidrojen klorid önemli hava kirleticilerindendir. Deniz tuzu partiküllerinin sülfirik asitle tepkimesi hidrojen klorid **$2NaCl + H_2SO_4 \rightarrow 2HCl+Na_2SO_4$** oluşturmaktadır. Bu reaksiyona

bağlı olarak, yapılarda gözlemlenen bozulmalarda tuzlanmadan kaynaklı oluşan "çiçeklenme" analiz edildiğinde thenardite/sodyum sülfat (Na_2SO_4) varlığı tespit edilmektedir (Tintin, 2012: 68; Zehnder ve Arnold, 1984).

Klorürler hidroklorik aside **$CaCO_3$+2HCI → CaCI+CO_2+H_2O** dönüşmektedirler. Bu reaksiyon karbonatlı taşların ayrışmasında önemli etkenlerdendir. Karbonatlı taş yapılarda klorun gerçekleştirdiği ayrışma ürünleri şu şekildedir;

Cl_2+H_2O → HCI+HCOI (hipokloröz asit) ve

$CaCO_3$+2HCI → $CaCI_2.6H_2O$+H_2CO_3

2.2.1.1.5. Asit Yağmurlarının Etkisi

Endüstri faaliyetlerinin artışı ile ortaya çıkan asit yağmurları, fabrika, otomobil gibi hava kirletici kaynaklardan yayılan sıvı ve gaz atıkların atmosferde yağışlarla reaksiyona girmesi sonucu oluşmaktadır. Atmosferde bulunan su buharları (SO_x) kükürtoksit, (C) karbon ve (N) azot gibi kirletici gazlarla tepkimeye girerek (H_2SO_4) sülfirik asit, (H_2CO_3) karbonik asit ve ($2HNO_3$) nitrik asit gibi asitlerin oluşumuna sebep olmaktadır (Gökaltun, 1997: 14).

Normal atmosfer koşullarında yağmur sularının pH'ı 5.6-7.0 arasındadır. Havadaki karbondioksit ve diğer kirleticiler ile tepkimeye girdiğinde pH'ı 7'nin altına düşebilmektedir. Bu değerlerin altındaki yağmur suları asidik özellik gösterip asit yağmurları ya da kar yağışı olarak gerçekleşmektedir. Asit yağmuruna etki eden kirleticiler arasında en fazla emisyon miktarına sahip olan CO_2 (karbondioksit) olup yağmur suyundaki asiditenin büyük bir kısmı karbonik asidin birinci iyonlaşmasından kaynaklanmaktadır. Yağmur suyunun asitleşmesinde Kükürt bileşiklerinin (SO_x) payı 2/3, azot bileşiklerinin (N) 1/3 oranındadır. Karbonatlı taşlarda asit yağmurları kimyasal ayrışmaya yol açmaktadır. Bu kimyasal reaksiyon karbonatlı taşlarda Ca (kalsiyum) kaybına neden olurken, SO_4 (sülfat) ve HCO_3 (bikarbonat) birikimi gerçekleştirmektedir. Asit yağmurları karbonatlı taşlarda Ca'yı (kalsiyum) yüksek oranda çözebilir ve yağmur suyundaki fazla HCO_3 (bikarbonat)

konsantrasyonu, karbonatlı taşlarda kalsit ayrışmasına neden olmaktadır (Livingston, 2016; Tecer, 2005).

Asit yağmurlarının doğal yapı taşlarına ayrışmasındaki etkisi; taşın fiziksel ve kimyasal niteliğine, yağış türü, miktarı, pH'ı, rüzgâr hızı ve yönü gibi meteorolojik değişkenlere bağlıdır (Winkler, 1997: 130-131). Bu değişkenlerin hepsi birbirleriyle etkileşimde olup yapı taşlarının ayrışmasında her zaman homojen bir nitelik göstermemektedirler.

2.2.1.1.6. Partiküllerin Etkisi

Partiküller atmosferde çok küçük katı parçacıklar ve saf su hariç sıvı damlacıkları olarak tanımlanmaktadır. Partikül maddelerin büyüklük ve yoğunlukları kirliliğe etki etmektedir. Partikül maddelerin taş yapılarda yol açtığı bozulmalar, etki ettiği taşın türüne, depozit oluşturma oranına ve partikül maddelerin içeriğine bağlıdır (Fassina, 1988: 149-151).

Toz, duman, is ve sis gibi kirleticiler başlıca partikül maddelerini oluşturmaktadır. Organik ve inorganik buharların yoğunlaşması ya da maddelerin yanması ile ortaya çıkan buğu şeklinde katı zerreli gri, siyah gibi koyu renkli gazlar dumanı oluştururken, kurum olarak da bilinen is, yanma sonucu oluşan siyah parçacıklardır. (Öcal ve Dal, 2012: 67). Sis ya da dumanlı sis, kömür, petrol ve fosil gibi yakıtların yanması sonucu oluşan kükürtoksitlerin, araç egzozlarından çıkan azotoksitlerin özellikle yaz aylarında durgun, rüzgârsız ve nemli meteorolojik hava koşullarında, havada bulunan partiküllerle reaksiyona girmesi ile oluşmaktadır (Gökaltun, 1997: 16-18). Katı maddelerin ayrışmaları sonucu meydana gelen parçacıklar da tozları oluşturmaktadır. Partiküller, karbonat kökenli taşlarda, alçı taşı oluşum sürecine etki eden kirleticilerin oksidasyonunda katalizör olarak süreci hızlandırmaktadır. (Fassina, 1988: 149-151)

2.2.1.2. Su ve Nem Faktörleri

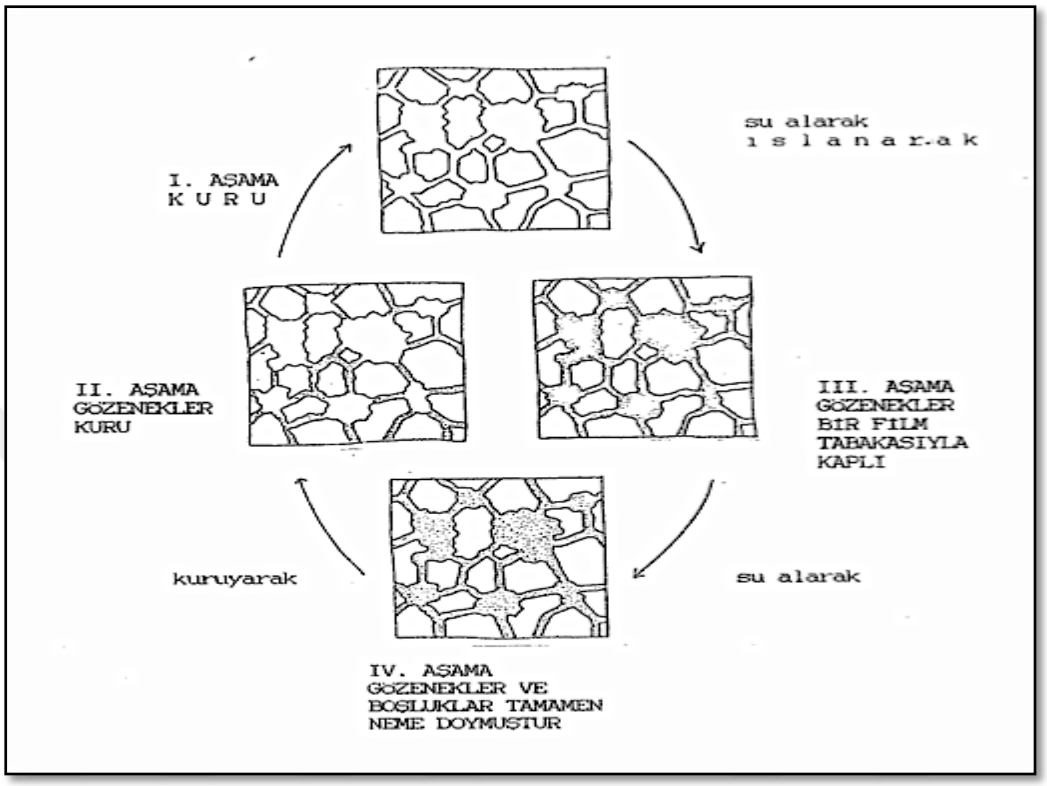
Tarihi taş yapıların fiziksel ve kimyasal ayrışmasında etkin rol oynayan su ve nem kaynaklarının çeşitli türleri farklı yollarla taş yapılar üzerinde hareket halindedirler.

2.2.1.2.1. Su

Yapıları meydana getiren malzemelerin çoğu sudan etkilenmektedir. Boşluklu ve gözenekli tarihi taş yapıların suyla doğrudan ya da dolaylı olarak temasta bulunması, taş yapıların ayrışmasında önemli rol oynamaktadır.

Yapıların genellikle temel kısımları gibi zeminle ilişkili bölümlerinde ve yapıyı oluşturan ana bölümlerde taş malzemeler kullanılmaktadır. Gözenekli taşlar yapısından dolayı kaynağı zeminden ya da atmosferden gelen suları bünyesinde hapseder. Suyun gözenekli alanlarda, sıvı fazdaki hareketlenmeleri osmoz, elektro osmoz ve kılcallık (kapilerite) şeklinde gerçekleşmektedir. Taşın gözeneklerindeki mevcut suyun miktarı, gözeneklerini tam olarak dolduramıyorsa su, en düşük enerji seviyesine ulaşarak dağılım gösterir. Katı, sıvı ve gaz halde suyu seven (hidrofil) yapı taşlarının gözeneklerine giren suyun dağılımı veya hareketi 4 aşamada gerçekleşmektedir. Bu aşamalar, taşlardaki gözenek boşluğunun su ile kademeli olarak dolması ve taşın bünyesinde su muhtevasının 4 aşamadan geçişine bağlı olarak oluşmaktadır. Birinci aşamada taş malzeme tamamen kuru, ikinci aşamada sadece kılcal boşluklar (küçük gözenekler) su ile dolmuş, geniş yüzeyler ise kurudur. Üçüncü aşamada kılcal boşluklar (küçük gözenekler) su ile dolu, geniş gözenekler su filmi ile kaplı durumdadır. Dördüncü aşamada ise kılcal ve geniş tüm boşluklar su ile doludur (Şekil 2.1), (Torraca, 2005: 9-11).

Şekil 2.1: Gözenekli taşların içinde suyun dağılımı.



Kaynak: Torraca, 2005: 10.

Gözenekli malzeme içerisinde su, Şekil 2.1.'deki aşamalar şeklinde geçiş yapabilmektedir. Suyun sıvı haldeki dolaşımı olarak tanımlanan "kritik su muhtevası" 3. aşamanın üzerindeki su muhtevalarıdır. Kritik su muhtevasının artması tuz iyonlarının hidrasyonu, nem çekme (higroskopik) ve çözünebilir tuzların varlığı ile ilişkilidir (Çorapçıoğlu, 1983: 53-54).

Gözenekli malzeme içerisinde su, emme, difüzyon, osmoz, elektrokinesis ve sıcaklık gibi belirli kuvvetlerin etkisiyle hareket etmektedir (Torraca, 2005: 11, 12).

Emme: Su muhtevasının üzerinde su içeren kısımlardan daha alt seviyedeki kısımlara doğru suyun hareketidir. Emme sıvının katı ve kuru bir maddeye tema etmesi ile çekmesi veya emmesi ve zamanla sıvı ile doyduktan sonra, sıvıyı başka katılara aktarması durumudur.

Difüzyon: Geçişme, yayılma olarak da bilinen difüzyon, maddelerin çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçişidir. Böylece su, su muhtevasının yüksek olduğu kısımlardan az olduğu kısımlara doğru geçiş yapmaktadır.

Osmoz: Suyun difüzyonu olarak da tanımlanan osmoz, suların az yoğun ortamdan daha fazla yoğun ortamlara hareketidir. Örneğin; suda çözünen tuzlar iyonlara ayrılırlar. İyonların su moleküllerini hareket ettirmeleri elektriksel güçlerine bağlıdır. Suyun, düşük tuz konsantrasyonlu (iyon miktarı az) olan bölgelerden yüksek tuz konsantrasyonlu (iyon miktarı fazla) olan bölgelere doğru hareket etmesi olayıdır.

Elektrokinesis (Elektroosmoz): Boşluklu katı malzemelerin bünyesinde bulunan elektrik yüklü alanlarda su, negatif kutup bölgesine doğru hareket etmektedir. Çözünür tuzların iyonları da tersi kutuplara doğru ilerler böylelikle suyu da beraberinde hareket ettirirler.

Sıcaklık: Suyun ılık kısımlardan daha soğuk kısımlara doğru hareket etmesidir.

Taş yapıların ayrışmasında suyun en önemli rolü, maddelerin su ile çözülebilir bileşiklerini çözerek taşın bünyesine almasıdır. Bu durum taşlarda çeşitli bozulmalara sebep olmaktadır. Suyun taşın bünyesinde buharlaşması sonucu çözülebilir tuzlar gibi eriyikler, katı hale geçerek taşın yapısında tuz kristallenmelerini meydana getirmektedir. Suyun gözenekli taş malzeme içerisinde hareketleri ve sıcaklık etkisiyle ıslanma, kuruma ve donma döngüleri tarihi taş yapılardaki bozulmayı hızlandırmaktadır (Charola, 2000). Tarihi taş yapıların bulunduğu coğrafi konum, iklimsel etmenler göz önünde bulundurulduğunda suyun ıslanma, kuruma ve donma döngüleri, taşın gözeneklerinde basınç meydana getirmektedir. Basıncın etkisiyle taşın gözeneklerinde daralma veya büzülme, genişleme gerçekleşmektedir. Bu durum tarihi taş yapılarda tuz lekeleri, çiçeklenme, kabuklanma, çatlaklar, kavlanma ve parça kopmaları gibi sonuçlara sebep olmaktadır.

2.2.1.2.2. Nem

Taşların ayrışmasında sıvılar kadar etkili olan diğer bozulma etkeni olan nem, sıvının gaz fazdaki halidir. Yapılar, yağmur, kar ve yer altı suları gibi etkilere her zaman doğrudan maruz kalmayabilir. Havada yağmur, kar gibi yağışlar olmasa dahi atmosferde havanın içinde ve toprakta her zaman nem bulunmaktadır. Nem, hava ve taş malzeme arasında belli bir dengeye ulaşana dek taşın yüzeyine ve iç kısımlarına doğru hareket edebilmektedir. Su, gaz fazında difüzyonla, sıvı fazda ise kapiler olarak taşın gözeneklerine doğru hareket etmektedir. Taşların nemlilik oranına ve dağılımına sadece dış etkenler değil, aynı zamanda taşların porozitesi (gözeneklilik), taneleri arasındaki boşluk boyutları, higroskopitesi, geçirimliliği (permeabilite) ve nem içeriği gibi karakteristik özellikleri de etki etmektedir (Wessman, 1997: 4-9; Yıldırım, 2007: 26).

Gözenekli malzemelerin nem içeriği; malzemenin hacminin suyun ağırlığına (kg/m^3), malzeme ağırlığının suyun ağırlığına (kg/kg), malzemenin hacminin suyun hacmine (m^3/m^3) oranıdır. Nem içeriğini ifade etmenin diğer yolu doyma derecesi (S) olup, gözenekli malzeme nem ile doyduğu zaman (S=1) su ile tamamen dolu olmaktadır (Wessman, 1997: 4-9).

$S=W/P.w$

S: Doyma derecesi (m^3/m^3)

W: Malzeme hacmine suyun ağırlığı (kg/m^3)

P: Porozite (gözeneklilik) (m^3/m^3)

w: Suyun yoğunluğu (kg/m^3)

Taş malzemelerin gözeneklerine hareket eden buhar fazındaki su, ısının etkisi ile sıvı faza dönüşmektedir. Nemin, sıvı faza dönüşmesine yoğuşma, kondansasyon, buhar difüzyonu, higroskopiklik etki etmektedir (Torraca, 2005: 13-15; Çorapçıoğlu, 1983: 61-62; Küçükkaya 2014: 69-71).

Yoğuşma: Herhangi bir yüzeyin sıcaklığı, temas halindeki havanın doyma noktasına eşit veya daha düşük ısılarda olduğu zaman havanın içindeki mevcut su buharının (serbest su molekülleri) bir kısmı, yüzey üzerinde sıvı olarak açığa çıkmaktadır.

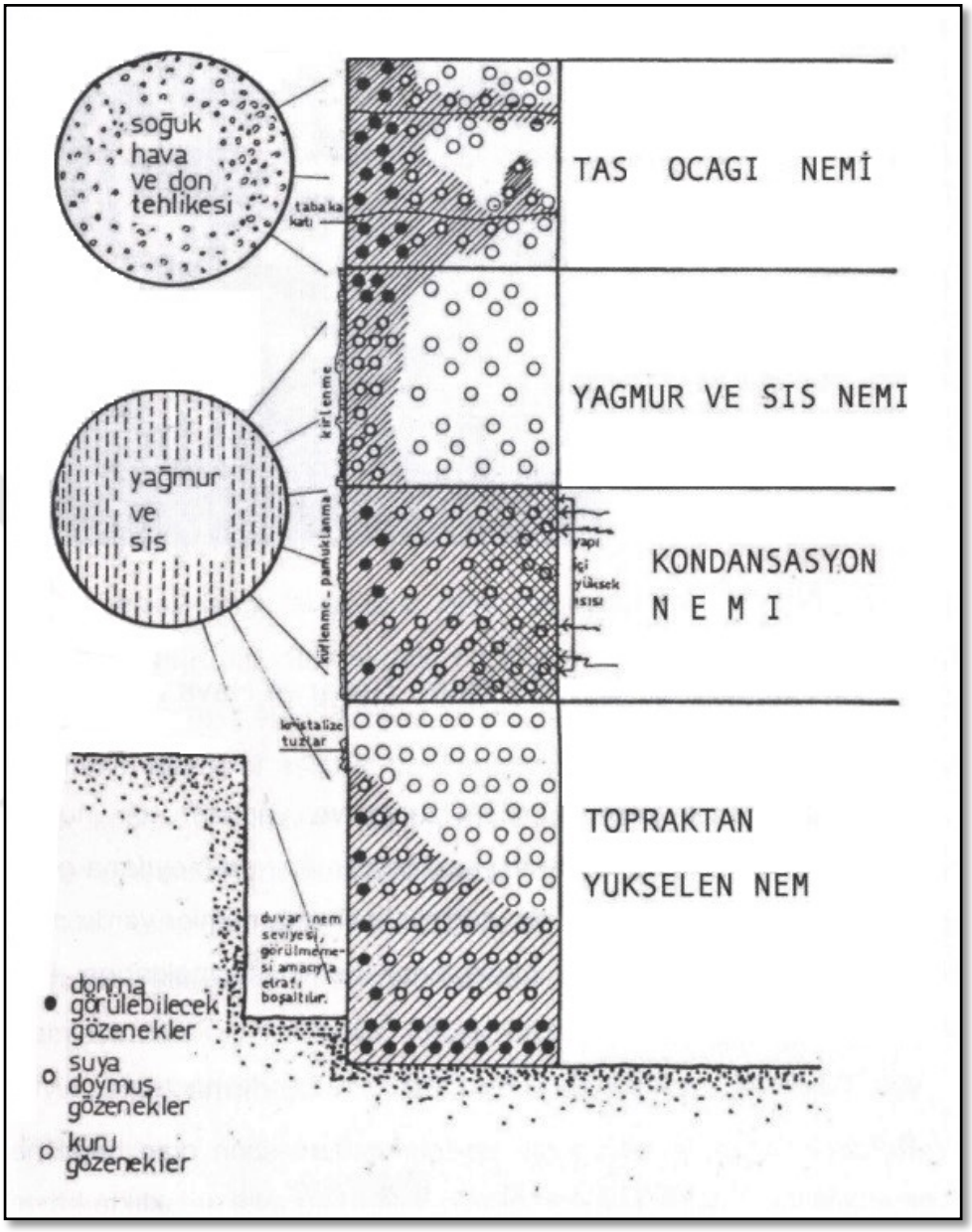
Kondansasyon (iç yoğuşma): Gözenekli taş yüzeylerin sıcaklığı, temas halindeki havanın doyma noktasının üzerindeyken yapı taşının iç sıcaklığı yüzey sıcaklığından düşük olabilir. Bu durumda havadaki mevcut su buharının (serbest su molekülleri) yoğunlaşması taşın iç kısımlarında, gözeneklerin içinde gerçekleşmektedir. Bu durum kondansasyon ya da iç yoğuşma olarak tanımlanmaktadır.

Buhar Difüzyonu: Havadaki su buharının, yüksek buhar basıncının (yoğun) olduğu bölgelerden düşük buhar basıncının (az yoğun) olduğu bölgelere doğru hareket etmesidir.

Higroskopiklik: Gözenekli hidrofil (suyu seven) malzemelerin havadaki su buharını emebilme ya da çekebilme kabiliyetidir. Örneğin taşların içindeki tuzlar higroskopik olup tarihi taş yapıların su emme potansiyelini artırmaktadır.

Su ve nem tarihi taş yapıların bozulmasına etki ederek bozulma sürecini de hızlandırmaktadır. Sıcaklığın etkisiyle su ve nem, yapılardaki diğer bozulma faktörlerine de etki etmektedir. Taşların bozulmasına etki eden nem kaynakları; taşın çıkarıldığı ocak nemi, yağmur ve sis nemi, yoğuşmadan (kondansasyon) kaynaklanan nem, zeminden veya topraktan gelen nem olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 2.2). Bu sınıflandırma detaylandırılabilir (Winkler, 1997:142-145). Etkileşim halinde olan sıcaklık, su, nem, çözünebilir tuzlar gibi taş yapıların bozulmasına sebep olan faktörler kontrol edilmediği takdirde kargir yapılar üzerinde yıkıcı bir etkiye neden olmaktadırlar.

Şekil 2.2: Taşların bozulmasına etki eden nem kaynaklarının şematik incelenmesi.



Kaynak: Taluy, 1981.

2.2.1.3. Tuzların Etkileri

Tarihi kargir yapılarda ayrışmalara sebep olan tuzlar, kültürel mirasın zaman içerisinde yok olmasına neden olan birincil faktörlerdendir. Doğal yapı taşları genel olarak yapılarında suda çözünebilen tuzlar bulundurmaktadırlar (Tablo 2.3).

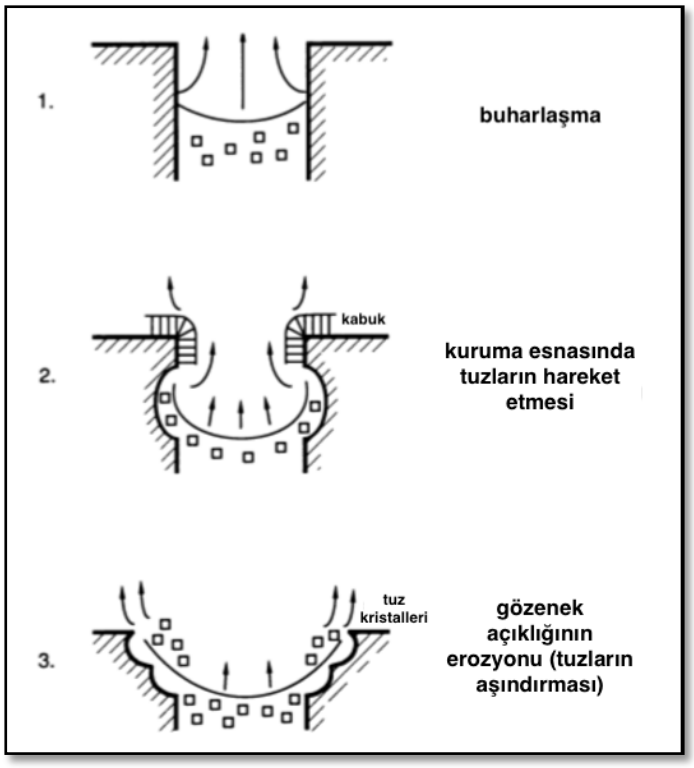
Tablo 2.3: Bazı tuzların bileşimi ve çözünürlüğü (25^{o} C)

Mineral	Bileşimi	Çözünürlüğü (mol/litre)	Kimyasal Adı
Kalsit	$CaCO_3$	0,00014	Kalsiyum karbonat
Cips	$CaSO_4.2H_2O$	0,0154	Kalsiyum sülfat
Magnezit	$MgCO_3$	0,001	Magnezyum karbonat
Hegzahidrit	$MgSO_4.\ 6H_2O$	4,15	Magnezyum sülfat
Epsomit	$MgSO_4.7H_2O$	3,07	Magnezyum sülfat
Biskofit	$MgCl_2.6H_2O$	5,84	Magnezyum klorür
Natron	$Na_2CO_3.10H_2O$	2,77	Sodyum karbonat
Mirabilit	$Na_2SO_4.10H_2O$	1,96	Sodyum sülfat
Tenardit	Na_2SO_4	3,45	Sodyum sülfat
Halit	NaCl	6,15	Sodyum klorür

Kaynak: Yıldırım, 2007: 41.

Tuzlar ısı, nem ve su hareketlilikleri gibi çeşitli mekanizmalarla taşların boşluklarından ya da kılcal çatlaklarından bünyesine girebilmektedir. Böylelikle taşların yapılarında bulunan tuzlarla da birleşerek boşluklarını doldurmaktadırlar. Doğal taşların yapısında bulunan boşluk çeperlerinde tuzlar basınç oluşturmaktadır. Oluşan basınç, çözünme-kristalleşme döngüleri gibi faktörler ile tarihi taş yapıların ayrışmasına sebep olmaktadır (Şekil 2.3), (Dal, 2011**)**.

Şekil 2.3: Taş gözeneklerindeki tuzların aşındırması.



Kaynak: Winkler, 1997: 162.

Tuzların tarihi kargir yapılara taşınmasına veya hareketlilik durumuna etki eden faktörler şu şekildedir-(Torraca, 2005: 15,16; Winkler, 1975: 111-117):

İyonik difüzyon; Çözeltilerin yüksek konsantrasyonlu bölgelerden düşük konsantrasyonlu bölgelere doğru hareket etmesidir.

Kapilarite (Kılcallık): Zeminlerinden ya da temellerinden yalıtılmamış yapıların zemininde bulunan su, emme ile kılcal yollarla yapının içine doğru yükselmektedir. Yapı içerisinde suyun maksimum seviyeye yükselmesi, suyun yüzeylerden buharlaşma miktarı ile yapı bünyesine giren su miktarının dengesine bağlıdır. Yapı içerisindeki boşlukların çapı suyun yükselmesine etki etmektedir. Boşluk çapının büyüklüğü suyun kılcal yükselmesi ile ters orantılıdır. Buharlaşmanın hızlanması havanın sirkülasyonuna bağlı olarak suyun yapı yüzeyinde yükselmesini

engellemekle birlikte suda çözünebilir tuzlar, uzun vadede taş yüzeyinde birikerek bozulma sürecine neden olmaktadır.

İyonik osmoz ve ozmotik basınç; Osmoz, suyun iyon miktarı az (düşük konsantrasyonlu) olan bölgelerden, iyon miktarı fazla (yüksek konsantrasyonlu) olan bölgelere doğru hareket etmesidir. Osmotik basınç çözeltinin konsantrasyonuna ve doğrudan sıcaklığa bağlıdır. Osmotik basınç su alma isteği olup, çözünmüş madde miktarı arttıkça basınçta artar. Tuzlar yapı içerisinde osmotik basınç yolu ile daha fazla su çekmekte ve suyun yapıda yükselmesine etki etmektedir.

Torraca'ya göre çözünebilir tuzlar taşlar ve boşluklu yapı malzemeleri üzerinde en az iki yoldan bozulmasına sebep olmaktadır. İlk olarak çözünebilir tuzlar osmoz yoluyla suyu ya da higroskopik davranışla nemi çekerek taş yapılardaki kritik su içeriğini yükselterek kurumasını geciktirirler. İkinci olarak, suyun buharlaşarak uzaklaşması sonucunda tuzlar kristalleşerek yapı üzerinde leke, yama gibi çiçeklenme şeklinde yüzey bozulmalarına sebep olmaktadırlar (Torraca, 2005: 110).

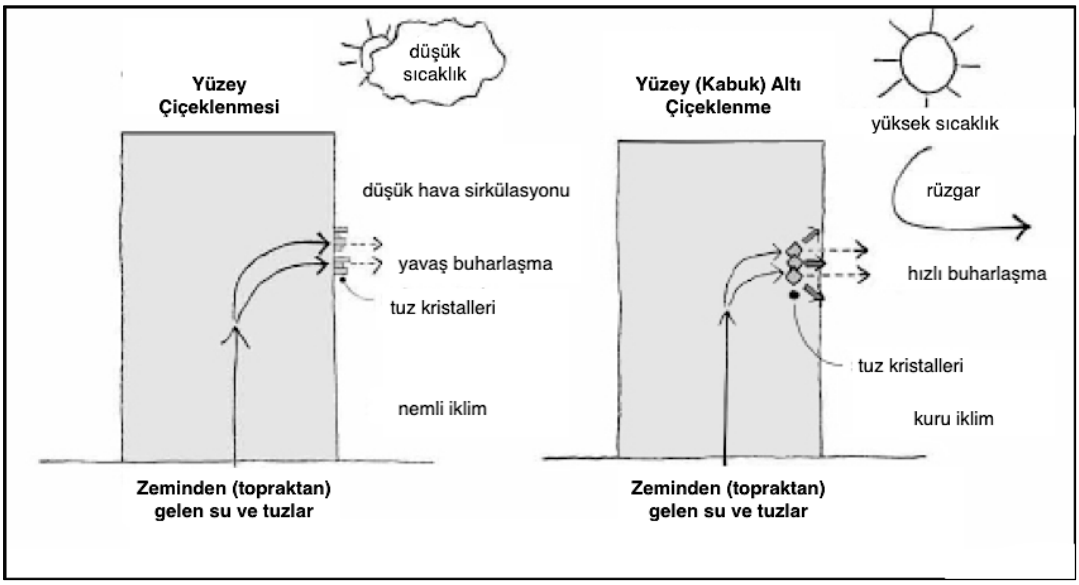
2.2.1.3.1. Tuz Kristalizasyonu

Tuzların kristalleşmesi (haloclasty), tuzlu-su çözeltilerinin çeşitli faktörlerle taşların gözeneklerine, çatlak ve kırıklarına nüfuz etmesi, ardından çözeltideki suyun buharlaşarak uzaklaşması sonucu oluşmaktadır. Ayrıca karbonatlı kayaçların ayrışmaları sonucunda Na_2CO_3 (sodyum karbonat) ve Na_2SO_4 (sodyum sülfatlı) tuz çözeltilerinin meydana gelmesi ile oluşmaktadır (Öcal ve Dal, 2012: 34).

Doğal taşlar bünyesinde belli oranlarda su ve çözünebilir tuzlar içermektedir. Gözenekli taşların içerisinde tuzları taşıyan su buharlaşarak uzaklaştığında çözeltinin konsantrasyonu yükselir. Tuzlu-su çözeltisi doygunluğa ulaştığında taşın yapısına giren su buharlaşarak uzaklaşır ve kuruma gerçekleşir. Kurumadan sonra geriye kalan tuzlar taş yüzeyinde veya yüzey altında pamukçuk şeklinde kristalleşmeye başlar. Bu kristalleşme üç safhada gerçekleşmektir (Torraca, 2005: 32-35). İlk aşama kristal çekirdeklerinin oluşumu, ikinci aşama büyümesi ve son olarak olgunlaşan tuz kristallerinin yeniden düzenlenmesi (rekristalizasyon) şeklinde gerçeklemektedir.

Tarihi taş yapılardaki tuzlanmalar, iklimsel etmenlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Yapılarda gözlemlenen tuzlanmalar, taşın yüzey, gözenek, boşluk ve yüzey altı bölgelerinden hangisinde gerçekleştiğine bağlı olarak farklı kristalleşme sürecine neden olabilmektedir. Düşük hava sirkülasyonunun olduğu nemli iklim bölgelerinde düşük sıcaklık ve buna bağlı buharlaşmanın geç gerçekleşmesi ile tuz kristallenmeleri yüzeyde veya yüzeye yakın bölgelerde gerçekleşmektedir. Bu olay sonucunda yüzeyde gözlemlenen tuz kalıntıları yüzey çiçeklenmesi 'efloresans' olarak tanımlanmaktadır. Bu durum, taş yapılarda ufalanma şeklinde gözlemlenen tane dökülmelerine neden olmaktadır. Rüzgâr, fırtına gibi yüksek hava sirkülasyonunun olduğu kuru iklim bölgelerinde yüksek sıcaklık ve buna bağlı olarak buharlaşmanın hızlı ve erken gerçekleşmesi ile suyun yüzeye çıkmadan önce yüzey altındaki hareketi esnasında gerçekleşmektedir. Böylelikle taşın yüzeyine çıkmadan yüzey altında gerçekleşen kristallenmeler kabuk altı çiçeklenme "sub-efloresans", kristallenmeler taşın gözenekleri içinde gerçekleştiğinde ise gizli çiçeklenme "kriptofloresans" olarak tanımlanmaktadır. Bu durum taş yapılarda çatlama, kırılma ve yapraklaşma gibi bozulma türlerine sebep olmaktadır (Şekil 2.4), (Torraca, 2009: 85-87).

Şekil 2.4: Taş yüzeylerinde tuz kristallenmelerinin oluşumu.



Kaynak: Torraca, 2009: 86.

Taşların yüzeyinde gözlemlenen değişim, çözeltinin yüzeye taşınması esnasında buharlaşmanın hızlı gerçekleşmesi ile doğrudan ilişkilidir. Çözeltinin yüzeye çıkışı kuruma veya buharlaşma hızından yavaş ve yüzeyin hemen altındaki gözeneklerin içinde birikmesine olanak verecek kadar hızlı olduğu takdirde tuz kristalleri, taşların toz haline gelerek ufalanmasına sebep olacak basıncı oluşturmaktadır. Diğer taraftan taşların gözeneklerindeki tuzların birikimi çimento gibi davranarak taşların yüzeyinde oluşan ince tabakanın yapışmasını hızlandırmaktadır. Bu durum taşların dış yüzeyinde sertleşmiş kabuk oluşmasına sebep olmaktadır (Rossi-Manaresi ve Tucci, 1991).

Taşların yüzeyine yakın bölgelerinde gerçekleşen tuz kristalizasyonunun, taşlar için deformasyon veya yapıştırıcı özellikli çimento gibi davranıp davranmadığı taşların gözenek yapısına bağlıdır. Yapılan bir çalışmada; gözenek yapısı heterojen olan taş çeşitleri düşük kristalizasyon basıncı göstermektedir. Bu basınç taşlarda çatlama, kırılma ve parça kopması gibi deformasyonlar oluşturmazken petek gözlülük (alveolar pattern) olarak tanımlanan bozulma türlerine etki etmektedir. Gözenek yapısı homojen olan taş çeşitlerinde ise kristalizasyon basıncının yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu kristalizasyon basıncının oluşturduğu gerilim taş yüzeyinin her yerinde aynı miktarda yayılım göstererek çatlama, kırılma, kopma gibi bozulma türlerine sebep olmaktadır (Doehne ve Price, 2010: 15-20).

Gözenekli taşların boşlukları, tuzların tamamının kristallenmesine izin verecek yeterlilikte hacme sahip değilse tuz kristalleri gözenek çeperlerinde kristallenme basıncı olarak tanımlanan mekanik bir basınca sebep olmaktadır.[4] Kristallenme basıncı, yapı malzemesinin basınç dayanımını aşıp yapılarda hasarlar meydana getirir. Oluşan bu basınç taş yapıların sağlam iç kısımlarında olumsuz bir etki yaratmasa da yüzey altı veya yüzeye yakın bölgelerdeki dayanımı düşük alanlarda çatlama, ayrılma ve parça kayıplarına sebep olmaktadır. Taşlarda gözlemlenen tuz kristallenmeleri, taşların gözenek boyutu ve dağılımı, tuz tipleri ve yoğunluğu, kristalizasyon basınç yoğunluğu, çözeltinin taşınması, buharlaşma hızı, taşların

[4] Kristallenme basıncı ile ilgili detaylı bilgi için bkz.: Steiger, M., Charola, A. E., Sterflinger, K., 2014: 238-245.

ıslanma-kuruma ve donma-çözülme döngüleri, sıcaklık değişimleri gibi çeşitli etkilere bağlı olarak gerçekleşmektedir (Rossi-Manaresi ve Tucci, 1991; Lewin, 1982: 120-122; D'Armada, 2005).

2.2.1.3.2. Tuz Kaynakları

Tuzlar nem çekici özelliktedir. Bağıl nemin yüksek olması ile pek çok tuz çözünebilmek için yeterli miktarda su buharını absorbe etmektedir. Ortamdaki bağıl nemin düşük olduğu zamanlarda ise emdiği su buharı (nem) uzaklaşarak tuzlarda tekrar kristallenme gerçekleşmektedir. Bunlar "higroskopik tuzlar" olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla tuzlar direkt olarak su ile temas etmeden de çözünebilir; ortamın bağıl nem ve sıcaklığına bağlı olarak hidrasyonunu ve dehidrasyonu gerçekleştirebilir. Tuzların veya tuz çözeltilerinin havadaki su buharını (nemi) absorbe etmeye başladıkları sıradaki bağıl nem durumuna "tuzun veya çözeltinin denge nemi" denmektedir (Tablo 2.4). Sıcaklığın düşmesi, tuzun denge nemini yükselterek taşlara zarar verici etkilerini artırmaktadır (Honeyborne, 1998: 153, 154; Flatt, 2002).

Tablo 2.4: Ortalama 20-25ºC sıcaklıkta bazı tuzların denge nem değerleri.

TUZ CİNSİ	KİMYASAL FORMÜLÜ	DENGE NEMİ %
Magnezyumklorhidrat	$MgCl_2 .6H_2O$	33
Potasyumkarbonathidrat	$K_2CO_3 .2H_2O$	44
Sodyumnitrat	$NaNO_3$	75
Sodyumklorür	NaCl	76
Potasyumklorür	KCl	85
Sodyumsülfathidrat	$Na_2SO_4 .10H_2O$	89
Sodyumkarbonathidrat	$Na_2CO_3.10H_2O$	90
Potasyumsülfat	K_2SO_4	98

Kaynak: Honeyborne, 1998: 154.

Tuzlardan kaynaklanan bozulmaların tespit edilmesi ve yapılacak koruma-onarım uygulamaları için öncelikle yapıya tesir eden tuz kaynaklarının belirlenmesi

gerekmektedir. Yapılarda gözlemlenen tuzlanmalara; taşın ve yapı malzemesinin kendi yapısı, toprak, atmosfer, hava kirliliği, deniz serpintisi, uygun olmayan koruma-onarım çalışmaları ve temizlik malzemeleri gibi faktörler neden olmaktadır. Tuzların yapılara giriş kaynakları şu şekilde özetlenebilir (Tablo 2.5), (Steiger, vd. 2014: 265-269; Winkler, 1997: 157-159):

- Tuzlar doğal taş, harç gibi yapı malzemelerinin içeriğinde kendiliğinden mevcut olabilir.
- Taşın kendi yapısında bulunan tuz veya tuzlar, yapının zeminden (topraktan) yükselen suyla absorbe ettiği tuzlarla birleşerek yeni tuz bileşimlerini oluşturmaktadır. Topraktan gelen tuzlarda genel olarak kalsiyum nitrat, potasyum ve sodyum görülmektedir.
- Gübrelerin içerdiği tuzlar, doğrudan ya da toprağa karışarak topraktan yükselen su ya da nem ile yapıya taşınabilir.
- Coğrafik olarak denize yakın olan yapılarda, atmosferde serbest olarak var olan deniz suyu zerreciklerinde NaCl (sodyum klorür) gibi deniz tuzlarının etkisi görülmektedir.
- Günümüzde kar ve buzlanmalara karşı alınan önlemlerde yollara kar ve buz çözücü tuzların serpilmesi; zamanla bu tuzların çözülüp zeminden yapıya sızmasına neden olabilir.
- Yapının inşasında kullanılan harç ve sıvalardan kaynaklanan tuzlar bulunmaktadır. Bu tuzlardan potasyum ve sodyum karbonat atmosferdeki kükürt ile tepkimeye girerek potasyum ve sodyum sülfat tuzlarını oluşturmaktadır.
- Tarihi yapıların temizliğinde veya onarımında kullanılan sodyum ve potasyum hidroksit gibi maddeler, atmosferik kirleticilerin etkisi ile sülfirik ve karbonik asitle tepkimeye girerek karbonat ve sülfatları oluşturmaktadır.
- Tuzlar, bazı mikroorganizmaların toprakta azotla tepkimesi sonucunda oluşurlar; öncelikle amonyağa, amonyağın oksitlenmesi ile nitroz asite ve sonrasında da nitrik asite dönüşürler.

Tablo 2.5: Taşlarda bozulmalara etki eden çözünebilir tuzlar ve tuzların genel kaynakları.

TUZ TİPLERİ	GENEL KAYNAKLARI
Sodyum Sülfat	Sodyum karbonat üzerinde kirli havanın etkisi, çamaşır yıkama tozları, pişmiş toprak tuğlaların bazı tipleri, işlenmiş bazı katı yakıtlar
Sodyum Karbonat	Çamaşır yıkama tozları, ev temizlik maddeleri, beton ve çimento bazlı harçlar, kireç taşı yapılı bazı cephelerin temizleyicileri
Sodyum Nitrat	Toprak, gübre
Sodyum Klorür	Deniz serpintisi, yollarda kullanılan buz çözücü tuzlar
Potasyum Sülfat	Potasyum karbonat üzerinde kirli havanın etkisi, pişmiş toprak tuğlaların bazı tipleri
Potasyum Karbonat	Yakıt külleri, yeni beton ve çimento bazlı harçlar
Potasyum Nitrat	Toprak, gübre, barut
Potasyum Klorür	Toprak
Kalsiyum Sülfat	Kireç taşı ve dolomitik kireç taşının kirli havadan etkilenmesi, cips bazlı duvar sıvaları, pişmiş toprak tuğlaların pek çok tipi
Magnezyum Sülfat	Kirli havadan etkilenen dolomitik kireç taşının yağmur suyuyla yıkanması, bazı pişmiş toprak tuğlalar

Kaynak: Honeyborne, 1998: 154.

2.2.1.3.2.1. Klorür

Klorür tuzlarının en yaygını NaCl (sodyum klorür) olup, deniz serpintileri, kış mevsimlerinde yollara kar ve buz çözücü olarak serpilen tuzlar, portland çimentolu onarımlar ve endüstri bölgelerinde atmosfere yayılan hidroklorik asitler klorür tuzlarının kaynaklarını oluşturmaktadır. Klorürler atmosferik kirleticilerden kalsiyum sülfatın çözünebilirliğininin ve penetrasyonunun etkisini artırarak taşlardaki bozulmalara etki etmektedir (Borelli, 1999).

Klorürlerin suda çözünürlüğü çok yüksek olup tek başına taşlarda ayrışmaya etkisi azdır ancak sıcaklık farklılıkları ile birlikte diğer tuzları hidrasyon ve dehidrasyon yolu ile etkileyerek taş yüzeylerdeki ayrışma etkisini artırmaktadır. Ayrıca rekristalizasyon döngüleri ile taşlarda parçalanmalara ve pul pul dökülmelere neden olmaktadır (Yıldırım, 2010: 75).

2.2.1.3.2.2. Sülfat

Sülfat çözünebilir ve az çözünebilir tuzlar içerisinde en yaygın olanları olup en önemli kaynağı hava kirliliğidir. Tarım toprağı (amonyum sülfat), yapı malzemelerindeki çimento gibi inorganik bağlayıcılar (sülfat), mikrobiyolojik (sülfür bakterisi) ve deniz serpintisi (magnezyum sülfat) ise diğer kaynaklarını oluşturmaktadır. Fosil yakıtlarda bulunan kükürt, yanma ile önce SO_2 (kükürt dioksit), çeşitli oksitlenmeler sonucu SO_3 (kükürt trioksite) dönüşmektedir. Atmosferde ya da malzemenin içerisinde bulunan nem veya su ile tepkimeye girerek H_2SO_4 (sülfirik asite) ve yapısında $CaCO_3$ (kalsiyum karbonat) bulunan kireç taşı niteliğindeki taşlar, harç ve sıva ile tepkimeye girerek alçı taşını ($CaSO_4.2H_2O$) oluşturur. Diğer taraftan SO_2 (kükürt dioksit) oksitlenmezse atmosferdeki ya da malzemenin içerisinde bulunan nem veya su ile tepkimeye girerek H_2SO_3 (sülfüroz asite) dönüşerek $CaSO_3$ (kalsiyum sülfiti) meydana getirmektedir. Sonrasında ise kalsiyum sülfit oksitlenerek $CaSO_4.2H_2O$ (alçıtaşını) dönüştürmektedir (Siedel ve Klemm, 2000).

Sülfatların genelde hem havadaki bağıl nem ve sıcaklığa hem de yapıdaki su ve neme bağlı olarak devamlı rekristalizasyon döngüsü gerçekleştirmesi taşların bozulmasında önemli bir faktördür. Sodyum sülfat ve magnezyum sülfat, taşların ayrışmasında neden olan en tehlikeli tuzlardandır. Sodyum sülfatın çözünürlülüğü çok fazla olduğu için susuz halden (Na_2SO_4 thenardite) su veya nemi absorbe ettikten ($Na_2SO_4.10H_2O$ mirabilite) sonra hacminde yaklaşık %400'lük artış gerçekleşebilir. Bu artış taşın gözeneklerinde büyük bir basınç oluşturmaktadır. 200-2000 atm. oranında oluşan bu basınç taşlarda ufalanma, pullanma ve parça halinde kopmalara sebep olmaktadır. Ayrıca taşlarda gözlemlenen çiçeklenmelerin yaklaşık %90'nına

sülfat tuzları etki edip kabuk altı çiçeklenmelere de neden olmaktadır. Çeşitli tepkimeler sonucu oluşan alçıtaşının ($CaSO_4.2H_2O$) az çözünür olması ve buna ek olarak bünyesine toz, is gibi su itici maddeleri alarak çözünmez hale gelmesi ile taş eserlerin yüzeyinde sert kabuk şeklinde kendini göstermektedir. Bu durum tarihi kargir yapılarda büyük problemlere sebep olmaktadır (Steiger, vd., 2014: 269-274; Borelli, 1999; Doehne ve Price, 2010: 15-20).

2.2.1.3.2.3. Karbonat

Suda çözülemeyen kalsiyum karbonat ($CaCO_3$), atmosferde bulunan karbondioksitin (CO_2) su (H_2O) ile reaksiyona girmesi karbonik asidi (H_2CO_3) oluşturmaktadır. Kalsiyum karbonatın karbonik asitle tepkimeye girmesi sonucunda da kalsiyum bikarbonat $Ca(HCO_3)_2$ oluşmaktadır. Mağaralardaki sarkıt-dikitin oluşumu gibi çok yavaş gerçekleşen kalsiyum bikarbonatın içeriğindeki su (H_2O) ve karbondioksitin (CO_2) buharlaşarak uzaklaşması sonucu tersinir bir reaksiyon olup taş yüzeylerde tekrar suda çözülmeyen kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) oluşturmaktadır. Karbonat çözünerek taşın yapısını bozar ve deformasyonlar oluşturur. Taşların sert kısımlarının arasındaki yumuşak alanlarda ya da çatlaklar boyunca oyuklar, kurt yenikleri, kanal şeklinde deformasyonlar oluşmaktadır (Öcal ve Dal, 2012: 35-36).

Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) ile birlikte yapılarda ve yapı malzemelerinde sıklıkla rastlanan potasyum karbonat (K_2CO_3) ve sodyum karbonatın (Na_2CO_3) en yaygın kaynağını dolgularda bağlayıcı, harç ve sıva olarak kullanılan beyaz çimento ve portland çimentoları oluşturmaktadır (Dikilitaş, 2005:38).

2.2.1.3.2.4. Nitrit ve Nitrat

Nitrit, gübre gibi organik malzemelerin ayrışmasında; nitrat, atık su sızıntısı, canlı kalıntıları ve atıkların bulunduğu alanlar gibi azot içeren maddelerin ayrışmasıyla kaynağını oluşturmaktadır. Tuzlar yapılara topraktan yağmur suyuyla birlikte duvardan yükselerek veya atık su sızıntıları ile ulaşmaktadırlar (Yıldırım, 2010: 75). Bu tuzlar yapılarda yoğun olarak bulunmamasına rağmen hızlı biçimde okside olarak nitratlara dönüşmektedirler. Bunlar genelde NHO_2 (nitros asit) ve NHO_3 (nitrik asit)

tuzlarıdır. Nitros asit ve nitrik asit yapılardaki kalsiyum karbonatla tepkimeye girerek nitrokalsit ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$) tuzlarını oluştururlar. Bu tuzlar klor tuzları gibi çözünürlükleri fazla olup, higroskopik özelliklerinden dolayı yapılardaki nemlilikleri artırarak diğer tuzların, taşlar üzerindeki olumsuz etkilerini harekete geçirmektedirler. Ayrıca nitrit ve nitratların diğer kaynağı mikrobiyolojik olup biyolojik aktivasyonun başlamasına ve hızlanmasına etki etmektedir (Borelli, 1999).

2.2.1.4. Sıcaklık Faktörleri

Taşları etkileyen suların buza dönüşmesine, buharlaşmasına ya da sıvı halde kalmasına etki eden sıcaklık faktörleri taşların fiziksel bozulmalarına sebep olmaktadır. Bu değişimler taşların yapısında doğrudan kimyasal olarak bir değişikliğe etki etmezken fiziksel olarak çatlak, kırılma ve parçalanma şeklinde deformasyonlara yol açmaktadır. Sıcaklık etkisinin ortaya çıkardığı faktörler ılıman iklim bölgelerinde daha az, sıcaklık farklılıklarının çok olduğu kuru iklim bölgelerinde daha fazla görülmektedir.

2.2.1.4.1. Sıcaklık Değişimi

Günlük, haftalık, aylık ve mevsimlik sıcaklık değişimleri ve farklılıkları gibi iklimsel etmenlere maruz kalan taşların iç ve dış yüzeyinde genleşme ve büzülme hareketleri oluşmaktadır. Isı iletkenlikleri düşük olan taşların yüzeyleri (üst tabakaları) iç kısımlarına (alt tabakaları) nispeten daha fazla ısınıp soğumaktadır. Taşların yüzey ve yüzey altı kısımlarında gerçekleşen genleşme ve büzülme döngüleri iç gerilmelere sebep olup taşın taneleri arasında farklı büyüklükte ve yönlerde basınç oluşturmaktadır. Sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan iç gerilmeler ve basınçlar, taşların mineralojik içeriği, gözenekliliği, gözenek boyutu, tane boyutu, taneler arası kenetlenme derecesi, kristal yönelimleri ve renkleri gibi fiziksel ve kimyasal yapıları ile doğrudan ilişkilidir (Steiger, vd., 2014: 228-233).

Atmosferde rutin olarak gerçekleşen gece-gündüz, yaz-kış, yağmur-güneş faktörlerinden kaynaklanan periyodik ısısal hareketler ile meydana gelen sıcaklık ve neme bağlı olan etkiler tarihi kargir yapılarda uzun sürede bozulmalara neden

olmaktadır. Örneğin; ilkbahar mevsiminin sonlarına doğru artan hava sıcaklığı ile taşlardaki nemlilik buharlaşarak uzaklaşmaktadır. Tarihi kargir yapılarda gerçekleşen buharlaşma hareketleri ile doğal yapı taşlarının kenarlarında kırılmalar, kılcal çatlaklar ve harçlarında dökülmeler gözlemlenmektedir. Diğer taraftan yaz mevsiminde gerçekleşen ani sıcaklık değişimi gibi hızlı ve büyük sıcaklık farklılıkları tarihi kargir yapılar üzerindeki olumsuz etkileri yıl boyunca rutin devam eden sıcaklık değişimlerinden daha fazladır. Genel olarak sıcaklık değişimlerinin döngü halinde yinelenmesi, taşlarda kılcal çatlakların oluşumuna sebep olmaktadır. Bu çatlaklar sürekli artarak taşların ufalanmasına, parça ya da kabuk şeklinde kopmalarına sebep olmaktadır. Ayrıca sıcaklık döngüleri taştaki kristaller arasındaki bağların kopmasını etkileyip taşların porozitesinin ve su-nem emiliminin artışına sebep olmaktadır (Al-Naddaf, 2009; Torraca, 2005: 25-28).

2.2.1.4.2. Donma Etkisi

Su 0^{o} C ve 1 atm basınç civarında katılaşmaktadır. Su ve nem gözenekli yapı malzemesi olan taşların içerisine kılcal yollarla toplanırlar. Taşların bünyesine biriken su ve nem, sıcaklığın 0^{o} C'nin altına düşmesi ile katı hale dönüşerek buz kristallerini meydana getirmektedir. Suyun sıvı halden katı hale (buz) dönüşmesiyle oluşan hacim artışı taşın gözeneklerinde iç basınç meydana getirmektedir **(**Rossi-Doria, 1988; Torraca, 2005: 30-31).

Taşlardaki donma etkisi çok fazla olup taşlarda gözlemlenen donma döngüleri tarihi kargir yapılardaki deformasyonu meydana getiren faktörlerin başında gelmektedir. Belli bir kütledeki suyun katı hale geçmesiyle hacminde oluşacak %9 oranındaki artış, taşların gözeneklerinde tahribata sebep olmaktadır. Donma olayına bağlı olarak gözenekler içerisinde sıkışan su, çatlaklara neden olup daha fazla sıvının gözenekli alanlarda birikmesine zemin oluşturmaktadır. Böylelikle donma döngüsü gerçekleştiğinde oluşan çatlaklar daha da büyüyerek kırılmalara ve parça halinde kopmalara neden olmaktadır. Taşlarda gözlemlenen donma etkileri daha çok taşların yüzeyinde veya yüzeye yakın bölgelerinde gerçekleşmektedir. Atmosferde hava kirliliğinden kaynaklanan kalsiyum sülfat ($CaSO_4$) kireç taşlarında sert kabuk

şeklinde yüzey oluşturmaktadır. Oluşan sert kabuklu yüzeyin alt kısımları daha gözenekli ve zayıf olduğu için donma etkisi ile birlikte yaklaşık 10 cm derinliğe kadar tabakaların kavlanıp parçalar halinde kopmasına sebep olabilmektedir (Mitchell, vd., 2000; Çorapçıoğlu, 1995: 82-85).

Taşlarda donmanın etkisi ile gözlemlenen bozulmalara taşların gözenek sisteminin suya doyma noktası, gözenek büyüklüğü, gözeneklerin sürekliliği, sıvıların buz kristalizasyonuna geçişte gösterdiği ani hacim genleşmesi gibi faktörler etki etmektedir (Winkler, 1975: 176-181).

2.2.1.5. Güneş Etkisi

Dünya'nın şeklinin geoid olması, kendi ekseni ve güneşin etrafında dönmesi ile günler ve mevsimler oluşmaktadır. Mevsimlere bağlı olarak gerçekleşen iklimsel farklılıklar meydana gelmektedir. Taşların bozulmasında etken olan güneş, güneş ışınlarının düşme açısı, güneşlenme süreleri gibi özellikler tarihi taş yapıların bulunduğu matematiksel ve coğrafi konumla yakından ilişkilidir. Ülkemizin dünya üzerindeki matematiksel konumu göz önünde bulundurulduğunda güneşlenme süresi güneyden kuzeye doğru gidildikçe azalmaktadır.

Taşların belirleyici özelliklerinden bir tanesi de renkleridir. Güneş etkisi ve oluşan sıcaklık farklılıkları ile taşların renklerinde değişimler gözlemlenmektedir. Örneğin bej, hafif sarımtırak olan traverten (kireç taşı) güneş etkisi ile tam sarı renge ve zamanla kızararak turuncumsu renge dönüşmektedir. Bazı koyu renkli, organik madde içerikli taşların renginde ağarmalar gözlemlenmektedir. Bu renk değişimlerine taşlardaki ince tanecikler halinde bulunan minerallerin ayrışması ya da oksidasyona uğramaları sebep olmaktadır (Küçükkaya, 2014: 67-68).

Güneşin etkisi ile taşlarda fiziksel değişimler gözlemlenirken, UV (ultraviyole) etkisi taşların iç yapılarında özellikle organik maddelerin atomik yapılarını bozmak gibi kimyasal değişimlere sebep olmaktadır. Güneş yanığı olarak tanımlanan taş yüzeylerindeki matlaşma ve eskime soluk bir görüntü vermektedir. Ayrıca granit gibi farklı mineraller içeren taşların güneş ışınlarına doğrudan maruz kalmaları

sonucunda taşların ara yüzeylerinde diferansiyel termal genleşme gerilmeleri oluşabilmektedir. Bu gerilme taşların güneşlenme etkisi ile ayrışmasına etki etmektedir (Doehne ve Price, 2010: 24-26).

2.2.1.6. Rüzgâr Etkisi

Taşların ayrışmasında rüzgârların yönü ve şiddeti büyük önem taşımaktadır. Rüzgârların etkili olduğu bölgelerde yağmur, rüzgâr, kar ve dolu gibi yağışlar, toz partikülleri gibi rüzgârlarla taşınabilen tanecikler, taşlarda aşındırma yaparak yüzeylerinde erozyona sebep olmaktadır. Bu durum taşların pürüzlülük, doku ve parlaklık gibi yüzey özelliklerinin yok olmasına sebep olmaktadır. Rüzgârlar, taş yüzeylerinde hızlı kurutma gerçekleştirirken, yağmur sularını da rüzgâr etkisiyle taş yüzeylerinden gözenek boşluklarına girmelerini sağlayarak taşların nem içeriğinin artışına neden olmaktadır (Wessman, 1997:10; Öcal ve Dal, 2012: 35).

2.2.2. Doğal Felaketlerin Etkisi

Gerçekleşen doğal felaketler evren, canlılar ve kültürel miras için büyük tehdit oluşturmaktadır. Doğal felaketler, doğanın kendi dinamikleri ile gerçekleştiği gibi beşerî faktörlerde doğanın dengesinin bozulmasına ve dolaylı olarak yangın, kuraklık, erozyon, çığ ve su taşkınları gibi felaketlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Şiddetli ve ani şekilde gerçekleşen bu doğa olayları kültür miraslarını ağır tahribata uğratıp tamamen yok olmasına neden olmaktadır. Doğal felaketler; deprem, yangın, toprak hareketleri, volkanik hareketlenmeler ve atmosfere yayılan gazlar, gel git olayı, sel, kasırga ve çığ olarak özetle sıralanabilir.

2.2.3. Beşerî Faktörler

Dünya nüfusunun gittikçe artması ve buna bağlı olarak sanayileşme, nüfus yoğunluğu, iskân hareketlerinin yarattığı sonuçlar kültür mirasını olumsuz yönde etkilemektedir. Çalışma alanımızı oluşturan tarihi taş yapılar gibi kültür mirasının bir kısmı ya da tamamının tahribatı ve yok olmasında beşerî faktörler direk ya da dolaylı olarak etki göstermektedirler (Ahunbay, 2009: 53-58).

Gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerde artan nüfusla birlikte liman, metro, ulaşım ağları, sanayi kuruluşları ve baraj inşaatları gibi alt yapı çalışmaları kültür miraslarının bazen tahribatına yol açarken bazen gün yüzüne çıkmasına neden olabilmektedir. Kaçak kazılar, definecilik ve tarihi eser kaçakçılığı eserlerin yerinde ve bağlamında korunmasına engel olmaktadır. Tarihi eserlere ideolojik sebeplerle kasıtlı olarak kısmen ya da tamamen zarar vermek, silahlı çatışma ortamları, savaşlar, sosyal ve ekonomik şartlardan dolayı insanların yaşam alanlarını terk etmek durumunda bırakılması kültür miraslarını bakımsız ve işlevsiz kalmasına neden olabilmektedir. Bu durum kültürel mirasın yok olmasına tehdit oluşturmaktadır.

Sanayi ve kültür merkezi konumunda olan kentlerdeki nüfus yoğunluğu, buna bağlı olarak da trafik ve hava kirliliği tarihi taş yapılar gibi kültür miraslarının tahribatına mekanik, fiziksel ve kimyasal olarak etki etmektedir. Bunula birlikte turizm merkezlerinde tarihi yapıları ziyaret eden insan sirkülasyonunun yoğunluğu yapılarda fiziksel yorgunluğa ve nem, ısı dengesinde değişikliklere sebep olup çeşitli tahribatlara etki etmektedir. Ayrıca müze, ören yeri ve arkeolojik sitlerde insanların eserlere elle müdahale etmesi, fotoğraf çekmesi ve kendine hatıra (toprak, taş almak) ya da kendinden bir hatıra (kazıma yoluyla bir şeyler çizilip yazılması) bırakması ve çeşitli yerlere boyalarla yapılan grafitiler de kültür mirasının tahribat örnekleri arasındadır.

Taşların ocaktan çıkarılması, yapılarda kullanılacak taşın seçilmesi, inşa malzemesi haline getirilme süreçleri ve sonrasında ihtiyaca göre yapılan koruma ve onarım uygulamaları uzmanlık isteyen alanlar olup, bilinçsizce yapılan tüm işlemler taşların dayanımını etkileyip uzun vadede taşların ayrışmasını hızlandırarak tahribatına yol açmaktadır.

Taşların ayrışmasına etki eden beşerî faktörler ‘dünyanın gelişmesi’ ile doğrudan ya da dolaylı olarak etkilidir. Doğada gerçekleşen çeşitli felaketlerin kültür miraslarına olumsuz etkisinden kaçınmak her zaman mümkün olmayabilir fakat insanların yol açtığı ya da açabileceği tahribatlardan kaçınmak ve bunlara engel olma imkanı bulunmaktadır. Kültür mirasının yok olmasına neden olan beşerî faktörler yine

insanlar tarafından eğitim ve kültür bilinci ile kontrol altında tutularak azaltılıp, önlenebilir.

2.3. Biyolojik Bozulma Faktörleri

Taşların bileşenlerinde organizmaların neden olduğu istenmeyen değişimler biyolojik bozulma olarak tanımlanmaktadır. Biyolojik gelişme genellikle taşların doğal yaşlanma süreci olarak kabul edilip bazı taşlara ait bir parça gibi patinasını oluşturabilmektedir. Taşların yüzeyinde bulunan toz ve kirler organizmalar için besin görevi görüp onların gelişebileceği alanları oluştururlar. Biyolojik aktivasyon, devam ettiği taş yüzeylerinde yıkıcı etkiler yaratmaktadır. Biyolojik faktörler kök sistemleri ile taşların gözeneklerine nüfuz ederek çatlama, kırılma ve parça halinde ayrılma gibi tahribatlara sebep olmaktadır. Biyolojik bozulma faktörleri yağmur, kar gibi yağışlardan sonra taşlardaki ıslanma süresini uzatarak nemliliğini artırmaktadır. Bu durum taşların fiziko-kimyasal ayrışmalarına etki etmektedir (Wessman, 1997:10). İklimsel etmenler, çevresel şartlar, organizmalar ve taşların mineralojik yapısı, gözeneklilik ve geçirgenliği gibi parametreler taşların ayrışmasına etki eden biyolojik faktörleri etkilemektedir. Taşların bozulmasına etki eden biyolojik faktörlerin morfolojisinin anlaşılması bu tahribatın önlenmesi veya kontrol altına alınması açısından önem oluşturmaktadır. Bakteriler, mantarlar, algler (su yosunları), yosunlar (kara yosunları), likenler, bitkiler ve hayvanlar gibi biyolojik organizmalar taşların bozulmasına etki eden biyolojik faktörler (Tablo 2.6) şeklinde özetlenebilir (Dal ve Irgas, 2012).

Tablo 2.6: Biyolojik faktörlerin taşa etkileri

Biyolojik Organizmalar	Taşa Etkileri
Ototrof Bakteriler	Siyah kabuklar, kahverengi siyah patinalar, kabarma ve pul pul dökülmeler
Heterotrof Bakteriler ve Actinomycetesler	Siyah kabuklar, kahverengi siyah patinalar, kabarma ve pul pul dökülmeler. Beyaz-gri kabamalar, beyaz lekeler, pul pul dökülme ve patinalar
Likenler	Parça parça kabuk oluşumu ve çukurlar
Mantarlar	Renklenmiş tabakalar, pul pul dökülmeler ve çukurlar
Kara Yosunları	Yeşil-gri renklerde geniş yüzeyleri kaplayan tabakalar
Yeşil Yosunlar	Farklı renklerde ince film tabakası oluşumu ve patinalar
Bitkiler (Odunsu)	Çatlak, yarık, parça kopmaları gibi deformasyonlar ve kimyasal ayrışma faktörleri
Hayvanlar	Delik, çukur, parça kopmaları gibi deformasyonlar ve kimyasal ayrışma faktörleri

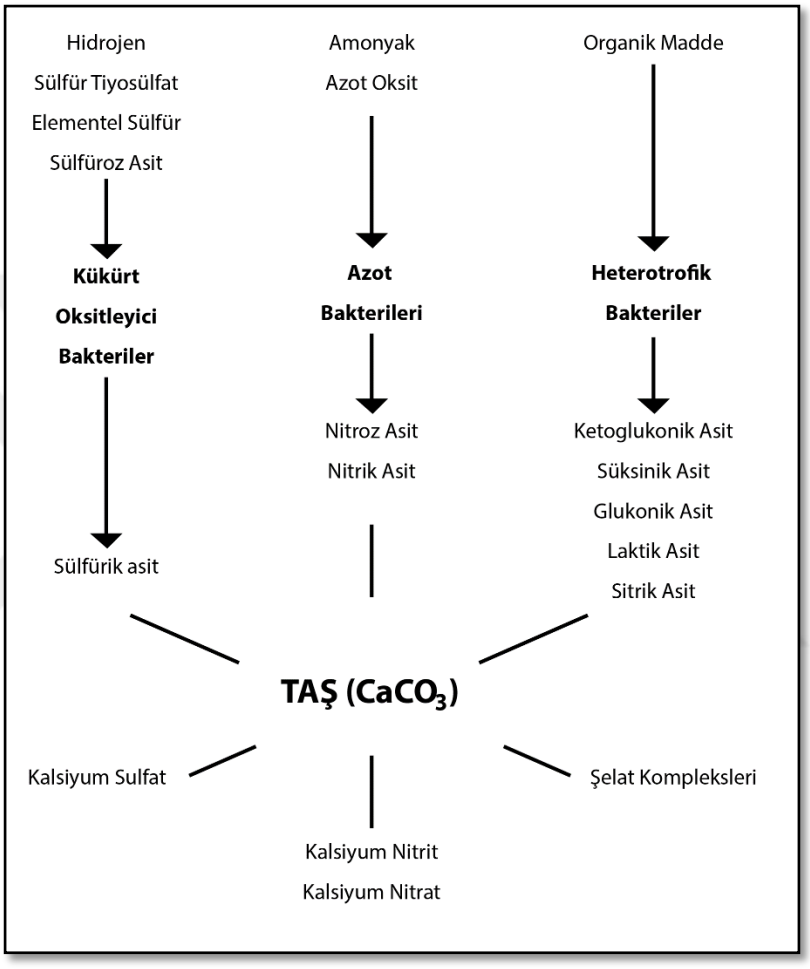
Kaynak: Caneva, vd., 1991: 33-34.

2.3.1. Bakteriler

Taşların ayrışmasına etki eden bakteriler tek hücreli ya da koloni halinde yaşarlar. Taşların ayrışmasına etki eden bakterileri heterotrofik ve ototrofik olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür. Azot bakterileri ve sülfat oksitleyici bakteriler gibi ototrofik bakteriler enerjilerini redüksiyon yoluyla güneş ışığından ve oksitlenme yaparak elde ederler. Heterotrofik bakteriler ise enerjilerini organik maddelerden sağlamaktadırlar. Bakterilerin birçoğu enerjilerini kimyasal tepkimelere maruz kalan inorganik maddelerden ya da oksidasyondan almaktadır. Bu reaksiyonlar bazı asitlerin oluşumuna yol açmaktadır. Bunlardan bir tanesi oksalik asittir ($C_2H_2O_4$). Sülfür bakterileri oksitlenerek sülfirik asit (H_2SO_4) oluşumuna neden olmaktadır. Taşların ayrışmasında etkili olan sülfirik asitler, karbonat bileşimli taşların jipse ($CaSO_4.2H_2O$) dönüşmesine etki etmektedir. Azot bakterilerinin nitrifikasyonu taşlarda gerçekleşmektedir. Azot bakterileri kalsiyum bileşimli taşlarda kalsiyum

nitrat oluşumuna sebep olmaktadır (Şekil 2.5.), (Caneva, vd., 1991: 88-91; Çorapçıoğlu, 1983: 91-93).

Şekil 2.5: Taşların ayrışmasında bakterilerin etkisi.



Kaynak: Caneva, vd., 1991: 89.

Taş yüzeylerindeki organik maddeler heterotrofik bakterilerin yaşam alanlarını oluşturmaktadır. Heterotrofik bakteriler, çeşitli tepkimeler sonucunda sitrik, glukonik, laktik ve süksinik gibi asitlerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Şekil 2.5.). Heterotrofik bakterilerin, otorotrofik bakterilere nazaran taşlar üzerindeki yıkıcı etkileri daha azdır. Bağıl nemin %65'in üzerinde ve yoğun ışığın olduğu ortamlarda bakteriler hızlıca yayılıp gelişim göstermektedirler. Bakteriler, taşlarda çatlakların arasında genişleyip fiziksel ayrışmalarına neden olmaktadır. Yeşil ve siyah biyofilm tabakası oluşturup estetik açıdan yapılarda kötü görüntü

oluşturmaktadır. Ayrıca kimyasal reaksiyonlar sonucu taşların ayrışmasına etki eden birçok asit oluşumuna sebep olmaktadır (Sırt, 2011: 9-16; Dolar ve Yardımlı, 2017).

2.3.2. Mantarlar

Mantarlar taşların ayrışmasında etkili olan biyolojik faktörlerin içerisinde en zararlı olan grubu oluşturmaktadır. Çok çeşitli türleri olan mantarlar, hiflerden meydana gelmiş karada, suda, havada, hayvan ve bitki üzerlerinde yaşam alanları oluşturabilirler. Mantarlar taşların yüzeyinde hiflerini gözeneklerine geçirerek taşın içerisine su, nem, partikül ve diğer organik maddelerin taşınmasına olanak sağlayarak bakteriler gibi yeni organizmalara yaşam alanları oluşturmaktadır. Mantarlar genelde ıslak ve nemli duvar ve pencere kenarlarında, çöplük alanlar ve yiyecek artıklarının olduğu kirli bölgelerde varlık göstermektedirler. Taşlar üzerinde renk değişiklikleri, lekelenmeler oluşturarak estetik açıdan görüntünün bozulmasına neden oluştururken, taş yüzeylerinde erozyon oluşturarak krater şeklinde bozulmalara etki etmektedir. Ayrıca sitrik ve organik asitler gibi organik asitlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu asitler kalsiyum karbonatlı taşlarda ayrışmalara yol açmaktadır (Winkler, 1975: 158; Caneva ve Salvadori, 1988; 195-196; Cutler ve Viles, 2010).

2.3.3. Algler (Su Yosunları)

Algler fotosentez yapan organizmalar olup, koloni halinde ya da tek hücreli, mikroskobik veya metrelerce uzayan formlar şeklindedirler. Yeşil, kırmızı, kahverengi ve altın sarısı renklerde çeşitli türleri olup, deniz, tatlı su, toprak, ağaç kabuğu ve kaya gibi çeşitli nemli bölgelerde yaşayan fotosentetik canlılardır. Bulundukları ortamın sürekli nem oranının yükselmesine neden olmaktadırlar. Yoğun hücre çeperleri ve dayanımları taşlar üzerinde patina oluşturmaktadır. Ayrıca organik kalıntılar, sporlar gibi birçok maddenin bu yüzeylere yapışması mantar, bakteri gibi biyolojik organizmaların oluşması için yeni yaşam alanlarına yol açmaktadır. Alglerin salgıları, taş yüzeylerinde lekelenmelere, kimyasal tepkimeler sonucu asidik ve şelat metabolik ürünlerinin açığa çıkmasına neden olarak taş eserlerde yüzeysel bozulmalara yol açmaktadır. Algler çoğunlukla taş eserlere

yüzeysel zararlar verirken diğer taraftan kökleri ile taşın derinliklerine doğru baskı oluşturarak, taşın çatlamasına yol açabilir. (Caneva ve Salvadori, 1988; 196-197).

2.3.4. Yosunlar (Kara Yosunları)

Çok hücreli ve sporlarla üreyen fotosentetik kara yosunları mantar, liken ve alglerden daha gelişmiş kara bitkileridir. Yosunlar orman zeminleri, ağaç kabukları ve çeşitli taşlar gibi engebeli ve nemli bölgelerde yaşam alanlarını oluşturmaktadır. Kayaçların yüzeyinde taşın nemini absorbe ederek köklerini taşların yüzeyinden içeriye doğru hareket ettirmektedir. Bu durum taşların ayrışmasında etkin rol oynamaktadır. Rüzgâr etkisiyle taşınan tozlar, bitki tohumları ve lifleri, hayvan artıkları gibi kalıntıları tutarak taş yüzeyinde toprak oluşumuna ve yeni organizmaların üreyip gelişmesine sebep olmaktadır. Ayrıca çimento ve kireç harcı gibi alkali yüzeyler yosunların üreme ortamlarını oluşturmaktadır (Torraca, 2005: 50).

2.3.5. Likenler

Sarı, kırmızı, yeşil, turuncu, siyah ve beyaz gibi çeşitli renklerde sert ve kırılgan yapılı likenler taş, toprak, ağaç kabuğu, kiremit gibi çeşitli alan ve yüzeylerde yaşayabilmektedir. Likenlerin çöllerden kutup bölgelerine kadar farklı iklim özelliklerinde yaşayabilen çok çeşitli türleri bulunmaktadır. Hava kirliliğinin çok olduğu bölgelerde dayanımı azdır. Likenlerin morfolojisini, alglerin (su yosunları) ve mantarların ortak yaşam alanları oluşturmaktadır. Yapıları çukur ve krater şeklinde deliklere benzemektedir (Caneva ve Salvadori, 1988: 197-199).

Likenlerin fotosentez yapamadığı ortamlarda da yaşayabiliyor olması taşlar üzerinde uzun yıllar kalabilmelerine olanak sağlamaktadır. Silikatlı ve kalkerli taşların yüzey ve iç bölgelerinde kolonize olan likenler su emici özellikleri ile taşı sürekli nemli tutarak kargir yapılarda nem artışına yol açmaktadır. Bu durum taş eserlerde tahribata neden olmaktadır. Likenler taşların yüzeyinde ya da hiflerini taşın derinliklerine penetre ederek gelişimlerini göstermektedirler. Salgıladıkları asitlerle taşlara sıkıca tutunurlar. Bu durum taş yüzeylerinde aşınmalara ve yüzey kayıplarına sebep olmaktadır. Atmosferik hava kirleticilerin yoğun olduğu bölgelerde gelişimleri

az olup hava kirliliğinden kaynaklı atmosferdeki gazlara karşı hassasiyetleri fazladır (Clair ve Seaward, 2004: 2-6).

Likenler biyolojik bozulma faktörü olarak taşlarda fiziksel, kimyasal ayrışmalara yol açmaktadır fakat bunun yanında biyolojik olmayan bozulma faktörlerine karşı da koruyucu etkide olabilmektedir. Likenlerin taş yüzeylerinden uzaklaştırılması taş yüzeylerini savunmasız durumda bırakabilir fakat aynı zamanda taş yüzeylerinde kalması da biyolojik bozulma etkilerinin devam etmesi anlamına gelmektedir (Doehne ve Price, 2010: 20-24; Caneva, vd., 1991: 96-98).

2.3.6. Bitkiler

Bitkiler fotosentez yaparak kendi besinini üretebilen, kökleri ile toprağa tutunan makro organizmalardır. Bitkiler yaşamaları için suya duydukları ihtiyacı yağmur sularından ya da topraktan karşılayamazlarsa köklerini ulaşabildikleri su kaynaklarına doğru yönlendirip karşısına çıkan taşları çatlatarak su kaynaklarına doğru ilerleyebilirler. Bitkiler kökleri, gövdeleri, tırmanıcılık özellikleri, yaprakları ve gövdelerinin tutuculuk özellikleri, taşların ayrışmasında mekanik ve kimyasal faktör olmaktadır. Bazı ağaçların kökleri çok kalın, karışık ve uzun olduğu için tarihi taş yapıları mekanik olarak ağır tahribata uğratmaktadır (Sırt, 2011: 23-24; Winkler, 1975: 159-160).

Bitki kökleri, otsu bitkiler ve sarmaşıklar taşların gözeneklerine hücum ederek büyüyüp gelişme göstermektedirler. Bitkilerin taşlar üzerinde gösterdiği gelişim öncelikle taşlarda fiziksel ve mekanik ayrışmalara yol açmaktadır. Taşlarda gözlemlenen çatlama, kırılma ve parçalanma tahribatları rüzgârlarla taşınan toz partikülleri, bitki tohumları ve hayvan artıkları taşların çatlak ve boşluklu alanlarına girerek burada tekrar yaşam alanlarının oluşmasına sebep olmaktadır. Ayrıca sarmaşık gibi tırmanıcı bitkiler taşların boşluklarına ve derzlerine girmektedirler (Şekil 2.6). Bu bölgelerde tutunup tarihi taş yapıların hava almasını engelleyerek sürekli nemli kalmasına yol açmaktadır. Taşların yapısına etki eden bu durum, kimyasal ayrışma faktörü oluşturmaktadır (Caneva ve Salvadori, 1988: 200-201; Antonella, vd., 2000: 439).

Şekil 2.6: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Cephesi 2019-Mart (sol) ve 2019-Ağustos (sağ) aylarına ait bitkilerin yapı üzerindeki aktivasyonu.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

2.3.7. Hayvanlar

Hayvanlar taşlarda delme, oyuk açma ve kazmak gibi mekanik ve fiziksel tahribatlara yol açarken, hayvanların gübreleri, artıkları ve salgıladıkları asitler ise kimyasal ayrışma faktörlerine sebep olmaktadır.

Tarihi taş yapılarda sıklıkla karşılaşılan kuşların dışkısında yaklaşık %2 oranında fosforik asit bulunmaktadır. Fosforik asit taşlarla reaksiyona girerek taşlarda ayrışmalara yol açmaktadır. Bu ayrışmalar taşların üzerindeki desen, motif, detay ve birtakım şekillerin deformasyonu şeklinde olmaktadır. Ayrıca hayvanların dışkılarında bulunan fosfat ve nitrat da taşların ayrışmasına etki etmektedir. Taşların yüzeyinde, gözenek ve boşluklarında yaşayan kene, böcek, örümcek, arı, sinek ve karınca gibi hayvanlar bulunmaktadır. Bunların içerisinden sinekler taş yüzeylerine

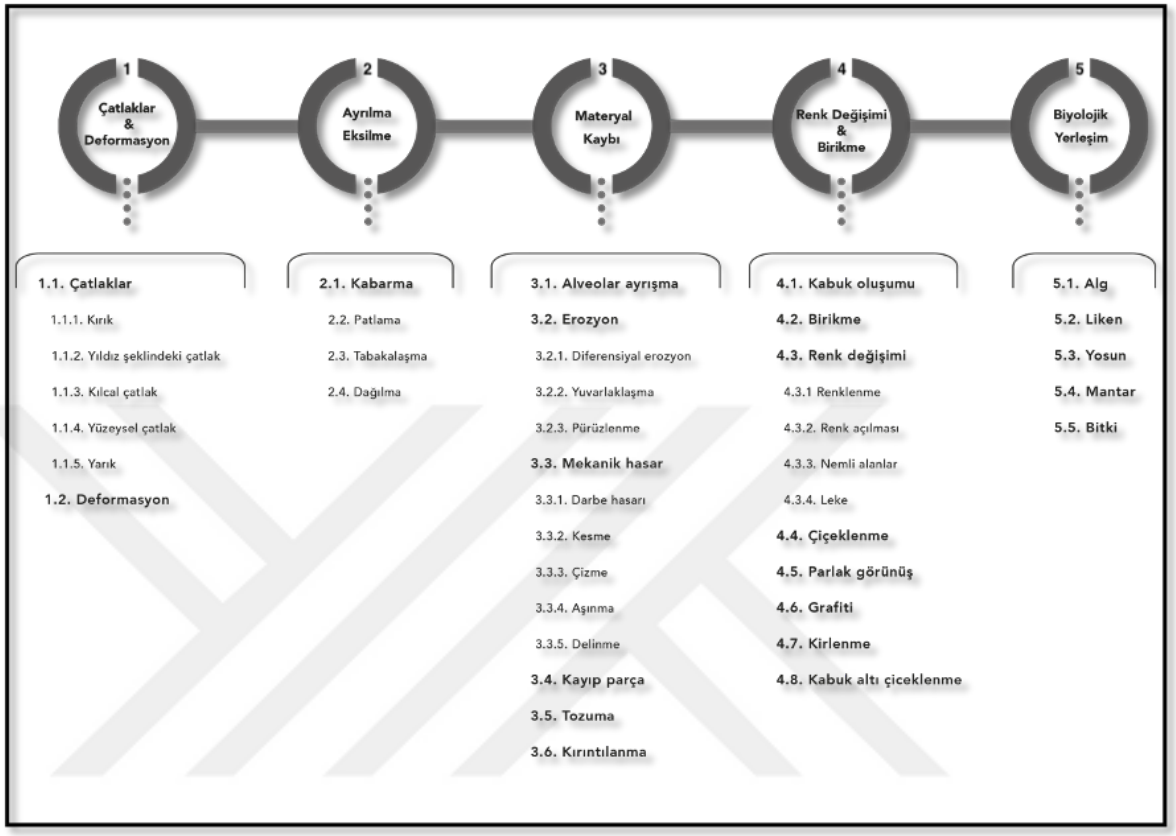
atıklar bırakırken ve beslenmek için taşların yüzeyinden maddeler alırken oyuklar oluşturarak taş yüzeylerinde zaman içerisinde kayıplara sebep olmaktadır (Caneva, vd., 1991: 102; Tiano, 2002: 8).

2.4. Taşlarda Gözlemlenen Bozulma Türleri

Zaman içerisinde taşların jeolojik yapısı, mineralojik yapısı, ocaktan çıkarılması, işlenmesi, ortam koşulları, topografya ve iklimsel etmenleri gibi birçok faktör taşlarda fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışmalara yol açmaktadır. Taşlarda gözlemlenen bozulmalar, yüzeyinde ve iç yapısında çatlak, kirlenme, kabuklanma, tozuma ve parçalanma gibi farklı biçimlerde gözlemlenmektedir (Heiner ve Siegesmund, 2014: 349-364). Taşlarda gözlemlenen bozulma durumu ve türleri taş eserler üzerinde çizim, belgeleme ve lejant oluşturma gibi haritalama metodu ile gerçekleştirilmektedir. Bu metot ile yapının ayrıntılı bilgileri sunulmaktadır. Böylelikle tarihi taş yapılarda gerçekleştirilecek koruma-onarım çalışmalarının ana hattı belirlenebilir.

Bozulma türleri ve yoğunluğu taşlarda ayrışmalara sebep olan etmenlerin taş yüzeylerinde oluşturdukları etkilerin neticesidir. ICOMOS-ISCS bu bozulma türlerini genel olarak çatlaklar ve deformasyon, ayrılma/eksilme, materyal kaybı, renk değişimi ve birikme, biyolojik yerleşim gibi 5 ana başlık altında toplamıştır (ICOMOS-ISCS, 2008). Bozulma türlerinin detaylı formları çok geniş olup Şekil 2.7.'de özet şekilde verilmiştir (Şekil 2.7). Taşlarda gözlemlenen bozulma türleri, biçimleri ve çeşitliliklerine ek olarak ayrışma yoğunlukları da 1 ile 5 arasında derecelendirme sistemi ile yapılabilmektedir. Ayrışma dereceleri kültür varlıklarının mevcut durum tespitinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin taşlarda gözlemlenen parça kaybının orijinal taş yüzeyinden derinliği, taş yüzeyinde oluşan tabakalaşma, kabuk oluşumu ve çatlakların genişliği ölçülebilir bozulma değişkenleri olarak gösterilebilir (Heiner ve Siegesmund, 2014: 349-364; Çorapçıoğlu, 1995: 104-106; Öcal ve Dal, 2012: 69-117).

Şekil 2.7: Bozulma türlerinin sınıflandırılması.



Kaynak: Öcal ve Dal, 2012: 73-74.

2.4.1. Çatlaklar ve Deformasyon

Taşlarda parça kaybı olmadan yapısında gerçekleşen değişimler ayrışma türlerini oluşturmaktadır. Taşlarda çeşitli nedenlerden dolayı oluşan kılcal çatlaklar, tek çatlak ya da çatlaklar ağı taşların mekanik dayanımını azaltmaktadır. Taşlarda bozulma sonucu görülen çatlaklar, taşların jeolojik yapısından doğal sebeplerden kaynaklanabilirken taşın ocaktan çıkartılıp işlenmesi sürecinde de oluşabilmektedir. Bu bozulma sınıfının altında kırık, yıldız şeklinde çatlak, kılcal çatlak, çatlaklar ağı ve yarık sıralanabilmektedir (ICOMOS-ISCS, 2008).

Kırık (fracture): Taş parçalarının düşmeden birbirinden ayrılması şeklinde taşlarda boydan boya çatlakların gelişerek oluşturduğu bozulma türüdür.

Yıldız şeklinde kırık (star crack): Fiziksel bir darbe sonucu oluşan çatlaklardır.

Kılcal çatlak (hair crack): 0,1 mm ölçülerinde olan çatlaklardır.

Çatlaklar ağı (fissuring): Daha çok kireç taşlarında gözlemlenen kısa formdaki çatlakların birbirine bağlı ağ şeklinde oluşmasıdır.

Yarık (splitting): Taşlarda oluşan çatlakların ileri aşamalarıdır. Geniş aralıklardaki büyük çatlaklar olarak da tanımlanabilir.

Deformasyon: Taşlarda, özellikle mermerlerde, iç bükey, dış bükey gibi bükülme veya şekil değişikliği şeklindeki bozulma türleridir.

2.4.2. Ayrılma/Eksilme

Ayrılma veya eksilme taş eserlerde çözünme yoluyla gerçekleşip tabakalaşma, kabarma, patlama ve dağılma bozulma türleri olarak ele alınabilir (ICOMOS-ISCS, 2008).

Tabakalaşma: Boyutları mm'den cm'ye değişen bozulma türü sıcaklık, nem ve tuz kristallenmesi gibi taşların ayrışmasına etki eden kimyasal reaksiyonlar neticesinde taş yüzeylerinde ince katlar halinde soyulması veya taş yüzeyine paralel levhalar oluşturması şeklinde gözlemlenmektedir. Taş yüzeyinde plaka şeklinde oluşan ayrılmalar ince yapılı levhalar halinde tek ve çok katlı olup ince tabaka ya da pullanma olarak da adlandırılmaktadır.

Kabarma: Taş yüzeyinin altı ile arasına hava dolması sonucu oluşan yarım küre şeklindeki yükseklikliklerdir. Tuzların sebep olduğu kabul edilen bu bozulma türü genellikle sedimanter kayaçlarda görülmektedir.

Patlama: Taşın iç basıncından kaynaklanan biçimsiz bir şekilde taştan parça ayrılmasıdır. Taşlarda bulunan ya da sonra dahil olan tuz, kil gibi bazı mineraller ve taşlardaki metallerin oksitlenmesi sonucu ortaya çıkan metal ürünlerinin hacim

artışına bağlı olarak gerçekleşebilmektedir. Taşlarda mekanik yöntemlerle gerçekleşen kırılmalarla karıştırılmamalıdır.

Dağılma: Boyutları mm'den cm'ye değişkenlik gösteren taşların yüzeyinden düzensiz ve yoğun parçacıklar şeklinde parçalanma yoluyla materyal kaybetmesidir.

2.4.3. Materyal Kaybı

Taşlarda çeşitli etkiler sonucunda materyal kaybı oluşmaktadır. Bu ayrışma türleri taşların genel ve bölgesel deformasyona uğramasına ve morfolojik değişimlerine sebep olarak orijinal görünümlerinden uzaklaşmasına yol açmaktadır. Alveolar ayrışma, erozyon, mekanik hasar, kırıntılanma, tozuma ve parça kaybı materyal kaybı bozulma türlerinin bazılarını oluşturmaktadır (ICOMOS-ISCS, 2008).

Alveolar ayrışma: Değişken boyut ve şekillerde taş yüzeylerinde birbirine bağlı şekilde oluşmuş boşluklardır. Arı peteği, alveolar bozulma ve alveolar aşınma olarak da bilinen bozulma türü taşların kimyasal, fiziksel özellikleri, homojen olmayan yapısı ile ilişkilidir. Taşlarda gözlemlenen oyuklanma ve çukurlaşma gibi bozulma türleri de alveolizasyon ile ilgilidir.

Erozyon: Yağmur, dolu, kar, rüzgâr gibi çeşitli iklimsel olaylar ve beşeri faktörlerin etkisiyle taşların yüzeyinde, kabartma veya desen olan bölgelerinde yumuşak hatların homojen olarak aşınmasıdır. Açık havada sergilenen taş eserlerde, bazı arkeolojik alanlarda ve tarihi taş yapıların cephelerinde gözlemlenmektedir. Taşların yapısına göre erozyonlar taş yüzeylerinde farklılık göstermektedir. Taşların homojen yapısı bölgesel ya da genel anlamda aşınmalara sebep olmaktadır. Taşların bozulma türlerinden erozyon, diferansiyel erozyon, pürüzlenme ve yuvarlaklanma şeklinde oluşmaktadır.

Mekanik Hasar: Taşlarda fiziksel bir etki sonucu oluşan hasarlardır. Bu bozulma türünde daha çok beşerî faktörler etkin olup taş yüzeylerinde çizme, kazıma, kesme ve şok darbeler şeklinde gözlemlenmektedir.

Kırıntılanma: Taşların kendi yapısından veya is ve partiküller gibi atmosferik hava kirleticilerine maruz kalmış taş yüzeylerinde ve daha çok karbonatlı taşlarda yaygın bir şekilde görülmektedir.

Tozuma: Karıncalanma olarak da bilinen, korozyonun önemli etkisi olduğu ve daha çok killi kireç taşlarında görülen, taşın pudra halinde ele yapışması şeklinde görülen bozulma türüdür.

Parça kaybı: Taş bir heykele ait el, kol, ayak, burun, parmak ve bir yapıya ait çeşitli eklenti, kabartma, motiflerin çeşitli nedenlerden dolayı orijinal yüzeyden eksilmesi şeklinde görülen bozulma türüdür.

2.4.4. Renk Değişimi

Her taşın kimliğini oluşturan bir rengi vardır. Taşların renk tonu (yeşil, siyah, mavi, beyaz), renklerinin açık-koyuluğu (açık mavi, koyu yeşil) ve renk yoğunluğu gibi değişkenler taşlardaki bozulma türlerinden renk değişimlerinin açıklanmasında kullanılabilir. Taşların yapısına ait çeşitli minerallerin oksitlenerek ayrışması ve mikrobiyolojik organizmaların taşlarda koloni oluşturarak zaman içerisinde taşın orijinal renginin farklı renklerle değişime uğraması şeklinde görülmektedir. Renk açılması/ağarma, renklenme, leke ve nemli alanlar gibi bozulma türleri taşlarda gözlemlenen renk değişimi bozulma biçiminin sınıflandırmasına girmektedir (ICOMOS-ISCS, 2008).

Renk açılması/ağarma: Genellikle koyu renkli taşlardaki demir ve mangan bileşiklerinin kimyasal ayrışması ile taş yüzeyinde gözlemlenen beyazlama şeklindeki bozulma biçimidir.

Renklenme: Genellikle taş yüzeylerinde bazen de iç kısımlarında gözlemlenen renklenmelere genellikle tuzlanmalar sebep olmaktadır. Taş üzerine aplike edilen ya da inşa sürecinde yapı elemanı olarak taşlarda bulunan demir, kurşun ve bakır gibi metallerin okside olması ile taşlarda yeşil, kızıl ve kahve gibi çeşitli renklenmeler oluşturmaktadır.

Leke: Taşlarda depozit olan yaprak, çiçek gibi organik maddeler zamanla ayrışarak taş yüzeylerinde sınırlı alanlarda lekelenme olarak gözlemlenmektedir.

Nemli alanlar: Tarihi taş yapılar yağmur suları, kapiler hareketlilik, higroskopik tuzlar ve yoğuşmalar ile neme maruz kaldığı alanlardaki taşların renklerinde koyulaşmalar gözlemlenmektedir.

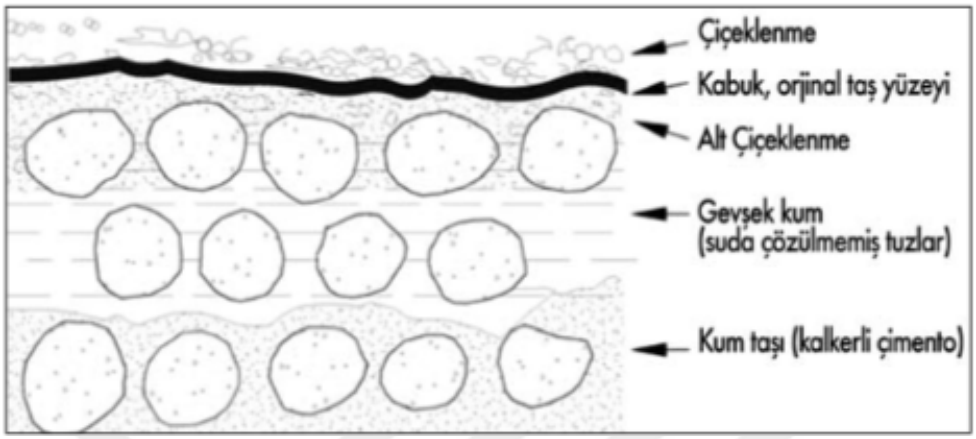
2.4.5. Birikme

Taş yüzeylerine doğal ya da beşeri faktörlerin etkisi ile çeşitli yollarla gelen organik-inorganik yabancı maddelerin oluşturduğu birikimleri tanımlayan bozulma biçimidir. Havadaki gaz, partikül ve is gibi atmosferik kirleticiler, tuzlanmalar, yarasa ve kuş gibi hayvanların dışkıları, biyolojik kolonizasyonlar, oksitlenmiş metaller, boya ve harçların oluşturduğu tabakalar bu tanıma girmektedir. Bunlar nem ve suyun farklı yollarla taş yüzeylerinde ve yüzey altında tutunarak birikmesi şeklinde bozulma formu oluşturmaktadırlar. Bu bozulma formları organik-inorganik lekelenmeler olarak kirlenme, insanların çeşitli boyalarla oluşturduğu grafitiler, tuzların kristalizasyonu, daha çok yapıların kullanımdan kaynaklı zemin ve korkuluk alanlarındaki yüzeylerde oluşan parlak görünüş ve tüm bu etkenlerin kabuklanma olarak oluşturduğu bozulma formları, taş yüzeylerinde birikmenin oluşturduğu bozulma türünü kapsamaktadır (ICOMOS-ISCS, 2008).

Tuz kristallenmesi: Çözünebilir tuzların, taşların yüzeyinde veya yüzeyin hemen altında su, nem hareketliliği ve sıcaklık etkisi ile birlikte kristalize olmasıdır. Tuz kristallenmesi taşın yüzeyinde çiçeklenme, yüzey altında kabuk altı çiçeklenme, renksiz ya da beyazımsı renkte birikim şeklinde bozulma biçimini oluşturmaktadır[5] (Şekil 2.8).

[5] Tuzların kristalizasyonu ile ilgili detaylı bilgi için bkz.: 2.2.1.3.1. Tuz Kristalizasyonu bölümü.

Şekil 2.8: Taşlarda çiçeklenme oluşumu.



Kaynak: Winkler, 1997: 162.

Kirlenme: Taş yüzeylerinde toz, toprak, çamur, kül, partikül, çeşitli yağlar ve boyalar, metalik korozyonlar ve organik lekeler gibi taşların yapısı ile ilgisi olmayan doğal ya da beşeri faktörlerin etkisi ile yabancı maddelerin birikerek oluşturduğu lekelenmeler şeklindeki bozulma türüdür.

Grafiti: Beşeri faktörlerin etkisi ile taş yüzeylerine çeşitli boyalarla çizim ve boyama yapılmasıdır. Taş yüzeylerde ince katmanlar halinde kabuklanma oluşturmaktadır. Bu bozulma formları bazı durumlarda tarihsel ve kültürel hafıza oluşturduğu için korunması tercih edilebilir.

Parlak görünüş: Yapılarda zamanla kullanımdan ya da koruma-onarım çalışmalarından dolayı daha çok döşemelerde parlama şeklinde gözlemlenen bozulmalardır.

2.4.6. Biyolojik Yerleşim

Biyolojik yerleşim bakteri, alg, liken, yosun ve mantar gibi mikrobiyolojik organizmalar ile odunsu bitkilerin taş yüzeylerinde birikmesi sonucu oluşturduğu bozulma biçimidir. Biyolojik yerleşim "biyolojik kolonizasyon" ya da "biyolojik gelişme" olarak da adlandırılır. Genelde koloni şeklinde taş yüzeyini kapatan

biyolojik organizmalar fiziksel, kimyasal ve mekanik etkilerle taşların ayrışmasına yol açmaktadırlar. Mikrobiyolojik organizmalar böcek, kuş ve çeşitli odunsu bitkilerin yaşayıp gelişebilmesi için yeni yaşam alanları oluşturmaktadır. Biyofilm veya biyopatina, taşların yüzeyinde kalınlığı 2 mm'yi geçmeyen bir veya daha fazla mikrobiyolojik organizmaların tabakalaşması olarak tanımlanmaktadır. Taş yüzeylerinde koloni halinde yaşayan biyolojik organizmaları, taşların üzerine biriken yabancı maddelerle karıştırmamak gereklidir. Örneğin kuş ve yarasa dışkıları birikim olarak sınıflandırılırken örümcek ağları ve kuş yuvaları biyolojik yerleşim içerisine girmektedir.

Likenler ve algler farklı renklerde leke ve kabuk şeklinde oluşum gösterip taş yüzeyinde bulunan mikro çatlakların büyümesine ve yüzey yapısının deformasyonuna yol açmaktadır. Yosunlar ortamın nemlilik oranına göre farklı renklerde taş yüzeylerinde tabaka oluşturup iyi ışık alan yerlerde yeşil renk alırlar. Taş yüzeylerinde ağarma, gözenek ve çatlaklar oluşturmaktadır. Ayrıca taş yüzeyi ile arasında ince toprak tabakası oluşturmaktadır. Fungi veya küf olarak da bilinen mantarlar taş yüzeylerinde siyah, beyaz ve gri renklerde pudramsı lekelenmeler şeklinde görülmektedir (Öcal ve Dal, 2012: 110-118).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
TARİHİ TAŞ YAPILARIN KORUMA UYGULAMALARINDA TEMİZLİK YÖNTEMLERİ

Sanayinin gelişmesi ile artış gösteren atmosfere yayılan gazlar, hava kirliliği, iklimsel etmenler, şehirlerdeki iskanın ve nüfus yoğunluğunun artması, buna bağlı olarak araç trafiğindeki artış, tarihi taş yapılara fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulma şeklinde etki etmektedir.[6] Tarihi taş yapılarda meydana gelen bozulmaları önlemek üzere bozulmaya neden olan sebeplerin tespiti ve en uygun koruma yöntemlerinin araştırılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Yapıların özgünlüğü korunarak, uygun koruma yöntemleri ve disiplinler arası çalışmalarla sağlıklı bir şekilde geleceğe aktarılması koruma biliminin temel görevlerindendir. Eserlerin sadece biçimini değil aynı zamanda eserin kimliğini oluşturan üretim malzemesinin, yapım teknolojisinin ve döneminin, bütüncül bir şekilde geleceğe aktarılması korumanın amaçları arasındadır.

Kültür varlıklarının koruma-onarım çalışmalarında koruma basamakları genel olarak; belgeleme, teşhis, uygulama (temizleme, sağlamlaştırma, dolgu-tümleme, yüzey koruyucusu), rutin bakım, depolama ve sergileme şeklinde sıralanabilmektedir fakat eserin mevcut durumu göz önünde bulundurularak koruma-onarım basamaklarının işlem sırası değiştirilebilir, çoğaltılabilir ya da uygulanmayabilir. Koruma uygulamaları ile tarihi taş yapıların bozulmasına etki eden değişken koşullara karşı yapının özgünlüğü göz önünde bulundurularak taşın direncinin artırılması ve çeşitli temizlik uygulamaları ile teşhis edilen bozulmalarını mümkün olduğu kadar hafifletmek veya durdurmak hedeflenmektedir.

Tarihi taş yapılarda 19. yüzyılın ortalarında başlayan koruma çalışmaları 1930'lu yıllara kadar bilimsel olarak denetlenmemiştir. 1930'lu yıllardan itibaren taş bozulmaların nedenleri ve yapılan uygulamaların sakıncalarına ve dezavantajlarına değinilmiştir. 1970'lerde yapılan çalışmalarda yapılardaki bozulmaların teşhis, temizleme, sağlamlaştırma ve yüzey korumaları gibi işlem basamaklarının ayrı ayrı

[6] Detaylı bilgi için bkz.: İkinci Bölüm.

ele alınması gerektiği vurgulanmıştır. 1970'li yıllardan 1990'lı yılların ortasına kadar tarihi taş yapıların bozulma süreçleri, morfolojileri ve uygulama yapılan sağlamlaştırıcı ve su iticilerin etkileri ile ilgili yoğun bilimsel çalışmaların yapıldığı dönemdir. 1995 ile 2010 yılları arası, aynı konuların daha detaylı ve yoğun bir şekilde araştırılıp fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulmaların, temizleme tekniklerinin, sağlamlaştırıcıların ve su iticilerin etkilerinin anlaşılıp emülsiyon ve nano teknolojik ürünlerin koruma uygulamalarında denemelerin yapıldığı dönemdir (Ersen, 2011).

Tarihi taş yapılarda temizlik yöntemlerinin belirlenmesi, yapıyı meydana getiren malzemenin mevcut durumu, uzaklaştırılacak kirliliğin niteliği ve miktarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Temizlik yöntemleri ile yapıya zarar veren çözünebilir tuzların etkisi ile taş yüzeyinde veya yüzey altında meydana gelen birikintiler, yosun, otsu, odunsu gibi biyolojik oluşumlar, yapının çevresinde tarihi ve estetik değeri olmayan etkenler uzaklaştırılmaktadır. Temizlik uygulamalarının geri dönüşümsüz olduğu göz önünde bulundurularak tarihi taş yapıların yüzeyinde zaman içerisinde doğal koruyucu bir tabaka olan patina ve orijinal taş yüzeyine zarar vermeden uzman personel tarafından çok dikkatli ve kontrollü bir şekilde temizliğin yapılması gerekmektedir. Temizlik uygulamalarında birkaç farklı yöntem bir arada gerçekleştirilebilir fakat geniş alanlarda yapılan temizlik çalışmalarında tamamıyla zararsız ve kesin sonuç verecek bir temizlik yönteminin olmadığı da bilinmelidir. Bu sebeple temizlik uygulaması yapılan alanlarda yöntem veya yöntemlerin kontrol edilebilir olması önem oluşturmaktadır (Ersen ve Güleç, 2009).

3.1. Temizlik Yöntemleri

Tarihi taş yapılarda temizlik işlemleri koruma sürecinde önemli bir adımı oluşturmaktadır. Yapılara uygulanan koruma yöntemlerinin genel başarısı büyük ölçüde temizlik işleminin doğruluğuna ve estetik kalitesine bağlıdır. Temizlik, atmosferik etkilere maruz kalan yapıların korunmasında gerekli bir eylemdir çünkü çözünebilir tuzlar gibi yapının bozulmasına etki eden ürünlerin uzaklaştırılmasını

sağlayıp sağlamlaştırma ve yüzey koruyucuları gibi diğer koruma uygulamalarına zemin hazırlamaktadır (Fassina, 1994: 126; Normandin ve Slaton, 2015).

Yapının malzemesi, görünümü ve tarihi dokusu gibi mevcut durumu ve koşulları dikkate alınarak temizlik yöntem veya yöntemlerinin seçilmesi gerekmektedir. Temizlik yapılacak taşın orijinal yüzeyi ile zaman içerisinde çeşitli faktörlerle oluşan "birikimlerin" tarihi yapının bir parçası olduğu ileri sürülmektedir. Yapıların yüzeyinde biriken kir katmanlarını, yapının yüzeyinde zamanla gelişen ve doğal bir koruyucu olarak yapının karakter tanımlayıcı özelliklerinin parçası haline gelen patinasından ayırmak zor olabilir. Yapı, bir taraftan eskiyip kullanım ömrü tehlikeye girerken, öte taraftan da eskiliği nedeniyle yeni bir anlam kazanır. Patina, yapının dış ve iç yüzeyine söz konusu eskimeyle eklenen katmanın adıdır. Onu hem bir atmosferik kir katmanı ve yaşanmışlık kanıtı olarak örter, hem de aynı katmanın daha derinlere işlemesini engelleyen bir koruyucu kılıf işlevi görür (https://komunkoy.blogspot.com/2018/12/ugur-tanyeli-atinada-patina.html erişim tarihi: 23.04.2020).

Yapılarda temizlik işlemlerinin gerekli olup olmadığına dikkat etmek için birçok sorunun yanıtlanması gerekmektedir. Yapının neden temizlenmesi gerekiyor? Yapıda temizlik uygulamaları yapılırsa veya yapılmazsa bozulma süreci devam eder mi? Yapıya zarar vermeden temizlik uygulamaları yapılabilir mi? Bu sorular ışığında temizlik işlemleri için uygun yöntem veya yöntemlerle dikkatli bir çalışma yapılsa dahi, yapılan temizlik çalışması yeterli midir? Bu sorular temizlik yönteminin sınırlarını ve kriterlerini belirlemek için önem oluşturmaktadır (Slaton ve Normandin, 2005: 8-12).

Temizlik çalışmalarına başlamadan önce herhangi bir temizlik yöntemine karar vermek ve sınırlarını belirlemek önemlidir. Örneğin; kireç taşlı yapılarda çeşitli bozulma faktörlerin etkisi ile yüzeyde su ve rüzgâr aşındırmasına maruz kalan bölgelerde, beyazdan kahverengine ve siyaha doğru kir kaynaklı birikintilerin oluştuğu gözlemlenmektedir. Bu yüzeylerin tümü önemli ölçüde farklılık gösterebileceği için hedeflenen temizleme seviyesinin sınırlarını belirlemek basit bir

işlem değildir (Doehne ve Price, 2010: 30). Aynı zamanda temizlik işlemlerinde yapının mevcut durumunun dikkatle ele alınması gerekmektedir. Örneğin, kırılgan bir taş yüzeyi için genellikle orta veya yüksek basınçlarda uygulanan su veya aşındırıcıları içeren temizlik sistemleri uygun olmayabilir. Demir minerali içeren taşların güçlü asidik kimyasallarla temizlenmesi taş yüzeyinde lekelenmelere sebep olabilmektedir ve bazı yüksek demir içeriğine sahip açık renkli taşlar su ile yapılan temizlik işlemlerinde de lekelenmelere karşı hassasiyet gösterebilmektedir. Uygun olmayan temizlik yöntemleri taşların patinasına zarar vererek yapıların yüzeylerinde lekelenmelere bağlı renk değişiklikleri, erozyon, tozuma gibi yüzey kayıplarına sebep olabilmektedir. Bu durum ilerleyen zamanda yapılarda oluşabilecek kir birikmesi, nem emilimi ve yüzeylerde gözlemlenen deformasyon gibi çeşitli bozulma faktörlerinin oranını artırabilmektedir.

Temizlik Yöntemlerinin Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar: Tarihi taş yapılarda uygulanan temizlik yöntemleri dikkat, özen ve yetkinlikle yapılmadığı takdirde tehlikeli bir süreci başlatmaktadır. Bu nedenle tarihi taş yapılarda temizleme yöntem veya yöntemleri aşağıdaki kriterlere göre dikkatle seçilmelidir (Fassina, 1994: 127).

- Temizlik uygulamalarının geri dönüşümü olmadığı göz önünde bulundurularak temizleme yöntemlerinin seçiminde avantajlar ve dezavantajlar dikkatle düşünülmeli ve planlanmalıdır.
- Temizlik yöntemleri yapıya doğrudan veya dolaylı olarak zarar vermemelidir.
- Taş yüzeyindeki patinanın mümkün olan maksimum alanda korunmasına özen gösterilmelidir.
- Çözünebilir tuzlar veya biyolojik aktivasyon gibi yapıya zarar veren etkenlerin ilerleyen zamanlarda yan ürünler üretmesi hafifletilmeli, kontrol altına alınmalı veya engellenmelidir.
- Uygulamanın uzman personel tarafından yapılması ve temizlik yönteminin uzman personel tarafından kontrol edilebilir olması gereklidir.
- Seçilen temizlik yöntemlerinin, diğer yapı elemanları, uygulayıcı uzman personel ve çevre için tehlike arz etmemesi gerekmektedir.

- Yapılan uygulamalar yapı üzerinde yeni aşınma süreçlerine potansiyel oluşturabileceği öngörülerek yöntemin mikro çatlak, aşınma gibi yüzey deformasyonlarına etki etmemesi gerekmektedir.
- Uygun olmayan veya yetersiz kalan temizlik yöntemi ya da yöntemleri, yapı üzerinde kısa sürede yeniden temizlik uygulamalarının gerçekleştirilmesine sebep olacaktır.
- Yapının ayrışmasına etki eden kirlilik kaynakları tespit edilip azaltılmadıkça yapılan temizlik uygulamalarının uzun vadede etkileri azalacaktır.
- Temizlik uygulamaları gerçekleştirilen yüzeydeki farklı alanlarda bütüncül estetik dengenin, orijinal taş yüzeyine minimum zarar ve maksimum koruma ile sağlanması gerekmektedir.
- En uygun yöntemin seçilmesinde taşın kimyasal, mineralojik, fiziksel özellikleri ile yapının bozulma durumu, yapıya zarar veren etkenlerin niteliği ve niceliği önem oluşturmaktadır.
- Uygun temizleme yöntem ya da yöntemlerine karar verilirken tercih edilen araç ve kimyasal ürünler ile yapı üzerinde spot testler yapılmalı, etkinliği takip edilmelidir.
- Temizlik çalışmalarında yapının özgünlüğü dikkate alınmalı; yapının tarihi, kullanım şekli ve yapım tekniğine ait izleri yok etmeden orijinal dokusunu korumak için uygun temizlik yöntemleri seçilmesi önemlidir.

Tarihi taş yapıların temizlik çalışmalarında asıl amaç yapının patinasına zarar vermeden yapıyı inşa edildiği ilk günkü haline getirmek değil; yapının estetik ve tarihsel değerine bağlı kalarak konservasyon ve restorasyon ilkeleri ışığında, yapının bozulmasına etki eden kir kaynaklarını çeşitli yöntemlerle durdurmak, azaltmak veya engellemektir. Yapının mevcut durumu göz önünde bulundurularak temizlik yöntemlerinin seçiminde birden fazla yöntem bir arada kullanılabilmektedir. Aynı zamanda temizlik yöntemlerinin seçiminde yapı açısından risk oluşturabilecek yöntemler önerilen ve önerilmeyen temizlik yöntemleri olarak belirtilmektedir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Önerilen ve önerilmeyen temizlik yöntemleri.

ÖNERİLEN TEMİZLİK YÖNTEMLERİ	ÖNERİLMEYEN TEMİZLİK YÖNTEMLERİ
□ Kuru temizlik □ Atomize (zerre) su ile temizlik □ Absorblayıcı kil ve kağıt hamurlarıyla temizlik □ Kimyasal temizlik (temizleyici jeller ve çözeltiler) □ İyon değiştirici reçinelerle temizlik □ Mekanik temizlik (kontrollü kumlama, ultrasonik temizleyiciler, spatül-bisturi, vb. küçük aletler) □ Lazer ile temizlik	□ Asit ve bazlarla kimyasal temizlik □ Kontrolsüz kuru ve ıslak kumlama ile temizlik □ Yüksek basınçlı su veya buharla temizlik □ Yakarak temizlik □ Tarak, tel fırça, spiral, zımpara ile mekanik temizlik

Kaynak: Güleç, 2009: 178.

Tarihi taş yapılarda temizlik yöntemleri yukarıda belirtilen kriterler ve kullanılan tekniklere göre sınıflandırılmaktadır. Bu yöntemler su ile yapılan temizlik, mekanik temizlik, kimyasal temizlik ve diğer temizlik yöntemleri olarak sınıflandırılmaktadır.

3.1.1. Su ile Yapılan Temizlik Yöntemleri

Su ile yapılan temizlik yöntemlerinde depozit olmuş kir katmanları, su ile yumuşatılıp aşındırılarak yüzeyden kir tabakasını parçacıklar halinde uzaklaştırmaktadır. Kontrolü çok zor olan sulu temizlik yöntemleri, basınçlı su ile temizlik, atomize su ile temizlik, su buharı ile temizlik ve sulu kumlama ile yapılan temizlik yöntemleri şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Su ile yapılan temizlik yöntemlerinde, uygulama yapılacak kirli bölgelere, kurulan kontstrüksiyon ile sistemli aralıklar ve belli sürelerle yukarıdan aşağıya doğru yıkama şeklinde temizlik gerçekleştirilmektedir. Depozit durumdaki kir tabakası, yüzeyden su ve çeşitli yumuşak fırçalar yardımı ile kontrollü bir şekilde ovalanarak uzaklaştırılmaktadır. Suyun kontrolünün zor olması yapı için büyük riskler oluşturmaktadır. Su ile yapılan temizlik yöntemleri suda çözünebilir tuzların hareketlenmesi, su sızmaları, suyun tabanda birikmesi ve drenaj problemi, metal donatıları olan yapılarda korozyon oluşumunu tetiklemesi, suyun zor kontrol

edilebilmesi ve suyun basıncına bağlı olarak çatlak, parça kopması ve ayrılmalara yol açabilmektedir. Ayrıca soğuk hava koşullarında yapılan temizlik çalışmalarında suyun taş gözeneklerinde donma-çözülme döngüsü, taşların bozulma sürecini hızlandırmaktadır (Ashurst 1998:126-128; Torraca, 2009: 98).

3.1.1.1. Basınçlı Su ile Temizlik

Suyun kompresör yardımı ile belli basınç aralıklarında kir tabakasını aşındırması ile yapılan temizlik yöntemidir. Tarihi taş yapıların yüzeyinde kabuk oluşturmuş kir tabakaları su ile yumuşatılıp yumuşak uçlu fırçalarla uzaklaştırmak için tekrar su ile durulanır. Basınçlı su ile yapılan temizlikte suyun basıncı, hacmi, akışı, suyun çıktığı nozulun niteliği, uygulama yapılan yüzey ile mesafesi ve hava koşulları gibi faktörler önem oluşturmaktadır. Basınçlı su yöntemi kirin niteliğine ve yapının tarihi eser niteliği taşıyıp taşımadığına bağlı olarak çok düşük (3bar), düşük (7-14bar), orta (14-27bar) ve yüksek basınçlı (27-55bar) su ile sürekli veya aralıklı olarak yapılmaktadır (Slaton ve Normandin, 2005: 15).

Yüksek basınçlarda kontrolsüz olarak yapılan temizlik uygulamaları tarihi taş yapılar ve taş eserler için uygun olmayan temizlik yöntemidir. Tarihi eser niteliği taşımayan az gözenekli ve düşük su emme özelliğine sahip taş yapılara uygulanabilir. Yüksek basınçlarda su ile temizlik, potansiyel olarak yumuşak veya kırılgan taş yüzeylerini aşındırabilir. Çatlak, kopma ve ayrılma gibi bozulma faktörlerinin gözlemlendiği taşlara uygulanmamalıdır. Düşük basınçlarda su ile yapılan temizlik uygulamaları, yüksek basınçlı su ile temizlik uygulamalarına nispeten daha kontrollüdür. Kirli yüzeylere etkisi yavaş ve uygulama süresi uzun olan yöntem, suyun taşın bünyesine nüfuz etmesine sebep olmaktadır. Bu durum taş yapılarda bozulmalara etki etmektedir (Fassina, 1994: 128).

3.1.1.2. Atomize Su ile Temizlik

Bu yöntemde su, kirli yüzeylere atomize (zerrecikler) olarak düşük basınçta yağmurlama şeklinde püskürtülür. Uygulama düzeneği, temizlik yapılacak kirli yüzeye belirli mesafede (en az 50 cm) yağmurlama yapacak şekilde kurulur. Çok küçük su taneleri havada bir sis şeklinde asılı kalarak kir katmanlarını herhangi bir mekanik etki olmadan uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Kirli yüzeye direk temas, çatlak, kopma ve ayrılma gözlemlenen taşlarda ve 15^{o}C'nin altındaki sıcaklıklarda uygulama risk oluşturabilir. Bu yöntemin taş yüzeyindeki aşındırıcı etkisi az olmakla birlikte kirli yüzeylerin temizlenmesinde oldukça etkilidir. Bu yöntem kirlerin yüzeyden tamamen uzaklaştırılmasında etkin değildir. Bu yöntemde, uygulamanın gerçekleşmesi için çok fazla zaman ve çok su kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer su ile yapılan temizlik yöntemleri gibi atomize su püskürtme yöntemi ile yapılan temizlik çalışmaları da kontrolsüz olabilir. Su sızması, çözünebilir tuzların hareketliliği, gözenekli ve hasarlı taş yapılarda bu yöntemin risk faktörlerini göz önünde bulundurmak gereklidir (Ashurst 1998:128).

3.1.1.3. Su Buharı ile Temizlik

Bu yöntemde mekanik temizlik uygulamalarının zor olduğu düzensiz yüzeylerde su buharı yaklaşık 0,5 bar (0,5 kgf/cm^2) basınçla kirli yüzeylere uygulanıp çeşitli yumuşak uçlu fırçalarla ovalanarak kir tabakasının uzaklaştırılması sağlanabilir. Yüksek buhar sıcaklığı taşlarda çözünebilir tuzların hareket etmesine etki ederek nem kaynaklı çiçeklenme ve lekelenmeler gibi bozulmalara sebep olabilir. Operatör açısından tehlike barındıran, kontrolsüz ve uygulamasında risk faktörleri olan bu yöntem, tarihi eser niteliği olmayan kirli yüzeylerde uygulanabilir (Fassina, 1994: 129).

3.1.1.4. Sulu Kumlama ile Temizlik

Bu yöntemde 0,5-3 bar (0,5-3 kgf/cm) basınçta su ve kum karışımı, yüzeylerdeki kir tabakasını aşındırmaktadır. Bu yöntemin uygulanmasında aşındırıcı kumun niteliği, tane boyutu, sertliği, su ve kum oranı, uygulama mesafesi ve basınç değeri gibi parametreler önem oluşturmaktadır (Ashurst 1998:129). Uygulama esnasında toz oluşmaması ya da az toz oluşması operatör ve çevre açısından avantaj olsa da tarihi taş yapılarda çözünebilir tuzların harekete geçmesi, su sızması, yapının tabanına su birikmesi, suyun yapıdan drenajı gibi faktörler dezavantaj oluşturmaktadır. Kontrolü kısıtlı olan bu yöntemin, 15ºC'nin altındaki sıcaklıklarda yapılan uygulamaları risk oluşturabilir (Fassina, 1994: 129).

3.1.2. Mekanik Temizlik Yöntemleri

Tarihi taş yapılarda mekanik temizlik yöntemleri genel olarak küçük el aletleri ile yapılan temizlik, kumlama, mikro kumlama (kontrollü kumlama) ile yapılan temizlik yöntemleridir. Diğer temizlik yöntemleri olarak lazer ve kuru buz ile yapılan temizlik yöntemleri sınıflandırılabilir.

3.1.2.1. Küçük El Aletleri ile Temizlik

Bistüri, spatül ve dişçi aletleri gibi küçük el aletleri ile yapılan mekanik temizlik çalışmalarında, yüzeyde gözlemlenen kir tabakası hassas bir şekilde uzaklaştırılmaktadır. Kontrolün tamamen operatörde olduğu bu yöntem yüzeydeki bezemenin, desen gibi detayların arasındaki depozit kirlerin ve hassas yüzeylerin dikkatli bir şekilde temizlenmesine olanak sağlamaktadır. Tarak, tel fırça, zımpara, spiral motorlar kullanılarak yapılan temizlik yöntemleri çok eski, kontrolsüz şekilde taşın yüzeyinin tamamen yok edildiği uygun olmayan mekanik temizlik yöntemleri arasındadır.

3.1.2.2. Kumlama ile Temizlik

Taş yüzeyine basınç ile püskürtülen kum parçacıklarının aşındırıcı etkisine dayanan bu yöntem taş yüzeylerinde kayıplara sebep olmaktadır. Bu yöntem kaba kuvarz, silis ve dolomit tanelerinin, geniş nozuldan yüksek basınç altında uygulanması ile gerçekleştirilmektedir. Eski bir yöntem olan kumlamanın yapı üzerindeki aşındırıcı etkisi çok güçlüdür. Kumlama ile yapılan temizlik çalışmalarının ucuz, hızlı ve kontrolsüz olmasının yanı sıra operatör ve çevre açısından tozuma gibi büyük riskleri bulunmaktadır. Ciddi bozulma faktörleri gözlemlenen yapılarda kontrolü son derece zayıf olan bu yöntem, yapılarda yüzey tabakasının yok olmasına, çatlak ve parça kayıplarına sebep olmaktadır. Bu nedenle tarihi eser niteliği taşıyan yapıların ve diğer eserlerin temizlik uygulamalarında önerilmeyen yöntemlerdendir (Ashurst 1998:129; Fassina, 1994: 129).

3.1.2.3. Mikro Kumlama (Kontrollü Kumlama) ile Temizlik

Mekanik temizleme yöntemlerinden mikro kumlama, kumlama ile aynı prensipte çalışmaktadır. Mikron ölçüsündeki aşındırıcılar sınırlı basınç değerlerinde tarihi yapılardaki kir tabakalarına uygulanarak, kirli yüzeylerin parçacıklar halinde aşınmasını sağlamaktadır. Genellikle 80-60 μ (mikro metre) elek açıklığında garnet, kalsit, dolomit ya da fındık, yumurta, ceviz kabuğu, mısır koçanı gibi organik agregaların yaklaşık 1 atm basınçta kirli yüzeye kontrollü bir şekilde püskürtüldüğü temizleme uygulamasıdır. Düşük seviyedeki aşındırıcı güç kirli yüzeyde daha az mekanik etkiye sebep olmaktadır. Püskürtmenin gerçekleştiği nozul ölçülerinin (0,8 mm, 1,2 mm, 1,8 mm) dar olması tarihi taş yapılardaki kirli yüzeylerin temizlenmesinde operatörün kontrolü sağlamasına yeterli imkanı vermektedir. Operatör tarafından oldukça kontrol edilebilir bir sistem olan mikro kumlama, temizlenecek yüzey, operatör ve çevre açısından çok az risk taşımaktadır. Mikro kumlama, hasarlı ve zayıf dirençli yapılarda da temizleme avantajı sağlayabilmektedir (Slaton ve Normandin, 2005: 19; Normandin ve Slaton, 2015: 143-145; Ersen, 2011).

Kumlama ile yapılan temizlik çalışmalarında temizlik yapılacak yüzeyin niteliği göz önünde bulundurularak aşındırıcıların kökeni, tane boyutu, sertliği, şekli, uygulama basıncı, mesafesi ile nozul boyutu gibi parametreler dikkatle seçilmeli ve takip edilmelidir. Uzman personel tarafından uygulama gerçekleştirilmelidir. Temizlik çalışmaları uzman olmayan kişiler tarafından yapıldığı takdirde yapıya geri dönüşü olmayan zararlar vererek bozulma sürecini hızlandırabilir. Uygulama yapan uzman personelin koruyucu gözlük, kulaklık, maske, eldiven ve uygun kıyafet giymesi iş güvenliği açısından zorunludur. Ayrıca temizlik yapılacak yapının çevresinde veya iç kısımlarında oluşabilecek kirlilikler için kapı, pencere sövelerinden izolasyon sağlamak, tüm yüzeyi koruyucu brandalarla kapatmak gibi gerekli önlemler alınmalıdır.

3.1.3. Kimyasal Temizlik Yöntemleri

Tarihi taş yapılarda yapılan kimyasal temizlik çalışmaları, yüzeydeki kirin niteliği ve taşın yapısına bağlı olarak değişmektedir. Kimyasal temizlik yöntemleri ile yapıdaki tuzların uzaklaştırılması veya azaltılması, taş yüzeyinde depozit olmuş kirlerin uzaklaştırılması, biyolojik bozulma süreçlerinin pasifize edilmesi amaçlanmaktadır. Temizlik yöntemlerinin yapı açısından kontrol ve takip edilebilir olması, çevre ve uzman personel açısından tehlike oluşturmaması önemlidir.

Tarihi taş yapıların temizliğinde eski ve önerilmeyen kimyasal temizlik yöntemlerinden olan güçlü asit ve alkali uygulamaları, kontrol edilemeyen etkileri nedeniyle taş yapıların zaman içerisinde daha hızlı ve daha fazla bozulmasına sebep olmaktadır. Hidroklorik asit (HCI), sülfirik asit (H_2SO_4), nitrik asit (HNO_3) ve hiroflorik asit (HF) başlıca tehlikeli asitlerdendir. Asitler taş yüzeyini düzensiz olarak aşındırır ve taşların gözeneklerinden bünyesine nüfuz ederek çözünebilir tuzların oluşumuna neden olmaktadır. Asitlerle yapılan temizlik çalışmaları, kireç taşlarında yeni bozulma süreçlerine mevcut durumundan daha yüksek oranda sebep olmaktadır. Asit kullanımı leke, renk ve doku gibi taş yüzeylerinde agresif etkilere sebep olup olumsuz etkileri uzun sürebilir veya taş yüzeylerinde etkileri yıllar sonra görülebilir (Fassina, 1994: 130).

Alkali temizleyiciler de tıpkı asitler gibi tarihi taş yapılarda yıkıcı etkilere sahiptir. Eski ve önerilemeyen temizlik çalışmalarında yaygın olarak sodyum hidroksit (NaOH) ve amonyum hidroksit (NH_4OH) kullanılmaktadır. Alkalilerle yapılan temizlik çalışmaları, sonrasında yapılarda çözünebilir tuzların oluşumuna sebep olmaktadır. Kontrolü oldukça zor ve agresif yöntemlerden biri olan alkali ile temizlik çalışmaları taş yüzeylerinde lekelenmelere veya çözünebilir tuz gibi yan ürünlerin oluşmasına sebep olmaktadır (Winkler, 1997: 278).

3.1.3.1.Kil ve Kâğıt Hamuru ile Temizlik

Yapı cephelerinde kirli yüzeylerin temizlenmesinde çok eskiden beri uygulanan yöntemlerdendir. Bu yöntemde atapulgit, sepiolit, kaolin ve bentonit gibi kısa selüloz lifli, yüksek emici killerden veya kâğıt hamurlarından faydalanılmaktadır. Uygulama yapılacak bölgeye kil veya kâğıt hamurları ile deiyonize su kompres yapılır. Killerden oluşturulan lapalar, taş yüzeyine yapıştırılarak yüzeydeki çözünebilir tuz, yağ ve mum gibi depozit kirler temizlenmektedir. Bu yöntem, kalın kir katmanlarında ve taşın gözeneklerinde birikmiş kirlerin uzaklaştırılmasında çok fazla etkiye sahip olmayıp zayıf taş yüzeylerinde yapışmaya bağlı olarak yüzeyden parça kopmasına sebep olabilir (Zakar ve Eyüpgiller, 2018: 122). Kâğıt hamuru ile yapılan uygulama, çözünebilir tuzların uzaklaştırılması ya da azaltılmasında daha etkilidir. Deiyonize su, kâğıt hamurundan oluşturulan lapanın içinden gözenekli taşın bünyesine doğru hareket ederek çözünebilir tuzların dışarıya doğru taş yüzeyinden uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Bu durum taşın bünyesinde bulunan yüksek konsantrasyondaki tuz çözeltisini, düşük konsantrasyondaki lapaya doğru difüzyon oluşturarak emilimini gerçekleştirir. Tekrar eden ve uzun süren bu işlemde yüzeyden çıkan tuz miktarları kontrol edilerek yöntemin etkinliği denetlenebilmektedir. Yapı cephelerinin yüzeyinde gözlemlenen kir katmanlarının çözülmesi amacıyla EDTA (etilen diamin tetra asetikasit) sodyum tuzları, amonyum karbonat, amonyum bikarbonat ve sodyum bikarbonat yüzeye kompres edilmektedir. Bu uygulamada sodyum bikarbonat tuzlarının uygulama yapılan yüzeyde çok fazla sodyum iyonu

oluşturması, kullanımı açısından sakınca göstermektedir (Verges-Belmin ve Siedel, 2005; Normandin ve Slaton, 2015: 149-154).

3.1.3.2. Jel ve Lapa ile Temizlik

AB 57: Rome's Istituto Centrale del Restauro şef konservatörleri Paulo ve Laura Mora tarafından geliştirilen AB 57 kirli taş yüzeylerin temizlenmesinde yaygın olarak kullanılan oldukça etkili bir yöntemdir (http://artwatch.org.uk/tag/paolo-mora/ erişim tarihi: 12.05.2020). Kâğıt hamuru veya lapa şeklinde kirli yüzeye uygulan AB 57 karışımının içeriği;

- Deiyonize su 1000 ml
- Amonyum bikarbonat 30 gr
- Sodyum bikarbonat 30 gr
- Di sodyum EDTA 25 gr
- Desojen 10 ml
- Karboksimetilselüloz (CMC) 60 gr

AB 57 karışımının içeriğinde bulunan di sodyum EDTA, kabuk oluşturmuş kalker tabakasının ve demir korozyonu lekelerinin giderilmesinde etkili olup, bikarbonatlar, karışımı bazik (pH 7.5) hale getirerek alçı taşı gibi bazı tuzların çözülmesinde etkilidir. Karışımın içerisindeki sodyum bikarbonat tuzlarının uygulama yapılan yüzeyde çok fazla sodyum iyonu oluşturması, kullanımı açısından sakınca göstermektedir. Karboksimetilselüloz (CMC) karışımın kıvamını artırırken, desojen ise sürfaktan (yüzey aktif madde) ve dezenfektan etkisi oluşturmaktadır (Fassina, 1994: 131; Doehne ve Price, 2010: 32).

Uygulama yapılacak yüzey öncelikle hafifçe deiyonize su ile nemlendirilerek toz tabakası sünger ya da yumuşak uçlu fırçalar ile alınmalıdır. Yüzey kuruduktan sonra, hazırlanan lapa kirli yüzeye bölgesel olarak 2-3 cm kalınlığında kompres edilmeli ve çözeltinin hızlıca buharlaşmaması için streç film ile hava almayacak şekilde kapatılmalıdır. Uygulamanın servis süresi yüzeydeki kirin niteliğine bağlı olarak 1-

24 saat arasında olup belli aralıklarla lapanın kuruyup kurumadığı kontrol edilmelidir. Lapanın kurumasından sonra streç film açılarak yüzeyden alınır ve bol deiyonize su ile yumuşak uçlu fırçalardan faydalanılarak uygulama yapılan yüzeyin kimyasallardan arındırılması sağlanır. Temizlik yapılan yüzey sürekli kontrol edilerek kirin yüzeydeki durumuna göre 2 veya daha fazla uygulama tekrarlanır (Torraca, 2009: 98-99).

Yöntem daha çok 1 mm kalınlığındaki kir tabakalarının uzaklaştırılmasında etkin olup kalın depozit durumdaki kirlerde çok etkili değildir. Uygulama, çok gözenekli ve yüzey kayıplarının gözlemlendiği taş yüzeylerinde risk oluşturmaktadır. Bu durum uygulama esnasında taş yüzeyinde parça kayıplarına sebep olup gözenekli taşların boşluklarında birikerek kimyasalların yan ürünler oluşturmasına etki edebilir. Yöntemin büyük kirli taş yüzeylerinde kontrolü oldukça zor olup uygulaması uzun zaman almaktadır. Gerekli iş güvenliği sağlanan uzman personeller tarafından uygulamaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yöntem belirlenmeden önce temizlik yapılacak alanlarda küçük spot denemeler yapılıp yapıda nasıl reaksiyonlar verdiği gözlemlenmelidir (Slaton ve Normandin, 2005: 22). Temizlik esnasında AB 57 yapı yüzeyinden uzaklaştırılırken zemine veya toprağa ulaşmadan tahliye edilmesi gerekliliği iyi planlanmalıdır. Aksi takdirde zemine ulaşan kimyasal, doğa, çevre ve insan sağlığı açısından olumsuz etkilere sebep olabilir.

Lateks Kompresi: Kimyasal temizlik yöntemlerinden Mora (AB 57) karışımın geliştirilmiş versiyonu olan lateks kompresi, özellikle mermer, yoğun kalker, granit veya yüzeyi iyi korunmuş fazla gözenekli olmayan kireç taşlarında uygulanmaktadır. Ticari adı "Arte Mundit" olan lateks kompresi iç mekanlarda yaygın kullanım alanı bulmuştur. Lateks kompresi, fırça ve spreyleme yöntemi ile yüzeylere uygulanmaktadır. Kirli yüzeylere etki ettikten sonra soyularak yüzeyden sökülmektedir. Lateks kompresi, taşların gözeneklerinde birikmiş kirlerde etki etmemektedir. Ayrıca yüzey kayıplarının gözlemlendiği zayıf taş yüzeylerinde yöntemin yüzeye yapışmasına bağlı olarak parçalar halinde ayrılmalara sebep olmaktadır. (Stancliffe, vd., 2005: 97; Normandin ve Slaton, 2015: 149-154; Ersen, 2011: 7).

*Biyolojik Temizleme:*1970'li yıllarda kil kompreslerine üre ve gliserolün katılmasıyla biyolojik temizleme denemeleri yapılmıştır. Mermer yüzeylerinde depozit olmuş siyah alçıtaşının temizlenmesinde sülfat indirgeyen "Desulfovibrio Desulfuricans" bakterileri kullanılmıştır. Bu uygulama kalsiyum sülfat dihidratın kalsiyuma karbonata dönüşmesine etki etmektedir. Mermer yüzeyinde oluşan su yosunu kaynaklı lekelerin ve toprak altında kalan mermer parçalarının temizlenmesinde "Trametes Versicolor" mantarlarından elde edilen enzimler kullanılmıştır. Taş yüzeylerin temizlenmesinde biyolojik temizlik yöntemleri sınırlı yüzeylerde ve küçük objelerde denenmiş olup, geniş ölçekli mimari yüzeylerde uygulama yapılmamıştır (Doehne ve Price, 2010: 33; Ersen, 2011: 7).

Biyosidler: Tarihi taş yapılarda gözlemlenen biyolojik aktivasyon, çeşitli sebeplerden kaynaklanan bakteri, yosun, liken, alg, mantar ve gelişmiş bitkiler şeklinde oluşum göstermektedir.[7] Biyolojik aktivasyon taş yüzeyinde bazen atmosferik kirleticilerin etki ettiği bozulma türleri ile karıştırılabilir. Yüzeydeki kir kaynaklarının atmosferik etkiden mi yoksa biyolojik aktivasyondan mı olduğunun anlaşılması önem oluşturmaktadır. Çünkü taşların yüzeyinde oluşan kirlerin çeşitli temizlik yöntemleri ile yüzeyden uzaklaştırılmasında biyosit içermeyen temizlik çalışmaları, biyolojik aktivasyonun tekrar etmesine sebep olabilir. Yosun, bakteri, alg ve yabani otlar gibi biyolojik büyümenin engellenmesi için mekanik temizlik çalışmaları ile birlikte biyosidal etkiye sahip kimyasal temizleyiciler kullanılmaktadır. Taş yüzeyinde uygulanacak biyositlerin seçiminde bazı kriterler bulunmaktadır; Taşın orijinal yapısında renk, doku değişimi ve lekelenmelere sebep olamamalıdır. Yağışların etkisi ile taş yüzeyinden yıkanmamalı ve UV ışıklara karşı dirençli olmalıdır. Uygulama yapan uzman personele ve çevreye zarar vermemelidir (Slaton ve Normandin, 2005: 24-26; Doehne ve Price, 2010: 47-48).

Biyolojik aktivasyonun tamamen ortadan kaldırılması nem kaynağının bulunduğu atmosferik etkilere açık ortamda zor olabilir, biyolojik aktivasyon nemli, gölgede kalan özellikle gözenekli taş yüzeylerinde yeniden ortaya çıkma eğilimindedir. Bu

[7] Biyolojik bozulma faktörleri ile ilgili detaylı bilgi için bkz.: 2.3. Biyolojik Bozulma Faktörleri.

sebeple yapılarda biyolojik büyümenin pasifize edilmesi, nem kaynaklarının tespit edilmesi ve döngüsel bakım ile kontrol edilebilir.

Titanyum dioksit ($Ti O_2$): Genellikle yarı iletken malzemelerde uygulandığında güneş enerjisinin etkisi ile uygulanan yüzeylerin fotokataliz etkisini artırarak yüzeylerde biriken organik ve inorganik kirletici maddelerin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Kendi kendini temizleme işlemini gerçekleştirebilen titanyum dioksit gıda endüstrisi, kozmetik, inşaat sektörü, kâğıt üretimi, cam, boya ve yapı malzemeleri gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Titatunyum dioksitin, yüksek kataliz verimi, kimyasal kararlılık, toksik olmama, geleneksel yapı malzemeleri ile uyumlu olması gibi özellikleri son yıllarda tarihi yapılarda yaygın kullanım alanı bulmasına imkân vermiştir (Quagliarini, vd., 2012).

Titanyum dioksitin fotokataliz ve hidrofililik özellikleri kendi kendini temizleme dinamiğini sağlamaktadır. Titanyum dioksit uygulanan yüzeylerde film tabakası oluşturarak kirleticilerin ve harici ajanların yüzey ile temasını azaltır ve bu tabaka dış etkiler ile oluşan kirlerin yüzeylerde birikmesini engeller. Bu uygulama, birçok taş yüzeyin ile yapı elemanlarının korunmasını ve bakımını sağlayabilir. Titanyum dioksit uygulaması şeffaf, kendi kendini temizleyen özellikleriyle Yapıların yüzeyinde kirletici maddelerin birikmesini engelleyerek başlaması muhtemel birçok bozulma etkisini azaltabilir (Quagliarini, vd., 2012).

Kimyasal temizlik yöntemlerinin uygulanmasında yapının mevcut durumu göz önünde bulundurularak, temizlik öncesinde bazen sağlamlaştırma çalışmaları gerekmektedir. Aksi takdirde tozuma, çatlak ve yüzey kayıplarının gözlemlendiği hassas taş yüzeylerinde ayrılma ve parça kopması gibi hasarlar meydana gelebilir. Bazı kireç taşları gibi çok gözenekli taşlarda kimyasal temizlik uygulamaları risk oluşturabilir.

3.1.4. Diğer Temizlik Yöntemleri

Teknolojik gelişmelerle birlikte tarihi taş yapıların temizlik çalışmalarında lazer ve kuru buz yöntemleri ile temizlik çalışmaları diğer temizlik yöntemleri olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemlerde kirli yüzeylerin mekanik olarak aşındırılması ile temizlik çalışmaları gerçekleşmektedir. Bu uygulamalarla yapılan temizlik çalışmalarında da avantajlar ve dezavantajlar bulunmaktadır.

3.1.4.1. Lazer ile Temizlik *(Light Amplification by Stimulated Emission Of Radiation)*

Lazer ile kültür varlıklarının korunmasına dair ilk denemeler 1970'lerde J. Asmus tarafından Venedik'te tarihi yapıların mermer yüzeylerinde gerçekleştirilmiştir. 1990'lı yılların başlarında Paris'te Chartes ve Notre Dame gibi katedrallerin dış cephelerinde, 1995 yılında Toskana bölgesinde bulunan Mausoleo di Teodorico'da desteklenen bir proje ile optik fiberle dağıtılan lazer ışını, alanda ilk kez test edilmiştir. Daha çok laboratuvar ortamında kullanılan lazer son 15-20 yılda tarihi taş yapıların temizliği gibi uygulamalarda yaygın kullanım alanı bulmuştur. (Zanini, vd., 2010; Dajnowski, vd., 2009).

Isı bazlı yöntem olan lazerle tarihi taş yapıların temizliği, lazer ışınlarının kir tabakasını yakarak yüzeyden uzaklaştırması ile gerçekleştirilmektedir. Lazer ışınlarının dalga boyu kirin niteliğine göre ayarlanabilmektedir. 2 farklı tipte dalga boyları bulunmaktadır. Bunlar FR (serbest devinimli) ve QS anahtarlamalı sistemlerdir. QS anahtarlama modunda çalışan lazer darbeleri kısa darbeler şeklinde 1-100 nano saniye şeklinde gerçekleşirken FR (serbest devinimli) lazer darbelerinin süreleri 200 μs (mikro saniye) ile mili saniye aralığında değişmektedir. Yapılarda kirlerin koyu renkli depozit oluşturduğu açık renkli taşlarda kızılötesi ışınlar, taşın orijinal yüzeyine vardığında yansıma yaparak ileri bir etki yapmamaktadır (Doehne ve Price, 2010: 31-32; Slaton ve Normandin, 2005: 20; Normandin ve Slaton, 2015: 147-149).

Hassas yüzeylerin temizlenmesinde lazer kullanımı oldukça etkili olup taşın bünyesinde bulunan çözünebilir tuzların hareketlenmesini sağlayacak hiçbir çözücü etkisi bulunmamaktadır. Lazerin gönderdiği kızılötesi ışının enerjisi ani ısı ile yüzeydeki kir tabakasını noktasal vuruşlarla uzaklaştırmaktadır. Lazerle temizleme yönteminde, taş yüzeyini mekanik aşındırmasında, kimyasal reaksiyon ve su ile aşırı temas söz konusu olmayıp temizlenecek yüzey iki nedenden dolayı hafifçe nemlendirilmektedir (Fassina, 1994: 132):

1- Nem, yapının yüzeyindeki kir tabakasının daha da koyulaşmasına etki etmektedir. Böylelikle yüksek radyasyon emilimi ve koyu renkli kir tabakasının yüzeyden daha etkili uzaklaştırılmasını sağlamaktadır.
2- Nemli olmayan bölgelerde uygulama esnasında salınan zararlı karbon kalıntısı ve duman operatör açısından risk oluşturmaktadır.

Mimari temizlik çalışmalarında kullanım alanı bulan lazer, pahalı ve çok zaman alması nedeniyle kullanımı küçük objelerde daha yaygındır. Lazer 20 cm mesafeden taş yüzeyine nokta şeklinde oldukça dar atışlar yaparak uygulanmaktadır. Bu sebeple geniş yüzeylerde uygulama alanı zaman, maliyet gibi etkenlerden dolayı kısıtlıdır. Koyu ve çok renkli taş yüzeylerinde özenle uygulanmalıdır. Lazerle temizlik çalışmalarının dezavantajlı yönlerinden birisi de yüzeylerde renk değişimleri gerçekleştirmesidir (Cooper, vd., 1995). Uzman personel tarafından koruyucu gözlük ve uygun kıyafet giyilmesi iş güvenliği açısından önem oluşturmaktadır. Bu yöntemin taş yüzeyinde fiziksel ve kimyasal etkileri, ışın dalga boyları ve atış gücünün seçilmesi, diğer temizlik yöntemleri ile karşılaştırılması, operatör ve kullanım açısından olumlu ve olumsuz etkileri araştırılmaktadır (Verges-Belmin ve Dignard, 2003).

3.1.4.2. Kuru Buz ile Temizlik

Tarihi taş yapıların kirli yüzeylerine donmuş karbondioksit (CO_2) veya kuru buz agregaları ile gerçekleştirilen mekanik aşındırıcı bir yöntemdir. Donmuş karbondioksit veya kuru buz, belli bir basınç ile sıcak taş yüzeyine temas ettirildiğinde ısının transferi sonucu taş yüzeyinde hızlı bir buharlaşma ile mikro patlamalar meydana gelmektedir. Bu mikro patlamalar, yüzeydeki kir katmanlarını aşındırarak uzaklaştırmaktadır (Slaton ve Normandin, 2005: 20). Bu yöntem kumlama, mikro kumlama gibi diğer mekanik aşındırıcı yöntemlerden farklı olarak tozuma nedeniyle çevreye verilen rahatsızlığı ortadan kaldırmaktadır. Bu yöntem taş, tuğla, ahşap ve metal gibi farklı yüzeylerde denenmektedir. En başarılı sonuçlar metal yüzeylerin temizliğinde gerçekleşmektedir. Tarihi taş yüzeylerin temizliğinde patinaya zarar vermesi, yüzeylerde kontrolsüz aşındırma yapması, başarılı sonuçlar vermemesi ve yöntemin maliyeti nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır (Ersen, 2011:8; MEB, 2013: 6).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ EDEBİYAT FAKÜLTESİ GÜNEY DIŞ CEPHESİNDE TESPİT EDİLEN BOZULMALAR

Tarihi taş yapılarda çeşitli bozulma nedenleri ve bozulma formları gözlemlenmektedir.[8] Tarihi yapılarda meydana gelen bozulma faktörlerini uzaklaştırmak, engellemek veya hafifletebilmek için bozulmaya sebep olan faktörlerin tespiti, yapılacak koruma-onarım uygulamalarının en önemli basamağını oluşturmaktadır.

Teşhis süreci koruma-onarım çalışmalarının önemli bir aşamasıdır. Bu süreçte yapıda gerçekleşen bozulmaların tanımlanması, bozulmaya etki eden faktörlerin kaynağının tespit edilmesi ile gerekli veya acil müdahale bölgelerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Teşhis süreci yapı üzerinde gerçekleştirilecek koruma-onarım çalışmalarının planlamasına katkı sağlamaktadır.

4.1. Zeynep Hanım Konağından Günümüze İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Tarihçesi

Medreseler, Osmanlı Devleti'nin yüksek eğitim ve öğretim veren kurumları niteliğindedir. Fatih, Ayasofya, Zeyrek (Pantkrotor) ve Süleymaniye Medreseleri bunlardan bazılarını oluşturmaktadır. Medreseler 18. yüzyıla kadar aktif bir şekilde yüksek öğretim veren kurumlar olarak varlığını sürdürmüştür. Sultan Abdülmecid döneminde (1839-1861) eğitim sisteminde birtakım düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemeler kapsamında, 1846'da Darülfünun (Fenler evi) adı altında devlet memuru yetiştirme hedefiyle ilk yüksek öğretim kurumu açılmasına karar verilmiştir. Ayasofya yakınlarında yapılması planlanan Darülfünun binasının yapımını, Mimar Gaspare T. Fosatti'ye üstlenmiştir. Eğitim ve öğretim faaliyeti 13 Ocak 1863 yılında henüz Darülfünun binasının inşası tamamlanmadan başlamıştır. 1865 yılında binanın geçici olarak Maliye Nezaretine tahsis edilmesi nedeniyle eğitime Çemberlitaş'ta bulunan Nuri Paşa konağında devam edilmiştir. 1865 yılında çıkan Hocapaşa

[8] Detaylı bilgi için bkz.: İkinci Bölüm.

yangınında Nuri Paşa Konağı'nın yanması ile Darülfünun kapanmıştır (Batur, 1994; İhsanoğlu, 1993).

1869 yılında, Maarif Nazırı Safvet Paşa (1868-1871) döneminde, bugün Çemberlitaş'ta Basın Müzesi olarak kullanılan bina, Darülfünun için inşa edilmiştir. 20 Şubat 1870 tarihinde, Darülfünun-i Osmani adıyla ve 450 öğrencisi ile tekrar resmen açılmıştır. Başlangıçta 3'er yıl eğitim veren Fen, Edebiyat ve Hukuk şubeleri olarak ayrılması planlanmış fakat kısa bir süre sonra şubeler kaldırılıp tüm öğrenciler aynı dersleri almaya başlamıştır. Kurum imkansızlıklardan dolayı 1873 yılında tekrar kapanmıştır. 1874 yılında, başlangıçta Avrupa üniversiteleri gibi Hukuk, Tıp, Edebiyat, Fen ve İlahiyat gibi 5 fakülteli olarak tekrar eğitime başlaması planlanarak, Galatarasay Sultanisi içinde, Hukuk Mektebi ve Turuk u Muabir Mektebi (Yollar ve Köprüler Mektebi) bölümleriyle Darülfünun-ı Sultani adıyla açılmıştır. Bu kurumda 1881 yılında eğitim-öğretim son bulmuştur (Günergun ve Kadıoğlu, 2006; Çelik, 2007: 135-138).

1896 ve 1897 yıllarında Darülfününun yeniden açılması için hazırlıklar yapılmıştır. 1 Eylül 1900 tarihinde 2. Abdülhamid tarafından Darülfunun-ı Şahane olarak eski Mekteb-i Mülkiye binasında eğitim-öğretime başlanmıştır. Bu kurumla beraber eğitimde süreklilik kazanılmış ve 1908'de 2. Meşrutiyetin ilanıyla beraber ismi Darülfünun-i Osmani olmuş, sonrasında İstanbul Darülfününu olarak değiştirilmiştir. Fen, Edebiyat ve İlahiyat fakülteleri Vezneciler'de bulunan Zeynep Hanım Konağı'na nakledilmiş, Tıp Fakültesi de Haydarpaşa'da öğrenim vermeye devam etmiştir. Birinci Dünya Savaşı döneminde Almanya'dan gelen 18 akademisyen ile öğretim kadrosu desteklenmiş olup, 1919'da Darülfünun-ı Osmani Nizamnamesi ile bu kuruma bilimsel özerklik verilmiştir. Osmanlı döneminde 23 yıllık eğitim-öğretim faaliyetinden sonra yeni kurulan Türkiye Cumhuriyeti de 21 Nisan 1924 İstanbul Darülfünun'un tüzel kişiliğini kabul etmiştir. Atatürk'ün üniversite reformu ile 31 Temmuz 1933 tarihinde Darülfünun kapatılıp, 1 Ağustos 1933'te yeni yapısıyla İstanbul Üniversitesi kurulmuştur. 1 Kasım 1933'te Türkiye'nin ilk ve tek üniversitesi olarak eğitime başlamıştır (İhsanoğlu, 1993; Günergun ve Kadıoğlu, 2006; Çelik, 2007: 135-138).

4.1.1. Zeynep Hanım Konağı

Halk arasında "Pamuk Sarayı" olarak bilinen Zeynep Hanım Konağı, Kavalalı Mehmet Ali Paşa'nın kızı, Sadrazam Yusuf Kamil Paşa'nın eşi Zeynep Hanım tarafından 1864 yılında Mısır'daki pamuk çiftliklerinin geliriyle yaptırılmıştır. Tanzimat Dönemi'nin ilk kargir yapılarından olan Zeynep Hanım Konağı 3 katlı, kuzey-güney doğrultusunda gelişen, 79 oda, 7 salon ve 1 hamamdan oluşmaktaydı. Zeynep Hanım Konağı, 1903-1909 yıllarında yetimhane ve sanat okulu (Darü'l-Hayr-i Ali) olarak kullanılmıştır. 1909'da Darülfünun'a tahsis edilen konakta, 1942 yılına kadar Fen, Edebiyat ve İlahiyat Fakültelerinin eğitim-öğretim faaliyetleri yürütmüştür. 1922 yılında Ekrem Hakkı Ayverdi denetiminde onarım geçiren konak, 28 Şubat 1942 yılında yanarak yok olmuştur (Şekil 4.1). Yangından geriye sadece konağın giriş cephesindeki alınlıkta olduğu düşünülen ve bugün Türk ve İslam Eserleri Müzesi'nde bulunan 1280/1864 tarihli mermer üzerine yazılmış kitabe kalmıştır.

1942 yılında yanan Zeynep Hanım Konağı'nın arazisi üzerine (Şekil 4.2), dönemin mimarları Sedat Hakkı Eldem ve Emin Onat tarafından tasarlanan, bugünkü İstanbul Üniversitesi Fen ve Edebiyat Fakültesi binalarının inşası 1952 yılında tamamlanmıştır (Şekil 4.3), (Tanman, 1994: 549-550; Çelik, 2007: 223).

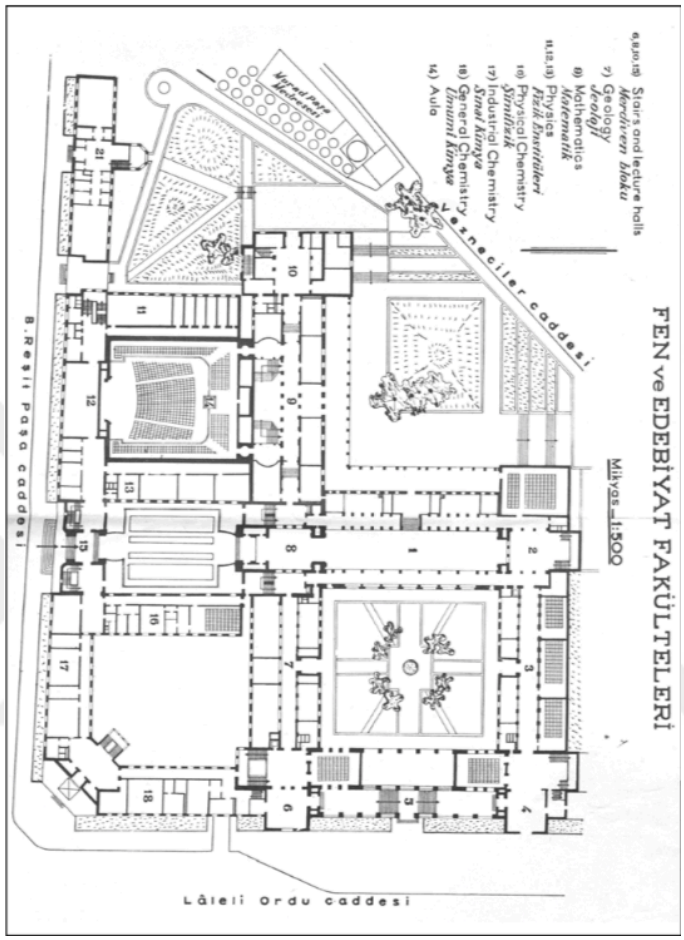
Şekil 4.1: 1909-1942 yıllarında Darülfünun'un faaliyet gösterdiği Zeynep Hanım Konağı.

Kaynak: Günergun ve Kadıoğlu, 2006: 157.

Şekil 4.2: Zeynep Hanım Konağı'nın Pervititch Haritasında vaziyet planı.

Kaynak: Pervititch, 2001: 192.

Şekil 4.3: Mimar Sedat Hakkı Eldem ve Emin Onat tarafından yapılan İstanbul Üniversitesi Fen ve Edebiyat Fakültelerinin planı.



Kaynak: Günergun ve Kadıoğlu, 2006: 156.

4.1.2. Günümüzdeki İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yapısı

1942 yılında inşasına başlanan binaların temel kazıları esnasında Erken Bizans dönemine tarihlenen yapı kalıntılarına rastlanılmıştır. Belgelenen kalıntılar dışında taşınabilir objeler Ayasofya ve İstanbul Arkeoloji Müzeleri'ne teslim edilmiştir. Belgeleme için çizilen planlarda Erken Bizans dönemine tarihlenen üç kilise, sarnıç ve tanımlanamayan yapı kalıntıları bulunmaktadır. 1971-1972 yıllarında Fen Fakültesi'nin bahçesine yapılan ek bina inşaatında dördüncü kilise temelleri tespit edilmiş olup, kalıntılar inşa edilen ek yapının bodrumunda korunmuş durumdadır. Hafriyat işlemi tamamlanan arazi üzerine 1943'te inşa çalışmalarına başlanmıştır.

Yapıların inşa edilmesi planlanan arazinin çevresinde kuzeyde Kuyucu Murat Paşa Külliyesi, doğuda Beyazıt Hamamı ve Seyyid Hasan Paşa Medresesi gibi anıtsal yapılar bulunmaktadır. Fen ve Edebiyat Fakülteleri, Ordu Caddesi, Reşid Paşa Caddesi, Vezneciler Caddesi ve Kimyager Derviş Paşa Sokağı ile sınırlanan yaklaşık üçgen bir arazi üzerine planlanmış olup (Şekil 4.2, 4.3), arazi Beyazıt'tan Laleli yönüne doğru eğime sahip olduğu için cephelerde kot farkı bulunmaktadır. Edebiyat Fakültesi'nin tamamı ve Fen Fakültesi'nin bir kısmı aynı düzlemde geniş saçaklı bir çatı ile örtülüdür. Yapıda kolanatlı cephe kurguları, cephede taş ve yer yer tuğla kullanımı, anıtsal taç kapı, eyvan algısı, dikdörtgen pencereler, yapının bazı bölümlerinde aynalı ve beşik tonoz formunda üst örtüler ve göbekli çıtakari tavan tasarımları tarihselci bir anlayışa gönderme yaparak, Cumhuriyet Dönemi mimarisinin önemli örneklerinden birini oluşturmaktadır (Çobanoğlu ve Yılmaz, 2011).

Edebiyat ve Fen Fakülteleri birbirinden bağımsız işleyen fakat birbiri ile ilişkili yapılar bütünüdür. Ordu caddesi ile Reşid Paşa caddelerinin kesiştiği noktada Kimya Fakültesi olarak tasarlanan ve bugün Su Ürünleri Fakültesi olarak kullanılan yapı bulunmaktadır. Su ürünleri Fakültesinin avlusunda bulunan konteynerden yapılmış kafeteryanın yerine 1 Temmuz 2019 tarihinde açılan İstanbul Üniversitesi Rıdvan Çelikel Arkeoloji Müzesi inşa edilmiştir. Reşid Paşa Caddesi istikametinde kuzeye doğru Fizik binası bulunmaktadır. Bu bina ile Fen Fakültesi binasının arasında küçük bir bahçe bulunmaktadır. Yapıların kuzey yönünde yer alan Vezneciler Caddesi'nden araç girişi ve çıkışı, otopark ve basket potaları bulunmaktadır (Şekil 4.4).

Şekil 4.4: İstanbul Üniversitesi Edebiyat ve Fen Fakülteleri'nin uydu görüntüsü.

Kaynak:https://earth.google.com/web/@41.01093111,28.96025979,50.96022253a,407.35599698d,35y,86.33967065h,4.03465736t,360r

Edebiyat Fakültesi binası kareye yakın dikdörtgen şeklinde bir avlu etrafında oluşturulmuş güney, doğu ve batı yönlerinde bu avluya bakan genişçe koridorlu düzende planlanmıştır. Bu koridorların iki yanlarında öğretim üyelerine ait odalar, amfiler, derslikler ve laboratuvarlar gibi kullanım alanları bulunmaktadır. Yapının kuzey yönünde ise doğu-batı aksta dikdörtgen planlı ve iki yanı sütunlardan oluşturulmuş şeref holü olarak bilinen tören salonu bulunmaktadır. Edebiyat

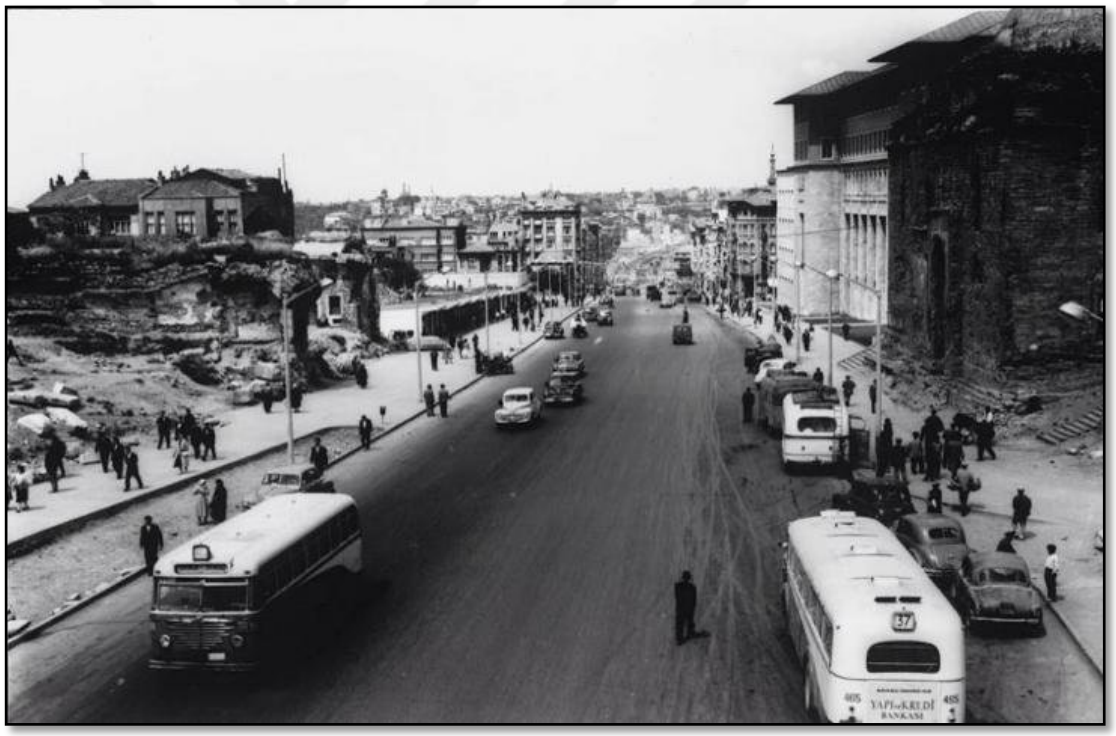
Fakültesi'nin kuzey dış cephesi, Fen Fakültesi'nin güney cephesi ile birlikte "L" şeklinde, iki kat yüksekliğinde revaklı bir bölümle hareketlendirilmiştir. Edebiyat Fakültesi'nin giriş katında 6, ikinci katında 3, dördüncü katında 2 amfi olmak üzere toplamda 11 adet amfi ve bunların dışında öğretim üyelerinin odaları, derslikler ve laboratuvarlar kare ya da dikdörtgen planlı olarak bulunmaktadır. Her koridorun bitimindeki köşe alanlarında merdiven kovaları, büyük pencerelerle aydınlatılmış olup, koridorların kesiştiği bölümlerle kare biçimli meydanlara bağlanmaktadır. Yapının kuzey bölümünde yer alan tören salonu (Şeref Holü) anıtsal boyutları ile beş kat boyunca devam eden yüksekliğe sahip üst kısmı tonoz örtülü iken, 4. katta kesintiye uğrayarak, dördüncü ve beşinci katları Edebiyat Fakültesi Kütüphanesi olarak tasarlanmıştır (Çobanoğlu ve Yılmaz, 2011).

4.1.3. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi'nin Koruma-Onarım Tarihi

İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi binasının bulunduğu şehir İstanbul, 2019 TÜİK verilerine göre yaklaşık 16 milyon nüfusa sahip olup sürekli göç almaktadır. 5.343 km^2 yüzölçümüyle Avrupa'nın en büyük şehirlerinden olan İstanbul, ülkemizin ve dünyanın tarihsel, kültürel anlamda en önemli şehirleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır. İstanbul 2000 yılından itibaren UNESCO Dünya Mirasları listesine eklenmiştir. Ülkemizin kuzeybatısında yer alan şehrin, kuzeybatısına doğru doğal bir haliç bulunmaktadır. İstanbul Boğazı, Marmara ve Karadeniz'i birbirine bağlarken, şehri Asya ve Avrupa Kıtası olarak ikiye ayırmaktadır. Akdeniz iklimine sahip olan şehirde en düşük sıcaklıklar ortalama olarak $6,5^0$C, en yüksek sıcaklıklar ortalama $22,7^0$C olarak tespit edilmiştir. İstanbul'da ortalama güneşlenme süresi 2460 saat olup çoğunluğu kış mevsimlerinde olmak üzere yağmur, dolu ve kar gibi ortalama 124 yağışlı gün geçirmektedir. Aylık nem miktarı %75 iken bu durum kış mevsimlerinde %80'nin üzerine çıkabilmektedir. İstanbul'da kış mevsimlerinde esen Karayel (kuzeybatı) ve Lodos (güneybatı), yaz mevsimlerinde esen Poyraz (kuzey) orta şiddette en çok görülen rüzgârları oluşturmaktadır (İncecik ve İm, 2013: 137-138).

1980'li yıllarda kırsaldan kente göç başlamış ve günümüzde de hızla devam etmektedir. Artan nüfus yoğunluğu ile birlikte enerji, ulaşım, iskan, üretim ve iş alanları gibi temel ihtiyaçlar artmıştır. Bu durum, İstanbul'daki emisyon kaynaklarının hızla artmasına etki etmektedir. 1980'lerdeki trafiğe kayıtlı araç sayısı 0,3 milyon iken günümüzde 23 milyon civarındadır (Şekil 4.5, 4.6). Araçlardan çıkan ve havaya karışan gazlar yüksek seviyede atmosferik hava kirleticilerinin başında yer almaktadır. Tarihi taş yapılar trafik yoğunluğunun direk ya da havaya karışan gazların sis, yağış gibi hava olayları ile dolaylı olarak etkisine maruz kalmaktadır (İncecik ve İm, 2013: 139).

Şekil 4.5: 1970'li yıllarda Ordu Caddesi



Kaynak: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Fotoğraf Arşivi (Fotoğrafhane)

Şekil 4.6: 1970'li yıllarda Ordu Caddesi.

Kaynak: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Fotoğraf Arşivi (Fotoğrafhane)

İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi'nin Ordu Caddesi'ne bakan, turist yolu olarak da bilinen güney ön cephesi 7/24 insan ve araç trafiğinden etkilenmektedir. Laleli'den Aksaray ve Beyazıt yönüne doğru iki şeritli gidiş geliş yolun tam ortasında T1 Kabataş-Bağcılar tramvay hattı bulunmaktadır. Tarihi yarımadada gezen turistlerin gezi alanlarının içinde bulunan yapı aynı zamanda ticaretin de yoğun olduğu bölgede olduğu bölgededir. Bu nedenle sürekli araç ve insan akışı oluşmaktadır. Bu yoğun araç trafiği, yapıyı meydana getiren taşların zaman içerisinde fiziksel ve kimyasal ayrışmalarına sebep olurken tramvay ile araçların zeminde yarattığı titreşim yapıda mekanik hasarlara sebep olabilir (Şekil 4.7).

Şekil 4.7: Ordu Caddesi üzerindeki araç ve insan yoğunluğu.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

II. Ulusal Mimarlık akımı mimarlarından Sedat Hakkı Eldem ve Emin Onat tarafından tasarlanarak inşa edilen yapı, mimarlık tarihinin önemli yapıları arasında yer almaktadır. Yapı, hava koşulları, trafik, kötü kullanım, ihtiyaca yönelik yapılan eklentiler ile iklimsel, çevresel ve beşerî faktörlerin etkisiyle zaman içerisinde deformasyona uğramıştır. Tez kapsamında incelenen Edebiyat Fakültesi'nin Ordu Caddesi'ne bakan güney dış cephesindeki doğal taşlarda (küfeki) bozulmalar gözlemlenmektedir. İnşasında ana mazlme olarak kireç taşı kullanılan İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi'nin temel seviyelerinde, daha yoğun olan Sarıyer ve Şile taşları kullanılmıştır. Beden duvarlarında ise, İstanbul Sefaköy civarında açılan taş ocaklarından temin edilmiştir (Erguvanlı ve Sayar, 1955: 19).

Cephede yapılan incelemeler ve belli bölümlerinden alınan örneklerle taşlarda gerçekleşen bozulma nedenlerinin tespiti amaçlanmıştır. Taşlarda saptanan ayrışmaların tespiti, azaltılması veya uzaklaştırılması için önerilerde bulunulacaktır.

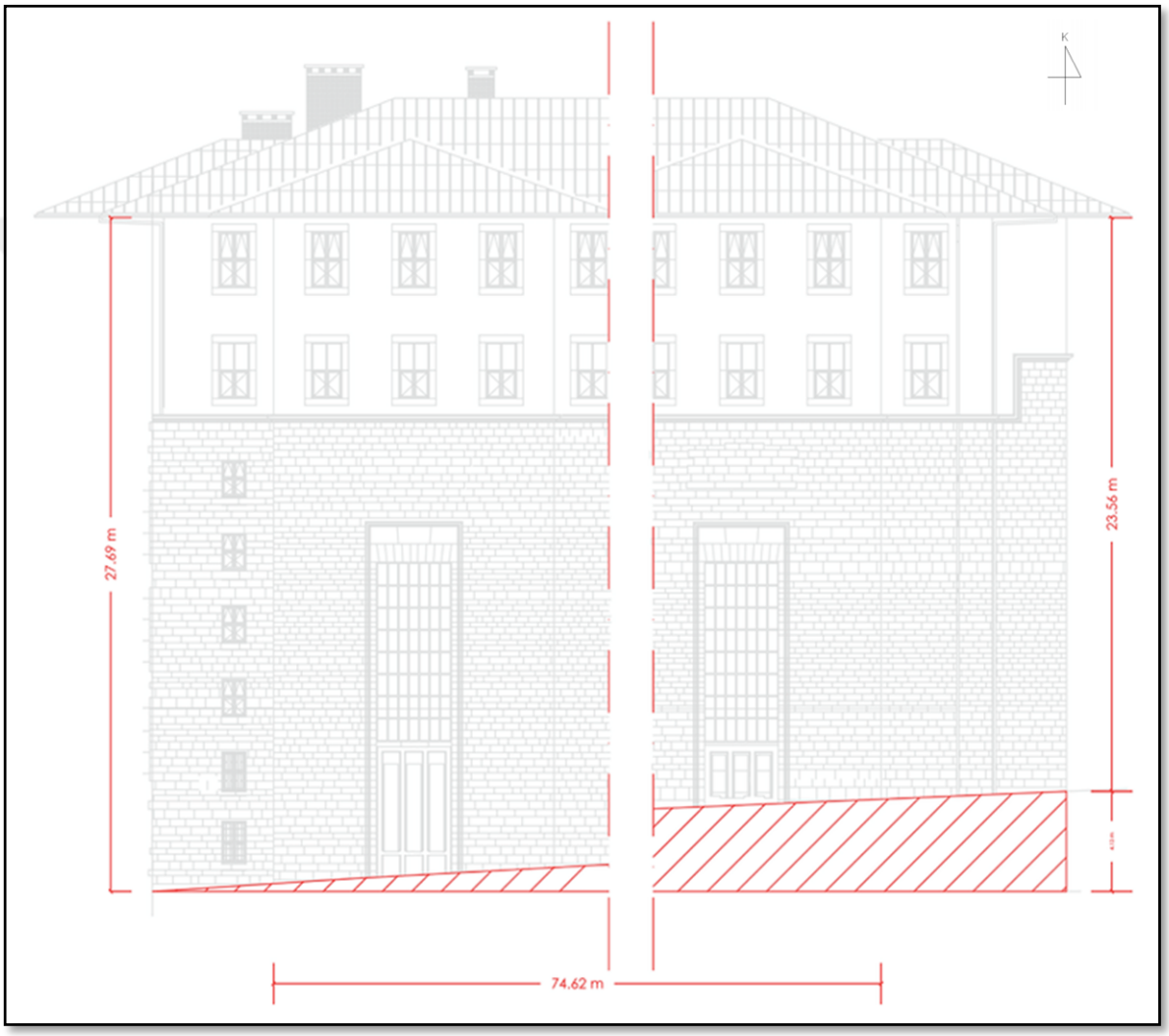
2015 yılında İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi şeref holü koruma-onarım çalışmaları sebebiyle geçici olarak kapatılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında; şeref holünün derz, sıva ve taşlarında kısmi temizlik çalışmaları yapılarak 2017 yılında açılmıştır. 2017 yılında, fakültenin güneybatı yönündeki merdiven boşluğuna yönetmelik gereği engelliler için özel olarak tasarlanan camdan asansör yapılmıştır. 2019 yılında ise yapının dekanlık bölümünden başlayan deprem güçlendirmesi, yapının çatı ve tüm pencerelerinin yenilenmesi çalışmaları restorasyon projesi kapsamında gerçekleştirilmektedir. Yapının Fen Fakültesi iç avlusu, Edebiyat Fakültesi iç avlusu Kimyager Derviş Paşa Sokağı'na bakan doğu dış cephesinde kumlama çalışmalarına başlanmış ve fakültenin çeşitli yerlerinde restorasyon ve yenileme çalışmaları devam etmektedir.

4.2. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Dış Cephesinden Alınan Örneklerin Tanımlanması ve Yapılan Analiz Çalışmaları

İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi'nin doğu, batı, güney ve kuzey yönde cepheleri bulunmaktadır. Araştırma yapılacak alanın büyüklüğü ve buna bağlı olarak, zaman, işgücü, teknik donanım ile maliyetler göz önünde bulundurulduğunda araştırma alanının güney dış cephe ile sınırlandırılmasına karar verilmiştir. Yapıda kireç taşı kullanılmıştır. Yapının güney dış cephesi, Ordu Caddesi'ne bakan, en hareketli, bozulma etkilerine en çok maruz kalan alan olması nedeniyle çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu cephedeki araştırılması yapılan bozulma nedenleri ve bozulma formlarından yola çıkarak diğer cepheler için de önerilerde bulunmak mümkün olabilir.

Yapının inşa edildiği arazi topografik olarak batıdan doğuya, Laleli'den Aksaray yönüne doğru bir eğimdedir. Yapıya cepheden bakıldığında batı ucundan doğu ucuna doğru bu eğim, 4.11 m kot farkı oluşturmaktadır. Çizimde belirtilen kırmızı taralı alan kot farkını göstermektedir (Şekil 4.8). Yapının güney cephesine karşıdan bakıldığında, yapı taşlarının batıdan doğu istikametine doğru yolun altında kaldığı gözlemlenmektedir.

Şekil 4.8: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Cephesi kot farkı detayı.



Kaynak: Çizim, Enes ŞENER.

İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesinin kot farkı göz önünde bulundurulduğunda batı kısmının 27,69 m, doğu kısmının 23,56 m yükseklikte, doğu-batı doğrultusunda 74,62 m uzunluktadır (Şekil 4.8). Yapı bulunduğu yer itibarı ile insan ve araç trafiğinin yoğun olduğu bir konumdadır. Ayrıca eğitim kurumu olması sebebiyle her gün binlerce insanın kullanımına açıktır. Bu sebeple

Edebiyat Fakültesi'nin Ordu Caddesi'ne bakan güney dış cephesindeki doğal yapı taşları bozulma etkilerine açıktır.

Yapının bulunduğu konum, yakınında bulunan yapılar, yapıya etki eden güneşlenme, yağış, rüzgâr gibi hava olayları, biyolojik aktivasyon, atmosferik kirleticiler, trafik ve beşerî faktörler dikkate alınarak yapının güney dış cephesinde belirli bölgelerden örnekler alınmıştır. Örnekler yapı üzerinde gözlemlenen bozulma alanlarından ya da bozulma olabilecek alanlardan; zeminden yukarıya doğru, ulaşılabilen en üst seviyeye kadar, belirli aralıklarla alınmıştır (Şekil 4.9).

Şekil 4.9: Yapı üzerinde örnek alınacak yerlerin numaralandırılması.

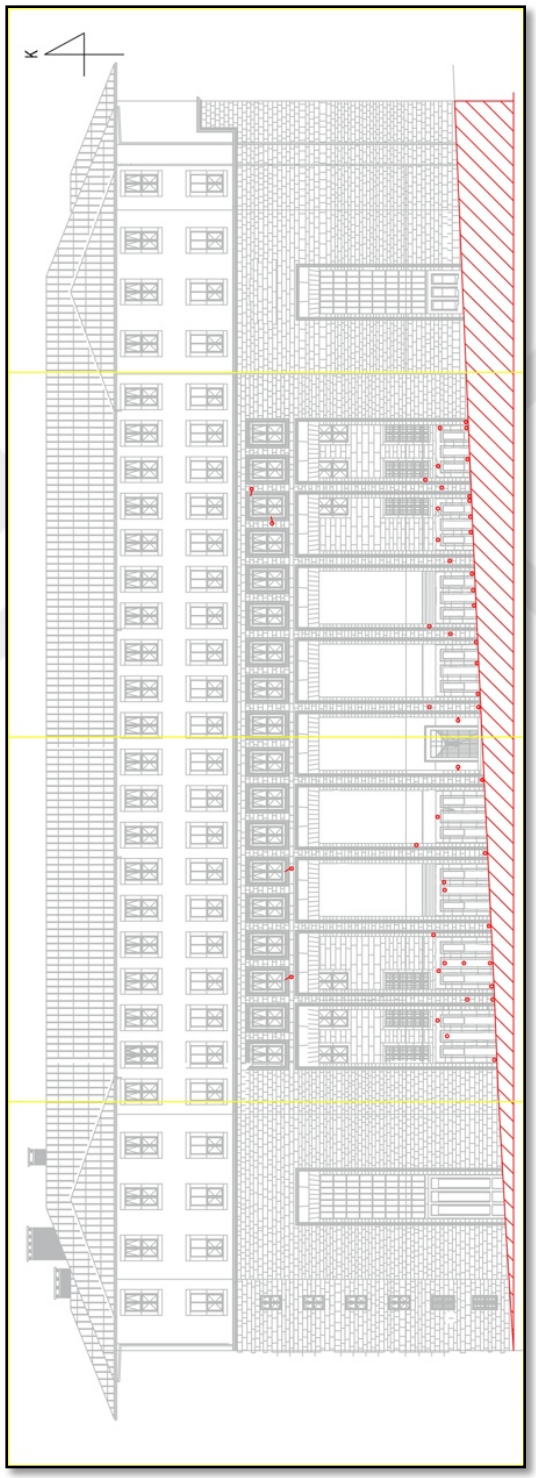
Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Yapının Güney dış cephesinin çeşitli yerlerinden toplamda 110 adet örnek alınmıştır. Örnekler kirliliğin kabuk oluşturduğu, yüzey kayıplarının yaşandığı, rüzgâr ve yağmur gibi iklimsel etmenlerin erozyona uğrattığı bölgelerden ve imitasyon olduğu düşünülen taşlardan alınmıştır. Örneklerin alınması belli bir sistem içerisinde gerçekleştirilmiştir. Alınan örneklere yapının batısından doğusuna doğru 1, 2, 3, 4… şeklinde numara verilmiştir. Güney dış cepheden alınan örnekler yapı üzerinde de numaralandırılarak belgelemiştir. (Şekil 4.9). Alınan örnekler küçük kilitli poşetlerde etiketlenerek muhafaza edilmiştir. Daha sonra laboratuvar ortamında tasnif edilip belgeleme işlemine devam edilmiştir (Şekil 4.10). Örneklerin yapı üzerindeki yerleri çizim üzerinde işaretlenmiştir (Şekil 4.11). Alınan örneklerden seçilen 48 numune üzerinde çalışmalar yürütülmüştür. Seçilen numuneler yapı üzerinde belli seviyelerde, belirli bozulma formlarının karşılaştırmalarının yapılabilmesi açısından önem oluşturmaktadır.

Şekil 4.10: Örneklerin tasnif edilmesi.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.11: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesinden örnek alınan yerler.



Kaynak: Çizim, Enes ŞENER.

Seçilen örneklerin tanımlanması şu şekildedir:

Örnek 5: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte, yüzeyinden 3-5 mm kalınlıkta örnek alınan taşın, plastik onarımlı ya da imitasyon taş olduğu düşünülmektedir. Örneğin alındığı bölge yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık alandadır. Örneğin alındığı bölge yürüme yolu üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir (Şekil 4.12).

Örnek 7: Eylül 2019'da zeminden 340 cm yükseklikte, siyah kabuk oluşumun gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilerin çok fazla etki edemeyeceği alandadır. Bu sebeple örneğin alındığı alanda homojen olarak dağılmış siyah ince kabuk oluşumu gözlemlenmektedir (Şekil 4.12).

Şekil 4.12: Örnek 5 ve 7.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 8: Eylül 2019'da zeminden 402 cm yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının yoğun olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir. Bu sebeple atmosferik etkilerden tozuma, parça halinde kopma gibi bozulmalar gözlemlenmektedir (Şekil 4.13).

Örnek 9: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı bölge yürüme yolu üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir Ayrıca örneğin alındığı seviyede çimento-harç izleri gözlemlenmektedir (Şekil 4.13).

Örnek 10: Eylül 2019'da zeminden 165 cm. yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm. kalınlığında alınan örnektir. Taş yüzeyinde hafif siyah kabuk oluşumu ve yeşil-mavi renklerde boyalı alanlar (grafiti) mevcuttur (Şekil 4.13).

Şekil 4.13: Örnek 8, 9 ve 10.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 12: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere çok açık olmayan bölgede olup yürüme yolu üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir (Şekil 4.14).

Örnek 14: Eylül 2019'da zeminden 380 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek, yüzey kayıplarının yoğun olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir. Bu sebeple taşın yüzeyinde atmosferik etkilerden tozuma, parça halinde kopma gibi bozulmalar gözlemlenmektedir (Şekil 4.14).

Şekil 4.14: Örnek 12 ve 14.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 15: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte hafif siyah kabuk oluşumu gözlemlenen taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlıkta örnek alınan taşın, plastik onarımlı ya da imitasyon taş olduğu düşünülmektedir. Örneğin alındığı yer, zemine çok yakın olduğu için yüzeyde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi gözlemlenmektedir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere çok açık olmayan bölgede olup, bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir (Şekil 4.15).

Örnek 16: Eylül 2019'da zeminden 202 cm yükseklikte çok hafif siyah kabuk oluşumu ve boyalı (kırmızı) alanların gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere çok açık olmayan bölgede olup taş yüzeyinde aşınma gözlemlenmektedir (Şekil 4.15).

Örnek 17: Eylül 2019'da zeminden 328 cm yükseklikte siyah kabuk oluşumun gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olmayan bölgededir (Şekil 4.15).

Şekil 4.15: Örnek 15, 16 ve 17.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 20: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi ve küçük otsu bitkilerin oluşumu gözlemlenmektedir (Şekil 4.16).

Örnek 22: Eylül 2019'da zeminden 404 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının yoğun olduğu alandadır. Örneğin

alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir (Şekil 4.16).

Şekil 4.16: Örnek 20 ve 22.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 26: Eylül 2019'da zeminden 310 cm yükseklikte siyah kabuk oluşumun gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik faktörlerin çok fazla etki edemeyeceği bölgededir (Şekil 4.17).

Örnek 27: Eylül 2019'da zeminden 313 cm yükseklikte siyah kabuk oluşumun gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir (Şekil 4.17).

Şekil 4.17: Örnek 26 ve 27.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 30: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte siyah kabuk oluşumun gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi ile taş yüzeyinde ufalanma gözlemlenmektedir (Şekil 4.18).

Örnek 32: Eylül 2019'da zeminden 494 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının yoğun olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir (Şekil 4.18)

Şekil 4.18: Örnek 30 ve 32.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 35: Eylül 2019'da zeminden 336 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının yoğun olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir. Taş yüzeyinde tozuma, çatlaklar ve parçalar halinde ayrılmalar gözlemlenmektedir (Şekil 4.19).

Şekil 4.19: Örnek 35.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 40: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında örnek alınan taşın, plastik onarımlı ya da imitasyon taş olduğu düşünülmektedir. Örneğin alındığı yer Edebiyat Fakültesi'nin ana giriş kapısının batısında yer alan, kısmi boyalı alanın olduğu, yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir. Örneğin alındığı yer yürüme yolu üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için zemindeki suyun (yağmur ya da biriken su) kapiler yol ile taşın bünyesine alarak, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir (Şekil 4.20).

Örnek 43: Eylül 2019'da zeminden 176 cm yüksekte bulunan taşın yüzeyinde boyalı alan mevcuttur. Boyalı tabakanın altından 3-5 mm kalınlığında örneğin alındığı yer, Edebiyat Fakültesi'nin ana giriş kapısının batısında yer almakta olup, yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir. Bu bölgede grafiti ve afiş izleri yoğun

olarak gözlemlenmektedir. Taş yüzeyinde yoğun olarak beşeri müdahale ve atmosferik etkilerden kaynaklı bozulmalar gözlemlenmektedir (Şekil 4.20).

Şekil 4.20: Örnek 40 ve 43.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 44: Eylül 2019'da zeminden 160 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek, yüzey kayıplarının olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer Edebiyat Fakültesi'nin ana giriş kapısının doğusunda yer almakta olup, yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir (Şekil 4.21).

Örnek 45: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında örnek alınan taşın, plastik onarımlı ya da imitasyon taş olduğu düşünülmektedir. Örneğin alındığı yer Edebiyat Fakültesi'nin ana giriş kapısının

doğusunda yer almakta olup, yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir. Örneğin alındığı yer yürüme yolu üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için suyu (yağmur ya da biriken su) kapiler yol ile taşın bünyesine alarak, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir (Şekil 4.21).

Örnek 47: Eylül 2019'da zeminden 368 cm yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında örnek alınan taşın, plastik onarımlı ya da imitasyon taş olduğu düşünülmektedir. Taş yüzeyinde hafif kir tabakası mevcuttur. Örneğin alındığı yer Edebiyat Fakültesi'nin ana giriş kapısının doğusunda yer almakta olup, yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir (Şekil 4.21).

Şekil 4.21: Örnek 44, 45 ve 47.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 48: Eylül 2019'da zeminden 145 cm yükseklikte siyah kabuk oluşumun gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı

yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik faktörlerin çok fazla etki edemeyeceği bölgededir. Siyah kabuk altında bazı bölgelerde grafiti, boyalı alanlar ve grafitileri kapatmak için taşların yüzeyine badana şeklinde sürülen çimentolu şerbet gözlemlenmektedir (Şekil 4.22).

Şekil 4.22: Örnek 48.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 51: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe

toprağından gelen toz-toprak birikmesi ile taş yüzeyinde ufalanma ve parçalar halinde ayrılmalar gözlemlenmektedir (Şekil 4.23).

Şekil 4.23: Örnek 51.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 55: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında örnek alınan taşın, plastik onarımlı ya da imitasyon taş olduğu düşünülmektedir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup, bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu

için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi ve küçük otsu bitkilerin oluşumu gözlemlenmektedir (Şekil 4.24).

Örnek 56: Eylül 2019'da zeminden 187 cm yükseklikte siyah kabuk oluşumun gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgededir (Şekil 4.24).

Örnek 57: Eylül 2019'da zeminden 331 cm yükseklikte siyah kabuk oluşumun gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgededir (Şekil 4.24).

Şekil 4.24: Örnek 55, 56 ve 57.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 58: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi gözlemlenmektedir (Şekil 4.25). 58, 61, 62, 68, 70, 72 numaralı örneklerin yakınında, 60 cm kalınlığındaki duvarın zemine yakın olduğu alanda, yapının terlemesini önlemek için sonradan yapıldığı düşünülen belirli aralıklara açılmış toplamda 3 adet, 2 cm çapında delikler bulunmaktadır.

Örnek 61: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi ve küçük otsu bitkilerin oluşumu gözlemlenmektedir (Şekil 4.25). 58, 61, 62, 68, 70, 72 numaralı örneklerin yakınında, 60 cm kalınlığındaki duvarın zemine yakın olduğu alanda, yapının terlemesini önlemek için sonradan yapıldığı düşünülen belirli aralıklara açılmış toplamda 3 adet, 2 cm çapında delikler bulunmaktadır.

Örnek 62: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi gözlemlenmektedir (Şekil 4.25). 58, 61, 62, 68, 70, 72 numaralı örneklerin yakınında, 60 cm kalınlığındaki duvarın zemine yakın

olduğu alanda, yapının terlemesini önlemek için sonradan yapıldığı düşünülen belirli aralıklara açılmış toplamda 3 adet, 2 cm çapında delikler bulunmaktadır.

Şekil 4.25: Örnek 58, 61 ve 62.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 64: Eylül 2019'da zeminden 165 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgededir. Yüzeyde çeşitli boya kalıntıları katman oluşturmuştur (Şekil: 4.29)

Örnek 67: Eylül 2019'da zeminden 245 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının yoğun olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgededir. Taş yüzeyinde tozuma ve parçalar halinde ayrılma gözlemlenmektedir (Şekil 4.26).

Örnek 68: Eylül 2019'da zeminden 30 cm yükseklikte hafif siyah kabuk oluşumun gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi ve küçük otsu bitkilerin oluşumu gözlemlenmektedir (Şekil 4.26). 58, 61, 62, 68, 70, 72 numaralı örneklerin yakınında, 60 cm kalınlığındaki duvarın zemine yakın olduğu alanda, yapının terlemesini önlemek için sonradan yapıldığı düşünülen belirli aralıklara açılmış toplamda 3 adet, 2 cm çapında delikler bulunmaktadır.

Şekil 4.26: Örnek 67 ve 68.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 70: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının yoğun olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi ve küçük otsu bitkilerin oluşumu gözlemlenmektedir (Şekil 4.27). 58, 61, 62, 68, 70, 72 numaralı örneklerin yakınında, 60 cm kalınlığındaki duvarın zemine yakın olduğu alanda, yapının terlemesini önlemek için sonradan yapıldığı düşünülen belirli aralıklara açılmış toplamda 3 adet, 2 cm çapında delikler bulunmaktadır.

Örnek 71: Eylül 2019'da zeminden 170 cm yükseklikte homojen olmayan siyah kabuk oluşumun gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Siyah kabuk oluşumu yüzeyde akıntı şeklinde atmosferik etkilere açık olmayan dip kısımlarda sert, atmosferik etkilere açık olan alanlarda yumuşak şekildedir (Şekil 4.27).

Şekil 4.27: Örnek 70 ve 71.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 72: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnek yüzey kayıplarının yoğun olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi ve tozuma, çatlak ve parçalar halinde ayrılmalar gözlemlenmektedir (Şekil 4.28). 58, 61, 62, 68, 70, 72 numaralı örneklerin yakınında, 60 cm kalınlığındaki duvarın zemine yakın olduğu alanda, yapının terlemesini önlemek için sonradan yapıldığı düşünülen belirli aralıklara açılmış toplamda 3 adet, 2 cm çapında delikler bulunmaktadır.

Şekil 4.28: Örnek 72.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 73: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer, yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok

yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi gözlemlenmektedir (Şekil 4.29).

Örnek 74: Eylül 2019'da zeminden 204 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer, yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir (Şekil 4.29).

Örnek 75: Eylül 2019'da zeminden 307 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer, yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir (Şekil 4.29).

Şekil 4.29: Örnek 64, 73, 74 ve 75.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 77: Eylül 2019'da zeminden 218 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer, yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgede olup taş yüzeyinde yoğun yüzey kayıpları, ufalanma, çatlak, aşınma ve parçalar halinde ayrılma gözlemlenmektedir (Şekil 4.30).

Örnek 78: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer, yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi ve tozuma, yüzey kayıpları ve parçalar halinde ayrılmalar gözlemlenmektedir (Şekil 4.30).

Şekil 4.30: Örnek 77 ve 78.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 82: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte hafif kir tabakasının gözlemlendiği taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örneğin alındığı yer, yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir. Ayrıca zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi ve tozuma, ufalanmalar gözlemlenmektedir (Şekil 4.31).

Örnek 83: Eylül 2019'da zeminden 10 cm yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm. kalınlığında örneğin alındığı yer yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık bölgede olup bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için topraktaki ya da zemindeki suyun kapiler yol ile zeminden taşın bünyesine, üst bölgelerine doğru hareket etmesine sebep olabilir (Şekil 4.31).

Örnek 84: Eylül 2019'da zeminden 198 cm yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan yüzey kayıplarının yoğun olduğu alandadır. Örneğin alındığı yer yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir (Şekil 4.31).

Şekil 4.31: Örnek 82, 83 ve 84.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 94: Eylül 2019'da zeminden 14.40 cm yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan yüzey kayıplarının yoğun olduğu alandadır. Örnek güney cephe, doğudan batıya doğru 1. kattaki 3. pencerenin alt sövesinden alınmıştır. Örneğin alındığı yer yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir (Şekil 4.32).

Şekil 4.32: Örnek 94.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

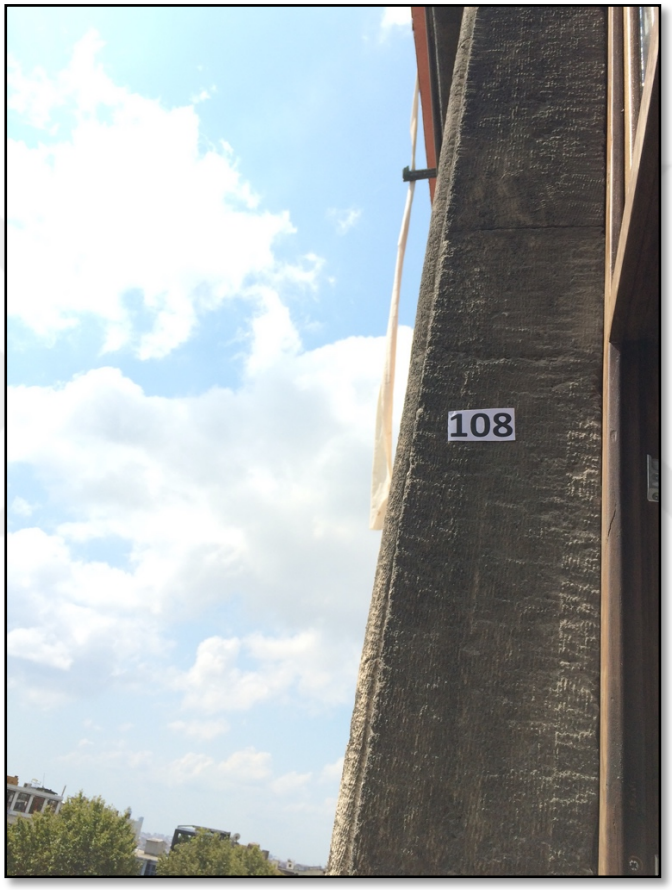
Örnek 102: Eylül 2019'da zeminden 14.11 m yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında örnek alınan taşın, plastik onarımlı ya da imitasyon taş olduğu düşünülmektedir. Örnek güney cephe, doğudan batıya doğru 1. kattaki 6. pencerenin alt sövesinden alınmıştır. Örneğin alındığı yer, yağmur, rüzgâr gibi atmosferik etkilere açık olan bölgededir (Şekil 4.33).

Şekil 4.33: Örnek 102.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 108: Eylül 2019'da zeminden 14 m yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örnek güney cephe, batıdan doğuya doğru 1. kattaki 2. pencere sövesinin sağ iç kısmından alınmıştır. Örneğin alındığı yer, yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik faktörlerin çok fazla etki edemeyeceği bölgededir (Şekil 4.34).

Şekil 4.34: Örnek 108.



Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Örnek 109: Eylül 2019'da zeminden 15.16 m yükseklikte, taş yüzeyinden 3-5 mm kalınlığında alınan örnektir. Örnek güney cephe, batıdan doğuya doğru 1. kattaki 2. pencere sövesinin sol iç kısmından alınmıştır. Örneğin alındığı yer, yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosferik faktörlerin çok fazla etki edemeyeceği bölgededir (Şekil 4.35).

Şekil 4.35: Örnek 109.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Çalışma alanımızı oluşturan İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesinden alınan örneklerin bazılarına yapı önündeki ağaçlar ve havalandırma motorlarından dolayı yağmur, rüzgâr, dolu ve kar gibi atmosferik faktörlerin direk etki etmemektedir.

Tarihi taş yapılarda yapılan incelemeler ve deneysel çalışmalar malzemenin durumunu, bozulma süreçlerini, bozulmaya etki eden faktörlerini ve bozulma formlarını açıklayacak verilere ulaşmak için yapılmaktadır. Deneysel çalışmalara başlamadan önce yapı üzerinde detaylı bir araştırma, görsel inceleme, sanat tarihi, restorasyon ve malzeme raporu gibi ilgili belgelerin incelenmesi yapılacak çalışmaların planlamasına zemin hazırlamaktadır.

Yapıdan alınabilecek örneklerin kısıtlı olması yapılabilecek bazı mekanik, fiziksel, kimyasal ve ileri analizleri sınırlandırmaktadır. Alınan örneklerin belgelemeleri ve görsel analizler ile tanımları yapıldıktan sonra deneysel çalışmalar yapılmıştır. Alınan örneklerde, Klor (Cl^{*}), Sülfat (SO_4), Nitrat (NO_3^-) ve Karbonat (CO_3) gibi suda çözünebilir tuzlar, iletkenlik testi, nem analizi, yağ ve protein varlığı basit spot testlerle araştırılmıştır.

4.2.1. Basit Spot Testler

4.2.1.1. Çözünebilir Tuzların Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analizleri

Taş, harç ve sıva gibi gözenekli yapı malzemelerinin içerisinde kendiliğinden bulunan ya da sonradan bünyesine farklı yollarla giren tuzlar, gözenekli yapı elemanlarının ayrışmasına etki etmektedir.[9] Yapı içerisindeki tuzların tespiti ve atmosfer içerisindeki davranışının anlaşılması, tahrip etme şiddetinin belirlenmesinde fayda sağlamaktadır. Bu bilgiye ulaşabilmek için çözünebilir tuzların kalitatif ve yarı kantitatif analizleri, iletkenlik ölçümü, yağ ile protein analizleri gibi spot testlerden alınan veriler önem oluşturmaktadır.

Tuz analizleri tarihi taş yapıların optimum ortam şartlarının belirlenmesinde, temizlik önerileri ile konservasyon metotlarının sunulmasında ve suda çözünür tuz içerikli malzemelerin koruma-onarım çalışmalarında uygun olup olmadığının belirlenmesine katkı sağlamaktadır.

Bu analizlerde, belirlenen örnekler havanda dövülerek toz haline getirilip elekten geçirilir. 1 gr toz örnek deney kabının içerisine konduktan sonra 100 ml deiyonize su eklenir. Numune 1-3 gün bekletildikten sonra bulanıklığı giden karışım içerisinden berrak su (stok çözelti) alınarak çeşitli uygulamalarla tuz testleri yapılır.

Çözünebilir tuz analizleri yapılırken 3 sıra deney tüpü hazırlanmıştır. 1. sıra referans oluşturan örneğin stok çözeltisi, 2. sıra Klor (Cl^-), 3. sıra Sülfat (SO_4) ve Karbonat

[9] detaylı bilgi için bkz.: 2.2.1.3. Tuzların Etkileri bölümü.

(CO_3) tuzlarının analizi için düzenlenmiştir. Yapılan her test (Klor, Sülfat, Karbonat) 1. sıradaki referans örnek çözeltisi ile karşılaştırılarak oluşan değişim kaydedilmektedir.

a. Klorür (Cl^-) Analizi

Toz haline getirilen taş örneğinde klor tuzlarının tespit edilmesi için stok çözeltiden 2 ml deney tüpü içerisine damlatılmıştır. Daha önceden hazırlanan gümüş nitrat ($AgNO_3$), örneğin içerisine 1-2 damla damlatılmıştır. Tüp içerisinde oluşan beyaz veya beyazımsı çökelme, testi yapılan örneğin içerisinde klor varlığını göstermektedir. Çözeltide olması muhtemel olan klorür, çözünmeyen gümüş klorürü oluşturan gümüş nitrat ile tepkimeye girerek çökelmektedir. Reaksiyon şu şekilde açıklanabilir (Borrelli, 1999).

$$Cl^- + AgNO_{3.} \rightarrow AgCl + NO_3^-$$

Bu çalışmada 48 adet örneğin klorür (Cl^-) analizi yapılarak Tablo 4.1.'de verilmiştir.

b. Sülfat ve Karbonat Analizi

Toz haline getirilen taş örneğinde sülfat tuzlarının tespit edilmesi için stok çözeltiden 2 ml deney tüpü içerisine damlatılmıştır. Deney yapılacak stok çözelti üzerine 1-2 damla %10 konsantrasyonda baryum klorür ($BaCI_2$) damlatılmıştır. Çözeltide beyaz çökelme oluşumu gözlemlenmesi sülfat varlığını göstermektedir (Borrelli, 1999).

$$(SO_4^-) + BaCI_2 \rightarrow BaSO_4 + 2CI^-$$

Beyaz çökelmenin oluştuğu çözelti üzerine 1-2 damla hidroklorik asit (HCI) damlatılarak çözeltideki karbonat tuzlarının varlığı gözlemlenir. Çözeltiden gaz çıkışı olması sülfatın yanında karbonat tuzlarının da var olduğunu; çözeltideki beyaz çökelmenin tamamen yok olması ise sadece karbonat tuzlarının var olduğunu; beyaz

çökelmenin yok olmaması ise sadece sülfat tuzlarının var olduğunu göstermektedir (Borrelli, 1999).

$$CaCO_3 + 2\ HCI \rightarrow CaCI_2 + H_2O + CO_2$$

Bu çalışmada 48 adet örneğin sülfat ve karbonat analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.1'de verilmiştir.

c. Nitrat Analizi

Nitrat analizi yapılacak örnekler için saat camı üzerinde numaralı alanlar oluşturulmuştur. Her bir örnek için oluşturulan alana difenilamin kristali çok az miktarda (1-2 kristal) bırakılmıştır. Kristaller üzerine nitrat analizi yapılacak örneklerin stok çözeltilerinden 1-2 damla damlatılıp kurumaya bırakılmıştır. Kuruması gerçekleşen çözeltinin üzerine 1-2 damla sülfirik asit (H_2SO_4) damlatılarak çözelti gözlemlenmiştir. Çözeltide meydana gelen mor-mavi renk oluşumu nitrat tuzunun varlığını göstermektedir (Borrelli, 1999).

Bu çalışmada 48 adet örneğin nitrat analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

d. İletkenlik Ölçümü

Çözeltilerin elektrik akımını iletme yeteneğine iletkenlik denir. Kondüktometre cihazı ile numunelere ait çözeltilerdeki tuz ve safsızlıklardan kaynaklanan iletkenlik değeri ölçülebilmektedir. Stok çözeltideki toplam tuz miktarları kondüktometri ile tespit edilen iletkenlik değeri ile hesaplanır ve stok çözeltide kullanılan örnek miktarına göre oranlanır. Toplam iyon derişimleri, sudaki iyonların türü ve sıcaklık gibi değişkenler kondüktometri ile tespit edilen değer ve suyun iletkenkenliğini etkilemektedir (Uğur, 2011: 90). Örneklerin iletkenlik ölçümleri, Hanna marka iletkenlik cihazı ile µS/cm (mikrosiemens) cinsinden ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 4.1'de verilmiştir.

4.2.1.2. Yağ Testi

Yapı üzerinden alınan örneklerde yağ olup olmadığını tespit etmek amacıyla saat camı üzerinde numaralı alanlar oluşturulmuştur. Toz haline getirilmiş örnekler numaralandırılmış kısımlara çok az miktarda konulmuştur. Numunelerin üzerine çok az miktarda bakır sülfat kristali ($CuSO_4$) eklenmiştir. Sonrasında karışım üzerine sırasıyla 1-2 damla hidrojen peroksit (H_2O_2) ve 1-2 damla amonyak damlatılmış ve reaksiyon gözlemlenmiştir. Numuneler üzerinde kalıcı sabun kabarcıklarının oluşumu yağ varlığını göstermektedir (Güleç ve Ersen, 1998).

Bu çalışmada 48 adet örneğin yağ testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

4.2.1.3. Protein Testi

Yapı üzerinden alınan örneklerdeki proteinin tespiti için toz haline getirilen numuneler bir ucu ısıtılarak kapatılmış olan cam tüp içerisine 3-5 mm yüksekliğe kadar doldurulur. Hidroklorik asit (HCI) içinde %5 konsantrasyonda hazırlanmış parametilaminobenzaldehit çözeltisine ince şekilde kesilen filtre kağıdının ucu batırıldıktan sonra kapiler tüp içerisine yerleştirilir ve tüp alttan ısıtılır. Gerçekleştirilen reaksiyon sonucunda filtre kağıdında oluşan pembeleşme numunelerde protein varlığını göstermektedir (Güleç ve Ersen, 1998).

Bu çalışmada 48 adet örneğin protein testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Suda çözünebilir tuzlar, iletkenlik, yağ ve protein analizi değerlendirme tablosu.

Örnek No	Klor	Sülfat	Karbonat	Nitrat	İletkenlik (µS/cm)	Protein	Yağ
5	+	++	-	-	0.62	+	-
7	±	+++	-	-	2.29	+	-
8	-	+	+	+	0.31	+	-
9	+	++	-	+	0.59	+	-
10	+	++++	-	+	1.86	+	-
12	++	+++	-	-	0.86	+	-
14	-	±	-	-	0.21	+	-
15	+	++	-	-	0.64	+	-
16	++	+++	-	+	0.82	+	-
17	+	+++	-	-	2.24	+	-
20	+	++	++	-	0.48	+	-
22	-	-	-	-	0.19	+	-
26	±	+++	-	-	1.33	+	-
27	-	-	-	-	0.23	+	-
30	++	+++	-	++	1.44	+	-
32	+++	+++	-	-	1.08	+	-
35	+	+	++	-	0.20	+	-
40	-	±	-	-	0.37	+	-
43	±	+	+	-	0.33	+	-
44	±	-	-	-	0.16	+	-
45	-	+	-	-	0.44	+	-
47	-	++	-	-	0.49	+	-
48	++	++++	-	++	0.85	-	-
51	+	+	-	++	0.44	-	-
55	±	++	-	+	0.78	-	-
56	-	++++	-	±	1.63	+	-
57	-	++++	-	+	1.43	+	-
58	+	+	-	+	0.50	+	-
61	±	+	++	++	0,32	+	-
62	-	++	-	-	0,36	-	-
64	+	+++	-	+	0.54	+	-
67	-	-	-	-	0.22	+	-
68	+	+++	-	++	0.58	+	-
70	-	±	-	-	0.20	+	-
71	±	+++	-	+	0.67	+	-
72	-	-	-	-	0,20	+	-
73	+	++	++	-	0.50	+	-
74	-	+++	-	-	0.80	+	-
75	+	+++	-	-	0.70	+	-
77	-	+	±	±	0.52	+	-

78	-	-	+	±	0.46	+	-
82	+	+	-	+	0.45	+	-
83	±	+	++	+	0.37	+	-
84	-	±	-	-	0.22	+	-
94	-	±	-	-	0.15	+	-
102	+	++	-	-	0.27	+	-
108	+	+++	-	-	0.92	+	-
109	-	+++	-	-	0.70	+	-

-	±	+	++	+++	++++
Yok	Var yok	Az var	Var	Fazla var	Çok fazla var

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

4.2.1.4. Nem Tayini

Nem tayini yapılacak örnekler öncelikle hassas terazide tartılır sonrasında ±105° C'lik etüvde 3 saat ısı altında kaldıktan sonra soğuması beklenir. Numuneler normal ısısına geldikten sonra tekrar hassas terazide tartılır. Elde edilen sonuçlar şu formüle göre oranlanır.

$$\% \text{ Nem} = W\text{-}W_1 / W_1 \text{ X } 100$$

W: Alınan numunenin etüv öncesi miktarı

W_1: Alınan numunenin etüv sonrası miktarı

Bu çalışmada 29 adet örneğin nem analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2: Nem analizi değerlendirme tablosu.

	NEM ANALİZİ			
	Örnek Numara	**Etüv Öncesi Ağırlık (g)**	**Etüv Sonrası Ağırlık (g)**	**Nem Miktarı (%)**
1	5	2,6	2,6	0,00
2	**12**	**2,1**	**2**	**5,00**
3	14	8	8	0,00
4	**15**	**5,3**	**5,2**	**1,92**
5	**20**	**6,4**	**6,3**	**1,59**
6	22	4,7	4,7	0,00
7	**27**	**23**	**22,9**	**0,44**
8	**30**	**12,5**	**12,4**	**0,81**
9	**32**	**10,6**	**10,5**	**0,95**
10	**35**	**3,2**	**3,1**	**3,23**
11	40	6,6	6,6	0,00
12	45	2,2	2,2	0,00
13	**47**	**14,9**	**14,8**	**0,68**
14	**48**	**4**	**3,9**	**2,56**
15	51	6,3	6,3	0
16	**55**	**8,8**	**8,7**	**1,149425287**
17	56	5,4	5,4	0
18	**57**	**5**	**4,9**	**2,040816327**
19	58	4,1	4,1	0
20	62	4,4	4,4	0
21	64	3,7	3,7	0
22	67	8,5	8,5	0,00
23	70	14,5	14,5	0,00
24	**73**	**5,3**	**5,2**	**1,92**
25	**74**	**3,3**	**3,2**	**3,12**
26	75	4	4	0,00
27	**77**	**7,5**	**7,4**	**1,35**
28	**82**	**14,5**	**14,4**	**0,69**
29	83	0,7	0,7	0,00
30	84	6,4	6,4	0,00

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

4.2.2. Termografik İncelemeler

1800 yılında kızılötesi ışık William Herscel tarafından keşfedilmiştir, 1840'da John Herschel ilk kızılötesi görüntüyü elde etmiştir. 1940-1950 yıllarında gece görüşü elde etmek için askeri amaçlar ile kullanılmış olup, günümüzde teknolojik gelişmeler ile birlikte tıp, askeri, endüstriyel uygulamalar, yangın ve gaz algılamaları, canlıların izlenmesi ile yapı denetimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Termografi, pasif ve temassız bir ölçüm yöntemi olup, termal görüntü, bir nesnenin yüzeyi üzerindeki sıcaklık dağılımını göstermektedir.

Termografik incelemelerde kullanılan termal kamera, görüş alanı içerisindeki uzun dalga kızılötesi (infrared) ışınımlarını ölçmektedir. Bu yöntemle ölçülecek olan nesnenin sıcaklığı hesaplanmaktadır. Termografik kameralar elektromanyetik spektrumun kızılötesi aralığındaki (yaklaşık 900-14000 nanometre) ışınımları tespit ederek gözle görülmeyen bu ışınımları gözle görülebilecek bir hale getirmektedir (Holst, 2000: 15-16).

Kızılötesi termografik görüntüleme sistemi yapılarda gözlemlenen bozulmaların teşhisinde tahribatsız bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Yapı üzerinden numune almadan, kızılötesi ışınlar ile malzemenin yüzey sıcaklığı ölçülerek malzemenin türünü ve mevcut durumunu tespit etmek için kullanılan yöntemdir. Mutlak $0^{o}C$'nin üzerindeki tüm nesneler kızılötesi elektromanyetik radyasyon yaymaktadır, Termografik görüntüleme sisteminin temel çalışma prensibi, salınımı olan radyasyon miktarının termal kameralar ile ölçülmesidir. Ölçümü yapılan malzemenin bilinen salınım değerleri ile kıyaslanması sayesinde, ölçümü yapılan malzemenin yüzey morfolojisi ve mikro yapısı hakkında bilgi vermektedir (Moropolou, vd., 2013: 1223-1224).

Termal kamera ile ölçümü yapılan malzemenin yüzeyi, yaklaşık oda sıcaklığında iken radyasyon, elektromanyetik spektrumunun kızılötesi ışınlar bölgesindedir. Fakat yapıda içeriden dışarıya ya da dışarıdan içeriye ısı akışı var ise, o bölgelerde görüntülenen alanlar farklı termal iletkenlik gösterecektir. Yapıda oluşan ısı akışı farklılığı sebebi ile yapının yüzey sıcaklığı homojen olmayacaktır. Yüzey

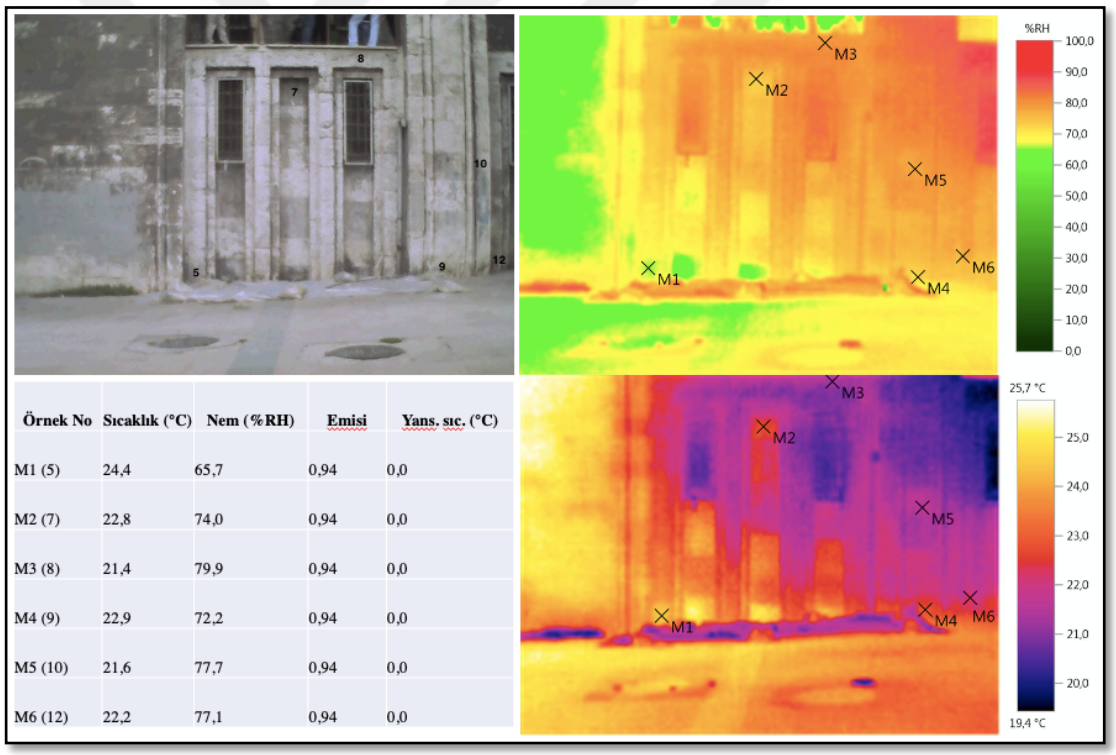
sıcaklığındaki farklılıklar yapıdaki bozulma ya da bozulmaya sebep olan faktörlerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca yapı üzerindeki taş, tuğla, demir ve ahşap gibi farklı malzemelerin ısı salınımları ile termal bir haritalandırma yapılabilmektedir. Bu haritalandırma yapıda bozulmaya uğramış alanlar, bozulma dereceleri ve bozulmaya sebep olan muhtemel faktörlerin tespit edilmesine katkı sağlamaktadır. Bozulmaların teşhisinde tahribatsız yöntem olarak kullanılan termografik görüntüleme sistemleri ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi, yapının mevcut durumu hakkında bilgi edinilmesine, ileride ortaya çıkabilecek olası bozulma alanlarının önceden tespit edilmesine ve önlenmesine imkân sağlamaktadır (Paoletti, vd., 2013; Aköz, 2005; Tavukçuoğlu, 2009).

Tahribatsız teşhis yöntemlerinden biri olan termal görüntüleme yöntemi görüntülemesi yapılan malzemelerin ısı yayınımları ölçülerek, belli değerlere göre renkli ısı haritaları oluşturmaktadır. Termal kamera görüntüleri siyah-beyaz veya renkli olabilir. Görüntülenen alandaki en sıcak bölgeler açık renkle, soğuk bölgeler ise koyu renklerde gösterilmektedir. Renkli (gökkuşağı) görüntülemelerde ortam sıcaklığına göre sarı, kırmızı ve mavi renkleri kullanarak geçiş yapmaktadır. Görüntülemesi yapılan alanlarda sarı en sıcak, mavi ise en soğuk bölgeleri göstermektedir (Çalışkan ve Türkoğlu, 2011). Görüntülemesi yapılan bölgenin nem barındırması ısı iletkenliğini artırmasına, boşlukların oluşması durumunda ise ısı iletkenliğinin azalmasına neden olmaktadır. Oluşan sıcaklık farklılıkları ısı dağılımını gösteren haritalarda incelenebilmektedir. Böylelikle incelenen bölgenin kesitinde bulunan su sızıntısı, nemli bölgeler, hava kaçağı, ısı köprüsü ve farklı malzemeler veya anomaliler teşhis edilebilmektedir. Dolayısıyla termal görüntüleme ile incelenen yapıdaki sorunlu ya da sorun oluşturabilecek alanlar tespit edilebilmektedir (Avdelidis, vd., 2003; Titman, 2001).

31.10.2019 tarihinde İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney dış cephesinde Termal Kamera (Testo 875-2i) ile yapılan ölçümlerde taş yüzeylerinde doğru verilerin alınması için ölçüm nesnesinin yüzeyi için emisivite (e) verisi 0,94 ve yansıyan sıcaklık (RTC) 0 olarak cihaz programına girilerek görüntüler işlenmiştir. 31.10.2019 tarihinde termografik ölçümün yapıldığı saatlerde İstanbul'da bağıl nem

verileri %74,9, sıcaklık verileri ise 12-150^{0}C aralığında ölçülmüştür. Çalışma kapsamında, Testo 875-2i marka termografi kamerasıyla yapının genel ve belirli bölgelerinde termografik incelemeler yapılmıştır. Yapıda nem kaynağı olabilecek zemine (toprağa) yakın bölgeler, imitasyon ya da plastik onarım olduğu düşünülen taşlar, deformasyona uğramış yüzeyler gibi genel ve belirli alanlarda termografik incelemeler yapılmıştır. Yapılan termografik çekimler ile yapının üzerinde ısı ve nemin farklılık gösterdiği bölgeler özellikle incelenmiştir. Böylece yapıya zarar veren nem kaynaklarının olası yerleri tespit edilmiş olup, yapıya zarar veren bozulma faktörlerinin teşhisi de gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.36-4.46).

Şekil 4.36: Termografik incelemeler; 5, 7, 8, 9, 10 ve 12 no'lu örnekler.



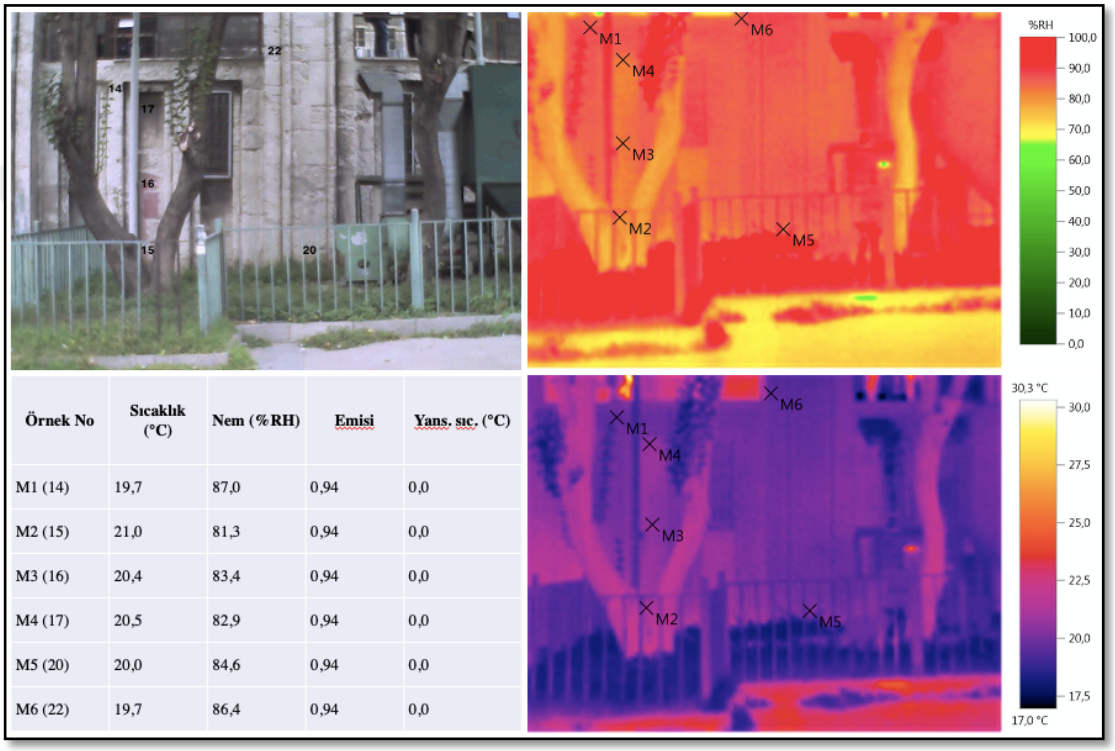
Örnek No	Sıcaklık (°C)	Nem (%RH)	Emisi	Yans. sıc. (°C)
M1 (5)	24,4	65,7	0,94	0,0
M2 (7)	22,8	74,0	0,94	0,0
M3 (8)	21,4	79,9	0,94	0,0
M4 (9)	22,9	72,2	0,94	0,0
M5 (10)	21,6	77,7	0,94	0,0
M6 (12)	22,2	77,1	0,94	0,0

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Plastik onarımlı ya da imitasyon taş olduğu düşünülen M1(5) örneği, M2(7), M3(8), M4(9), M5(10) ve M6(12) örnekleri ile karşılaştırıldığında sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde farklılıklar gözlemlenmektedir. Yapılan ölçümlere göre hemen hemen aynı kot seviyesinde olan M1(5) ile M4(9) örneklerinde farklılıklar, sıcaklık 1,5^{0}C ve

bağıl nem %6,5 olarak tespit edilmiştir. Tabloya göre M2(7), M3(8), M4(9), M5(10) ve M6(12) gibi özgün yapı malzemelerinde sıcaklık ve bağıl nem değerleri yaklaşık olarak aynı seviyelerde olup M1(5) ile M3(8) arasında farklılık sıcaklık 3^0C ve bağıl nem %14,2 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.36).

Şekil 4.37: Termografik incelemeler; 14, 15, 16, 17, 20 ve 22 no'lu örnekler.

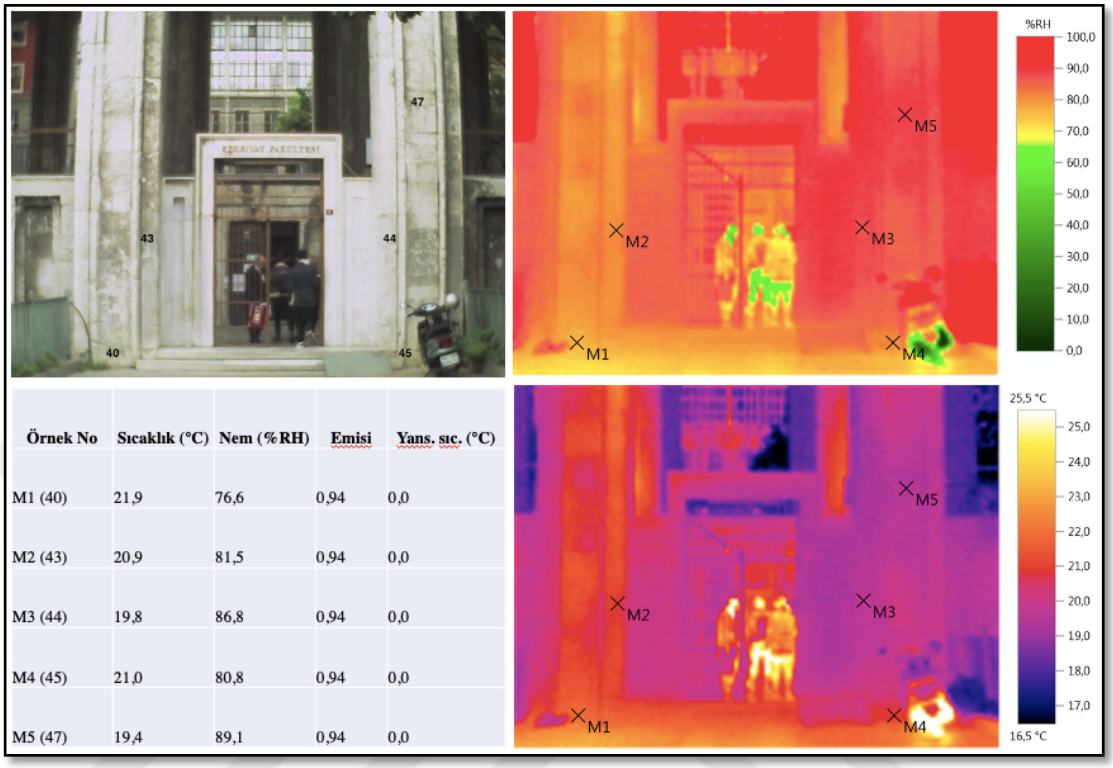


Örnek No	Sıcaklık (°C)	Nem (%RH)	Emisi	Yans. sıc. (°C)
M1 (14)	19,7	87,0	0,94	0,0
M2 (15)	21,0	81,3	0,94	0,0
M3 (16)	20,4	83,4	0,94	0,0
M4 (17)	20,5	82,9	0,94	0,0
M5 (20)	20,0	84,6	0,94	0,0
M6 (22)	19,7	86,4	0,94	0,0

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

M1(14), M3(16), M4 (17), M5 (20) ve M6 (22) örnekleri yaklaşık aynı sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde olup plastik onarımlı ya da imitasyon taş olduğu düşünülen M2(15) no'lu örneğin, diğerlerinden 1,5-2^0C yüksek sıcaklıkta ve %1,6-5,7 düşük bağıl nem değerinde olduğu saptanmıştır. Tabloya göre hemen hemen aynı seviyelerdeki M1(14) ile M6(22) örneğinin sıcaklık değerleri aynı olup bağıl neminde %0,6 farklılık tespit edilmiştir (Şekil 4.37).

Şekil 4.38: Termografik incelemeler; 40, 43, 44, 45 ve 47 no'lu örnekler.

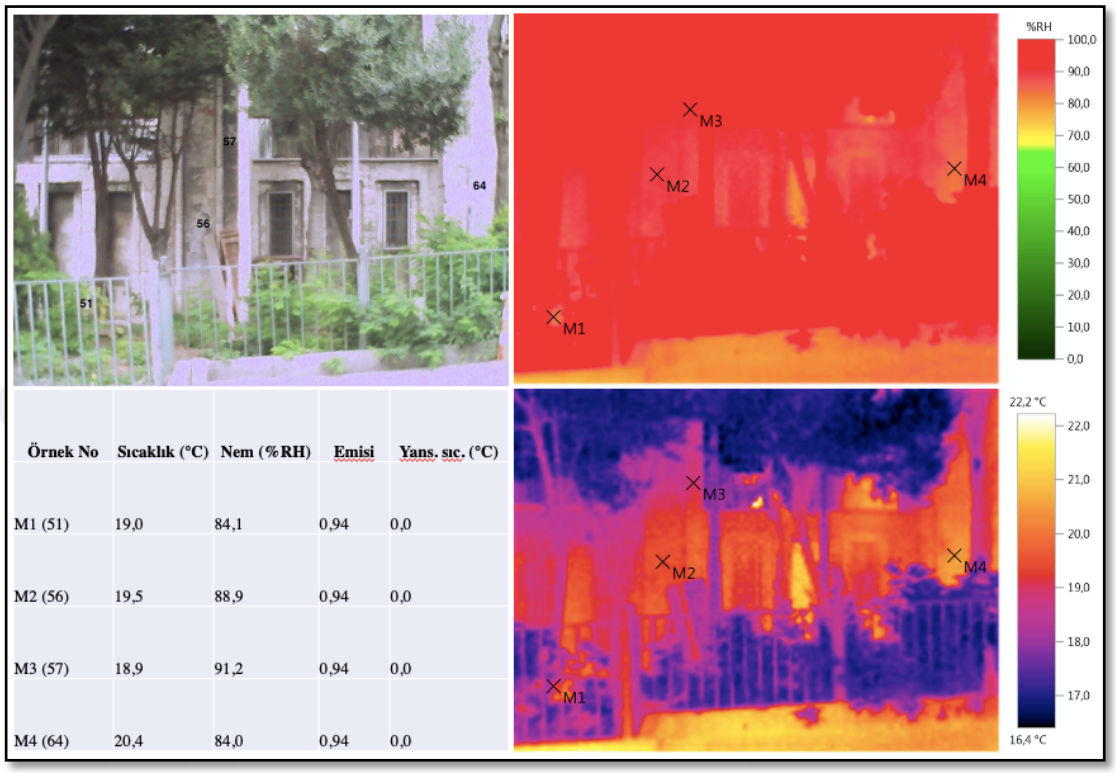


Örnek No	Sıcaklık (°C)	Nem (%RH)	Emisi	Yans. sıc. (°C)
M1 (40)	21,9	76,6	0,94	0,0
M2 (43)	20,9	81,5	0,94	0,0
M3 (44)	19,8	86,8	0,94	0,0
M4 (45)	21,0	80,8	0,94	0,0
M5 (47)	19,4	89,1	0,94	0,0

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Termografik verilere göre plastik onarımlı ya da imitasyon taş olduğu düşünülen M1 (40) no'lu örnek, M2(43), M3(44), M4(45) ve M5(47) numaralı örneklerle karşılaştırıldığında yüksek sıcaklıkta ve düşük bağıl nem değerinde olduğu görülmektedir. Plastik onarımlı ya da imitasyon taş olduğu düşünülen M5 (47) nolu bir diğer örnek ise M1 (40) nolu örneğin aksine düşük sıcaklıkta ve yüksek bağıl nem değerlerinde olduğu tespit edilmiştir. Diğer ölçüm yapılan noktalar gibi dış cephede yer alan aynı zamanda yağmur suyuna açık bir yer olması ile birlikte diğerlerinden tek farkı yüksek kotta yer almasıdır. Ancak nemin burada yüksek olması, burada faklı bir su kaynağının olmaması, diğer noktalarda zemine yakın olmasına rağmen daha az nem ile karşılaşılması gibi etkenler düşünüldüğünde buradaki malzemenin de diğer alanlara göre daha gözenekli ve nemi bünyesinde uzun süre tutan bir yapıya sahip olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Yüzey kayıplarının gözlemlendiği M3(44) numaralı örnekte düşük sıcaklıkta yüksek bağıl nem tespit edilmiştir (Şekil 4.38)

Şekil 4.39: Termografik incelemeler; 51, 56, 57 ve 64 no'lu örnekler.

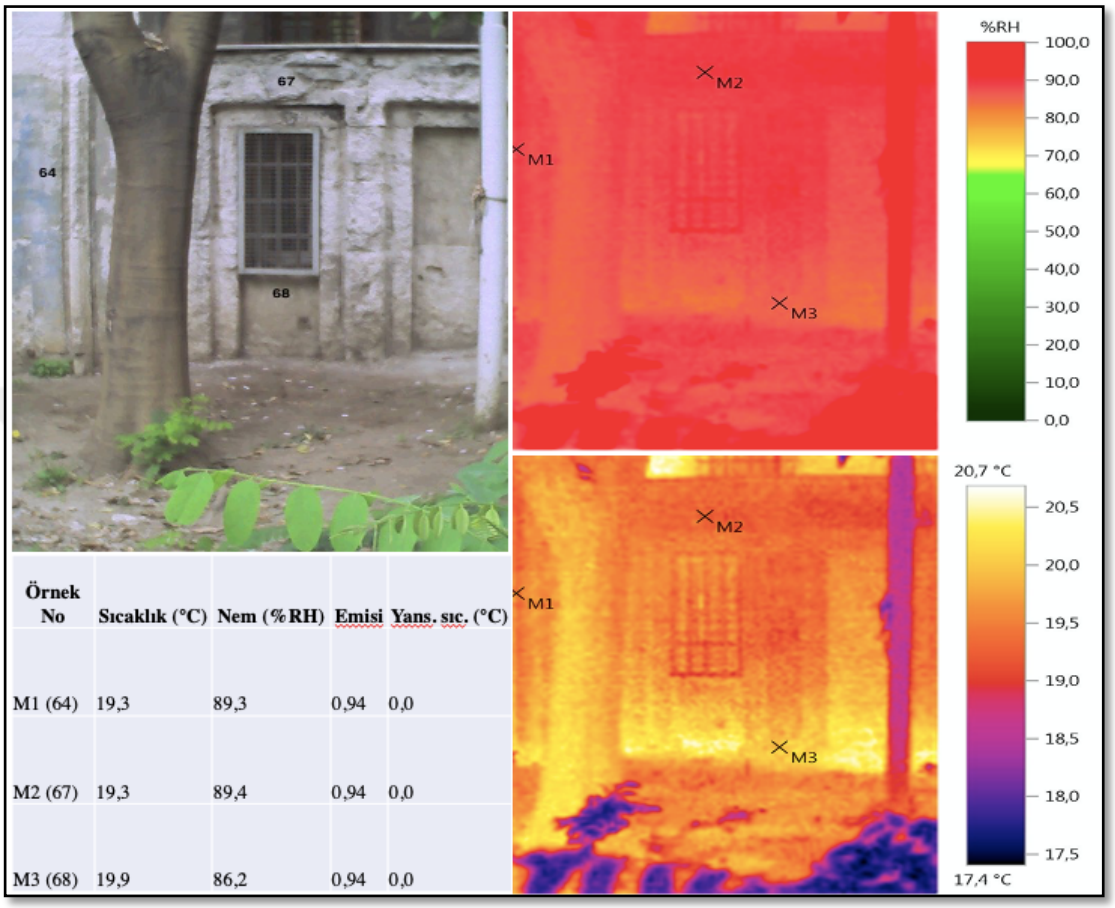


Örnek No	Sıcaklık (°C)	Nem (%RH)	Emisi	Yans. sıc. (°C)
M1 (51)	19,0	84,1	0,94	0,0
M2 (56)	19,5	88,9	0,94	0,0
M3 (57)	18,9	91,2	0,94	0,0
M4 (64)	20,4	84,0	0,94	0,0

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Termografik verilere göre M1(51), M2(56), M3(57) ve M4(64) numaralı örnekler sıcaklık değerlerinde ortalama homojen bir dağılım göstermektedir. En düşük ısı 18,9 ^{0}C olan M3(57) numaralı örnekte bağıl nem % 91,2 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.39).

Şekil 4.40: Termografik incelemeler; 64, 67 ve 68 no'lu örnekler.

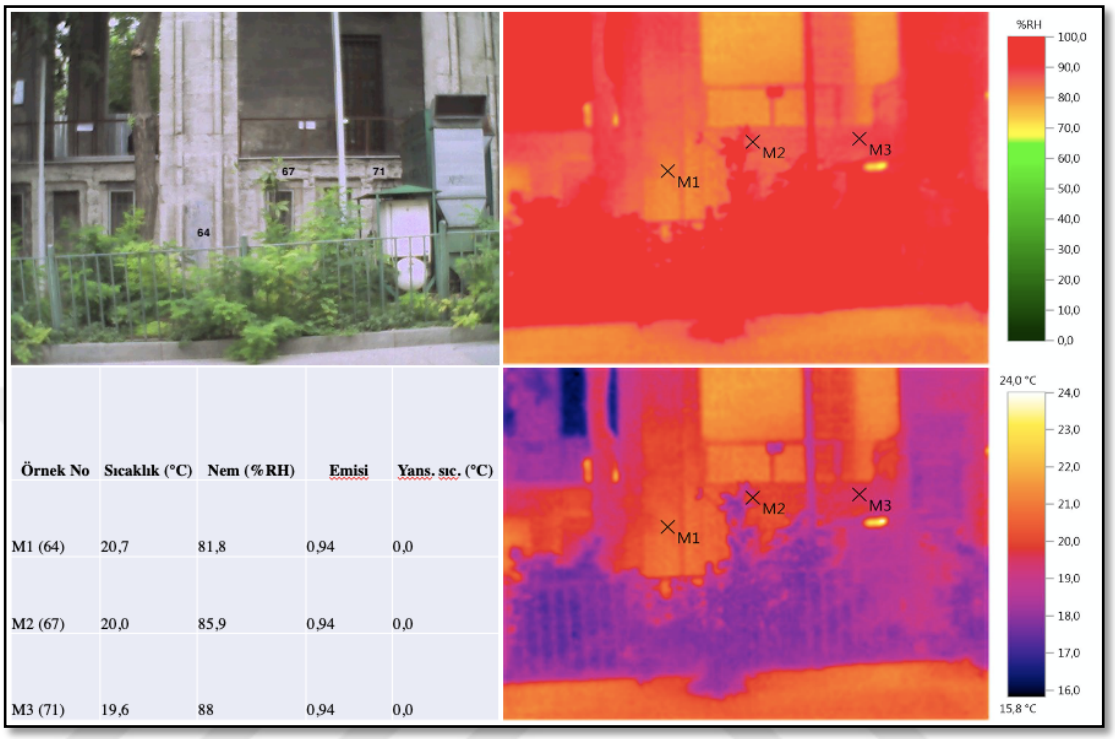


Örnek No	Sıcaklık (°C)	Nem (%RH)	Emisi	Yans. sıc. (°C)
M1 (64)	19,3	89,3	0,94	0,0
M2 (67)	19,3	89,4	0,94	0,0
M3 (68)	19,9	86,2	0,94	0,0

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

M1 (64), M2 (67) ve M3 (68) nolu örnekleri. Sıcaklık ve bağıl nem değerleri ortalama homojen bir dağılım göstermektedir (Şekil 4.40).

Şekil 4.41: Termografik incelemeler; 64, 67 ve 71 no'lu örnekler.

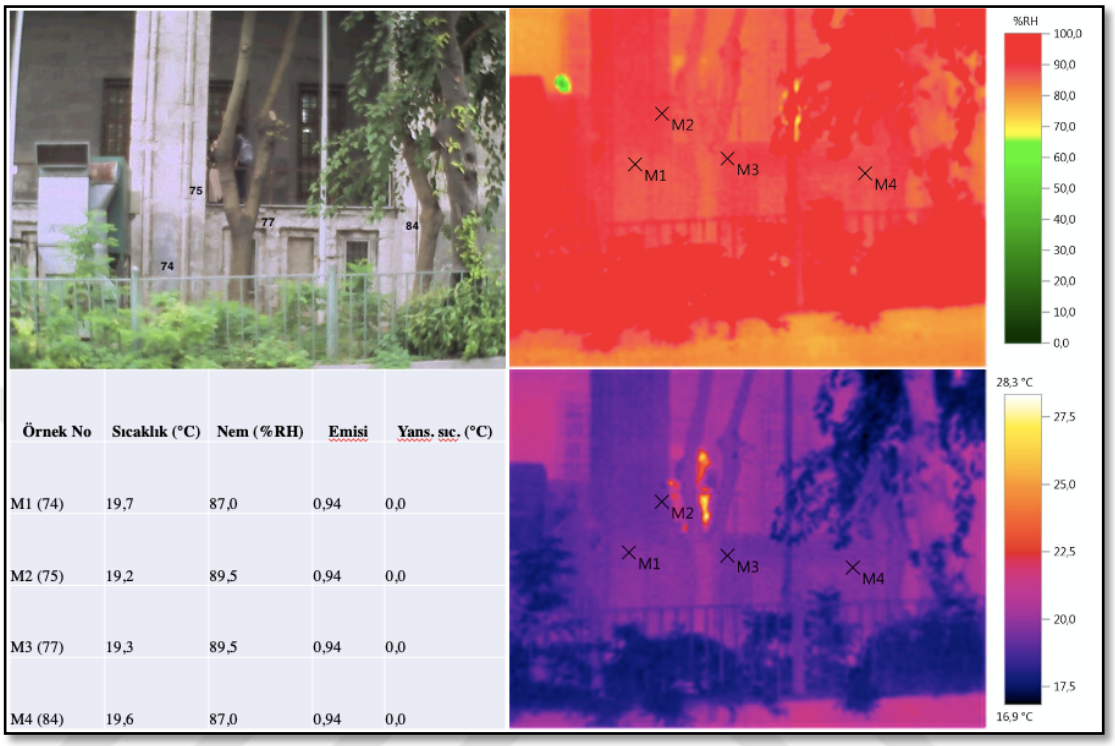


Örnek No	Sıcaklık (°C)	Nem (%RH)	Emisi	Yans. sıc. (°C)
M1 (64)	20,7	81,8	0,94	0,0
M2 (67)	20,0	85,9	0,94	0,0
M3 (71)	19,6	88	0,94	0,0

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Termografik verilere göre M1(64) numaralı örnek, M2(67) ve M3(71) numaralı örneklerle karşılaştırıldığında yaklaşık 1^0C'lik sıcaklık ile %4,1-6,2 bağıl nem farkı tespit edilmiştir. M1(64) numaralı örnek yüzeyinde boyalı alanlar gözlemlenmektedir (Şekil 4.41).

Şekil 4.42: Termografik incelemeler; 74, 75, 77 ve 84 no'lu örnekler.

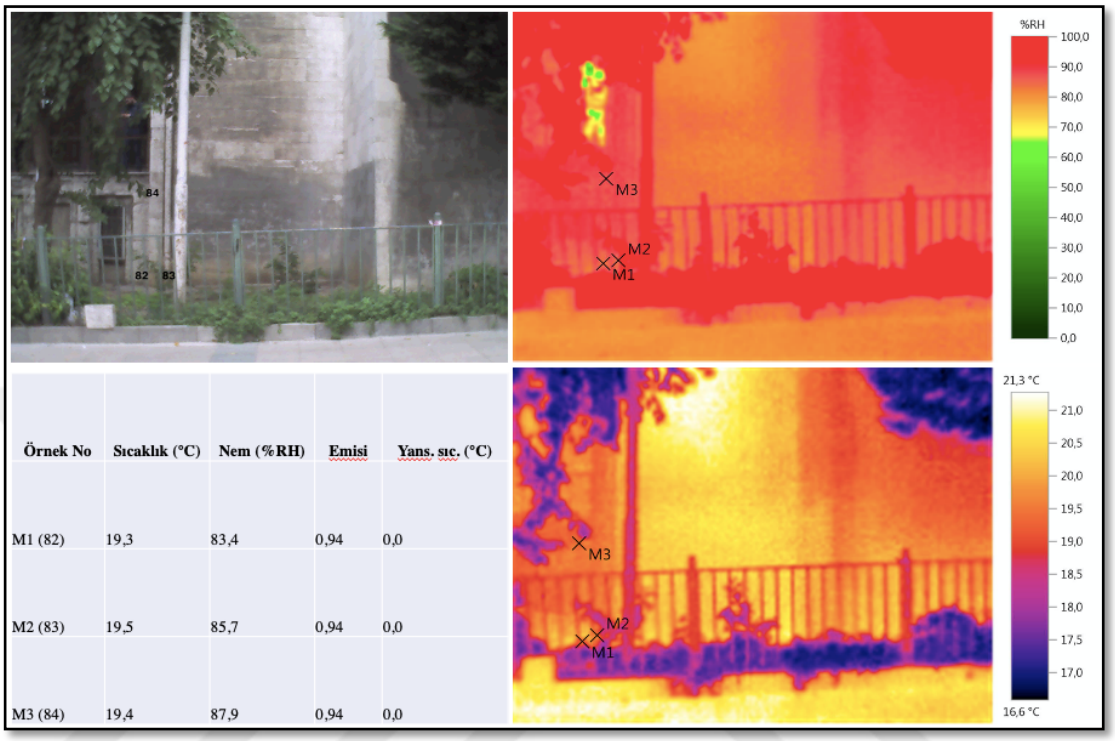


Örnek No	Sıcaklık (°C)	Nem (%RH)	Emisi	Yans. sıc. (°C)
M1 (74)	19,7	87,0	0,94	0,0
M2 (75)	19,2	89,5	0,94	0,0
M3 (77)	19,3	89,5	0,94	0,0
M4 (84)	19,6	87,0	0,94	0,0

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Termografik verilere göre M1(74), M2(75), M3(77) ve M4(84) numaralı örneklerin sıcaklıkları yaklaşık aynı değerlerde olup hemen hemen aynı yüksekliklerde olan M2(75) ve M3(77) numaralı örnekler M1(74) ve M4(84) örnekler ile karşılaştırıldığında bağıl nem değerlerinin %2,5 oranında yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.42).

Şekil 4.43: Termografik incelemeler; 82, 83 ve 84 no'lu örnekler.

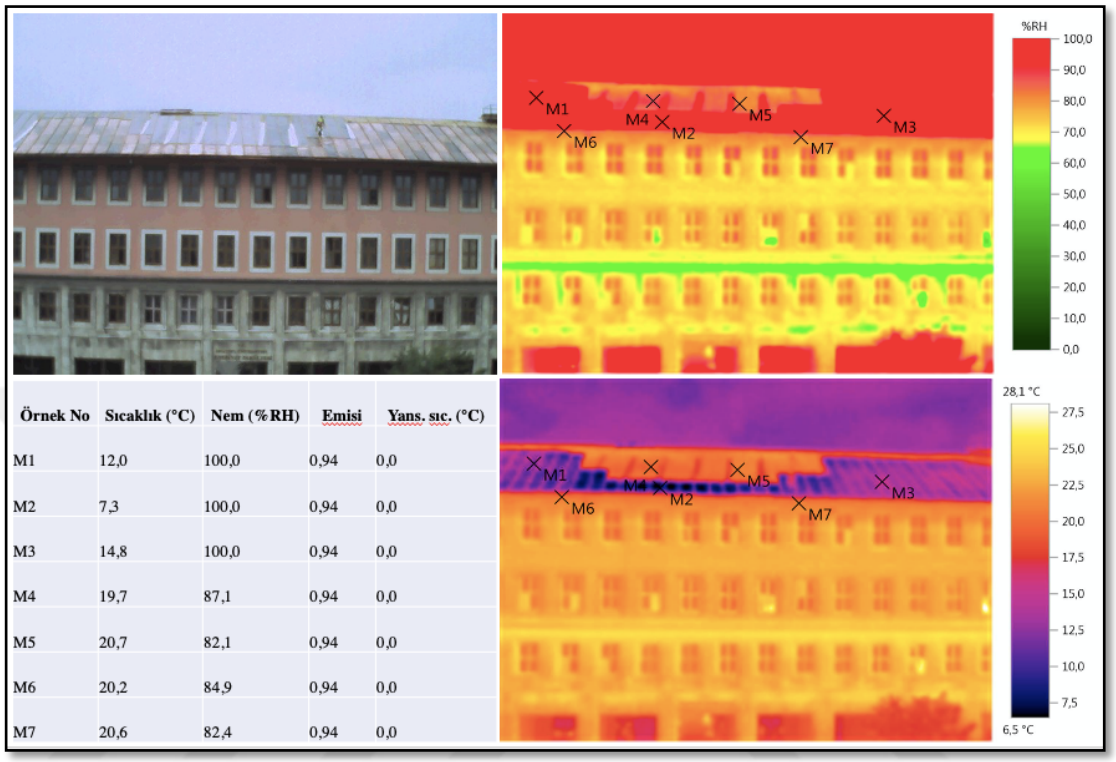


Örnek No	Sıcaklık (°C)	Nem (%RH)	Emisi	Yans. sıc. (°C)
M1 (82)	19,3	83,4	0,94	0,0
M2 (83)	19,5	85,7	0,94	0,0
M3 (84)	19,4	87,9	0,94	0,0

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

M1(82), M2(83) ve M3(84) numaralı örneklerin sıcaklıkları yaklaşık aynı değerlerdedir. Taş yüzeyinde kayıpların gözlemlendiği M3(84) numaralı örnek, M1(82) ve M2(83) örneklerle karşılaştırıldığında bağıl nem değerinin %2-4,5 oranında yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.43).

Şekil 4.44: Termografik incelemeler; çatı ve saçak altı.

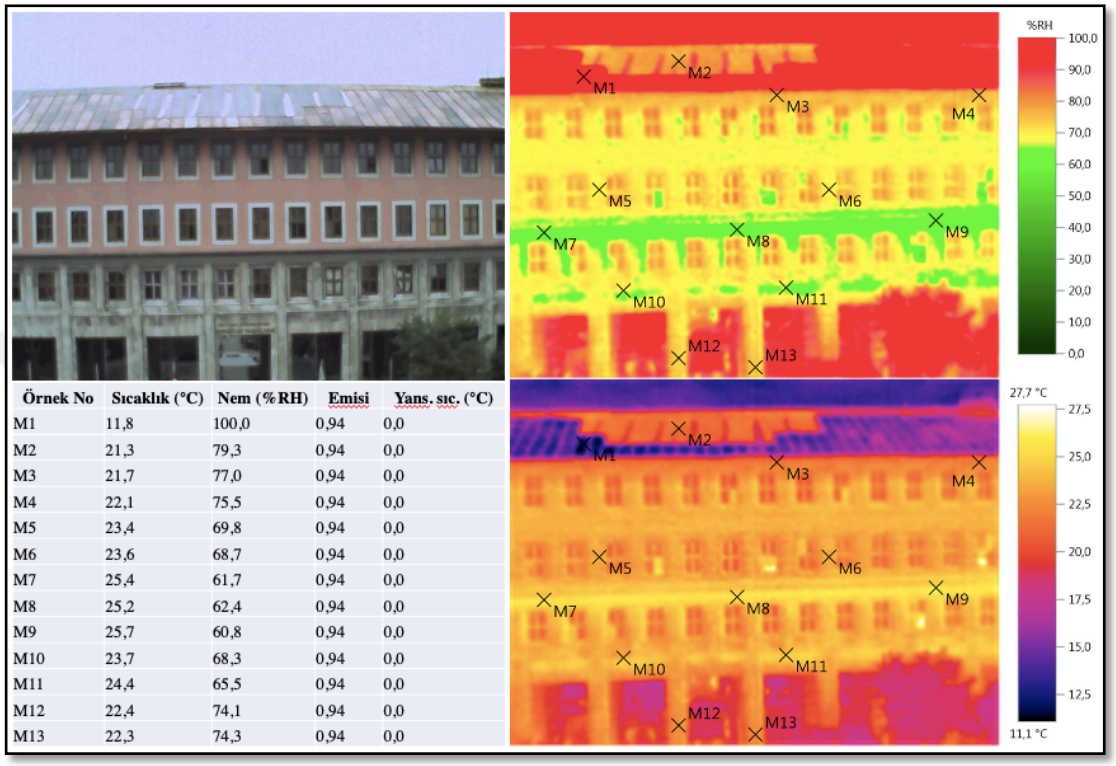


Örnek No	Sıcaklık (°C)	Nem (%RH)	Emisi	Yans. sıc. (°C)
M1	12,0	100,0	0,94	0,0
M2	7,3	100,0	0,94	0,0
M3	14,8	100,0	0,94	0,0
M4	19,7	87,1	0,94	0,0
M5	20,7	82,1	0,94	0,0
M6	20,2	84,9	0,94	0,0
M7	20,6	82,4	0,94	0,0

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Termografik ölçümler yapının çatısındaki bakır levhaların değişimi sırasında yapılmıştır. Bu sebeple M1, M2, M3, M4 ve M5 noktalarının sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde farklılık gözlemlenmektedir. M1, M2 ve M3 noktaları çatıda bulunan bakır levhadan yansıyan sıcaklık ve bağıl nem değerlerini verirken, M4 ve M5 levhanın altındaki ahşap ve membrandan yansıyan sıcaklık ve bağıl nem değerlerini göstermektedir. M1, M2, M3 ile M4, M5 karşılaştırıldığında 5,2-12,7^{0}C sıcaklık ve %12,9-17,9 bağıl nem farkı tespit edilmiştir. M1, M2 ve M3 noktalarının %100 bağıl nem oranının, ölçüm sırasında atmosferdeki bağıl nemden de etkilendiği düşünülmektedir. Çatının saçak altındaki M6 ve M7 noktaları yaklaşık aynı sıcaklık değerlerinde olup, bağıl nem değerinde %2 oranında farklılık tespit edilmiştir (Şekil 4.44).

Şekil 4.45: Termografik incelemeler; güney dış cephe genel 1.



Örnek No	Sıcaklık (°C)	Nem (%RH)	Emisi	Yans. sıc. (°C)
M1	11,8	100,0	0,94	0,0
M2	21,3	79,3	0,94	0,0
M3	21,7	77,0	0,94	0,0
M4	22,1	75,5	0,94	0,0
M5	23,4	69,8	0,94	0,0
M6	23,6	68,7	0,94	0,0
M7	25,4	61,7	0,94	0,0
M8	25,2	62,4	0,94	0,0
M9	25,7	60,8	0,94	0,0
M10	23,7	68,3	0,94	0,0
M11	24,4	65,5	0,94	0,0
M12	22,4	74,1	0,94	0,0
M13	22,3	74,3	0,94	0,0

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

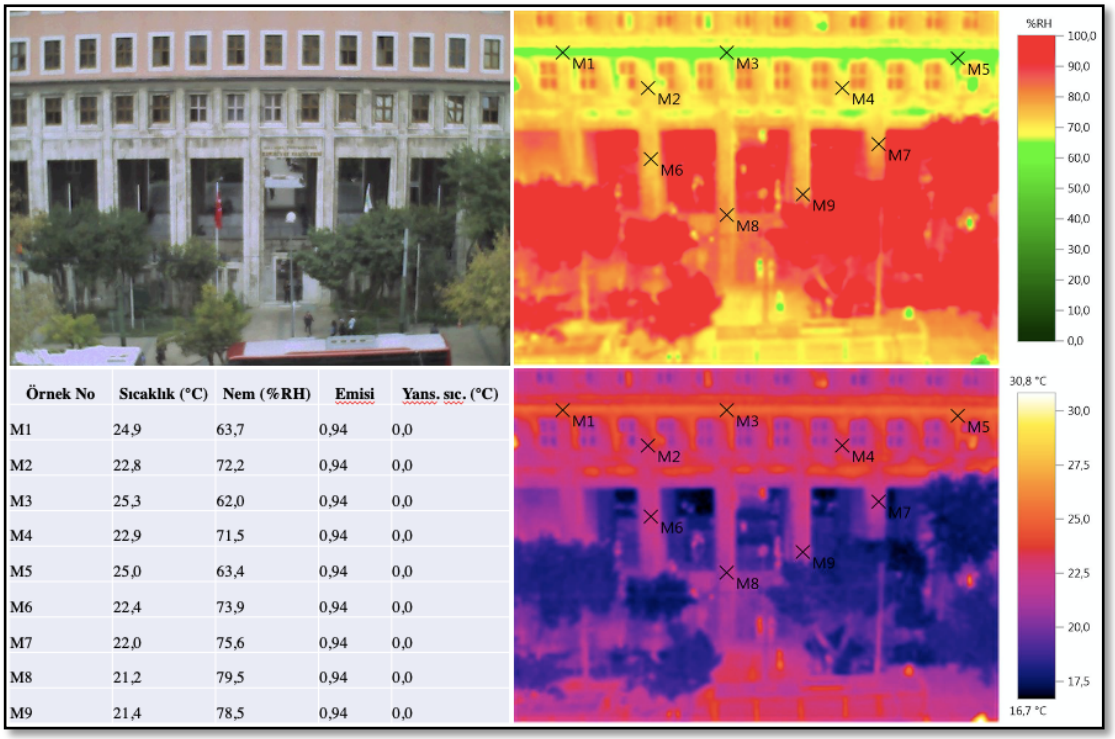
M1 ve M2 noktalarının sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde farklılık gözlemlenmektedir. M1 ve M2 karşılaştırıldığında ise; M1 bakır levhadan yansıyan sıcaklık ve bağıl nem değerlerini verirken M2 bakır levhanın altındaki ahşap ve membrandan yansıyan sıcaklık ve bağıl nem değerlerini göstermektedir. M1 ve M2 arasında $9,5^0$C sıcaklık ve %20,7 bağıl nem farkı tespit edilmiştir. M1 %100 bağıl nem oranının, ölçüm sırasında atmosferdeki bağıl nemden de etkilendiği düşünülmektedir (Şekil 4.45).

Çatının saçak altındaki M3 ve M4 noktalarının sıcaklıkları yaklaşık değerlerde olup bağıl nem değerlerinde %1,5 oranında fark tespit edilmiş olup yapının 3. kat seviyesinde bulunan sıvalı ve boyalı yüzeydeki M5 ve M6 noktalarının sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde homojenlik gözlemlenmektedir (Şekil 4.45).

Yapının 2. katının üst seviyesinde bulunan kornişteki (M7, M8 ve M9 noktaları, kirlerin birikerek yoğun siyah kabuk oluşumunun gözlemlendiği bölgedir. Bu alanda yapılan termografik ölçümlere göre M7, M8 ve M9 noktalarının diğer noktalara nispeten 4-5^{0}C sıcaklık ve %4-18 bağıl nem oranında farklılık olduğu tespit edilmiştir. 2. katın alt seviyesinde pencere sövelerinin altındaki detaylarda M10 ve M11 noktalarından alınan veriler de hafif siyah kabuk oluşumunun gözlemlendiği alanlardır (Şekil 4.45).

M12 ve M13 numaralı noktalardan alınan veriler Edebiyat Fakültesinin giriş kapısının sol ve sağ tarafındaki sütunlarda ölçülmüştür. Yapının farklı seviyelerde, aynı özellikteki özgün yapı malzemesinden (kireç taşı) alınan termografik verilere göre; M12 ve M13 noktaları M11, M10, M9, M8 ve M7 ile karşılaştırıldığında sıcaklık 2,1-3,4^{0}C ve bağıl nem %5,9-13,4 oranlarında farklılık tespit edilmiştir (Şekil 4.45).

Şekil 4.46: Termografik incelemeler; güney dış cephe genel 2.



Örnek No	Sıcaklık (°C)	Nem (%RH)	Emisi	Yans. sıc. (°C)
M1	24,9	63,7	0,94	0,0
M2	22,8	72,2	0,94	0,0
M3	25,3	62,0	0,94	0,0
M4	22,9	71,5	0,94	0,0
M5	25,0	63,4	0,94	0,0
M6	22,4	73,9	0,94	0,0
M7	22,0	75,6	0,94	0,0
M8	21,2	79,5	0,94	0,0
M9	21,4	78,5	0,94	0,0

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Yapının 2. katının üst seviyesinde bulunan kornişte M1, M3 ve M5 noktaları, kirlerin birikerek yoğun siyah kabuk oluşumunun gözlemlendiği bölgedir. Sıcaklık değerleri hemen hemen aynı olan M1, M3 ve M5 noktalarının bağıl nem değerlerinde %0,3-1,7 oranında fark gözlemlenmektedir.

M2 ve M4 noktaları, 2. katta bulunan pencerelerin arasından yapılan ölçümlerdir. Bu bölgelerden alınan termografik veriler hemen hemen aynı sıcaklıkta ve bağıl nem değerlerindedir (Şekil 4.46).

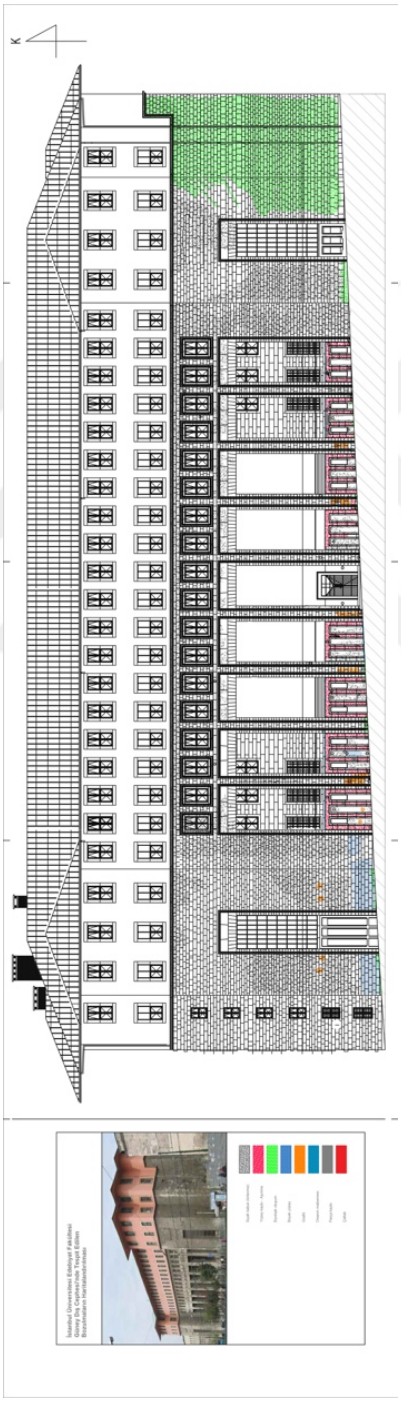
M6, M7, M8 ve M9 noktalarından alınan veriler Edebiyat Fakültesinin giriş kapısının sol ve sağ tarafındaki sütunlarda ölçülmüştür. M6 ile M7, M8 ile M9 yaklaşık olarak aynı yükseklik seviyelerindedir. M6 ile M7 noktaları arasında $0,4^0$C sıcaklık ve %1,7 bağıl nem farkı vardır. M8 ile M9 noktaları arasında $0,2^0$C sıcaklık ve %1 bağıl nem farkı vardır (Şekil 4.46).

4.2.3. Haritalandırma

Koruma ve onarım çalışmalarında tahribatsız yöntemlerden birini oluşturan haritalandırma yöntemi, yapıdaki bozulma durumunu teşhis etmek için yapılan görsel analiz, örnek alımı, laboratuvar analizi ve termografik incelemeler gibi çalışmaları optimize ederek yapıda gözlemlenen bozulmaların teşhisinde planlamanın doğru bir şekilde yapılmasına olanak sağlamaktadır (Ersen, vd., 2009).

Haritalandırma yöntemi taşlarda gözlemlenen bozulma türleri, bozulmaların türlerinin belirlenmesi (türü, dağılımı, derecesi), belgelenmesi ile uygulanacak koruma ve onarım çalışmaları için değerlendirilmesinde en etkin teşhis basamaklarından birini oluşturmaktadır. Bu metod, yapı üzerindeki bozulmaların türleri, dağılımı, kaynakları, seviyeleri ve yoğunlukları gibi yapının mevcut durumu hakkındaki bilgileri, belirlenen lejantlarla bir arada gösterilmesine fayda sağlamaktadır (Şekil 4.47), (Fitzner ve Heinrichs, 2001; Fitzner, 2014).

Şekil 4.47: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesinde tespit edilen bozulmaların haritalandırılması.



Kaynak: Çizim, Enes ŞENER.

4.3. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Dış Cephesinde Yapılan Temizlik Uygulamaları

İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesinde tespit edilen bozulma faktörlerine göre ve yapının kireç taşı olması nedeniyle 10, 16, 48, 56, 68 ve 71 nolu örneklerin bulunduğu bölgelerde, mikro kumlama, lazerle temizlik ve kimyasal temizlik çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Uygulama yapılacak alanlar 15X15/20X20 cm boyutlarında sınırlandırılıp, temizlik çalışmalarında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Bozulma durumuna göre;

10 numaralı örnek: Zeminden 165 cm yükseklikte hafif siyah kabuk oluşumunun gözlemlendiği taş yüzeyinde yeşil-mavi renklerde boyalı alanları ve grafitileri kapatmak için taşların yüzeyine badana şeklinde çimentolu şerbet katman sürülmüştür.

16 numaralı örnek: Zeminden 202 cm yükseklikte olan taş yüzeyinde hafif siyah kabuk oluşumu ve boyalı (kırmızı) alanlar gözlemlenmektedir. Örneğin bulunduğu bölgede homojen bir kirlilik gözlenmeyip siyah kabuk oluşumu ve boyalı yüzeyler bir aradadır.

48 numaralı örnek: Zeminden 145 cm yükseklikte bulunan örneğin yüzeyinde homojen siyah kabuk oluşumu bulunmaktadır. Taş yüzeyinde bulunan siyah kabuk oluşumunun alt katmanlarında grafiti, boyalı alanlar ve grafitileri kapatmak için taşların yüzeyine badana şeklinde sürülen çimentolu şerbet gözlenmektedir.

64 numaralı örnek: zeminden 165 cm yükseklikte bulunan taş yüzeyinde çeşitli boya kalıntıları katman oluşturmuş ve boyalı alanları kapatmak için çimentolu şerbet badana şeklinde taş yüzeyine sürülmüş durumdadır.

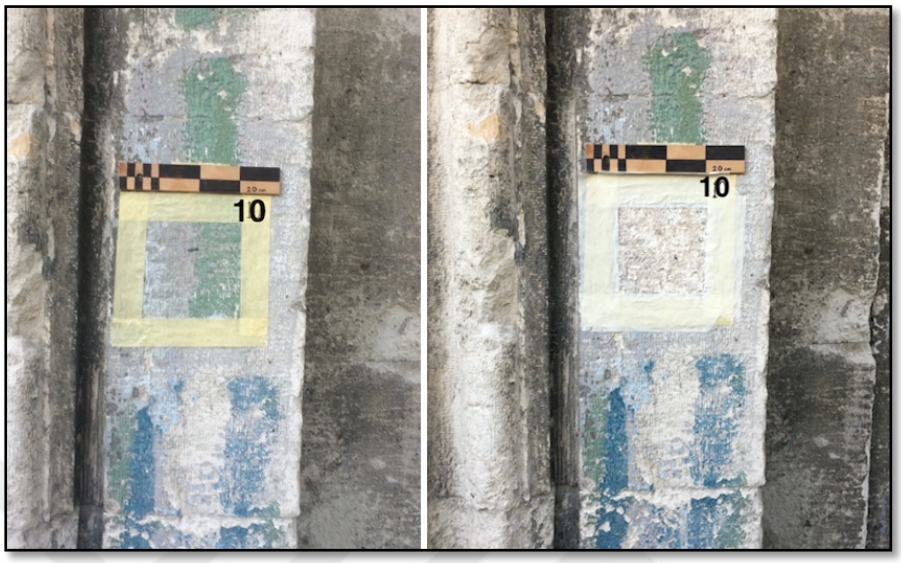
68 numaralı örnek: Zeminden 30 cm yükseklikte bulunan örneğin yüzeyinde homojen şekilde hafif siyah kabuk oluşum gözlenmektedir. Ayrıca örneğin bulunduğu seviye bahçe toprağının üzerinde ve zemine çok yakın olduğu için taş yüzeyinde zemindeki bahçe toprağından gelen toz-toprak birikmesi gözlenmektedir.

71 numaralı örnek: zeminden 170 cm yükseklikte bulunan örneğin yüzeyinde homojen olmayan siyah kabuk oluşumu bulunmaktadır. Siyah kabuk oluşumu yüzeyde akıntı şeklinde ve atmosferik etkilere açık olmayan dip kısımlarda sert, atmosferik etkilere açık olan alanlarda yumuşak şekilde gözlenmektedir.

4.3.1. Mikro Kumlama ile Temizlik Uygulaması

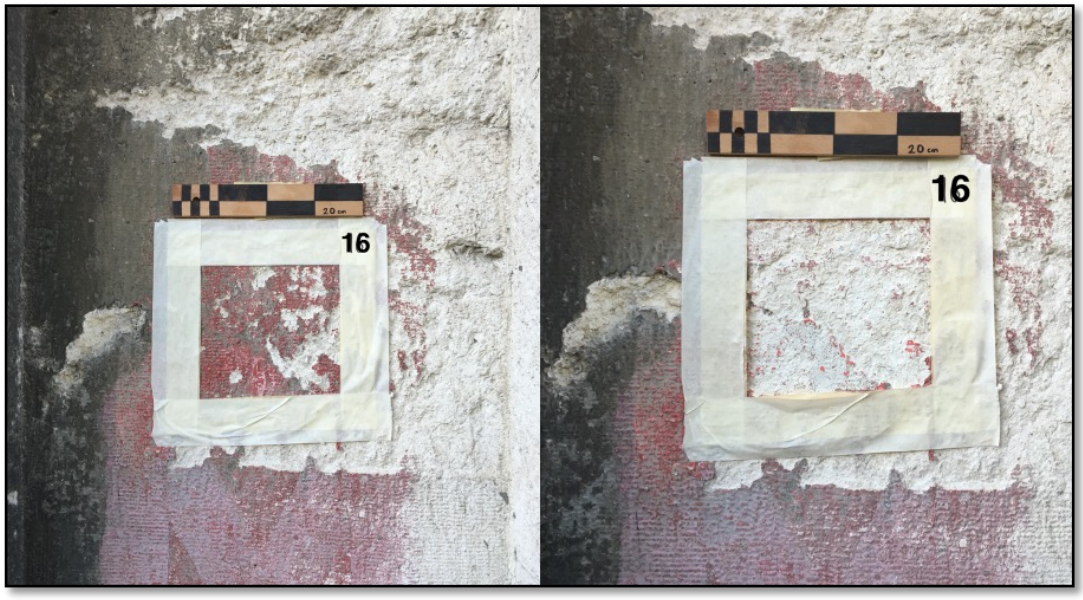
Kireç taşı temizliğinde sıklıkla tercih edilen bu yöntemde, Portatif Troy marka mikro kumlama tabancası ile kirli taş yüzeylerine 0.2-0.8 bar basınç aralığında garnet püskürtülerek deneme temizlik uygulamaları gerçekleştirilmiştir. 10, 16, 48, 56, 68 ve 71 numaralı örnek alanlarında mikro kumlama ile temizlik uygulamaları yapılmıştır. Farklı bozulma etkileri gösteren taş yüzeylerinde mikro kumlama ile yapılan temizlik uygulamaları homojen etki göstermemektedir (Şekil 4.48-4.53).

Şekil 4.48: Mikro kumlama ile temizlik; 10 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).



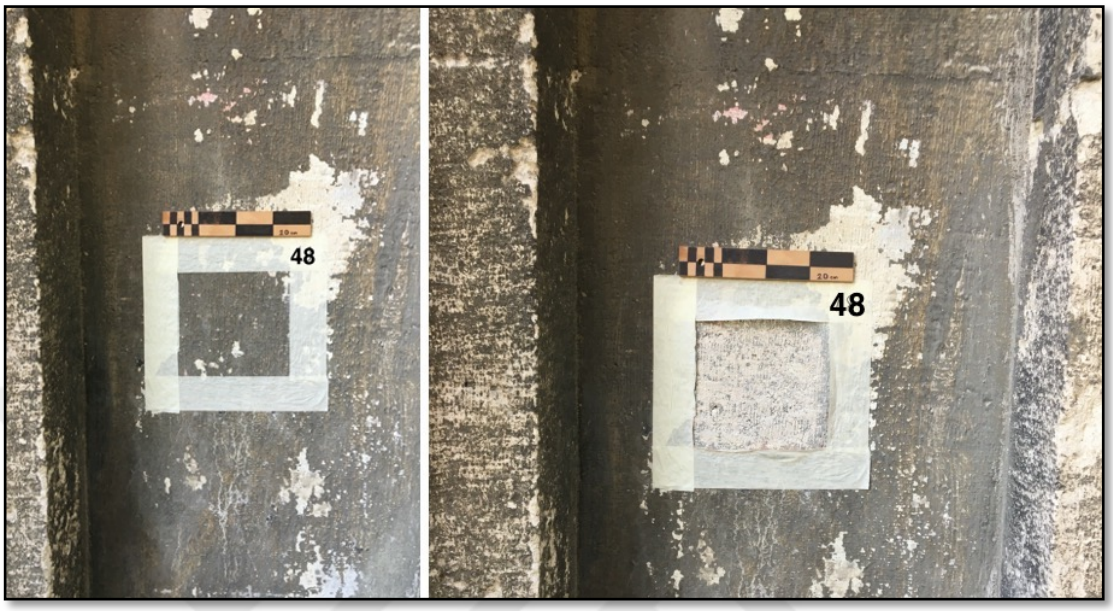
Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.49: Mikro kumlama ile temizlik; 16 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).



Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.50: Mikro kumlama ile temizlik; 48 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).



Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.51: Mikro kumlama ile temizlik; 64 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.52: Mikro kumlama ile temizlik; 68 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.53: Mikro kumlama ile temizlik; 71 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Mikro kumlama ile temizlik uygulaması yapılan alanların, uygulama öncesinde ve sonrasında tuz testleri yapılmış, ardından yapı üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Mikro kumlama öncesi ve sonrası; suda çözünebilir tuzlar, iletkenlik, yağ ve protein analizi değerlendirme tablosu

Mikro Kumlama Öncesinde Yapılan Tuz Testleri							
Örnek No	**Klor**	**Sülfat**	**Karbonat**	**Nitrat**	**Protein**	**Yağ**	**İletkenlik (µS/cm)**
10	+	++++	-	+	+	-	1.86
16	++	+++	-	+	+	-	0.82
48	++	++++	-	+	+	-	0.85
64	+	+++	-	±	+	-	0.54
68	+	+++	-	+	+	-	0.58
71	±	+++	-	±	+	-	0.67
Mikro Kumlama Sonrasında Yapılan Tuz Testleri							
Örnek No	**Klor**	**Sülfat**	**Karbonat**	**Nitrat**	**Protein**	**Yağ**	**İletkenlik (µS/cm)**
10	-	++	-	±	+	-	0.83
16	-	+	-	±	+	-	0.50
48	-	±/+	-	±	+	-	0.49
64	±/+	++	-	±	+	-	0.50
68	-	+	-	-	+	-	0.54
71	-	+	-	-	+	-	0.57

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

4.3.2. Lazer ile Temizlik Uygulaması

Lazerle temizlik çalışmaları Thunder Art (Quanta System DNA Laser Technology) lazer cihazı ile yapılmıştır (Şekil 4.54). Thunder Art lazer cihazı Q anahtarlamalı, üç opsiyonda güvenli bir şekilde kullanılmaya uygundur. Cihaz, kızılötesi dalga boyu (1064 nm), kızıl ötesi ve yeşil ışık içeren (532+1064 nm) iki dalga boyu ve mor ötesi dalga boyu (1064+532+355 nm) şeklinde noktasal atışlar gerçekleştirmektedir. Cihaz özellikle sıva, taş, ahşap, tekstil ve camların temizliği için uygun olup yeşil ışık içeren dalga boyu biyolojik kabukların giderilmesi için idealdir. Ultraviyole içindeki üçüncü dalga boyu Thunder Art'ı kağıt gibi organik yüzeylerin temizlenmesi için

uygun hale getirir ve şövale resimlerinde deneysel olarak kullanılmıştır (http://www.nortonsandblasting.com/laserconservation.html ve https://www.quantasystem.com/art-applications/ erişim tarihi: 25.05.2020).

Şekil 4.54: Thunder Art (Quanta System DNA Laser Technology) lazer cihazı.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

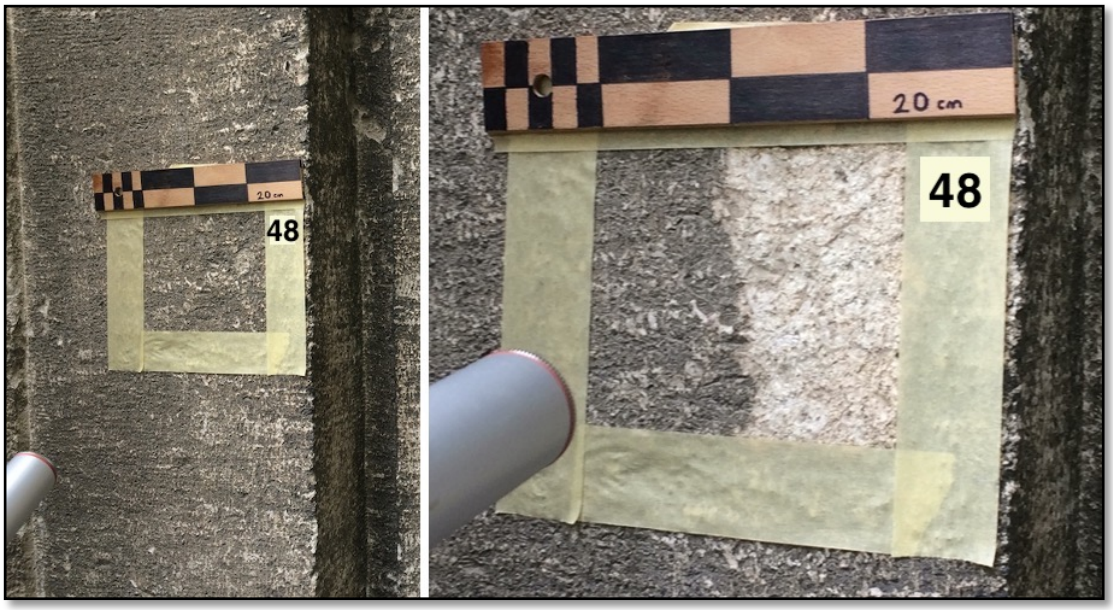
Lazerle temizlik çalışmaları Thunder Art (Quanta System DNA Laser Technology) cihazı ile 10 numaralı örnek ve 48 numaralı örneğin yakınında gerçekleştirilmiştir[10]. Thunder Art lazer cihazı restorasyon çalışmaları için özel geliştirilmiş bir cihazdır. Belirlenen örnek taş yüzeylerine 20-30 cm mesafeden 1064 nm dalga boyu ve 20 mj (megajul) ile atışlar gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.55, 4.56).

[10] 48 numaralı örneğin bulunduğu alana lazer makinası ulaşamadığı için, 48 numaralı örnek alanına en yakın alanda uygulama gerçekleştirilmiştir. 48 numaralı alanın yakınında yapılan lazerle temizlik uygulamasında alan, 48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4 numaraları verilerek AB57 uygulamaları için deneme temizlikleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.55: Lazer ile temizlik; 10 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.56: Lazer ile temizlik; 48 no'lu örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).

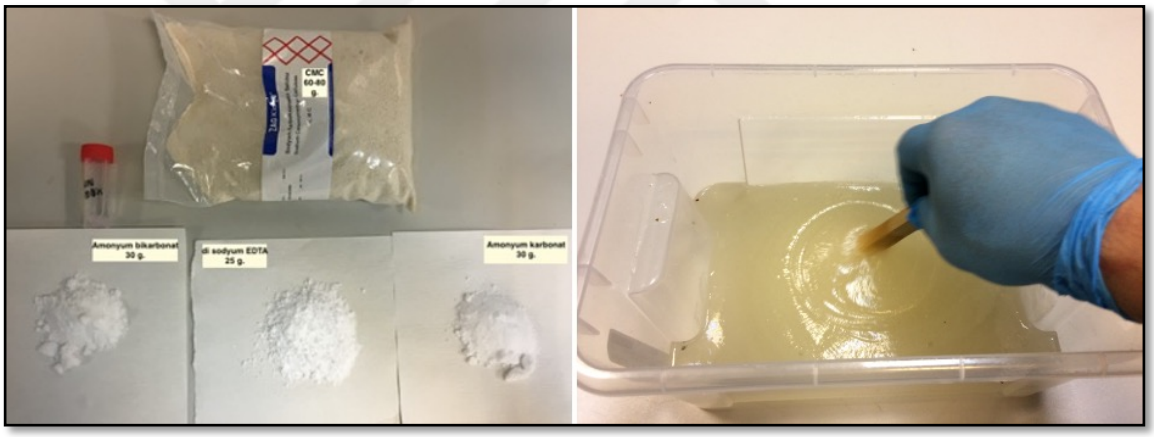


Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

4.3.3. Kimyasal Temizlik Uygulaması

Cephe üzerinde belirlenen 10, 48 (48.a ve 48.b), 71 ve 48 numaralı örneğin yakınında (48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4) AB57 uygulaması gerçekleştirilmiştir. AB57 ile yapılan temizlik çalışmalarında, belirlenen alanlarda 2 ile 8 saat arasında değişen bekleme süreleri ile denemeler yapılmıştır. Hazırlanan AB57'nin içeriği; Deiyonize su 1000 ml, Amonyum bikarbonat 30 g, Amonyum karbonat 30 g, Di sodyum EDTA 25 g, Non-iyonik deterjan 10 ml ve Karboksimetilselüloz (CMC) 60-80 g'dan oluşmaktadır. Belirlenen miktarlar kap içerisinde karıştırılarak jel halinde hazırlanmıştır. (Şekil 4.57).

Şekil 4.57: AB57'nin içeriği ve hazırlanışı.



Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

AB57 ile temizlik denemesi yapılacak alanlar 15X15 ya da 20X20 cm ölçülerinde kağıt bant ile sınırlandırılmıştır. Taşın yüzeyindeki tozlar, yumuşak uçlu fırça ve hafif nemli sünger ile yüzeyden uzaklaştırılmıştır. Jel halini alan AB57 karışımı belirlenen örnek alanlarına fırça ile 1-2 cm kalınlığında uygulanmıştır (Şekil 4.58).

Şekil 4.58: AB57'nin fırça ile uygulanması.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Uygulama yapılan yüzeylerin üzeri streç film ile hava almayacak şekilde kapatılmıştır. Bu durum, çözeltinin taş yüzeyinden hızla buharlaşmasını engelleyerek kirler üzerinde etkisini artırmaktadır. Streç film ile uygulama yüzeyini kapatmak, AB57'nin taş yüzeyinde belirlenen alanlardan aşağıya doğru akmaması veya taşmaması için de önem oluşturmaktadır. Jel halini alan AB57, belirlenen alanlarda 2 ile 8 saat arasında bekletilip kirli taş yüzeyindeki etkileri kontrol edilmiştir. AB57 ile temizlik yapılan yüzeylerdeki servis süreleri şu şekildedir:

10 numaralı örnek: 5 saat (Şekil 4.59),

48.a numaralı örnek: 2 saat (Şekil 4.60),

48.b numaralı örnek: 4 saat (Şekil 4.60),

48.1 numaralı örnek: 2 saat (Şekil 4.61),

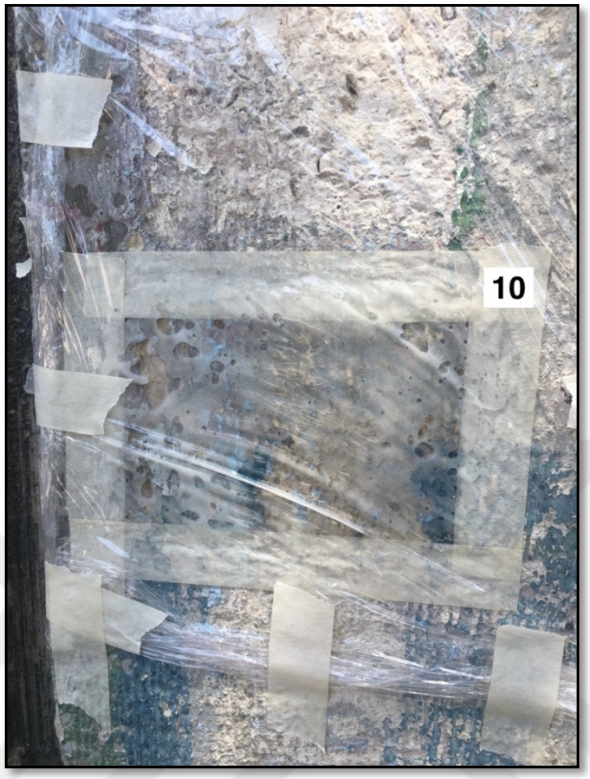
48.2 numaralı örnek: 4 saat (Şekil 4.61),

48.3 numaralı örnek: 6 saat (Şekil 4.61),

48.4 numaralı örnek: 8 saat (Şekil 4.61),

71 numaralı örnek: 3 saat (Şekil 4.62).

Şekil 4.59: 10 numaralı örnek; AB57 ile temizlik uygulaması.

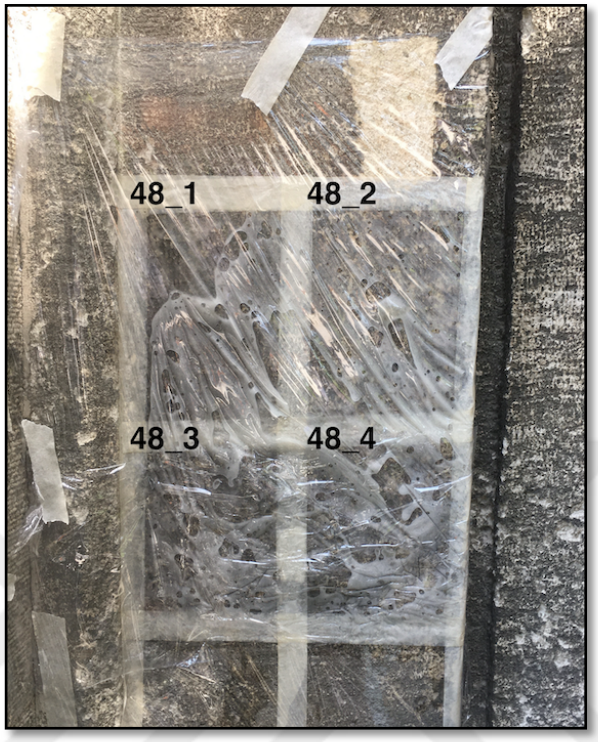


Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.60: 48.a ve 48.b numaralı örnekler; AB57 ile temizlik uygulaması.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.61: 48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4 numaralı örnekler; AB57 ile temizlik uygulaması



Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

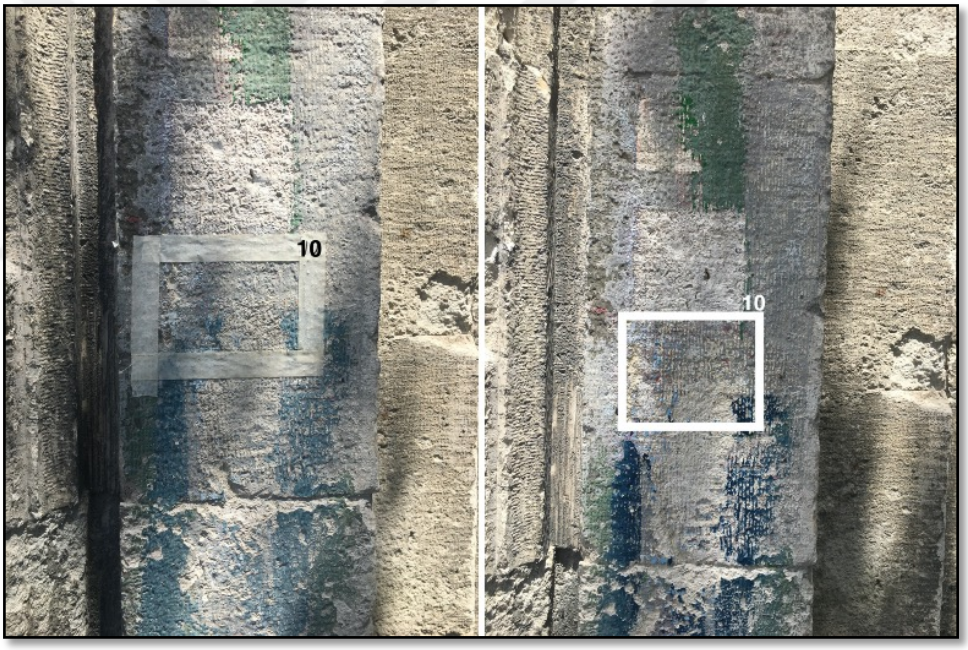
Şekil 4.62: 71 numaralı örnek; AB57 ile temizlik uygulaması.

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Bekleme süreleri tamamlanan örnek alanlarından streç film kaldırılarak, taş yüzeyindeki AB57 dikkatli bir şekilde bol deiyonize su ile fırçalanarak yüzeyden uzaklaştırılmıştır. Bu aşamada jel halindeki AB57 iyi bir durulama ile yüzeyden uzaklaştırılamadığı takdirde taş yüzeyinde kalıntı halini alarak akıntı şeklinde kötü bir görüntüye sebep olabilir.

Yapının yüzeyinde belirlenen alanlarda 2 ile 8 saat arasında değişen bekleme süreleri ile AB57 ile yapılan temizlik uygulamaları, taş yüzeyindeki kir tabakalarına etkilerini göstermiştir (Şekil 4.63-4.66).

Şekil 4.63: AB57 ile temizlik; 10 numaralı örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).

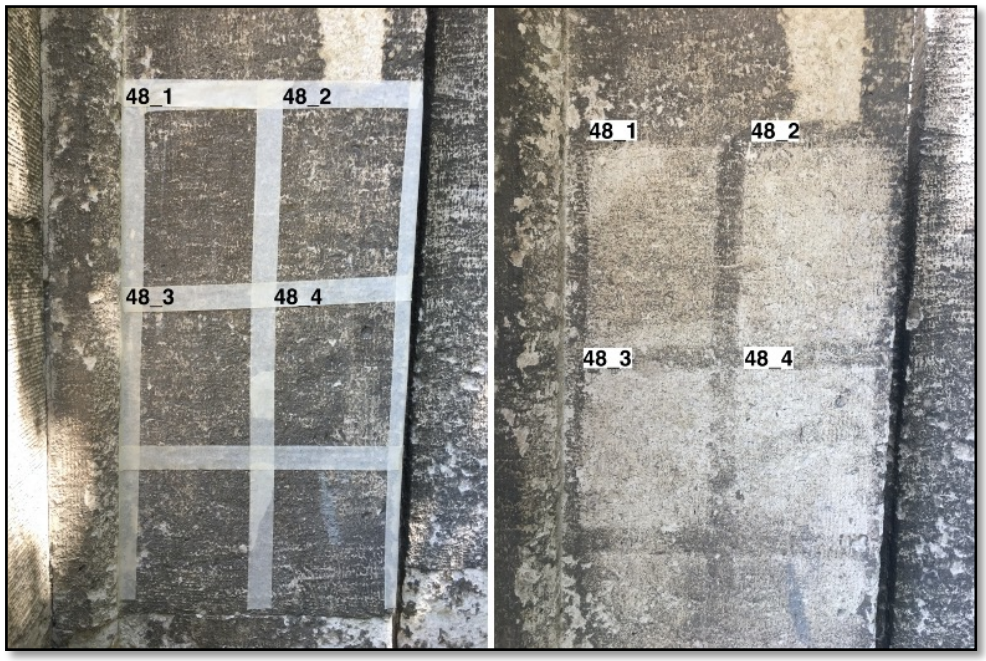


Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.64: AB57 ile temizlik; 48.a ve 48.b numaralı örnekler, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.65: AB57 ile temizlik; 48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4 numaralı örnekler, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).



Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Şekil 4.66: AB57 ile temizlik; 71 numaralı örnek, öncesi (sol) ve sonrası (sağ).

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

AB57 ile temizlik uygulaması yapılan alanların, uygulama öncesinde ve sonrasında tuz testleri yapılmış ve yapı üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır (Tablo 4.4).

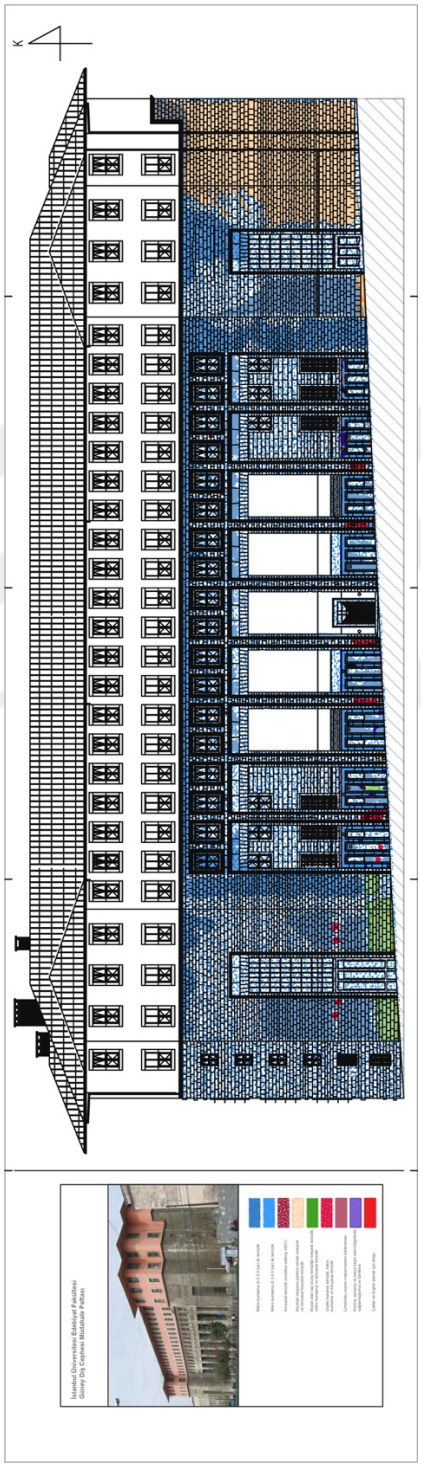
Tablo 4.4: AB57 öncesi ve sonrası; suda çözünebilir tuzlar, iletkenlik, yağ ve protein analizi değerlendirme tablosu.

AB57 Öncesinde Yapılan Tuz Testleri							
Örnek No	**Klor**	**Sülfat**	**Karbonat**	**Nitrat**	**Protein**	**Yağ**	**İletkenlik (µS/cm)**
48	++	++++	-	+	+	-	0.85
71	±	+++	-	±	+	-	0.67
AB57 Sonrasında Yapılan Tuz Testleri							
Örnek No	**Klor**	**Sülfat**	**Karbonat**	**Nitrat**	**Protein**	**Yağ**	**İletkenlik (µS/cm)**
48	+	++	-	-	+	-	0.88
71	+	++	-	-	+	-	0.80

Kaynak: Emre Veysel ŞENER.

Tez kapsamında belirlenen alanlarda mekanik, mikro kumlama, lazer ve kiyasal temizlik (AB57) ile deneme temizlik uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Temizlik çalışmaları sonrasında analizler yapılmış sonuçları karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilecek koruma-onarım çalışmaları kapsamında yapı üzerinde yapılacak müdahalelerin paftası Şekil 4.67'de verilmiştir.

Şekil 4.67: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesi müdahale paftası.



Kaynak: Çizim, Enes ŞENER.

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Çalışma alanımızı oluşturan İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi'nin içinde bulunduğu İstanbul Tarihi Yarımada'da Roma, Bizans, Osmanlı ve Cumhuriyet dönemine ait eserlerin yapı malzemesi olarak kireç taşı kullanımı oldukça yaygınlık göstermektedir. Bu çalışmada tarihi taş yapılarda görülen bozulmaların ve temizlik yöntemlerinin İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesi üzerinden değerlendirilmesi yapılmıştır.

Tarihi taş yapıların tahribata uğramasında birçok etken bulunmaktadır. Çevresel koşullar, atmosferik kirleticiler, iklimsel etmenler, biyolojik etmenler, beşeri faktörler ve yapı malzemesinin kendi özelliklerinden kaynaklanan sebepler taşların bozulmasına etki eden faktörler olarak sıralanabilmektedir. Tarihi taş yapıların korunması ve gerekli optimum müdahalelerin yapılabilmesi için yapıda bozulmaların tespit edilmesi gerekmektedir. Bozulmaların tespitini yaparken, görsel analizler ve laboratuvar çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Laboratuvar çalışmalarından alınan sonuç yapıda bozulmaya etki eden faktörlerin tespiti için önem taşımaktadır. Bozulmaya sebep olan kaynakların tespiti, koruma ve onarım planlamasının temelini ve yapılacak çalışmanın ana hattını belirlemektedir.

Çalışma kapsamında İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesinde gözlemlenen bozulmalar; görsel inceleme, çözünebilir tuz testleri, nem ve iletkenlik analizleri, yağ ve protein testleri, termografik analiz yöntemleri ve haritalandırma ile tespit edilmiştir. Yapılan çalışmaların tüm aşamaları fotoğraf, çizim ve video ile belgelenmiştir.

Belgeleme ve durum tespiti taşınır veya taşınmaz tüm kültür varlıklarının koruma ve onarım çalışmalarında temel oluşturmaktadır. Kültür varlığına yapılacak direk veya dolaylı müdahale belgeleme ve durum tespiti aşamasından sonra dikkatlice planlanmalıdır.

Çalışma alanı olarak belirlediğimiz İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephe, yapının en hareketli ve bozulma faktörlerinin daha yoğun gözlemlendiği bir alandır. Yapının güney dış cephesinde zeminden çatıya doğru belli aralıklarla, toplamda 110 adet örnek alınmıştır. Örnekler, tuzların depozit oluşturduğu, imitasyon veya plastik onarımlı olduğu düşünülen taş yüzeylerinden ve beşeri faktörler, iklimsel etmenler ve atmosferik kirleticilerin sebep olduğu yüzey deformasyonların gözlemlendiği taş yüzeylerinden alınmıştır. Bu örneklerden belirlenen 48 adet numune üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Örneklerin seçiminde yapı üzerinde belli seviyelerde, belirli bozulma formları gözlemlenmesi yapının mevcut durumunun tespiti açısından önem oluşturmaktadır. Ayrıca örneklerin fazla olması ve yapının çeşitli yerlerinden alınması yapılan analizlerin sonuçlarında karşılaştırma yapılabilmesine imkân vermektedir.

Belirlenen numunelere yapılan tuz testleri ile yapıda Sülfat (SO_4), Karbonat (CO_3) Klor (Cl^*) ve Nitrat (NO_3^-) gibi tuzların varlığı tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Tuz testleri sayesinde taşların kendi yapısında veya bünyesine sonradan çeşitli mekanizmalarla aldığı tuzların nitelikleri, nicelikleri ve tuz kaynakları tespit edilebilmektedir.

Çözünebilir tuzlardan olan sülfat (SO_4), hemen hemen tüm örneklerde yoğun olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Sülfat (SO_4) tuzları yoğun olarak siyah veya koyu kabuk şeklinde birikim göstermektedir. Sülfat kaynağını kömür, petrol ve fosil yakıtların yanması gibi atmosferik kirleticilerden alabilmektedir. Sanayi bacaları, araçlardan havaya yayılan gazlar ve havada bulunan partiküller hava kirliliği oluşturarak tarihi taş yapıların yüzeyinde kuru ve ıslak şekilde depozit oluşturmaktadır. Yapının bulunduğu İstanbul-Fatih-Laleli bölgesi, yoğun insan ve araç trafiğinin olduğu ve buna bağlı olarak hava kalitesinin düşük olduğu bir bölgedir. Kireç taşlarında sülfat tuzları tepkimeye girerek alçı taşı ($CaSO_4.2H_2O$) şeklinde kabuk oluşturmaktadır. Yapının cephesinde, atmosferik faktörlere açık bölgeler, yağmur, kar ve rüzgâr etkisiyle yıkandığı için yüzeyde kirler depozit oluşturmaz fakat aynı atmosferik

etkiler yüzey erozyonuna sebep olabilmektedir. Atmosferik faktörlerin çok fazla etki edemediği bölgelerde siyah kabuk şeklinde sülfat tuzları gözlemlenmektedir.

Yapıda çözünebilir tuzlardan Karbonat (CO_3) çok az örnekte, az şekilde tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Karbonat tuzları, taşların sert kısımlarının arasındaki yumuşak alanlarda, çatlaklarda, oyuklar ve kurt yenikleri şeklinde deformasyonlar oluşturmaktadır.

Yapıda Klor (Cl^{*}) tuzlarının varlığı 29 örnekte, ortalama ve az değerlerde tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Cephenin zeminden veya topraktan kapiler yollar ile yükselen su, deniz suyu serpintisi, çimento katkılı malzemeler yapıda klor tuzunun varlığına kaynak oluşturabilmektedir. Yapının bünyesine klor tuzlarının girmesinin nedenlerinden biri çalışma alanımızı oluşturan güney dış cephesinin önünden geçen Ordu Caddesi'nin yoğun araç ve insan trafiğine açık olması ve kış mevsimlerinde buz çözücü tuzların yollardaki buzlanmayı önlemek için kullanılması olabilir. Bunun yanında yapının denize yakınlığı, hakim rüzgârların etkisiyle deniz serpintilerinin cepheye ulaşması yapıdaki klor varlığının sebepleri arasında sayılabilir. Yapıda hızlı rekristalizasyon döngüsü gerçekleştiren klor tuzları taş yüzeylerinde pul pul ayrılmalara yol açmaktadır.

Nitrat (NO_3^{-}) tuzlarının varlığı 19 örnekte, az olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1.). Yapıda nitrat tuzlarının varlığına, yapının çevresinde yaşayan canlıların atıkları, atık su sızıntıları, canlı kalıntıları ve gübreler kaynak oluşturabilmektedir. Yapının güney dış cephesinin önünde bulunan toprak alan kedi, köpek, fare, böcek ve haşerelerin yaşam alanını oluşturmaktadır. Kuş ve yarasaların saçak altında veya oyuk taşlarda yuva oluşturması yapıdaki nitrat varlığının sebebi olabilir. Nitrat tuzları, klor tuzları gibi yapıda hızlı ve fazla çözünür oldukları için diğer çözünebilir tuzların aktivasyonunu da hızlandırabilmektedirler.

Örneklerin iletkenlik değerleri µS/cm cinsinden ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 4.1'de verilmiştir. Yapılan ölçümlerde suda çözünebilir tuzların fazla ve yoğun olduğu örneklerde iletkenlik değerlerinde artış gözlemlenmektedir. Bu durum çözeltideki iyon miktarına bağlı olup, suyun iletkenlik değerindeki azalma, çözeltinin saflık durumu hakkında bilgi vermektedir. Yapılan ölçümlerde 7, 10, 17, 26, 30, 32, 56 ve 57 numaralı örneklerin tuz testleri diğer örneklerle hemen hemen aynı olmasına rağmen iletkenlik değerlerinde artış olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum bahsi geçen örneklerde çözünebilir tuzlar haricinde farklı tuzların var olabileceğini düşündürmektedir.

Belirlenen örneklere yapılan yağ ve protein testlerinde, örneklerin hiçbirinde yağ tespit edilmemiştir. Protein varlığı ise hemen hemen bütün örneklerde bulunmaktadır (Şekil 4.1). Protein varlığının taşın yapısından ya da sonradan bünyesine aldığı organik maddelerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

29 adet örneğin nem analizi yapılmış ve bunların arasından 15 adet örneğin nem değerlerinde farklılık tespit edilmiştir (Tablo 4.2). Zeminden 10 cm yükseklikte 12, 15, 20, 30, 55, 73 ve 82 numaralı örneklerde ve zeminden 250 ile 400 cm yükseklikteki 27, 32, 35, 47, 48, 57, 74 ve 77 numaralı örneklerde nem tespit edilmiştir. Nem değerlerindeki oranın düşük seviyelerde olması yapıda aşırı bir nem probleminin olmadığını göstermektedir. Farklı yüksekliklerdeki örneklerin nem değerlerine, yapının önündeki bahçe toprağından ve zeminde biriken suyun, kapiler yollar ile zeminden yukarıya doğru hareket etmesi sebep olabilmektedir. Bu durum uzun vadede taşın kendi bünyesinde bulunan ya da sonradan bünyesine aldığı çözünebilir tuzların yapı içerisinde dolaşımına etki ederek bozulmasına sebep olabilmektedir.

Bozulma faktörlerinin teşhis edilmesinde tahribatsız yöntem olarak kullanılan termografik görüntülemelerle yapı detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yapıda özellikle örnek alınan yerlere odaklanılarak nem kaynağı olabilecek zemine (toprağa) yakın bölgeler, imitasyon ya da plastik onarım olduğu düşünülen taşlar, deformasyona

uğramış taş yüzeyleri gibi genel ve belirli alanlarda termografik incelemeler yapılmıştır.

Yapının beden duvarlarında 5, 15, 40, 47, 55 ve 102 numaralı örneklerin alındığı taşların imitasyon ya da plastik onarımlı olduğu düşünülmektedir. Yapıda görsel incelemeler sonucunda imitasyon ya da plastik onarımlı olduğunu düşünülen taşlar bulunmaktadır. Termografik verilerden alınan sonuçlar bu taşların imitasyon ya da plastik onarımlı olduğunu desteklemektedir (Şekil 4.36-4.38). Yapılan termografik çekimler ile yapının üzerinde ısı ve nemin farklılık gösterdiği bölgeler incelenmiştir. Yapıya zarar veren nem kaynaklarının olası yerleri tespit edilip, yapıya zarar veren bozulma faktörlerinin teşhisi gerçekleştirilmiştir.

Bu örnekler tek tek incelenecek olursa;
5 ve 15 numaralı örneklerin verileri göz önünde bulundurulduğunda, özellikle yüzey kirliliği olan alanlarda bağıl nem verilerinin düşük olduğu, sıcaklık verilerinin ise yüksek olduğu görülmektedir. Cephede, daha öncede belirtildiği üzere farklı dönemlerde onarımların (harç onarımları, taş ile tamamlama) yapıldığı düşünülmekte olup, malzemelerin içeriği, yapısı ve gözenekliliği, hem bağıl nemi hem de sıcaklığı etkilemektedir. Karşılaşılan farklı termografik değerlerin farklı malzemelerin ısı transferinden kaynaklandığı göz ardı edilmemelidir (Şekil 4.36, 4.37).

40 ve 47 numaralı örnekler diğer ölçüm yapılan noktalar ile karşılaştırıldığında tek farkı yüksek kotta yer almasıdır. Nem değerlerinin 40 ve 47 numaralı örnek alanlarında yüksek olması diğer noktaların zemine yakın olmasına rağmen daha az nemli olması düşünüldüğünde, 40 ve 47 numaralı alandaki malzemenin diğer ölçüm yapılan noktalardan farklı olarak gözenekli ve nemi bünyesinde uzun süre tutan bir yapıya sahip olduğunu düşündürmektedir (Şekil 4.38).

64 numaralı örnek, 67 ve 71 numaralı örneklerle karşılaştırıldığında, sıcaklıklarının yaklaşık değerlerde olduğu ve bağıl nem oranlarında % 5-6 farklılık tespit edilmiştir. Bağıl nem oranlarındaki bu farklılığın, 64 numaralı örneğin yüzeyinin boyalı olması nedeniyle film tabakası oluşturmasının, taşın gözenekli yapısını etkileyerek

sıcaklığın yükselmesine ve bağıl nem oranının azalmasına etki edebileceği düşünülmektedir (Şekil 4.41).

Genel termografik incelemeleri göz önünde bulundurulduğunda yapının 3. ve 4. katında sıvalı ve boyalı olan alanlarda sıcaklık ve bağıl nem dağılımında homojenlik gözlemlenmektedir. Çatının saçak altında, 2. katın üst kısmında bulunan korniş boyunca ve pencere sövelerinde depozit olmuş kirlerin bulunduğu alanlarda sıcaklık ve bağıl nem oranlarında farklılıklar tespit edilmiştir (Şekil 4.45.). Termografik veriler göz önünde bulundurulduğunda (M1, M3, ve M5 noktaları) korniş boyunca biriken kirlerin homojen bir yapıya sahip olduğu düşünülmektedir (4.46).

Termografik analiz, yapıyı oluşturan özgün malzeme olan kireç taşı, onarım harçları ya da imitasyon olduğu düşünülen taşlar, kirlerin depozit oluşturduğu bölgeler ve deformasyona uğramış yüzeylerin ısı transferinde farklılıklar olduğu için yapıdaki bozulma ya da bozulmaya sebep olan faktörlerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Termografik veriler sonucunda oluşan termal haritalandırma yapıda bozulmaya uğramış alanlar, bozulma dereceleri ve bozulmaya sebep olan muhtemel faktörlerin tespit edilmesine katkı sağlayarak yapının mevcut durumu hakkında bilgi edinilmesine, ileride ortaya çıkabilecek olası bozulma alanlarının önceden tespit edilmesine ve önlenmesine imkân sağlamaktadır.

Yapıda meydana gelen bozulmaların kaynakları, türleri, dağılımı, dereceleri ve seviyeleri gibi yapının mevcut durumu hakkındaki bilgileri, belirlenen lejantlarla ile çizim üzerinde gösterilmesi için haritalandırma yapmak koruma ve onarım çalışmalarının planlanması için önemli bir veri oluşturmaktadır (Şekil 4.47).

İncelemeler sonucunda, yukarıda da belirtildiği gibi, yapının bozulmasına sebep olan faktörlerin tek başına veya çoğu zaman bir arada yapıya etki ettiği görülmüştür. Yapılan analiz yöntemleri ile yapıdaki tuzların nitelikleri, nicelikleri, yapı üzerindeki yerleri, tuz kaynakları ve olası tuz kaynakları, atmosferik ve beşeri etkenlerin yapının bozulmasına neden olan etkileri belirlenmiştir. Yapının bozulmasına ve zamanla yok olmasına etki eden bozulma faktörlerini yapıdan uzaklaştırmak için 10, 16, 48, 64, 68

ve 71 örnek alanlarına mekanik temizlik, mikro kumlama ile temizlik, lazerle ile temizlik ve kimyasal temizlik yöntemlerinden AB 57 ile temizlik denemeleri uygulanmıştır.

Mikro kumlama, mikron ölçüsündeki aşındırıcıların, sınırlı basınç değerlerinde ve uzman operatör tarafından kontrol edilerek uygulandığı temizlik yöntemidir. Mikro kumlama yöntemi ile çeşitli bozulma faktörleri gösteren 10, 16, 48, 64, 68 ve 71 numaralı örnek alanlarında deneme temizlikleri yapılmıştır. Cephe üzerinde uygulama yapılan alanlarda sert ve kalın birikim gözlenmeyen taş yüzeylerinde oldukça başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir (Şekil 4.48, 4.49, 4.52, 4.53.). Tuzların birikerek kalın kabuk oluşturduğu, çeşitli boyaların katman oluşturduğu 48 ve 64 numaralı örnek alanlarında kontrollü bir şekilde yapılan mikro kumlama ile temizlik uygulaması tek başına etkili bir sonuç vermemiştir (Şekil 4.50, 4.51). Mikro kumlama ile temizlik çalışmalarının yapıldığı alanlara sonrasında yapılan tuz testlerinde büyük bir düşüş tespit edilmiştir (Tablo 4.3).

Kontrol edilebilirliği oldukça yüksek olan mikro kumlama, yapı, operatör, çevre ve doğa açısından çok az risk taşımaktadır. Mikro kumlama, hasarlı ve zayıf dirençli yapılarda da temizleme avantajı sağlayabilmektedir. Farklı bozulma faktörlerinin gözlemlendiği taş yüzeylerinde mikro kumlama ile yapılan temizlik çalışmaları yüzeylerde homojen etki göstermemektedir. Yapının mevcut durumu göz önünde bulundurulduğunda aşındırıcıların kökeni, tane boyutu, sertliği ve şekli, uygulama basıncı, mesafesi, nozul boyutu ve uzman personel tarafından uygulanması gibi parametreler dikkatle seçilmeli ve takip edilmelidir.

Lazerle temizlik uygulaması 10 numaralı örnek ve 48 numaralı örnek alanının yakınında[11] gerçekleştirilmiştir. 10 numaralı örnek alanında, hafif siyah kabuk oluşumunun gözlemlendiği, çeşitli boyaların katman oluşturduğu ve yüzeydeki grafitileri kapatmak için çimentolu şerbet yüzeye sürüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca

[11] 48 numaralı örneğin bulunduğu alana lazer makinası ulaşamadığı için, 48 numaralı örnek alanına en yakın alanda uygulama gerçekleştirilmiştir. 48 numaralı alanın yakınında yapılan lazerle temizlik uygulamasında alan, 48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4 numaraları verilerek AB57 uygulamaları için deneme temizlikleri gerçekleştirilmiştir.

48 numaralı örneğin yakınındaki alanın yüzeyinde homojen kir tabakası hafif ve yumuşak kabuk oluşturmuştur.

10 numaralı örnek alanında lazerle yapılan temizlik çalışmasında çok uzun sürede çok küçük bir alanın temizliği gerçekleştirilmiştir. Lazer, yüzeydeki boyaları uzaklaştırırken yüzeye sürülen boyanın, taşın gözeneklerine girdiği tespit edilmiştir. Bu bölgelerin temizlenmesi için tekrar lazerle temizlik yapılmıştır. 10 numaralı örnek alanında lazerle yapılan temizlik çalışmaları tek başına olumlu sonuçlar vermemiştir (Şekil 4.55). 48 numaralı örnek alanının yakınında lazerle yapılan temizlik çalışmasında olumlu sonuçlar alınmıştır. Homojen ve yumuşak kir tabakasının hafif kabuk oluşturduğu bu örnek alanında temizlik çalışması çok rahat bir şekilde gerçekleştirilmiş, taş yüzeyinde estetik açıdan da taşın orijinal haline daha yakın bir görünüm sağlamıştır (Şekil 4.56).

Lazerle temizlik hassas taş yüzeylerinin temizlenmesinde oldukça etkili bir yöntemdir. Taşın bünyesinde bulunan tuzların hareketlenmesi için çözücü etkisi bulunmamaktadır. Ancak uzman personel tarafından iş güvenliği çerçevesinde uygulamaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Büyük yapıların temizliğinde kullanmak zaman ve maliyet açısından dezavantaj oluşturmaktadır. Bu sebeple küçük ölçekli kültür varlıklarının temizliğinde başarılı bir şekilde kullanılabilir.

AB57 yöntemi ile çeşitli bozulma faktörleri gösteren 10, 48 (48.a ve 48.b), 71 ve 48 numaralı örneğin yakınında belirlenen 48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4 numaralı örnek alanlarında deneme temizlikleri yapılmıştır. Hazırlanan AB57, belirlenen örnek alanlarında 2 ile 8 saat arasında değişen servis süreleri ile bekletilerek, etkileri gözlemlenmiş ve kontrol edilmiştir. Örnek alanlarına yapılan temizlik çalışmasının servis süreleri şu şekildedir:

10 numaralı örnek: 5 saat (Şekil 4.59),
48.a numaralı örnek: 2 saat (Şekil 4.60),
48.b numaralı örnek: 4 saat (Şekil 4.60),
48.1 numaralı örnek: 2 saat (Şekil 4.61),
48.2 numaralı örnek: 4 saat (Şekil 4.61),
48.3 numaralı örnek: 6 saat (Şekil 4.61),
48.4 numaralı örnek: 8 saat (Şekil 4.61),
71 numaralı örnek: 3 saat (Şekil 4.62).

Farklı bozulma etkilerine sahip örnek alanlarına AB57 ile yapılan temizlik uygulamaları taş yüzeyinde homojen bir etki göstermemiştir. Bekleme süreleri tamamlanan örnek alanlarının sonuçları şu şekildedir:

10 numaralı örnek hafif siyah kabuk oluşumunun gözlemlendiği, çeşitli boyaların katman oluşturduğu ve yüzeydeki grafitileri kapatmak için çimentolu şerbetin yüzeye sürüldüğü alandır. AB57 bu alanın temizlenmesinde pek etki etmemiş, taşın üst yüzeyinde bulunan boya katmanlarını ağartmıştır. 10 numaralı örnek alanında AB57 ile yapılan temizlik çalışması tek başına etkili bir sonuç vermemiştir (Şekil 4.63).

48.a ve 48.b numaralı örneklerde 10 numaralı örnek gibi taş yüzeyinde boya katmanları, çimentolu şerbet ve üst yüzeyde siyah kabuk oluşumu gözlemlenmektedir. AB57 ile yapılan temizlikte örnek alanlarının üst yüzeyindeki siyah kabuk oluşumu uzaklaştırılmıştır. Alt katmandaki boyalı yüzeylerde ağarmalar gözlenmiştir. Taşın orijinal yüzeyinden kabuk oluşturmuş boya ve tuz kaynaklı kirlilikler tam olarak uzaklaştırılamamıştır (Şekil 4.64).

48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4 numaralı örnekler homojen ve yumuşak kir tabakasının hafif kabuk oluşturduğu alanlardır. 48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4 numaralı örneklere sırasıyla 2, 4, 6, ve 8 saatlik bekleme süreleri ile uygulama yapılmıştır. 48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4 numaralı örneklere yapılan AB57 temizlik uygulaması en iyi sonuçların alındığı örneklerdir. 8 saatlik bekleme süresine bırakılan 48.4 numaralı örnek incelendiğinde estetik açıdan taş yüzeyinin renginde orjinallikten uzak bir görüntü oluşturmamıştır.

Bu alanda yapılan temizlik çalışmasının sonuçları yapı üzerinde homojen ve yumuşak kir tabakasının hafif kabuk oluşturduğu alanlar için referans oluşturmaktadır. AB57 belirlenen bu alanlarda tek başına başarılı ve etkili bir sonuç vermiştir (Şekil 4.65).

71 numaralı örnek, tuzların sert ve kalın kabuk oluşturduğu alandır. Belirlenen örnek alanında yapılan temizlik çalışmasında AB57, yüzeydeki kabuk tabakasının uzaklaştırılmasında olumlu sonuçlar vermemiştir (Şekil 4.66). Burada yapılan uygulama tek sefer ve 3 saat bekletilerek yapılmıştır. Bu durumda olan kir katmanları için AB57'nin servis süresini uzatmak veya uygulama tekrarı yapmak uygulamanın etkisini artırabilir.

AB57 ile temizlik uygulaması yapılan 48.1, 48.2, 48.3 ve 48.4 ve 71 numaralı örnek alanların, uygulama öncesinde ve sonrasında tuz testleri yapılmıştır. Yapı üzerindeki tuzlarda azalma, iletkenlik değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Bu durum temizlik uygulmasının yapıda tuz aktivasyonuna sebep olabileceğini ya da çözünebilir tuzlar haricinde farklı tuzların var olabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.4).

Mikro kumlama, lazer ve AB57 ile yapılan temizlik çalışmalarının avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Yapının gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde aktarılması için yapı, çevre, doğa ve insan açısından en uygun temizlik uygulaması seçilmelidir.

Mekanik temizlik ve mikro kumlama, yapının ana malzemesi olan kireç taşının temizliğinde, yapı, çevre ve insan açısından gerekli önlemler alındığı takdirde kontrollü ve hassas bir şekilde yapıya zarar vermeden uygulanabilir. Mikro kumlama ile yapılan kontrollü temizlik uygulaması, dayanımı düşük, çok hasarlı olmayan taş yüzeylerinde de gerçekleştirilebilmektedir. Bistüri ve dişçi aletleri gibi aletlerle yapılan mekanik temizlik uygulamaları ile yapı yüzeyindeki detayların kontrollü bir şekilde temizliği gerçekleştirilebilir. Yapılan temizlik sonuçları değerlendirildiğinde, mekanik temizlik ve mikro kumlama ile yapılan uygulama en uygun temizlik yöntemi olarak tercih edilebilir.

Kimyasal temizlik yöntemlerinden AB57 ile temizlik uygulamaları değerlendirildiğinde, gözenekli taşlarda AB57 gibi kimyasal temizlik yöntemleri ile temizlik yapmak oldukça güç olduğu düşülmektedir. Büyük ölçekli yapılarda ve gözenekli yapı malzemesinde AB57 ile temizlik yapmak uzun vadede problemlere sebep olabilir. AB57'nin büyük cephelerde uygulanması, karışımdaki kimyasalların drenaj edilebilmesi ve yapı üzerinden kimyasalların tamamen uzaklaştırılması en büyük sorunlardandır. Durulaması iyi gerçekleştirilmeyen kimyasallar gözenekli taşların boşluklarında ve yüzeylerinde akıntı şeklinde izler oluşturabilir. Taş yüzeyinde estetik açıdan akıntı şeklinde renk dalgalanmaları kötü bir görüntü sergileyebilir. Temizlik kimyasallarının uzun vadede yan kimyasal ürünler oluşturmadığından emin olunmalıdır aksi takdirde yapı için geri dönüşü olmayan bozulmalara ve tahribata yol açabilir. Yapıdan AB57'nin uzaklaştırılması için bolca su kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Yapıda aşırı su kullanımı taşın yapısında bulunan tuzların aktivasyonuna sebep olabilir. Bu durum yapının ortalama nem değerinin değişmesine etki ederek farklı bozulmalara yol açabilir.

Lazer ile temizlik uygulaması değerlendirildiğinde, büyük ölçekli mimari yapıların temizliğinde, maliyet, zaman ve uzman personel açısından dezavantaj oluşturduğu düşünülmektedir. Lazer ile temizlik, küçük ölçekli kültür varlıklarının temizlik çalışmalarında daha çok tercih edilmektedir. Bu temizlik yönteminin taş yüzeyinde fiziksel ve kimyasal etkileri, ışın dalga boyları, atış gücünün seçilmesi, diğer temizlik yöntemleri ile karşılaştırılması, operatör ve kullanım açısından olumlu ve olumsuz etkileri araştırılmaktadır.

İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesinde gerçekleştirilen analiz çalışmaları ile yapıda oluşan bozulmaların tespiti, bu tespitlerin sonuccunda uygun temizlik yöntem veya yöntemlerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Çalışma kapsamında temizlik yöntemlerinin belirlenmesi için yapıyı meydana getiren taşın cinsi, yapısı, kirlerinin niceliği ve niteliği, kir kaynaklarının saptanması gerekmektedir. Yapı üzerinde ön temizlik olarak kabuk oluşturmamış ve yüzeye

tutunmamış partiküller mekanik yöntemler kullanılarak yumuşak uçlu fırçalar ve düşük basınçlı hava ile yüzeyden uzaklaştırılmalıdır.

Yapı üzerinde yapılan analiz ve uygulamalar değerlendirildiğinde, bozulmaların tek bir faktörden kaynaklanmaması, yapının temizlik yönteminin belirlenmesinde farklı yöntemlerinin bir arada kullanılmasını gerektirdiği sonuca ulaşılmıştır. Yapı açısından sulu, kimyasal ve lazerle temizlik yönteminden daha güvenli ve kontrol edilebilir olması nedeniyle mikro kumlama ile temizlik öncelikli tercih edilebilir. Boya ve metal korozyonlarından kaynaklı kirler için yapıya zarar vermeyen kimyasal temizlik uygulamaları küçük alanlarda yapılabilir.

Yapının güney cephesinin doğu yönünde yılın belli aylarında zeminden çatı saçağına kadar yapıyı saran sarmaşık biyolojik aktivasyonun etki ettiği bozulma faktörlerine sebep olmaktadır (Şekil 2.6). Rutin bakımlarla sarmaşığın ve diğer biyolojik oluşumların yapı üzerindeki etkisi, mekanik yöntemlerle ya da yapı, çevre, doğa ve insan açısından zararlı olmayan herbisit ve biyosidal etkili ürünler yardımıyla kontrol altına alınabilir.

Yapının güney cephesi, Edebiyat Fakültesi'nin giriş kapısının olduğu ve tarfik ve insan yoğunluğunun olduğu Ordu Caddesi'ne bakan ön yüzüdür. Yapının önünde bulunan iki adet havalandırma motoru yapıya direkt olarak olumsuz bir etki oluşturmamaktadır fakat estetik açıdan kötü bir görünüm sergilemektedir. Bu sebeple motorların, yapının estetik bütünlüğüne bozmayacak şekilde konumlandırılması ya da değiştirilmesi önerilmektedir. Güney cephesinin önünde bulunan topraklı ve ağaçlı bölüm kedi, fare, böcek ve haşere gibi hayvanların yaşam alanı oluşturmaktadır. Bu bölümde yapılacak rutin bakımlarla kontrolü sağlanabilen, hayvanların yaşayabileceği küçük taşınabilir yuvalar ile bir düzenleme yapılabilir.

Özelde çalışma alanımızı oluşturan İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesi, genel anlamda ise tarihi taş yapıların temizlenmesi aşamasında şu kriterler dikkate alınmalıdır:

- Yapının tarihi, kullanım alanı, malzeme içeriği ve yapım tekniği gibi yapıyı tanımlayan özellikler iyice araştırılmalıdır.

- Koruma ve onarım ilkelerinden taviz vermeden maksimum koruma ve minimum müdahale ilkesi ile çalışmalar planlanmalıdır.

- Yapının bozulmasına etki eden kaynakların tespit edilmesi ve yapı açısından optimum çevre koşullarının sağlanabilmesi için yapıya müdahalesiz ya da az müdahaleli önleyici koruma çalışmaları planlanmalıdır.

- Uygulaması yapılacak temizlik yöntemi ya da yöntemleri, yapıyı meydan getiren taşın geçirimlilik, dayanım, elastisite gibi fiziksel özellikleri, kimyasal özellikleri ve mineralojik içeriğine etki etmemelidir.

- Uygulaması yapılacak temizlik yöntemi ya da yöntemleri, taşın renk, parlaklık, doku ve pürüzlülük gibi görünüş özelliklerini etkilememelidir.

- Temizlikte kullanılan yöntemlerin taşlarda yeni bozulma ürünü veya ürünleri oluşturmaması gerekmektedir.

- Uygulaması yapılacak temizlik yöntemi ya da yöntemlerinin, kültür varlığı, çevre, doğa ve insan sağlığı açısından kısa ve uzun vadede zarar vermemesi gerekmektedir.

- Kontrolün uzman personel tarafından yapılabildiği ve denetlenebilir yöntemlerin tercih edilmesi gerekmektedir.

Tarihi taş yapıların koruma ve onarım uygulamalarının uzun vadede başarılı ve sürdürülebilir sonuçlar vermesi, yalnızca teorik yaklaşımlara bağlı kalarak değil aynı zamanda yapının uzman personeller tarafından sistemli bir biçimde analiz edilmesi, incelenmesi ve detaylı bir şekilde araştırılması, yapılacak müdahalelerin olası sonuçlarını düşünerek planlanması ve kontrol edilebilir olması ile mümkündür.

KAYNAKÇA

AHUNBAY, Zeynep
2009
Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, Yem Yayınevi, İstanbul.

AKÖZ, Fevziye
2005
''Yığma Kargir Yapılarda Hasar Tespiti'' **Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı 17 Şubat 2005 (YDGA2005),** Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, YDGA 2005.

AL-NADDAF, M., Mohammad
2009
"The Effect of Salts On Thermal and Hydric Dilatation of Porous Building Stone", **Archaeometry,** sayı:51, 3, s.495– 505.

ANTONELLA, Altieri, SANDRA, Ricci, ADA, Roccardi, ROSANNA, Piervittori
2000
"The Temples of the Archaeological Area of Paestrum (Italy): A Case Study On Biodeteri oration'' FASSINA, Vasco (Ed.),**Proceedings of the 9th International Congress On Deterioration and Conservation of Stone** June 19- 24 2000*,* s. 433-443*,* Venice, Elsevier.

ANGI, O. Serkan, ÇETİN, Yavuz, ÇİTFTÇİ, Emin
2017
"Geçmişten Günümüze İstanbul'daki Önemli Yapılarda Kullanılan Yöresel Yapı ve Kaplama Taşlarının Jeo-Litolojik ve Ari-Tektonik Özellikleri" **İstanbul Yer Bilimleri Dergisi**, C.28, S.1, s. 163-196.

ARIOĞLU, Ergin, ARIOĞLU, Nihal 1999 "Mimar Sinan'ın Taşıyıcı Olarak Kullandığı Küfeki Taşının Mühendislik Gizemi" **Mimar Sinan Dönemi Yapı Etkinlikleri Semineri**, Mayıs 1999, Yapı Merkezi, İstanbul, s. 1-19.

ASHURST, John 1998 "Cleaning Masonary Buildings" **Conservation of Building and Decorative Stone**, John Ashurst and Francis G. Dimes, (eds.) Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, 125-154.

AVDELIDIS, Nicolas, MOROPOULOU, Antonia, THEOULAKIS, Panagiotis, 2003 "Detection of Water Deposits and Movement in Porous Materials by Infrared Imaging", **Infrared Physics&Technology**, 44, pp.

BATUR, Afife 1994 "Darülfunun Binası" **Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi,** Cilt:2, s. 562-563, Kültür Bakanlığı ve Tarih Vakfı Ortak Yayını, İstanbul.

BEDE, A. ElizaBeth 2000 "Characterization Of Surface Morphology Of Carbonate Stone And Its Effect On Surface Uptake Of So2", Vasco Fassina (Ed.), **Proceedings of the 9th International Congress On Deterioration and Conservation of Stone** June 19-24. 2000 *(s.*303-311*)*, Venice, Elsevier.

BENEDETTI, Dario, BONTEMPI, Elza, PEDRAZZANI, Roberta, ZACCO, Annalisa, DEPERO, Laura. 2008 "Transformation in Calcium Carbonate Stones: Some Examples", **Phase Transitions,** Vol. 81, No: 2–3, February-March, s.155–178.

BORELLI, Ernesto 1999 "Salts Arc Laboratory Handbook" **Conservation of Architectural Heritage, Historic Structures and Materials**, Vol. 3. ICCROM, Rome.

BÖKE, Hasan 1999 "Mermerin Kükürt Dioksit ile Olan Bozulmasının Bazı Kimyasal Maddeler ile Kontrolü", **1. Ulusal Taşınabilir Kültür V arlıkları Konservasyonu ve Restorasyonu Kolokyumu,** Ankara Üniversitesi Başkent Meslek Yüksek Okulu Restorasyon ve Konservasyon Programı, Ankara, 6-7 Mayıs, s. 131-139.

CANEVA, Giulia, SALVADORI, Ornella 1988 "Biodeterioration of Stone'' Lorenzo Lazzarini and Richard Pieper (ed.), **The Deterioration and Conservation of Stone**, s.182-234, Venice: Unesco.

CANEVA, Giulia, NUGARI, Maria, P., SALVADORI, Ornella 1991 **Biology in the Conservation of Works of Art**, ICCROM - International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property, Rome.

CHAROLA, A. Elena
2000
"Salts in the Deterioration of Porous Materıals: An Overvıew" **Journal of the American Institute for Conservation (JAIC),** Vol. 39, No. 3.

CLAIR, L. St. Clair,
SEAWARD, R. D. Mark
"Biodeterioration of Rock Substrata by Lichens: Progress and Problems", Larry L. 2004 St Clair ve Mark R. D. Seaward (eds.) **Biodeterioration of Stone Surfaces-Lichens and Biofilm as Weathering Agents of Rocks and Cultural Heritage**, s. 1-9, Springer, 2004.

COOPER, I., Martin,
EMMONY, C, David,
LARSON, J
1995
"Characterization of Laser Cleaning of Limestone'' **Optics and Laser Technology 27 (1):** 69–73.

CUTLER, Nick, VILES, Heather
2010
"Eukaryotic Microorganisms ans Stone Biodeterioration", Geomicrobiology Journal, 27, pp. 630-646.

ÇALIŞAN, Mücahit,
TÜRKOĞLU, İbrahim
2011
''Termal Kameralar ve Uygulamaları'' **Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar 2011**, Fırat Üniversitesi, Elazığ.

ÇELİK, Gözde
2007
İstanbul Tarihi Yarımadası'nda Tanzimat Dönemi İdari Yapıları, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÇOBANOĞLU, A. Vefa, YILMAZ, H. Fehmi 2011 — **İstanbul Üniversitesi Fen ve Edebiyat Fakülteleri Sanat Tarihi Raporu,** İstanbul Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı Arşivi.

ÇORAPÇIOĞLU, Kemal 1983 — **Doğal Taş Kargir Yapılarda Taş Ayrışmasının Nedenleri ve Maktralı Kalkerler Üzerinde Korumaya Yönelik Bir Araştırma**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÇUKUR, Hasan, AYGÖREN, Tülay 2018 — "Denizli'de Hava Kirliliği ve Klimatik Özellikleri Arasındaki İlişki" **Asos Journal The Journal of Academic Social Science,** Sayı: 82, Kasım, s. 594-611

DAJNOWSKI, A., JENKINS, A., LINS, A. 2009 — "The Use of Lasers for Cleaning Large Architectural Structures", **APT Bulletin 40 (1)**: 13–23.

DAL, Murat 2011 — "Pınarhisar Kalkerleri ve Marmara Beyazı Mermerinde Tuzların Yıkıcı Etkileri" **Trakya Üniversitesi J Sci, 12(1),** s.47-56, Edirne.

DAL, Murat 2011 — "Mimarinin En Soylu Yapı Malzemesi: Doğal Taşlar" **Mimarlıkta Malzeme,** Yıl 6, Sayı 19, TMMOB-İstanbul, s. 90-95.

DAL, Murat, IRGAS, Cem 2012 "Doğal Taşlar Üzerindeki Biyolojik Organizmaların Alterasyondaki Rolü'' **Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,** Cilt 13, Sayı 1, s. 41-55.

D'ARMADA, Paul 2005 "Prediction and Prevention of Hygroscopic Salt Activity in Historic Buildings", **Journal of Architectural Conservation**, 11:1, 28-41.

DIMES, G., Francis 1998 "The Nature of Building and Decorative Stones", **Conservation of Building and Decorative Stone**, John Ashurst and Francis G.Dimes (eds.), Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, s. 22-26.

DİKİLİTAŞ, Gülseren 2005 **Duvar Resimlerinin Bozulmasına Neden Olan Etkenler ve Koruma Uygulamaları**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

DİRİK, Kadir 2005 **Fiziksel Jeoloji Ders Notları I**, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

DOEHNE, Eric, PRICE, A., Clifford (ed.) 2010 **Stone Conservation: An Overview Of Current Research, *2*nd Ed**, USA: Getty Conservation Institute.

DOĞRU, Sevtap, ARGUN, A., Yusuf, BİNGÜL, Züleyha, ALTIKAT, Aysun 2016 "Negative Impacts of Air Pollution on Historical Cultural Structures" **UEMK 2016 Conference**, 13-14 October, Gaziantep.

DOLAR, Ayşe, YARDIMLI, Seyhan 2017 "Tarihi Yapı Taşlarındaki Alg ve Bakteri Alterasyonları" **Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu,** 2-4 Kasım, s.143-152.

ERGUVANLI, A. Kemal 1973 **Mühendislik Jeolojisi**, Seç Yayınevi, İstanbul.

ERGUVANLI, A. Kemal, SAYAR, Malik 1955 **Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları**, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.

ERİÇ, Murat 2002 "Eski Eserlerin Korunmasında Önemli Bir Malzeme Sorunu Suda Çözünür Tuzlar", **Mimarlık Kültür ve Sanat Dergisi**, 246, s.101-103.

ERSEN, Ahmet, GÜLEÇ, Ahmet 2009 "Basit ve İleri Analiz Yöntemleri ile Tarihi Harçların Analizi", **Restorasyon Konservasyon Çalışmaları Dergisi**, İstanbul Büyükşehir Belediyesi KUDEB, sayı 3, s. 65-73, İstanbul.

ERSEN, Ahmet
2011
"Taş Koruma Korumada Son 20 Yıldaki Gelişmeler ve Yenilikler", **Restorasyon Konservasyon Çalışmaları Dergisi,** İstanbul Büyükşehir Belediyesi KUDEB, sayı: 10, s.3-19, İstanbul.

ERSEN, Ahmet,
GÜLEÇ, Ahmet,
ALKAN, Nimet,
KUDDE, Esra
2009
"Konservasyon Raporunun Önemi, İçeriği ve Hazırlanma Adımları", **Restorasyon Konservasyon Çalışmaları Dersgisi,** İstanbul Büyükşehir Belediyesi KUDEB sayı:2, s.3-16, İstanbul.

FASSINA, Vasco
1988
"Air Pollutian in Relation to Stone Decay'' Lorenzo Lazzarini and Richard Pieper (ed.), **The Deterioration and Conservation of Stone**, s.111-181, Venice: Unesco.

FASSINA, Vasco,
1994
"General Criteria for the Cleaning of Stone: Theoretical Aspects and Methodology of Application", **Stone Material in Monuments: Diagnosis and Conservation: Scuola Universitaria, C.U.M, Conservazione dei Monumenti Heraklion Crete, 24-30 May 1993,** (ed. Fulvio Zezza), Bari, pp. 126-138.

FLATT, J. Robert
2002
"Salt Damage in Porous Materials: How High Supersaturations are Generated" **Journal of Crystal Growth**, 242, s. 435-454.

FITZNER, Bernd
2014
"Diagnosis of Weathering Damage on Stone Monuments", **Conferencia-Diagnosis of Weathering Damage on Stone Monuments Bacteria**, pp. 21-28.

FITZNER, Bernd,
HEINRICHS, Kurt
2001
"Damage Diagnosis at Stone Monuments-Weathering Forms, Damage Categories and Damage Indices", **ACTA- Universitatis Carolinae Geologica 1**, Prag, pp.12-59.

GÖKALTUN, Emrah
1997
Atmosferik Kirleticilerin Kuru ve Islak Çökelme Mekanizmalarının Kireç Taşlarındaki Parlaklık Kaybına Etkisi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

GÖKALTUN, Emrah
2004
"Atmosferik Gaz ve Asitlerin Doğal Yapı Malzemeleri Üzerindeki Etkilerinin Deneysel Yöntemleri ile Analizi" **Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi**, s. 149-160, İstanbul.

GÜLEÇ, Ahmet,
ERSEN, Ahmet
1998
"Characterization of Ancient Mortars: Evaluation of Simple Sophisticated Methods", **Journal of Architectural Conservation**, Vol. 4, Issue Number 1, pp. 56-67

GÜLEÇ, Ahmet
2009
"Enez Ayasofyası Harç ve Sıva Analizleri" **Kargir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri 28-29 Eylül'09**, s. 176-186.

GÜNERGUN, Feza, KADIOĞLU, Sevtap 2006 — "İstanbul Üniversitesi'nin Yerleşim Tarihçesi Üzerine Notlar" **Osmanlı Bilimi Araştırmaları VIII/1**, s. 135-163.

HOLST, Gerald, C. 2000 — **Common Sense Approach to Thermal Imaging,** Spie Optical Engineering Press, Washington.

HONEYBORNE, David B. 1998 — "Weathering and Decay of Masonry", **Conservation of Building and Decorative Stone**, John Ashurst and Francis G.Dimes, (eds.) Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, 153-178.

ICOMOS-ISCS 2008 — **ICOMOS-ISCS: Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns**, Paris.

İHSANOĞLU, Ekmeleddin 1993 — "Darülfünun" **İslam Ansiklopedisi,** Cilt:8, s. 521-525, Türkiye Diyanet Vakfı Yayınevi, İstanbul.

İNCECİK, Selahattin, İM, Ulaş 2013 — "Megaşehirlerde Hava Kalitesi ve İstanbul Örneği" **Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi**, S.2, s.133-145.

İNCECİK, Selahattin 1994 — **Hava Kirliliği**, İTÜ Yayınları, İstanbul.

JAIN, K. Kamal, MISHRA, A. K. 1993 — "Effect of Atmospheric Pollution on Monuments and Historic Buildings" November 19-December 18.

KETİN, İhsan 2016 — **Genel Jeoloji – Yerbilimlerine Giriş**, İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayınları, İstanbul.

KIRIMHAN, Sücattin 2006 — **Hava Kirliliği ve Kontrolü**, Turhan Kitabevi, Ankara. (https://docplayer.biz.tr/1253572-Hava-kirliligi-ve-kontrolu.html)

KUMRAL, Mustafa, YALÇIN, Cihan ŞANS, Gökhan KAYA, Mustafa, BUDAKOĞLU, Murat 2019 — "Çatalca (İstanbul) Civarındaki Tarihi Küfeki Taşının Oluşumunda Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin Etkileri" **Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt 8, Sayı 1, s. 278-287.

KURT, Hüseyin 1998 — **Maden Mühendisleri İçin Mineraloji ve Petrografi**, Uğur Matbacılık, Konya.

KURT, Hüseyin, ARIK, Fetullah 2003 — **Mineraloji**, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.

KÜÇÜKKAYA, G. Ayşe 2014 — **Yapı Taşların Restorasyonu**, Özlem Matbaacılık, İstanbul.

LAZZARINI, Lorenzo 1988 — "Genesis and Classification of Rocks'' Lorenzo Lazzarini and Richard Pieper (ed.), **The Deterioration and Conservation of Stone** (s.1-45), Venice: Unesco.

LEWIN, Z. Seymour
1982
"The Mechanism of Masonary Decay Through Crystallization", **Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments**, National Academy Press, Washington.

LIVINGSTON, A. Richard
2016
"Acid Rain Attack on Outdoor Sculpture in Perspective" **Elsevier-Atmospheric Environment 146**, s. 332-345.

MASSEY, W., Shane
1999
"The Effects of Ozone and NO_x on the Deterioration of Calcareous Stone" **The Science of the Total Environment,** 227, s. 109-121.

MEB
2013
"Taş Bozulmalarını Teşhis Etme", **T.C. Milli Eğitim Bakanlığı İnşaat Teknolojisi Teknik Eğitim Modüllü**, Ankara.

MITCHELL, J. David,
HALSEY, P. David,
MACNAUGHTON, Karl,
SEARLE, E. David
2000
"The Influence Of Building Orientation On Climate Weathering Cycles In Staffordshire, UK." FASSINA, Vasco (Ed.), **Proceedings of the 9th International Congress On Deterioration and Conservation of Stone** June 19- 24 2000*,* 357-365*,* Venice, Elsevier.

MOROPOLOU, Antonia,
LABROPOULOS, Kyriakos,
C., DELEGOU,
Ekaterini T., KAROGLOU,
Maria, BAKOLAS, Asterios
2013
"Non-destructive Techniques as a Tool for the Protection of Built Cultural Heritage**",** **Construction and Building Materials 48**, pp. 1222–1239.

MORONI, Beatrice, POLI, Giampiero 2000 "Corrosion Of Limestone In Humid Air Containing Sulphur And Nitrogen Dioxides: A Model Study", Vasco Fassina (Ed.), **Proceedings of the 9th International Congress On Deterioration and Conservation of Stone,** June 19-24 2000, s. 367-374, Venice, Elsevier.

NORMANDIN, C. Kyle, SLATON, Deborah 2015 "Cleaning Teqniques" Alison Henry (ed), **Stone Conservation Principles and Practise**, Rouledge, New York.

ÖCAL, Ali, DAL, Murat 2012 **Doğal Taşlardaki Bozunmalar**, Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, Kırklareli.

ÖZGÜNLER-ACUN, Seden 2007 **Tarihi Yapılarda Kullanılan Volkanik Tüflerin Konservasyonu Üzerine Bir Araştırma: Od Taşı Örneği,** Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

PAOLETTİ, Domenica, AMBROSİNİ, Dario, SFARRA, Stefano, BİSEGNA, Fabio 2013 "Preventive Thermographic Diagnosis of Historical Buildings for Consolidation", **Journal of Cultural Heritage 14**, pp. 116–121.

PERVITITCH, Jacques 2001 **Sigorta Haritalarında İstanbul: İstanbul in the Insurance Maps of Jacques Pervititch,** çev. Zülal Kılıç, Axa Oyak, İstanbul.

PIERO, Tiano
2002

"Biodegradation of Cultural Heritage: Decay Mechanisms and Control Methods", **ARIEADNE Workshops 2002**, Czhekoslovakia.

QUAGLIARINI, Enrico,
BONDİOLİ, Federica,
GOFFREDO, B. Giovanni,
CORDONI, Caterina,
MUNAFÒ, Placido
2012

"Self-cleaning and de-polluting stone surfaces: TiO_2 nanoparticles for limestone" **Construction Building Materials 37,** pp. 51-57.

RIVES, Vicente,
GARCIA-TALEGON, Garcia
2006

"Decay and Conservation of Building Stones on Cultural Heritage Monuments" **Material Science Forum Vol 514-516**, pp.1689-1694, Trans Tech Publications, Switzerland.

ROSSI-DORIA, R. Paola
1988

"Laboratory Tests on Artistic Stonework", L. LAZZARINI, Lorenzo and PIEPER, Richard (Eds.), **The Deterioration and Conservation of Stone,** s.235-242, Venice: Unesco.

ROSSI-MANARESI, R.,
TUCCI, A.
1991

"Pore Structure and the Disruptive or Cementing Effect of Salt Crystallization in Various Types of Stone", **Studies in Conservation,** International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 36: 1: s.53-58.

SIEDEL, Heiner, KLEMM, Werner 2000 "Evaluation Of The Environmental Influence On Sulphate Salt Formation At Monuments In Dresden (Germany) By Sulphur Isotope Measurements", FASSINA, Vasco (Ed.), **Proceedings of the 9th International Congress On Deterioration and Conservation of Stone** June 19- 24 2000, 401-409, Venice, Elsevier.

SIEDEL, Heiner, SIEGESMUND, Siegfried 2014 ''Characterization of Stone Deterioration on Buildings'' Siegfried Siegesmund and Rolf Snethlage, (eds.), **Stone in Architecture Properties, Durability**, Springer, Newyork.

SIEGESMUND, Siegfried, DURRAST, Helmut 2014 ''Physical and Mechanical Properties of Rocks'' Siegfried Siegesmund and Rolf Snethlage, (eds.), **Stone in Architecture Properties, Durability**, Springer, Newyork.

SIKIOTIS, Denis, KIRKITSOS, D., Philip 1994 "The Adverse Effects of Gaseous Nitric Acid on stone Monuments", **The conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Proceedings of the 3rd. International Syposium**, Venezia, s.203- 211.

SIRT, Elif 2011 **Evaluation Of Biodeterioration In Nemrut Mount Monument and Temple of Augustus By Using Various Techniques,** A Thesis Submitted To The GraduateSchool Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical Universiy, Ankara.

SLATON, Deborah, NORMANDIN, C., Kyle 2005 "Masonry Cleaning Technologies: Overview of Current Practice and Techniques", **A Special Issue of Journal of Architectural Conservation,** Vol.11, No.3, Donhead, UK, pp.7-31.

STEIGER, Micheal, CHAROLA, A. Elena, STERFLINGER, Katja 2014 "Weathering Deteration" Siegfried Siegesmund and Rolf Snethlage, (eds.), **Stone in Architecture Properties, Durability**, Springer, Newyork.

STANCLIFFE, Martin WITTE, Inge, WITTE, Eddy 2005 "St. Paul's Cathedral: Poultice Cleaning of the Interior", **Journal of Architectural Conservation: Cleaning Techniques in Conservation Practice** (Eds. Normandin, Kyle C. and Slaton, Deborah), Donhead 2005, 87-104.

SUNGUR, A., Korkut, GÖNENÇGİL**,** Barbaros 1997 **"**Çeşitli İklim Elemanlarının Hava Kirliliği Üzerine Etkileri" **Ankara Üniversitesi Türk Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi,** S.6, s.337-345, Ankara.

SÜR, Ayhan, SÜR, Özdoğan, YİĞİTBAŞIOĞLU, Hakan 2009 **Mineraller ve Kayaçlar**, Bilim Yayıncılık, Ankara.

ŞAHİN, Cemalettin 1989 "Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğini Etkileyen Doğal Çevre Faktörleri", **Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Bil. ve Uyg. Kolu, Coğrafya Araştırma Dergisi,** Ankara, s. 25-45.

TALUY, A. G. 1981 **Kalker Esaslı Yapı Taşlarının Tahrip Nedenleri, Bozulma Şekilleri ve Restorasyon Yöntemleri,** Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

TANMAN, M. Baha 1994 "Zeyneb Hanım Konağı" **Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi,** Cilt:7, s. 549-550, Kültür Bakanlığı ve Tarih Vakfı Ortak Yayını, İstanbul.

TATAR, Yusuf 2016 **Genel Jeoloji – I (Dış Dinamik Jeoloji),** Cinius Yayınları, İstanbul.

TAVUKÇUOĞLU, Ayşe 2009 "Tarihi Yapıların Tahribatsız Yöntemlerle Muayenesi" **Kargir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri 28-29 Eylül'09**, s. 187-200.

TECER, L. Hakan 2005 "Hava Kirleticilerin Karbonatlı Yapı Malzemeleri Üzerine Etkileri" **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,** C.11, S.2, s.231-237.

TITMAN, J., David 2001 "Applications of Thermography in Non-Destructive Testing of Structures", **NDT&E International, 34**, pp.149-154.

TİNTİN, Zeynep
2012
Arkeolojik Alanda Taş Koruma: Sağlamlaştırma Yöntemleri, Kültür ve Turizm Bakanlığı Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesi Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi, Ankara.

TORRACA, Giorgio
2005
Porous Building Materials - materials science for architectural conservation, ICCROM (İnternational Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property), Rome, Italy.

TORRACA, Giorgio
2009
Lectures on Materials Science for Arcitectural Conservation, The Getty Conservation Institute, Los Angeles.

TUFAN, Seçil
2007
Bakırköy Havzasının Bilgisayar Ortamında Modellenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği.

UĞUR, Tülay
2011
Perge Antik Kentine Ait Mozaik Harçlarının Karakterizasyonu, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul

VERGES-BELMİN, Veronique
1996
"Towards A Definition Common Evulation Criteria For The Cleaning Porous Building Materials: A Review" **Science and Technology For Cultural Heritage 5 (I)**, s. 69-83.

VERGÈS-BELMIN, Veronique, DIGNARD, Carole 2003 "Laser Yellowing: Myth or Reality?" **Journal of Cultural Heritage 4**, LACONA IV, pp. 238–44.

VERGÉS-BELMIN, Veronique, SIEDEL, Heiner 2005 "Desalination of Masonries and Monumental Sculptures by Poulticing: A Review", **Restoration of Buildings and Monuments, An International Journal Vol. 11**, pp.391-408.

WESSMAN, Lubica 1997 **Studies on the Frost Resistance of Natural Stone**, Lund University, Lund Institute of Technology, Licentiate Thesis, Division of Building Materials, Sweden.

WINKLER, Erhard, M. 1975 **Stone: Properties, Durability in Man's Environment**, Springer-Verlag Wien GmbH.

WINKLER, Erhard, M. 1997 **Stone in Architecture Properties, Durability**, Springer, Newyork.

YILDIRIM, Neşe 2007 **Kireç Taşlarında Tuzların Yıkıcı Etkilerinin Araştırılması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Restorasyon Programı.

YILDIRIM, Neşe 2010 "Dolmabahçe Sarayının Yapı Malzemeleri Üzerinde Suda Çözünebilir Tuzların Etkileri, **Restorasyon Konservasyon Çalışmaları,** İstanbul Büyükşehir Belediyesi KUDEP, 6, 70-86.

YILDIRIM, Mustafa, GÖKAŞAN, Erkan 2013 — **Mühendisler İçin Jeoloji Bilgileri,** Yıldız Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi, İstanbul.

YÜZER, Erdoğan, GÜNGÖR, Yıldırım, AYDOĞAN, Serdar 2016 — **Doğal Taşın Öyküsü**, Kare Tasarım, İstanbul.

ZAKAR, Lory, EYÜPGİLLER, K. Kutgün 2018 — **Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri: Restorasyon Uygulamalarında Kullanılan Çağdaş Teknikler,** Ömür Matbaacılık, İstanbul.

ZANINI, Alessandro, BRESCIANI, Vittorio, YAR, Mine 2010 — "Mimari Taş Yüzeylerin ve Nesnelerin Lazerle Temizlenmesi" **Restorasyon Konservasyon Çalışmaları Dergisi**, İstanbul Büyükşehir Belediyesi KUDEB, sayı 4, s. 89-93, İstanbul.

ZEHNDER, Konrad, ARNOLD, Andreas 1984 — "Stone Damage Due to Formate Salts", **International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Studies in Conservation,** 29: 1, s.32-34.

BOZCU, Mustafa — **Sedimantoloji Ders Notları:** http://members.comu.edu.tr/mbozcu/sediman/sedim.html#4 erişim tarihi: 17.01.2019.

http://www.nortonsandblasting.com/laserconservation.html erişim tarihi: 25.05.2020.

https://www.quantasystem.com/art-applications/ erişim tarihi: 25.05.2020.

https://earth.google.com/web/@41.01093111,28.96025979,50.96022253a,407.35599698d,35y,86.33967065h,4.03465736t,360r erişim tarihi: 04.02.2020.

https://testolog.wordpress.com/tag/termografi-2/ erişim tarihi: 28.03.2020

https://komunkoy.blogspot.com/2018/12/ugur-tanyeli-atinada-patina.html erişim tarihi: 23.04.2020.

http://artwatch.org.uk/tag/paolo-mora/ erişim tarihi: 12.05.2020.