

128408

T.C.
MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ VE MALZEME PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

**DOĞAL TAŞ MALZEME KORUYUCULARIN PERFORMANS
ÖLÇÜMÜNDE DENEYSEL METOT ARAŞTIRMASI**

OR. TÜRKİYE KUTUP
KUTUP KUTUP

Sibel Onat HATTAP (Yüksek Mimar)
DANIŞMAN: Doç.Dr. Kemal ÇORAPÇIOĞLU

128408

İSTANBUL-TEMMUZ 2002

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, ülkemizde koruyucu malzeme uygulamalarında ve Türk Standartlarında görülen eksiklik üzerine araştırmalar yapılarak, çeşitli deney metotları denenmiş ve sonunda Koruyucu Performansı Test Cihazı geliştirilmiştir.

Doktora çalışmamın her aşamasında değerli öneri ve eleştirileri ile beni yönlendiren, yakın ilgi gösteren danışmanım Doç.Dr. Kemal Çorapçioğlu'na, teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince her zaman yardımlarını gördüğüm Prof.Dr. Murat Eriç'e ve Prof.Dr. Halit Yaşa Ersoy'a, Prof. Yahya Karşılıgil'e, petrografik ve minerolojik analizlerimi yapan Prof.Dr. Bektaş Uz'a, kimyasal analizlerimi yapan Yrd.Doç.Dr. Ahmet Güleç'e teşekkür ederim.

Çevirileri ve tecrübesiyle bana çok yardımcı olan ve yürekten destekleyen kardeşim Dr. Duygu Onat' a, yaşamım boyunca yanımda olan annem Aynur Onat ve babam Erdem Onat' a, tüm ilgi ve desteği için eşim Nedim Hattap' a ve gösterdiği anlayış ve olgunluktan dolayı oğlum Kaan Hattap'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	V
SUMMARY	VII
SEMBOL LİSTESİ	IX
KISALTMA LİSTESİ	X
ŞEKİL LİSTESİ	XI
RESİM LİSTESİ	XIII
TABLO LİSTESİ	XIV
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. DOĞAL TAŞ MALZEME KORUYUCULARIN	
KULLANIM AMACI	4
2.1. Malzeme Koruyucuların Kullanım Amacı	4
2.2. Malzeme Koruyucuların Genel Özellikleri	6
2.3. Malzeme Koruyucuların Kullanımına Neden Olan Etkenler ve	
Önleme Metotları	9
2.3.1. Su-Nem Etkisi ve Önleme Metotları	13
2.3.2. Tuz Etkisi ve Önleme Metotları	18
2.3.3. Güneş Işınımı Etkisi ve Önleme Metotları	24
2.3.4. Atmosfer Etkisi ve Önleme Metotları	27
2.3.5. Biyolojik Etkiler ve Önleme Metotları	32
2.3.6. Don Etkisi ve Önleme Metotları	43
BÖLÜM 3. DOĞAL TAŞ MALZEME ÖZELLİKLERİNİN ve	
MALZEME KORUYUCULARIN TEST EDİLMESİNDE	
KULLANILAN MEVCUT DENEY METOTLARININ	
İRDELENMESİ ve YAPILAN DENEY ÇALIŞMALARI	45
3.1. Doğal Taş Malzemenin Özelliklerinin Belirlenmesi.....	45
3.1.1. Birim Hacim Kütlesi Deneyleri.....	46
3.1.2. Kütle ve Hacimce Su Emme Deneyleri.....	47

3.2. Malzeme Koruyucuların Test Edilmesinde Kullanılan Mevcut Deney Metotlarının İrdelenmesi ve Yapılan Deney Çalışmaları.....	48
3.2.1. Tek Parametrelili Deneyler.....	48
3.2.1.1. Su Buharı Geçirgenlik Deneyi	50
3.2.1.2. Tesir Derinliği (Penetrasyon) Deneyi.....	51
3.2.1.2.1. Çalışmada Yapılan Deneyler ve Sonuçları.....	52
3.2.1.3. Tuz Kristalizasyonu Deneyi	53
3.2.1.3.1. Çalışmada Yapılan Deneyler ve Sonuçları.....	54
3.2.1.4. Kılcal Su Emme (Kapilarite) Deneyi.....	58
3.2.1.4.1. Çalışmada Yapılan Deneyler ve Sonuçları	58
3.2.1.5. Damlatma Metodu	60
3.2.1.5.1. Çalışmada Yapılan Deneyler ve Sonuçları	63
3.2.1.6. Ultraviyole Deneyleri	67
3.2.1.6.1. Çalışmada Yapılan Deneyler ve Sonuçları.....	67
3.2.2. Çok Parametrelili Deneyler	68
3.2.2.1. Klimatik Hücrede Simülasyon Deneyi	69
3.2.2.2. Atmosferik Kirlenme Ölçüm Cihazı	72
3.2.2.3. Aachener Konsepti (Uygunluk ve Performans Deneyleri).....	75
3.2.2.4. Venüs Aleti	85
3.2.2.5. Koruyucu Malzeme Deney Aleti	91

BÖLÜM 4. MALZEME KORUYUCULARIN PERFORMANSININ

ÖLÇÜLMESİ AMACI İLE YAPILAN DENEY

ÇALIŞMALARINI SONUCUNDA GELİŞTİRİLEN TEST

CİHAZI

4.1. Koruyucu Performansı Test Cihazı (KPTC) Geliştirilmesi ve Çalışma Prensipleri.....	95
4.2. Deney Koşulları ve İklimsel Veri İlişkisi	100
4.2.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler.....	103

4.2.2. Koruyucu Malzemeler	103
4.2.2.1. Silan	105
4.2.2.2. Siloksan.....	105
4.2.3. Doğal Taş Malzeme	107
4.2.3.1. Maktralı Kalker (Küfeki Taşı)	107
4.2.3.1.1. Petrografik ve Minerolojik Analiz	108
4.3. KPTC' da Yağmur, Güneş Işınımları (UV, Enfraruj), Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz) Simülasyonu ve Yapılan Eskitme Deneyleri	112
4.3.1. KPTC' da 10' UV + 10' Yağmur + 10' Enfraruj + Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz) Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları	114
4.3.2. KPTC' da 10' Yağmur + 0' UV + 3' Enfraruj + 0' Tuz Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları	115
4.3.3. KPTC' da 10' Yağmur + 3' UV + 0' Enfraruj + Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz) Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları	117
4.3.4. KPTC' da 3' UV + 3' Yağmur + 3' Enfraruj + Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz) Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları	119
4.3.5. KPTC' da 3' UV + 3' Yağmur + 0' Enfraruj + 0' Tuz Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları.....	121
4.3.6. KPTC' da 3' Enfraruj + 3' Yağmur + 0' UV + 0' Tuz Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları.....	123
4.3.7. KPTC' da Koruyucu Malzeme Performansı Ölçüm Deneyleri.....	124

BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARININ

DEĞERLENDİRİLMESİ ve ÖNERİLER.....

5.1. Tek ve Çok Parametrelili Deneylerin Karşılaştırılması	128
--	-----

5.2. Sonuç ve neriler	131
KAYNAKLAR	140
EKLER	149
ÖZGEÇMİŞ	186



ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizdeki restorasyon ve konservasyon uygulamalarındaki koruyucu malzeme kullanımında çalışma sürelerini kısaltacak bir metot aramak amaçlanmıştır.

Aşınmış doğal taşların korunması için, yeni polimer ürünlerin dayanıklılıklarını hızlandırılmış eskitme deneyleri ile kanıtlamaları gerekmektedir. Laboratuarda deneysel çalışma yapılmadan, yapı yüzeyinde koruyucu malzeme uygulamak çoğu zaman geri dönüşümsüz hatalara yol açmaktadır. Özellikle bu uygulamaların daha çok tarihi eserler üzerinde yapıldığı göz önüne alındığında, ön deney ve laboratuvar çalışmalarının önemi ortaya çıkmaktadır.

Beş bölümden oluşan tezde literatür çalışması ile mevcut deney yöntemlerinin irdelenmesi ve yeni bir deney metodu geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Birinci bölümü oluşturan girişte, konunun boyutları irdelenmiş, çalışmanın amaç ve kapsamı belirtilmiştir.

İkinci bölümde, malzeme koruyucuların kullanım amacı ve gerekliliği araştırılmış, doğal taş malzemenin özelliklerini kaybetmesine neden olan bozulma etkenleri açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, malzeme koruyucuların kullanımında, uluslararası literatürde yer alan deney metotları ile standartlar irdelenmiştir. Deneyler tek veya çok parametrelili olarak sınıflandırılmış ve aynı deneylerin farklı ülkelerdeki uygulamaları ele alınarak deneyler yapılmış, sonuçları grafik anlatımı ile verilmiştir.

Dördüncü bölümde, bir önceki bölümde yer alan deney çalışmaları sonucunda yapılan tespitler üzerine Koruyucu Performansı Test Cihazı geliştirilmiştir. Deneylerde koruyucu malzeme seçimini yapılan ön deneyler, korunan doğal taş malzeme seçimini ise ülkemizdeki kullanım potansiyeli ve malzeme özellikleri

belirlemiştir. Koruyucu Performansı Test Cihazı'nda Su Emme, Tuz Kristalizasyonu, Güneş Işınlamaları (Ultraviyole-mor ötesi ve Enfraruj-kızıl ötesi), Yağmur Simülasyonu, Zemin Suyu Simülasyonu yapılabilmekte ve bu etkiler tek ya da bir arada istenilen süreye programlanarak verilebilmektedir.

Beşinci bölümde, deney çalışmalarının sonuçları değerlendirilmiş, tek ve çok parametrelili deneyler karşılaştırılmalı olarak ele alınmış, sonuç ve öneriler verilmiştir.

Çalışmada sonuç olarak, doğal taş malzemede bozulma sebepleri belirlendikten sonra, bunlar laboratuarda simüle edilmiştir. Her doğal taş malzemenin ve koruyucu malzemenin kendine has özellikleri olduğu dikkate alınarak koruyucu kullanımında hızlandırılmış deneysel metotların uygulanmasının gerekliliği, hızlandırılmış eskitme faktörlerinin ve iklimsel verilerin simülasyonunun önemi ortaya çıkmıştır.

Geliştirilen 'Koruyucu Performansı Test Cihazı', deneylere zaman ve uygulama açısından pratiklik kazandırmış ve örneklerinden farklı olarak doğal taş malzemede zemin-toprak etkisini simüle edebilmiştir.

SUMMARY

The aim of this study is to search a method that would shorten the working time for the preservative material usage in the restoration and conservation applications in our country.

In order to protect worn out natural stones, the strength of new polymer products should be proved through accelerated wearing-out experiments. Applying preservative material on the surface of the structure without conducting experimental work in the laboratory usually results with irreversible mistakes. Taking into consideration that such applications are mostly made on historical monuments, the importance of the preliminary experiments and laboratory studies becomes obvious.

In the thesis consisting five parts, literature study, evaluation of existing experimental methods and development of new experimental methods are aimed.

The first part as introduction deals with the importance of the subject at length and states the purpose and scope of the study.

The second part presents an examination of the purpose and necessity of use of the material preservatives as well as explanation of deterioration factors that lead to loss of natural stone material properties.

The third part considers the experimental methods and standards found in the international literature for the use of material preservatives. Experiments, which are classified as having single or multiple parameters, are performed according to the similar experiments done in various countries and the results are indicated in graphics.

In the fourth part, according to the evaluation of the experiments done in the previous part, The Preservative's Performance Test Device has been designed. The preliminary experiments determined the selection of preservative materials, whereas

the utilization potential and the specifications of the materials used in our country determined the selection of preserved natural stone. By using The Preservative's Performance Test Device, Water Absorption, Salt Crystallization, Sun Radiation (Ultraviolet and Infrared), Rain or Ground Water Simulation can be performed and these impacts can be given separately or together as being programmed into the desired time. The test conditions are simulated taking climatic conditions into consideration.

In the fifth part, the results of the experiments are evaluated, the experiments with single or multiple parameters are handled in a comparative manner and conclusion and suggestions are presented.

As a result, after the determination of the reasons of deterioration on natural stone material, these are simulated in laboratory. Considering every natural stone and protective material has its own unique properties, the necessity of applying accelerated experimental methods for the usage of preservatives and the importance of the simulation of accelerated wearing out factors and climatic conditions are revealed.

The Preservative's Performance Test Device has given practicality to the tests in terms of time and application and contrary to other devices, it has been able to simulate ground-earth (salt and water) impact in natural stone material.

SEMBOL LİSTESİ

Δ	= Birim ağırlık (gr/cm^3)
W_o	= Numunenin kuru ağırlığı (gr)
v	= Numunenin hacmi (cm^3)
δ	= Özgül ağırlık (gr/cm^3)
W	= Malzeme ağırlığı (gr)
V_k	= Malzemenin boşluksuz hacmi (cm^3)
S_a	= Ağırlıkça su emme oranı (%)
S_h	= Hacimce su emme oranı (%)
W_d	= Suyu doymuş haldeki ağırlık (gr)
W_5	= Doymuş haldeki numunenin su içindeki ağırlığı (gr)
P_g	= Görünen porozite (%)
k	= Doluluk oranı (kompasite) (%)
p	= Porozite (%)
F	= Alan (cm^2)
Δ_w	= Ağırlık artış oranı (%)
W_n	= Tekrar sonundaki kuru ağırlık (gr)
k_d	= Sodyum sülfat don kaybı (%)
D	= Doyma derecesi (%)
s	= Standart sapma
\bar{x}	= Ortalama değer
Q	= Malzemenin taban alanından geçen su miktarı (gr/cm^2)
W_a (%)	= Su damlası emilimi
t_x	= Koruyucu sürülmüş veya hava etkisi almış yüzeyleri emilim süresi
t_n	= Referans olan koruyucu sürülmemiş yüzeyin emilim süresi

KISALTMA LİSTESİ

KPTC	: Koruyucu Performansı Test Cihazı
SSUZ	: Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taş (Ultra-Viyole Deneyi)
SU5	: Beş Yüz Siloksan Sürülen Doğal Taş (Ultra-Viyole Deneyi)
SU6	: Altı Yüz Siloksan Sürülen Doğal Taş (Ultra-Viyole Deneyi)
KCSUZ	: Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taş (Tuz Kristalizasyonu Deneyi)
KC5	: Beş Yüz Siloksan Sürülen Doğal Taş (Tuz Kristalizasyonu Deneyi)
KC6	: Altı Yüz Siloksan Sürülen Doğal Taş (Tuz Kristalizasyonu Deneyi)
KSUZ	: Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taş (KPTC)
KSİL	: Silan Sürülen Doğal Taş (KPTC)
KSX	: Siloksan Sürülen Doğal Taş (KPTC)
KX	: Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taş (KPTC)
SİL	: Silan Sürülen Doğal Taş (KPTC)
SX	: Siloksan Sürülen Doğal Taş (KPTC)
KWSUZ	: Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taş (KPTC)
SO-5	: Beş Yüz Siloksan Sürülen Doğal Taş (KPTC)
KW-6	: Altı Yüz Siloksan Sürülen Doğal Taş (KPTC)
UVSUZ	: Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taş (KPTC)
UV-5	: Beş Yüz Siloksan Sürülen Doğal Taş (KPTC)
UV-6	: Altı Yüz Siloksan Sürülen Doğal Taş (KPTC)
KEUZ	: Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taş (KPTC)
KSE	: Siloksan Sürülen Doğal Taş (KPTC)
SXWSUZ	: Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taş (KPTC)
SXW	: Siloksan Sürülen Doğal Taş (KPTC)
TSUZ	: Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taş (Kılcal Su Emme Deneyi)
TSX	: Siloksan Sürülen Doğal Taş (Kılcal Su Emme Deneyi)
TTSUZ	: Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taş (Tuz Kristalizasyonu Deneyi)
TTSX	: Siloksan Sürülen Doğal Taş (Tuz Kristalizasyonu Deneyi)
YSUZ	: Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taş (KPTC)
YSX	: Siloksan Sürülen Doğal Taş (KPTC)

ŞEKİL LİSTESİ

2.2.1.	İnorganik Sağlamaştırıcılar.....	8
2.2.2.	Organik Sağlamaştırıcılar.....	9
2.3.1.	Taşın Bozulma Safhaları.....	10
2.3.1.1.	Taşlardaki Boşluk Türleri.....	14
2.3.1.2.	Boşlukların Su ile Dolması	14
2.3.1.3.	Gözenekli Taşın İçinde Suyun Dağılımı	15
2.3.1.4.	Suyu Seven ve İten Malzemelerde Su Damlası Hareketi	17
2.3.2.1.	Tuzların Taş Yüzeyinin Üzerinde ve Altında Çiçeklenmesi.....	18
2.3.4.1.	Isı Farklılıklarından Dolayı Genleşme ve Küçülme.....	30
2.3.4.2.	Isı Farklılıklarından Dolayı Deformasyon ve Çatlaklar.....	31
2.3.4.3.	Atmosferik Olaylar Sonucu Bozulma.....	31
2.3.4.4.	Yüzeyde Kirlenme.....	32
2.3.6.1.	Buzun Açık ve Kapalı Gözeneklerdeki Etkisi.....	43
3.2.1.1.	Tek Parametrelili Deneylerin Uygulanması.....	49
3.2.1.2.1.1.	Tabaka Yönlerine Göre Koruyucu Malzeme Sürülmesi.....	52
3.2.1.3.1.1.	Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (% 10 Na ₂ SO ₄ ile) Deney Sonuçları.....	56
3.2.1.3.1.2.	Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (% 20 Na ₂ SO ₄ ile) Deney Sonuçları.....	57
3.2.1.4.1.1.	Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taşlarda Kılcal Su Emme Deney Sonuçları.....	59
3.2.1.4.1.2.	Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taşlarda Kılcal Su Emme Deney Sonuçları.....	178
3.2.1.5.1.	Normal 33/89' da Statik Koşullarda Su Damlasının Değme Açısı.....	63
3.2.1.5.1.1.	Damlatma Metodu Sonuçları.....	64
3.2.1.5.1.2.	Damlatma Metodu Deney Sonuçları.....	66
3.2.1.6.1.1.	Koruyucu Malzeme Kullanarak ve Kullanmadan UV –Su Emme Deney Sonuçları.....	68

3.2.2.2.1.	Hava Kirliliği Ölçüm Cihazı.....	74
3.2.2.4.1.	VENUS Deneysel Sisteminin Şematik Planı.....	88
3.2.2.4.2.	Kumtaşındaki Renk Değişiminin Venüs' deki Oluşum Tarafından Azaltılması (6 Ay) ve Doğal Ortamda Bozulmaya Bırakılan 3 Bölge (1 Yıl).....	89
3.2.2.4.3.	VENUS' te Oluşumdan Sonra Doyurulmuş Kireç Taşı (KM) ve Kumtaşının (SS) Kılcal Su Emilmesi.....	89
3.2.2.5.1.	Taşın Onarımı İçin Yapılan Deney Makinesi.....	94
4.1.1.	Koruyucu Performansı Ölçüm Cihazı İşleyiş Şeması.....	96
4.1.2.	Koruyucu Performansı Ölçme Metotları.....	97
4.2.2.1.	Silikon Reçine Ağ Oluşturan Silikon Yapı Koruyucular.....	103
4.2.2.2.	Reaksiyona Giren Silanlar, Siloksan, Silikon Reçineler ve Silikonatlar Silikon Reçine Ağ Oluşumu.....	104
4.2.2.3.	Silan, Siloksan, Silikon Reçine Polimer Ağı.....	104
4.3.1.1.	KPTC' da "10' UV+10' Yağmur+10' Enfraruj + Tuz Etkisi" Deney Simülasyonu Sonuçları (1Tekrar = 30 Dakika).....	115
4.3.2.1.	KPTC' da "10' Yağmur + 0' UV + 3' Enfraruj + 0' Tuz" Deney Simülasyonu Sonuçları (1 Tekrar = 13 Dakika).....	117
4.3.3.1.	KPTC' da 10' Yağmur + 3' UV + 0' Enfraruj +Tuz Etkisi Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları (1 Tekrar = 13 Dakika).....	119
4.3.4.1.	KPTC' da "3' UV + 3' Yağmur + 3' Enfraruj + Tuz Etkisi" Deney Simülasyonu Sonuçları (1 Tekrar = 9 Dakika).....	121
4.3.5.1.	KPTC' da "3' UV + 3' Yağmur + 0' Enfraruj + 0' Tuz" Deney Simülasyonu Sonuçları (1 Tekrar = 6 Dakika).....	123
4.3.6.1.	KPTC' da "3' Enfraruj + 3' Yağmur + 0' UV + 0' Tuz" Deney Simülasyonu Sonuçları (1 Tekrar = 6 Dakika).....	124
4.3.7.1.	KPTC' da YSUZ-YSX Serileri Deney Simülasyonu Sonuçları.....	126
5.2.1.	KPTC' da Yapılan Çok Parametrelili Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	137

RESİM LİSTESİ

2.3.2.1.	Bir Yıl Tuz Etkisine Maruz Bırakılmış Doğal Taş Numuneler.....	23
2.3.2.2.	Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taşlarda Tuz Etkisi.....	24
3.2.1.2.1.1.	Koruyucu Malzeme Tesir Derinliği (Silan-Siloksan).....	53
3.2.1.3.1.	Siloksan Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taş Numunelerde Tuz Etkisi.....	57
3.2.1.4.1.1.	Kılcal Su Emme Deneyinde, Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taş Numunelerde Su Yükselmesi.....	60
3.2.1.5.1.1.	Koruyucu Malzeme Sürülen Doğal Taşta Su Damlası.....	66
3.2.2.4.1.	Bir Kireç Taşının İçinde, VENUS' te Karmaşık Aşınmaya Neden Olan Alçı Taşı, SEM Mikroskop Görüntüsü.....	91
4.1.1.	Koruyucu Performansı Test Cihazı UV Etkisi.....	98
4.1.2.	Koruyucu Performansı Test Cihazı Enfraruj Etkisi.....	99
4.1.3.	Koruyucu Performansı Test Cihazı Yağmur Etkisi.....	99
4.1.4.	Doğal Taş Numunelerin Etüvde Kurtulması.....	182
4.1.5.	Doğal Taş Numunelere Koruyucu Malzemenin Fırça ile Uygulanması.....	182
4.1.6	Doğal Taş Numunelerin 0,1 gr Hassasiyette Terazide Ağırlık Artışının Ölçülmesi.....	183
4.1.7.	Suya Daldırma Metodu Uygulanan Doğal Taş Numunelerde Siloksanın Su-itici Özelliğinin Devam Etmesi.....	183
4.1.8.	KPTC' da UV Etkisi + Su Damlaları, Daldırma Etkisi, Enfraruj Etkisi.....	184
4.1.9.	KPTC' da Kontrol Ünitesi.....	185
4.2.3.1.1.1.	Koruyucu Sürülmeyen Küfeki Taşında Gastrofod Fosillerine ait Kavkılar	109
4.2.3.1.1.2.	Tuz Etkisine Maruz Bırakılan Küfeki Taşında Fusilina Fosilleri....	110
4.2.3.1.1.3.	Siloksan Sürülen Küfeki Taşında Fusilina Kavkıları (Kriptokristalli Kalsitlerden Oluşan Biyomikritik Doku).....	110

TABLO LİSTESİ

2.2.1.	Kullanılmakta Olan Sağlamaştırıcı Polimer Grupları ve Uygulandıkları Taşlar.....	8
2.2.2.	Kullanılmakta Olan Koruyucu Polimer Grupları ve Uygulandıkları Taşlar.....	8
2.3.3.1.	Malzemenin Renklerine Göre Yüzeysel Emicilik Katsayıları.....	25
2.3.5.1.	Organizmaların Beslenme İhtiyaçlarına Göre Sınıflandırılması.....	35
2.3.5.2.	Taş Anıtlardaki Biyolojik Bozulma Belirtileri.....	36
2.3.5.3.	Bina Yüzeylerinde Yaşayan Bakterilerin Yok Edilmesi veya Kontrolünde Biosid Olarak Kullanılan Kimyasallar	39
3.2.1.2.1.1.	Koruyucu Malzeme Tesir Derinliğinin Araştırılması.....	52
3.2.1.3.1.1.	Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (Na ₂ SO ₄ ile) Deney Sonuçları.....	153
3.2.1.3.1.2.	5 Yüzeyi Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (Na ₂ SO ₄ ile) Deney Sonuçları.....	154
3.2.1.3.1.3.	6 Yüzeyi Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (Na ₂ SO ₄ ile) Deney Sonuçları.....	155
3.2.1.3.1.4.	Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (Na ₂ SO ₄ ile) Deney Sonuçları.....	156
3.2.1.3.1.5.	Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (Na ₂ SO ₄ ile) Deney Sonuçları.....	157
3.2.1.4.1.1.	Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda Kılcal Su Emme Deney Sonuçları	158
3.2.1.4.1.2.	Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda Kılcal Su Emme Deney Sonuçları.....	159
3.2.1.5.1.1.	Hidrofoblaştırıcı Sürülen Doğal Taşta Damlatma Metodu ile Su Emme.....	64
3.2.1.5.1.2.	Koruyucu Sürülen Doğal Taşlarda UV Etkisinde Damlatma Metodu.....	65

3.2.1.5.1.3. Koruyucu Sürülen Doğal Taşlarda Damlatma Metodu ile Su emme.....	65
3.2.1.6.1.1. Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda Ultraviyole Deney Sonuçları.....	160
3.2.1.6.1.2. 5 Yüz Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda Ultraviyole Deney Sonuçları.....	161
3.2.1.6.1.3. 6 Yüz Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda Ultraviyole Deney Sonuçları	162
3.2.2.3.1. Doğal Taş Konservasyon Sistemi.....	77
4.2.1. 1988-1998 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Minimum Sıcaklık Değeri (⁰ C).....	102
4.2.2. 1988-1998 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Aylık Min. Sıcaklığın – 0,1 ⁰ C’den Küçük ve Eşit Olduğu Gün Sayısı.....	102
4.3.1. Deney Simülasyon Sistemi	113
4.3.1.1. Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taşlarda KPTC’ da Yapılan Deney Sonuçları	163
4.3.2.1. Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda KPTC’ da Yapılan Deney Sonuçları	164
4.3.2.2. Silan Sürülen Doğal Taşlarda KPTC’ da Yapılan Deney Sonuçları.....	165
4.3.2.3. Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda KPTC’ da Yapılan Deney Sonuçları.....	166
4.3.3.1. Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda KPTC’ da Yapılan Deney Sonuçları	167
4.3.3.2. Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda KPTC’ da Yapılan Deney Sonuçları.....	168
4.3.4.1. Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda KPTC’ da Yapılan Deney Sonuçları	169
4.3.4.2. Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda KPTC’ da Yapılan Deney Sonuçları	170

4.3.5.1.	Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda KPTC' da Yapılan Deney Sonuçları.....	171
4.3.5.2.	5 Yüz Koruyucu Sürülen Doğal Taşlarda KPTC' da Yapılan Deney Sonuçları.....	172
4.3.5.3.	6 Yüz Koruyucu Sürülen Taşlarda KPTC' da Yapılan Deney Sonuçları.....	173
4.3.6.1.	Koruyucusuz, 5 Yüz Koruyucu, 6 Yüz Koruyucu Sürülen Doğal Taşlarda KPTC' da Yapılan Deney Sonuçları.....	174
4.3.7.1.1.	Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda KPTC' da Yapılan Deney Sonuçları	175
4.3.7.1.2.	Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda KPTC' da Yapılan Deney Sonuçları	176
5.1.1.	Tek Parametrelili Deneylerin Karşılaştırmalı Sonuçları.....	129
5.1.2.	KPTC' da Yapılan Çok Parametrelili Deneylerin Karşılaştırmalı Sonuçları.....	130
5.2.1.	KPTC' da Yapılan Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	177

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde, özellikle tarihi yapılarda dış etkilere maruz kalan kagir yapı malzemelerinin bu etkilerden en az düzeyde etkilenmelerine olanak sağlayacak çok sayıda yöntem üzerinde çalışılmaktadır.

Mevcut standartlara bakıldığında koruyucu malzemenin şeffaf olması, uygulandığı yüzeyin optik parlaklığını değiştirmemesi, su itici olması, bununla beraber malzemenin nefes alma özelliği ile içerden dışarıya su buharı geçişine engel olmaması, Ultraviyole ışınlarına dayanıklı olması, tesir derinliği (penetrasyon), kuruduktan sonra yapışkan olmaması, alkali dayanıklılığı, taşın bünyesindeki tuzlara etkisi gibi malzeme olması gereken temel özelliklerden bazıları olarak tanımlanabilir. Tüm bu özelliklerin test edilmesi için öncelikle laboratuvar çalışmaları yapılmakta tek ve çok parametrelili deney metotları ile koruyucu malzemelerin performansı ölçülmektedir. Bu çalışmalarda atmosferik şartlar simüle edilerek hızlandırılmakta, eskitme deneyleri sonucunda malzemenin veya koruyucunun performansı ölçülmektedir.

Koruyucu malzeme kullanım metotları temelde aynı olmakla birlikte, değişik koruyucu malzemeler değişik doğal taşlar üzerinde denendiğinde farklı sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca yapılan bazı uygulamalar, koruyucunun doğal taş malzeme üzerinde, kısa zamanda renk bozulması, bünyesel zayıflama gibi sonuçlar doğurduğunu göstermiştir ki, bu da özellikle tarihi yapılarda kullanılan doğal taş malzemelere yönelik uygulamalarda arzu edilmeyen bir sonuçtur. Bu nedenle koruyucu malzemelerin öncelikle laboratuvar ortamında denenmesi, uygulamada istenilen sonuca ulaşılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Konu üzerinde ülkemiz dışında yapılan çalışmalar incelendiğinde, uzun süre devam eden laboratuvar çalışmaları ve yerinde uygulamalar sonucunda, yapı malzemesi koruyucularına ilişkin birtakım uluslararası kriterlerin belirlendiği görülmektedir.

Ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında ise, özellikle tarihi yapıların koruma ve onarımına yönelik uygulamalarda çoğunlukla koruyucu malzemelerin laboratuvar deneyleri yapılmaksızın kullanıldığı görülmektedir. Bunun sonucunda da bazen uygun olmayan bir koruyucu malzemenin performansına ilişkin sonuçlar ancak yapı üzerinde yapılan uygulamadan sonra anlaşılabilir. Yine yapılan araştırmalar bu konuya ilişkin ülke bazındaki standartlaşma çalışmalarında bazı eksik noktalar bulunduğunu göstermiştir.

Bu çalışma, koruyucu malzemelerin hızlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlayan metotlara duyulan ihtiyaç sonucu ortaya çıkmıştır. Çalışmanın kapsamında öncelikle İtalya, İngiltere, Almanya, Fransa, Macaristan gibi tarihi yapıların korunmasına ve onarımına ilişkin çalışmaların yoğun olarak gerçekleştirildiği ülkelerde yapılan uygulamalar ele alınmış ve deney yöntemleri incelenmiştir. Daha sonra konu üzerinde çalışan laboratuvarların deneyimleri ve koruyucuların değerlendirileceği parametreler dikkate alınarak, doğru ölçüm metotları, atmosfer şartlarının laboratuvar ortamında oluşturulması ile eskitme metotlarının kullanılması, malzeme boyutlarının belirlenmesi, koruyucunun malzeme ile uygunluğu gibi kriterler irdelenmiştir.

Bu araştırmaların sonucunda, önce tek parametrelili deneyler yapılmıştır. Daha sonra çok parametrelili deney metotlarına pratiklik kazandırmak ve zamandan tasarruf etmek amacıyla, bir test cihazı geliştirilmiştir. Bu cihaz geliştirilirken, koruyucu malzemelerin performansının laboratuvar ortamında en doğru koşullarda ve en kısa zamanda ölçülmesi hedeflenmiştir.

Geliştirilen Koruyucu Performansı Test Cihazı'nda, yağmur etkisi, güneş etkisi (Ultraviyole-Enfraruj), zemin suyu-tuz etkisi aynı anda veya farklı zamanlarda programlanarak deney yapılabilen, ortam sıcaklığı ve bağıl nem ölçülebilmektedir. Yapıldığı dönemde ülkemizde bilinen ilk cihaz olan Koruyucu Performansı Test Cihazı' ının, diğer ülkelerdeki benzerlerinden farkı, yapı taşının doğrudan maruz kaldığı toprak-su-tuz etkilerini simüle edebilmesidir.

Yapılan deneylerde, yüzeyine koruyucu malzeme uygulanan ve uygulanmayan taşların davranış biçimleri karşılaştırılmıştır. Testlerde koruyucu malzeme olarak Silan ve Siloksan kullanılmıştır. Test edilecek doğal taş malzeme olarak ise, ülkemizdeki tarihi eserlerin çoğunda ana yapı malzemesi olarak karşımıza çıkması, özellikle anıtsal yapılarımızda en fazla kullanılan taş olması ve dış etkilere karşı dayanımının az olması nedeniyle “Küfeki Taşı” (Maktralı Kalker) tercih edilmiştir.

Yapılan çalışmada, kullanılacak koruyucu malzemelerin uygulamadaki performansları da çalışma dahilinde değerlendirilmiş olmakla beraber asıl hedef, koruyucu malzemelerin performansının hızlı ölçümü olarak belirlenmiştir. Böylece ülkemizde gerçekleştirilen tarihi yapı koruma çalışmalarında kullanılacak malzemelerin öncelikle laboratuvar ortamında en az hata düzeyi ile en kısa sürede sonuç verecek şekilde test edilmesine olanak sağlayarak, uygulamadaki geri dönüşümü olmayan hataların azaltılması mümkün olacaktır.

**TR. MÜHÜR (ÇEVRE) KURULU
MÜHÜR (ÇEVRE) KURULU**

BÖLÜM 2. DOĞAL TAŞ MALZEME KORUYUCULARIN KULLANIM AMACI

2.1. Malzeme Koruyucuların Kullanım Amacı

Tarihi eserlerde ve özellikle gelecek nesillere aktarılması açısından büyük önem taşıyan anıtsal eserlerde, en önemli sorunlardan biri degradasyon yani; kullanılan doğal taş malzemede meydana gelen yıpranma ve malzemenin özelliklerini kaybederek yok olmaya başlamasıdır (bu bazı literatürlerde ayrışma olarak da tanımlanmaktadır). Degradasyon, doğal taş malzemenin türüne göre farklılıklar gösterdiği gibi, meydana gelmesinde etkin olan faktörler de çok çeşitlidir. Degradasyon, atmosferik şartlardan (atmosfer etkisine maruz kalmak-weathered) kaynaklanmakta olup, taş malzemelerde mineral bağlayıcının (legante) eksikliği ve bunun neden olduğu bozulmuş kısımlarda sağlıklı bir taşa oranla daha az kompaktlık (sık katı doluluk) ve daha fazla porozite (gözeneklilik) ile ayırt edilebilir [71]. Doğal taş malzemenin dış etkilere karşı korunması için gerekli önlemler alınmadığı durumlarda ise, sadece estetik açıdan değil, yapısal açıdan da önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Yapıda kullanılan farklı türdeki doğal taş malzemelerin kalitesi, yapının yaşına, çevresel faktörlere ve taş yüzeyinin korunmuşluğuna bağlı olarak değerlendirilir. Yapıda kullanılan doğal taş malzeme ne kadar kaliteli olursa olsun, günümüzde değişen atmosfer koşulları ve çevre parametreleri bu malzemelerin korunması için özel önlemler alınmasını gerekli kılmıştır. Bu önlemlerin başında malzemenin zararlı dış etkiler ile temasında kontrolü sağlamak gelir. Bu nedenle üretilen malzeme koruyucularının kullanım amacı, taş malzemede meydana gelen ayrışmayı en aza indirmek, mümkünse yok etmek ve bunu yaparken de taşa zarar vermemektir. Malzeme koruyucuların uygulanmasında dikkat edilecek en önemli nokta öncelikle gerekli deneysel çalışmalar ile taşa zarar veren etkenleri saptayarak bunları ortadan kaldırmaya ya da etkisini azaltmaya çalışmak, daha sonra ise koruyucuları uygulamaktır.

Doğal taş malzemede meydana gelen bozulmaların nedenlerine ilişkin yapılan çalışmalarda bazı ana etkenler belirlenmiştir. Literatürde genel olarak bu etkenler fiziksel, kimyasal, biyolojik olarak sınıflandırılmakla birlikte, aşağıdaki gibi de değerlendirilebilir:

Atmosfer Etkileri

- Oksijen ve Ozon
- Karbondioksit
- Gazlar (nitrojen, sülfür, oksitler)
- Güneş Işınları
- Radyasyon
- Nükleer Etkiler
- Partiküller (kum, toz, kir)
- Rüzgar

Isısal Etkiler

- Sıcaklık
- Basınç
- Döngü

Su Etkileri

- Yağmur, Yoğuşma
- Yüksek Bağıl Nem
- Suda Çözülmüş Tuzlar, Asit ve Alkaliler
- Donma-Çözülme Dönüşümleri

Biyolojik Faktörler

- Mikroorganizmalar
- Mantar ve Yosunlar
- Bakteriler
- Hayvansal Atıklar
(kuş pisliği vb.)

Kullanım ve Yıpratma Faktörleri

- Ağırlık Yıpranması
- Periyodik Yıpranma
- Yanlış Onarım
- Kötü Kullanım

2.2. Malzeme Koruyucuların Genel Özellikleri

Doğal taş malzemenin bozulmasına neden olan etkenler ve malzemenin genel özellikleri belirlendikten sonra, bu etkenlerin malzemedan uzaklaştırılması veya bunlara karşı korunmasına yönelik çalışmalara geçilebilir. Bu çalışmanın safhaları;

- Ön sağlamlaştırma (gerekirse)
- Temizlik
- Yapıştırma ve dolgu
- Sağlamlaştırma
- Koruma
- Periyodik bakım

olarak tanımlanabilir.

Bu çalışmada son aşama olan koruma amaçlı müdahalede, hidrofobik özelliklere sahip koruyucu malzeme taş yüzeyine yayılır. Bu malzeme su yalıtımı sağlarken aynı zamanda yüzeyi atmosferde bulunan yağlı ve kirletici maddelere karşı da korur. Çalışmada dikkat edilecek en önemli nokta ise, doğal taş malzemeye yapılan bu müdahalenin geri dönüşümlü olabilmesidir.

Doğal taşı dış etkilere karşı koruyan malzemelerin temel görevi, taş yüzeyine emprenye edilerek, su itici duruma getirmektir. Bu amaçla eskiden yağlar ve mumlar kullanılırken, günümüzde silikon reçineleri, siloksan, silan, silisik asit esterleri kullanılmaktadır. Her sistem çeşitli doğal taşlar üzerinde değişik davranışlar gösterdiğinden uygulamadan önce bu davranış biçimleri, yapılacak laboratuvar çalışmalarıyla saptanmalıdır. Çalışmada kullanılan doğal taş malzemeye ilişkin yapılması gereken bazı ön araştırmaları kısaca tanımlayacak olursak;

- Taşın hidrofoblaştırmaya uygun olup olmadığının saptanması (çok fazla tuzlanma ve tamamen giderilmemiş ıslaklık hidrofoblaştırmayı mümkün kılmayabilir),
- Taş için hangi emprenye maddesinin uygun olduğunun saptanması,

- Optimum etkiyi sağlamak için uygulanacak miktarın belirlenmesi.

Hidrofoblaştırıcı malzemeler su itici özellik vermek üzere, doğal taş malzemeye empenye edilirler. Kullanılan hidrofoblaştırıcı malzemelerin şu özellikleri taşıması gerekmektedir:

- Su emiliminin azalmasını sağlama,
- Alkali dayanıklılığı,
- Ultraviyole dayanıklılığı (polimer ağı hemen parçalanmamalıdır),
- Tesir derinliği (penetrasyon),
- Kuruduktan sonra yapışkan olmama (yapışkan yüzey çok çabuk kirlenir),
- Taşın bünyesindeki tuzları sabitleştirip, sabitleştirmeme,
- Çok fazla tüketim oranı olmaması,
- Buhar çıkışına izin vermesi (nefes alabilmesi).

Hidrofoblaştırıcı malzeme ile birlikte çoğu zaman sağlamlaştırıcı malzemeye de ihtiyaç duyulmaktadır. Sağlamlaştırıcı malzemelerden de beklenen özellikler aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

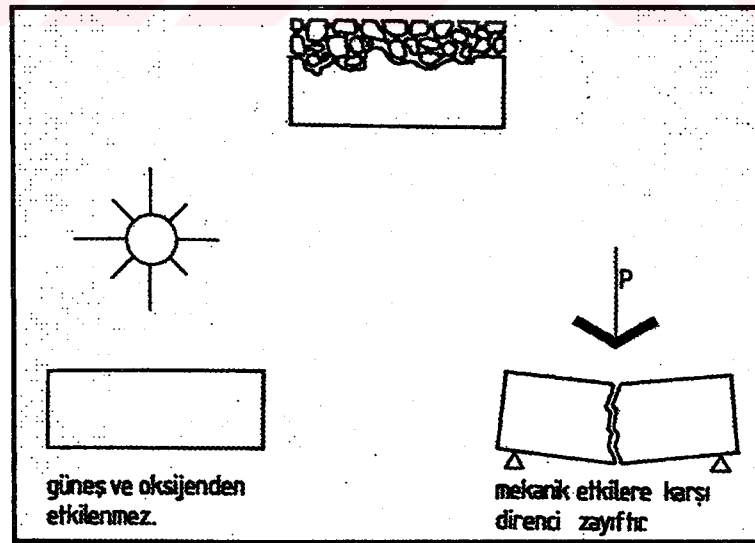
- Geri dönüşümlü olmalıdır,
- Uygulandıkları taşlarda bulunabilecek tuzlarla tepkimeye girmemelidir,
- Taş tarafından düzenli dağılımda emilmelidir,
- Taşın sağlam kısmına ulaşana kadar nüfuz etmelidir. Aksi takdirde taşın içinde oluşabilecek herhangi bir mekanik gerilim uygun sağlamlaştırılmamış bölgelerde bozulmayı hızlandırmaktadır,
- Su buharı geçişine engel olmamalıdır (Hidrofoblaştırıcı malzemeden beklenen diğer özellikleri aynen taşmalıdır) [45].

Tablo 2.2.1. Kullanılmakta Olan Sağlamaştırıcı Polimer Grupları ve Uygulandıkları Taşlar [45].

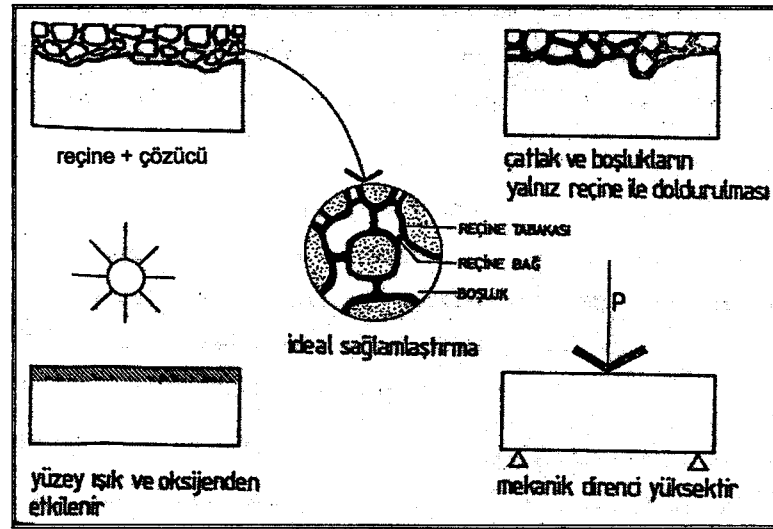
Sağlamaştırıcı Polimer Grupları	Uygulandıkları Taşlar
Etil Silikatlar	Kumtaşı, Tuğla, Kerpiç
Alkil-Alkoksil Silanlar	Kumtaşı, Tuğla, Kerpiç
Etil Silikatlar ve Alkil-Alkoksil Silanların Karışımı	Kumtaşı, Tuğla, Kerpiç, Mermer, Kireçtaşı
Alkil-Aril Polisiloksanlar (Silikon Reçineler)	Kumtaşı, Tuğla, Mermer, Kireçtaşı
Akrilik Reçineler (Monomer veya Polimer)	Mermer, Yoğun Kireçtaşı
Akrilik ve Silikon Reçinelerin Karışımı	Mermer, Yoğun Kireçtaşı, Kumtaşı

Tablo 2.2.2. Kullanılmakta Olan Koruyucu Polimer Grupları ve Uygulandıkları Taşlar [45].

Koruyucu Polimer Grupları	Uygulandıkları Taşlar
Akrilik Reçineler	Mermer ve çok gözenekli olmayan taşlar
Silikon Reçineler	Tüm taşlara
Akrilik ve Silikon Reçinelerin Karışımı	Tüm taşlara



Şekil 2.2.1. İnorganik Sağlamaştırıcılar [88].



Şekil 2.2.2. Organik Sağlamlaştırıcılar [85]

2.3. Malzeme Koruyucuların Kullanımına Neden Olan Etkenler ve Önleme Metotları

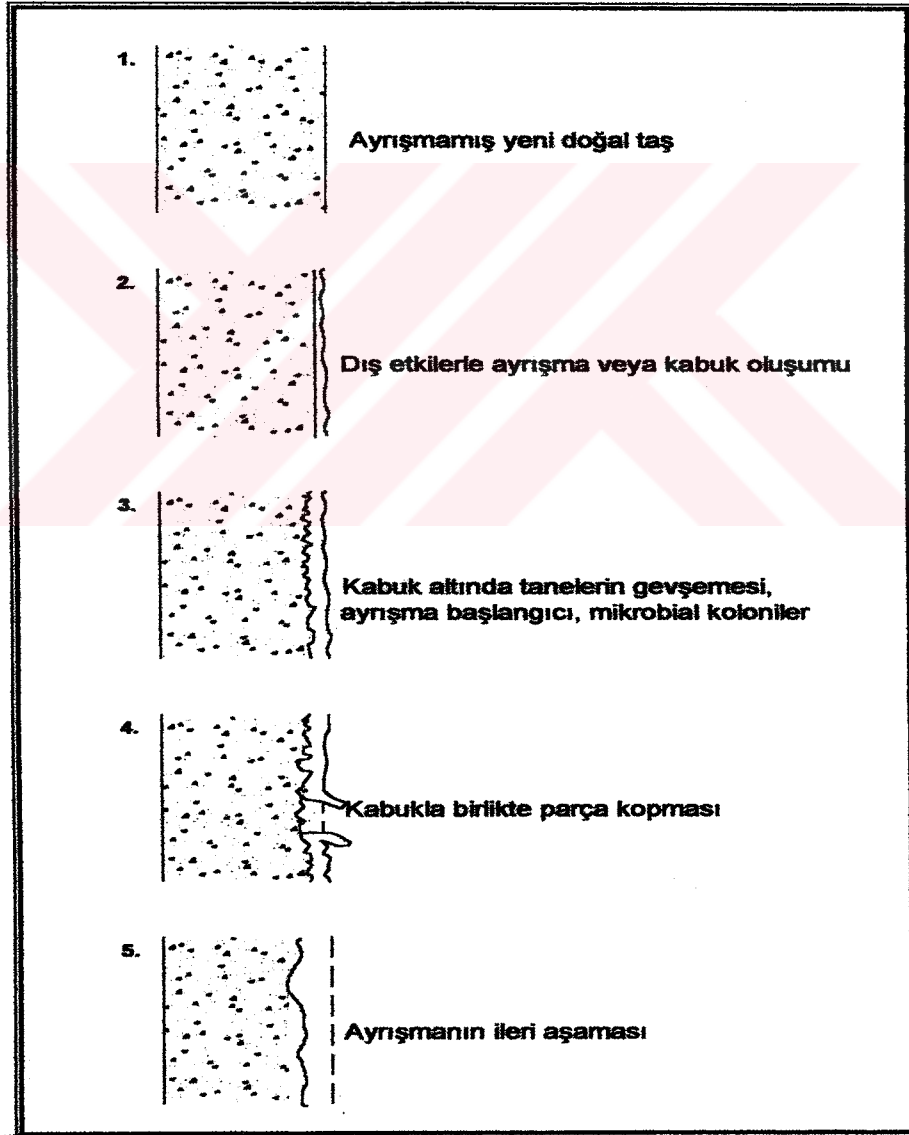
Malzeme koruyucularını kullanmadan önce, korunacak malzemede bozulmaya neden olan mekanizmalar araştırılmalıdır. Her bozulma mekanizması, farklı malzeme üzerinde farklı sonuçlar verebilmektedir. Dolayısı ile her koruyucu malzeme de farklı davranış biçimleri göstermektedir. Malzeme üzerinde uygulama çalışmalarına başlamadan önce, deney çalışmaları ile etkenler tek tek tespit edilmeli daha sonra koruyucu malzemeler taşlar üzerinde deney edilmelidir.

Doğal taş malzemede bozulma sebepleri araştırılırken, alınacak koruma önlemlerini doğru belirleyebilmek için, taşın bozulma aşamalarının üzerinde önemle durulmalıdır. Dış etkiler ve bünyesel etkiler ile taş yüzeyinde önce ince bir kabuk oluşmaya başlar, sonra su-nem, tuz, güneş ışınları, atmosfer, biyolojik ve don etkilerinin devam ettiği sürece önlem alınmadığı takdirde, bozulma hızlanır. Taşın bozulma safhaları Şekil 2.3.1. de verilmiştir.

Milano'daki "Gino Bozza" merkezi (Ulusal Araştırma Konseyi), 1987'de NORMAL TAVSİYELERİ (Normativa Materiali Lapidel – Taş Malzeme Standartları)

doğrultusunda taşların sınıflandırmasını ve dejenerasyonun teşhisini aşağıdaki gibi yapmıştır:

- Taş malzemenin doğasının sınıflandırılması,
- Yüzey durumunun derecesinin belirlenmesi,
- Korunma durumunun belirlenmesi,
- Dejenerasyon sebeplerinin tanımlanması [89].



Şekil 2.3.1. Taşın Bozulma Safhaları

Taşın Bozulma Safhalarında Alınacak Koruma Önlemleri

1. Aşama : Ayrışmamış Doğal Taş

Yapıda kullanılan ayrışmamış doğal taş malzemede henüz bozulma başlamadan önce tedbir alınmalıdır. Mümkünse zeminden gelen suyu ve onunla beraber ilerleyen tuzları engellemek gerekmektedir (İtalya'da son yıllarda geliştirilen bir sistemde, lazer ışığı ile duvarlar enine kesildikten sonra, araya geçirimsiz malzeme konularak, zeminden gelen su yükselmesi engellenmektedir).

Ayrışma başlamadan önce koruyucu sürülerek alınan tedbirin devamlılığı için periyodik bakım şarttır. Eğer bir yüzey bakımı yapılmışsa, geçici bir koruma sağlanabilse bile, bozulma oranını artırma riski olduğu ve bakımın periyodik olarak yenilenmesi gereği de bilinmelidir. Geçmişte çok sık başarısız olunmuştur, çünkü uygulanan bakımın sonsuza kadar süreceği zannedilmiştir. Boya kullanımı bu noktaya ışık tutabilir. Belirli aralıklarla yenildiğinde, iyi yağlı boya taşı koruyabilir. Ancak ihmal edildiğinde, boyanmış yüzeylerin dökülmesine yaygın olarak rastlanır.

Olağanüstü koşullar altında bir yüzey bakımı yapılmasına karar verilmişse, malzeme seçimi mutlaka o koşullara özgü olarak seçilmelidir. Yapının görünümü, tarihsel, arkeolojik ve mimari özelliklerinin öncelikli öneme sahip olmadığı durumlarda ve boya için yüzey uygun olduğunda, boya kullanımı savunulabilir. Ancak boya kullanımı da sınırlıdır. Ayrıca yüzeydeki kabuğun altında; yıkıcı mekanizmaların aktivitelerini sürdürmesi gözeneklerin tuzlarla dolmasından itibaren tehlikeli olmaktadır. Bu kritik noktada geçirimsiz boyalar kabuğu daha da geçirimsiz ve rijit kılacağından, tuzların yıkıcı etkilerini hızlandırıcı bir rol oynarlar [25]. Eğer binanın karakterinin korunması daha öncelikli ise, herhangi bir bakımın binanın görünümünü ciddi şekilde değiştirmesi istenmez. İçinde boya maddesi olmayan ketentohumu yağı, belli bir dereceye kadar koruma sağlar. Ancak görünüm üzerindeki etkisi, boyaya göre daha az olmakla birlikte fark edilir. Ayrıca, tek başına kullanıldığında, oksitlendiği için toz haline gelmeye eğilimlidir. Bu nedenle etkinlik süresi boyadan

daha kısadır. Tüm yağlı karışımların ortak noktası olarak ketentohumu yağı da is ve kiri toplamaya eğilimlidir ve bu durum, özellikle kentsel alanlarda hoş olmayan görünümlere yol açar [10].

2. Aşama : Dış Etkilerle Ayrışma veya Kabuk Oluşumu

Dış etkilerle ayrışma veya kabuk oluşumu başladıktan sonra, kabuk temizlenmeli ve daha sonra koruyucu ve sağlamaştırıcı sürülmeli, bozulma mekanizmaları önlenmeye çalışılmalıdır.

3. Aşama: Kabuk Altında Tanelerin Gevşemesi, Ayrışma Başlangıcı, Mikrobial Koloniler

Kabuk altında gevşeyen taneler, ayrışan parçacıklar ve mikrobial koloniler kabukla beraber temizlenmeli, daha sonra enjeksiyon yöntemi ile sağlamaştırıcı uygulanmalı ve üzerine tekrar bir koruyucu sürülerek periyodik bakıma devam edilmelidir.

4. Aşama: Kabukla Birlikte Parça Kopması

Kabukla birlikte parça kopması başladığında, taş tamamlama işlemi ve bünyesel sağlamaştırma yapılmalıdır. Kopmuş olan yapı malzemelerini orijinal yerlerine donatılı ve donatısız olarak yerleştirmek için yapıştırıcı, büyük çatlak ve boşlukları doldurmak için dolgu maddesi kullanmak gerekmektedir. Dolgu maddeleri orijinal yapı malzemeleri ile benzer özellikler taşımalıdır [45].

5. Aşama: Ayrışmanın İleri Aşaması

Taşların ileri derecede bozulduğu ya da tahrip olduğu ve müdahale gereken durumlarda J. ve N. Ashurst tarafından aşağıdaki seçenekler önerilmiştir;

1. Minimum ölçüde, pul pul dökülen tabakayı temizleme ve harç doldurma işlemi yapılmalı,
2. Kırılmış taşlar birbirine yapıştırılmalı,
3. Gerekirse taşları değiştirme işlemi yapılmalı,
4. Taş birleştirme işlemi harç ile yapılmalı,
5. Sağlama/pekiştirme/takviye olarak yüzey bakımı uygulanmalıdır [10].

Ayrışmanın ileri aşaması olarak tanımlanabilecek bu aşamada taş tamamlamada, uygun bağlayıcılarla hazırlanmış tamamlama harçları kullanılmadığıdır. Taşın eksik kısmı büyükse silikon kauçuk ile kalıp çıkarılarak, bu kalıpta mineral veya organik bağlayıcı harçla elde edilen yapay taş veya doğal taşın uygun şekil verilerek, bu kısma monte edilmelidir [24].

Doğal taş malzeme ile yapılan tamamlamalarda, en büyük sorun, taşın orijinalinin çoğu zaman bulunamaması ve en yakın malzeme kullanılması halinde bile, renk, doku vb. açılardan farklılıklar görülmesidir.

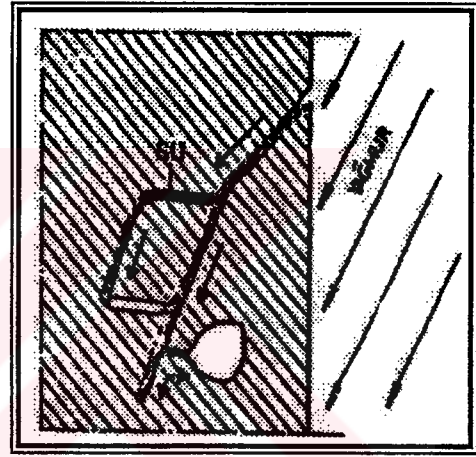
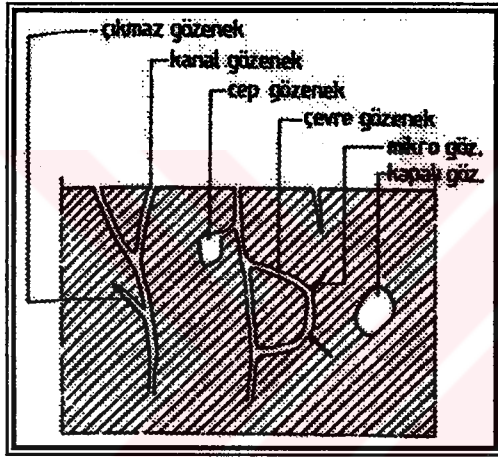
Yapay taş ile tamamlama yapıldığında ise, orijinal malzeme ile genelde fiziksel uyum sağlanamamaktadır. Yapay taşlarda, orijinal taşın tozu ve kırıklarını kullanmak da bazı durumlarda uygun olabilmektedir. Taş tamamlama işleminden sonra, taş yüzeyine hidrofoblaştırıcı sürülmeli ve periyodik bakım devam etmelidir.

2.3.1. Su – Nem Etkisi ve Önleme Metotları

Doğal taş malzemedeki tahribata neden olan su hareketleri, özellikle gözenekli taşlarda etkili olmaktadır. Suyun neden olduğu bozulma ve ayrışma genelde ıslanma, su emme ve kapillarite olayları sonucu meydana gelir. Kil de içeren taş, tuğla ve harç, karbonat, alüminat veya oksit minerallerinden meydana gelen, aynı zamanda hidrofilyk yüzeylerde su etkisi en ileri düzeye ulaşmaktadır. Bu yüzeyler negatif elektriksel yüklü oksijen atomları bakımından oldukça zengindir. Genellikle yüzey oksijeninin hidroksil (OH⁻) grubuna bağlandığı düşünülmektedir. Bu grup pozitif ve negatif her iki kutbu da taşır, çünkü oksijen hidrojeninden daha elektro-negatiftir ve iki atomun

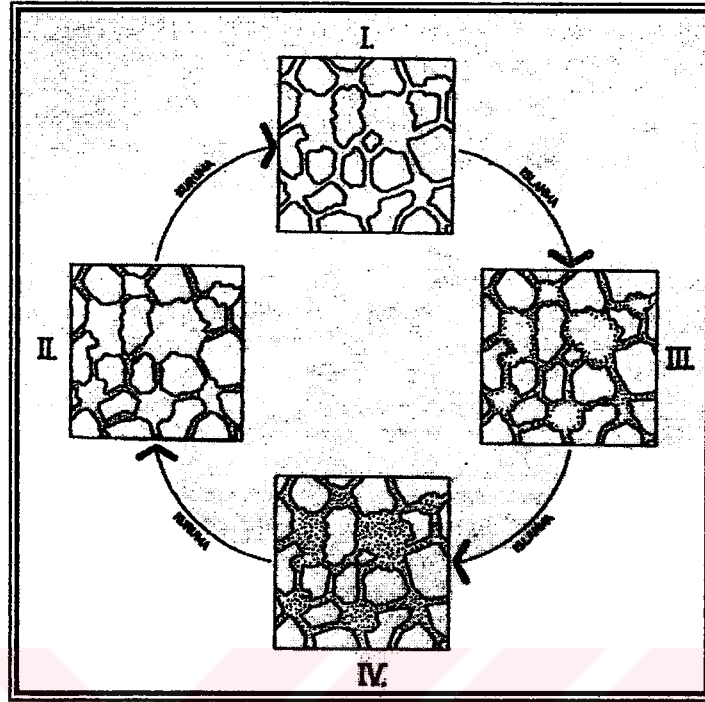
aralarındaki bağı oluşturmak için paylaştıkları iki elektronu kendisine daha yakına çekmeye eğilimlidir. Oksijen atomları veya hidroksil gruplarından oluşan elektrik kutupları ihtiva eden yüzeyler 'Polar' veya 'hidrofil' diye isimlendirilmektedir [23].

Doğal taşlarda bozulmada çok etkili olan kapiler yükselme, suyun hidrojen bağının bu kapiler yüzeylere çekilmesiyle oluşan ani bir olgudur (Şekil 2.3.1.4.) [85].



Şekil 2.3.1.1. Taşlardaki Boşluk Türleri

Şekil 2.3.1.2. Boşlukların Su ile Dolması



Şekil 2.3.1.3. Gözenekli Taşın İçinde Suyun Dağılımı [85]

Gözenekli hidrofil malzemelerde rutubet miktarı ve buna bağlı olarak suyun hareketi 4 aşamada ele alınabilir. Bu aşamalar gözenek boşluğunun su ile kademeli olarak dolması, su muhtevasının artan dört kademedен geçişine bağlı olarak oluşur. Buna göre;

1. Aşama : Malzeme tamamen kuru
2. Aşama : Sadece küçük gözenekler doldurulmuş (kılcal boşluklar) geniş gözeneklerin yüzeyleri kuru
3. Aşama : Kılcal boşluklar dolu, geniş gözeneklerin yüzeyleri bir su filmi ile kaplı
4. Aşama : Kılcal boşluklar ve geniş gözenekler dolu.

Bu konumlar olasılıklara bağlı geliştirildiğinden aralarında geçiş olabilir. Bu aşamalardan üçüncüsünde açıklanan su seviyesi, Vos ve diğerlerinin ileri sürdükleri 'kritik su muhtevasını' tuz iyonlarının higroskopikliği ve hidratasyonu nedeni ile artmaktadır [85].

Boşluklu ortamlarda suyun sıvı fazda (doymamış akım) hareketinde kılcallık, ozmoz, elektro-ozmoz gerçekleşir .

Doymamış akım esnasında;

- Islak ve kuru alanların varlığı gereklidir. Suyun tüm transfer mekanizmaları, su moleküllerinin taşındığı sürekli su filminin varlığı üzerine kurulur.
- Difüzyon mekanizması, ozmoz, elektro ozmoz ve ısı sadece su muhtevası kılcal gözenekleri doldurmaya yetecek miktarın üzerinde ve daha büyük gözeneklerin yüzeylerini kapladığı zaman (kritik su miktarı) uygulanabilir.

Suyun buhar fazında hareketinde yoğuşma, buhar difüzyonu, higroskopiklik olayları gerçekleşir. Ayrıca zeminden yükselen su sonucu nemlenme, yüzeye çarpan yağmur, dolu, kar ve rüzgar sonucu nemlenme, havanın kütle hareketi sonucu nemlenme, iç veya dış havanın nemliliğinden doğan nemlenme, kondansasyon sonucu nemlenme, difüzyon olayı sonucu kondansasyon ile nemlenme olmaktadır (Şekil 2.3.1.1, Şekil 2.3.1.1).

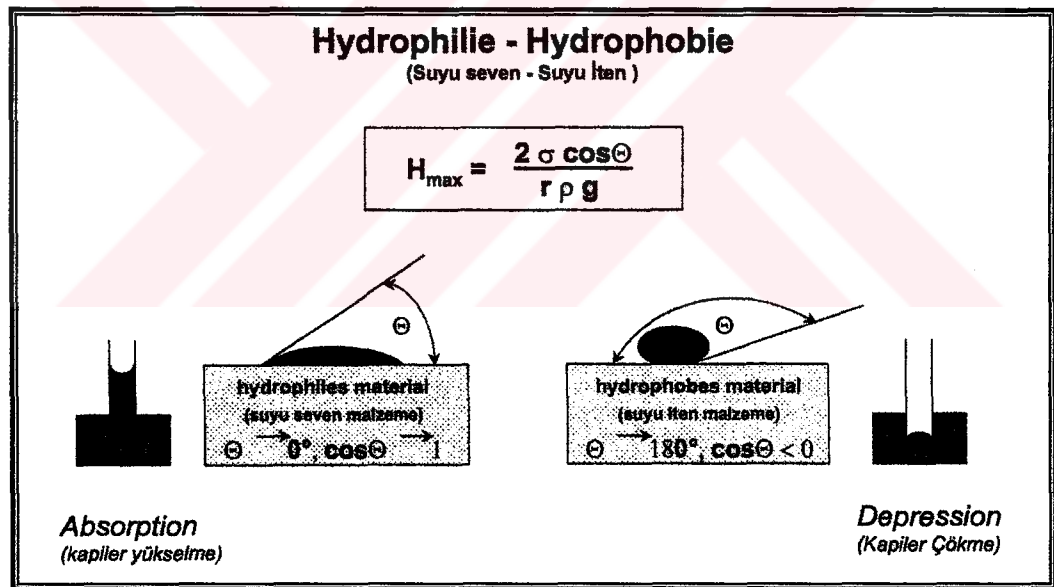
Son yıllarda bu etkilerin önlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda malzeme koruyucu olarak su itici (hidrofoblaştırıcı) ürünler tercih edilmekte bir takım yeni yöntemler geliştirilmektedir (Şekil 2.3.1.4.). Bu konuda çalışmalar yapan Budapeşte Teknik Üniversitesi' nde, M. Zador tarafından sert kireçtaşı konsolide eden, aynı zamanda buhar difüzyonunun % 85'ini sağlayan ve diğer parametrelere de uyan yeni ve patentli bir model olan 'ZKF' metodu geliştirilmiştir. Yeni su-itici koruyucu madde, nem önleme yöntemine ek olarak, aşağıda belirtilen şartları da gerçekleştirmektedir;

- Taşı zarar verici olarak nitelendirilen malzemelerden uzak tutabilme,
- Orijinal taş ile hava etkisine maruz kaldığı için konsolide edilmiş taş parçası arasındaki fiziko-mekanik benzerliği sağlaması,

- İşlem görmüş yüzeyin, renk, doku ve donukluk gibi konularda, işlem görmemiş orijinal taş yüzeye benzemesi (gözle görünmezlik şartının sağlanması).

ZKF Metodun dışında, patent başvurusu olan “Aquaphob” adı verilen ve aromatik eş değerler içeren bir silikon reçinesi kullanılmaktadır. Bu malzemenin bazlara ve yağmura dayanıklılığı, silikon bazlı su-ıttıcı maddelerinkinden fazladır [102].

Su ve neme karşı alınacak önlemler için araştırmalar devam etmektedir. Yukarıda bahsedildiği gibi, daha çok su-ıttıcı (hidrofoblaştırtıcı) malzemeler üzerinde laboratuvar deneyleri yapıldıktan sonra uygulamalara geçilmelidir.

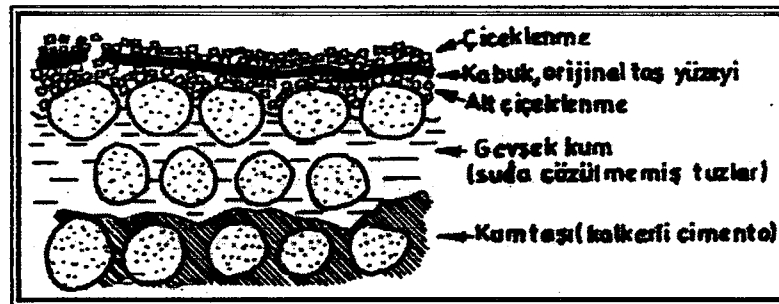


Şekil 2.3.1.4. Suyu Seven ve İten Malzemelerde Su Damlası Hareketi [96].

2.3.2. Tuz Etkisi ve Önleme Metotları

Doğal taş malzemede tuzlara bağlı oluşan en önemli bozulma çözünebilir tuzlar etkisi ile leke, çiçeklenme veya pullanma şeklinde görüntülerin meydana gelmesidir. Yapı taşına kılcal nem akışı, sıklıkla duvar yüzeylerinde veya yüzeye yakın yerlerde yoğunlaşma eğiliminde olan tuz birikintisiyle birlikte oluşur. Çözünebilir tuzlar, suyun taşıyıcılığı ile kapillerlerin açık uçlarına kadar gelerek kristalleşir (Resim 2.3.2.1.). Bu tuzların kristalizasyonu ile bağlantılı olarak oluşan yıkıcı etkenler bozulmaya yol açar. Bozulma genellikle yapı taşlarında çukurlaşma, ufalanma/toz haline gelme ve dökülme şeklinde görülür. Yapılan bazı çalışmalarda sülfatların ve klorürlerin taşlarda en yaygın olarak bulunan çözünebilir tuzlar oldukları belirlenmiştir (Lamar ve Schrode - 1953).

Alt çiçeklenme: Alt çiçeklenme mekanizması çiçeklenme mekanizması ile aynıdır. Taş yüzeyine doğru hareket eden tuzlar, yüzeye ulaşamadıklarında daha önce oluşan kir ve is vs. ile sertleşmiş yüzey kabuğu altında kristalleşirler. Bu nedenle zamanla yüzeydeki kabuğun taşla olan bağları zayıflar ve parçalanarak dökülür. Bunun altında tuz konsantrasyonundan dolayı sertleşmiş yeni bir kabuk ortaya çıkar ve zamanla atmosferik artıkların da etkisi ile yoğunlaşıp sertleşir. Ancak devamlı yağmur etkisine maruz kalan yüzeylerdeki mekanizma, yüzey sürekli olarak yıkanacağından çözünebilir tuzların kabuk oluşturmasına imkan vermeyecek ve farklı olacaktır[23].



Şekil 2.3.2.1. Tuzların Taş Yüzeyinin Üzerinde ve Altında Çiçeklenmesi [23]

Taş içindeki tuzların kristalizasyon basınçları: Doygun duruma gelen bir tuz çözeltisi su kaybedecek olursa kristaller oluşmaya başlar. Bir kristalin oluşumu üç aşamada gerçekleşmektedir;

1. Kristal çekirdeklerinin oluşması,
2. Kristal çekirdeklerinin büyümesi,
3. Olgunlaşan kristallerin, moleküler veya iyonik olan iç yapılarının düzenlenmesi (rekristalizasyon).

Tuzların çözüldüden kristallenmeleri, hacimsel büyümeleri nedeni ile küçük gözeneklerin cidarlarında hasara yol açmaktadır. Örnek verilecek olursa; sodyum sülfat molekül hacmi 53.5 olup tekrar kristallendikten sonra, bünyesine 10 molekül kristal suyu almış olduğunda ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) molekül hacmi 220.5'dir, yani hacim olarak yaklaşık dört katlık bir artış söz konusudur. Sodyum sülfatın hidratasyonu diğer tuzlardan çok daha hızlıdır. Hidratasyon ve dehidratasyon bir gün içinde pek çok defa tekrar edebilir.

Nemin uzaklaştırılması ya da zemindeki su kaynağının önlenmesi için duvarın kurutulması durumunda duvar yüzeyindeki tuz miktarı artar. Duvardaki tuz miktarını azaltmaya yönelik tedbirler alınmadığı sürece bozulma devam eder. Belirli tuzlar, özellikle bazı klorürler fazla nem çeker (hidroskopik) ve nemi doğrudan havadan alır. Böyle bir durumda nemlilik ve bozulma, topraktan kaynaklanan nem durdurulduğunda bile devam eder. Bu koşullarda, eğer bozulma kontrol edilecekse tuzlar temizlenmelidir ya da en azından ciddi ölçüde azaltılmalıdır.

Bozulmakta olan yapı taşlarından bazı çözünebilir tuzların temizlenmesine ilişkin iki metot bulunmaktadır: kil dolgu kullanımı ve kum / kireç karışımından oluşan sökülebilir sıva kullanımı. Bu metotlar, çözünebilir tuzların kaynağı topraktan yükselen nem olduğunda, harçta deniz kumu olduğunda, sodyum klorür birikiminde, insan ve hayvan idrarı olması durumunda ve yakıcı alkali temizleme ile zararlı otları temizleme işlemlerinin yapıldığı durumlarda kullanılmıştır. Metotlar, öncelikle duvarın geniş ve düz kısımları ya da basit mimari detaylar için uygundur.

Oyma/gravür veya heykellerin hassas ve tahrip olmuş yüzeylerinde sadece konunun uzmanları tarafından kullanılması uygundur. Eğer ön nemlendirme işlemi yapıda sıva/alçı (plaster), boya ya da gömülü ahşap veya metale ilişkin probleme yol açacaksa, bu teknikler kullanılmamalıdır. Dolgu ya da sökülebilen sıvanın uygun olduğu düşünülen yerlerde - her 5 ya da 10 yılda , özellikle çözünür tuzların sürekli yeniden birikmesi durumu varsa - uzun dönemli bir bakım programı içerisinde uygulama gerekebilir. Kirlilik kaynağının temizlendiği diğer durumlarda, bir dönem için dolgu uygulaması, uzun dönemli bir iyileştirme için yeterli olabilir.

Genellikle “tuzun giderilmesi” olarak ifade edilen yapı taşlarının “derinlemesine yıkanması/temizlenmesi”, bozulmakta olan taş yüzeyi içinde birikmiş olan çözünabilir tuzların miktarını azaltmaya yönelik çalışmalarda absorblayıcı (soğurucu) kil kullanılır. Tüm çözünabilir tuzların giderilmesi imkansızdır. Ancak, dış yüzeyde tuz miktarında bir azaltma, önceden kırılğan olan yüzeyin ömrünü uzatacaktır.

“Tuzun giderilmesi” tekniği aslında çok basittir. Bir duvar, birkaç gün süreyle, nemlendirme tamamlanana kadar ya da önemli ölçüde bir derinliğe ulaşıncaya kadar temiz su püskürtülerek doygun hale getirilir. Bir vinç koluna yerleştirilen, 1 saatte 200 litrenin (18 galon) altında su veren uygun spreyleyler, 7 m²'lik bir alanı kaplayan altı püskürtücüyü beslemeye yeterlidir. Spreylerin yerleşim düzeni, düzenli bir biçimde nemlendirme sağlamak üzere tasarlanmıştır (İtalya Verona'da Ghibli adı verilen (taşınabilir) bir yıkama ve temizleme sistemi, sadece su ve atomize su, su buharı püskürterek bu işlemi yapabilmekte ve taşın üzerinde zararlı olabilecek yazı, mikroorganizma vb. maddeleri sökebilmektedir).

Nemlendirme periyodu, duvarın yapısı, taşın ve harcın gözenekliliği ile belirlenir. Bazı durumlarda, nemlendirmeden önce kuru fırçalama yapmak ve gevşek maddeleri temizlemek gerekebilir. Nemlendirme işlemi sırasında, duvar yüzeyinden akan fazla suyu toplamak ve bakım yapılan duvar yüzeyi ile diğer duvarlardan uzakta bir akış noktasına yönlendirmek için geçici oluklar gereklidir. Kalın polietilen levha, PVC oluk, ahşap kaplama tahtası ve bir sifon borusu etkin bir su tutma ve drenaj sistemi

oluşturmak için gerekli olabilir. Sıçramayı en aza indirmek için perdeleme de kullanılmalıdır.

Nemlendirme işlemi tamamlandığında yumuşak, yapışkan bir macun elde etmek için yeterli derecede temiz suya emici kil ya da toprak eklenir. Su kile eklenmemelidir, aksi takdirde topaklı, işe yaramayan bir karışım oluşur. Kil dolgu miktara bağlı olarak elle karıştırılabilir ya da küçük bir mekanik mikser kullanılabilir. Topaklar yok olduğunda dolgu bir sıva küreği ya da malası kullanılarak, 20-25 mm. kalınlıkta bir tabaka halinde nemli duvara uygulanır. 50 kg.lık kil torbası, yaklaşık 3 m²'lik bir alanı kaplayacaktır. Yeni karıştırılmış haldeyken, kilin yapışma durumu oldukça güçlüdür ve deneyimsiz biri tarafından bile oldukça hatasız bir şekilde uygulanabilir. Tekniğin önemli kısmı, tüm noktalarda iyi temas sağlamaktır. Kilin bağını mümkün olduğunca korumasına yardımcı olmak için, ince yapılı galvanizli tel örgü kilin içine bastırılır ve derzlere galvanizli çatal çivilerle tutturulur. Tel örgüdeki herhangi bir esneme, tel makası ile kesilerek ve kesik uçları kilin içine bastırılarak azaltılabilir. Bazı durumlarda, özellikle duvar yüzeyinin yoğun şekilde konturlu olduğu yerlerde, sıvı haldeki kil bulamacı ile ıslatılan çapraz dokunmuş çuval bezi şeritlerinin dolguya bastırılması yoluyla, kilin yapışkanlığı desteklenebilir. Yaklaşık 75 mm. genişliğindeki bu çuval bezi şeritleri tek başına ya da tel ile kullanılabilir. Özellikle geniş alana sahip düz yüzeylerde, kil duvardan düşme eğilimi gösterecek kadar ağır olduğunda tel gereklidir.

Duvar tamamen sıvandığında direkt güneşten ya da yağmurdan; iç duvar ise, hızlı kurumaya yol açacak herhangi bir ısı kaynağından korunmalıdır. Bakım yapılan bir dış duvar ise, katranlı muşamba ya da donatılı plastik levhaların bir çadır gibi kullanılmasıyla havalandırılmış bir mekan oluşturulabilir.

Dolgu kurdukça tuz yüklü suyu yapı taşından çeker. Su kil yüzeyinden buharlaştığında, geride kil ya da tel üzerinde, genellikle çiçeklenme biçiminde görülebilecek tuz kristalleri bırakır. Temas süresi birkaç günden, birkaç haftaya kadar büyük ölçüde değişir. Bu süreyi kuruma koşulları ve duvarın kalınlığı belirleyecektir. Kuruma için bir ay uygun bir süredir. Bu süre içinde kilin rengi açılır,

çatlar, büzülür ve duvardan ayrılır. Bu aşamada çatal çiviler pens ile sökülür ve kil tel donatının üzerine rulo yapılabilir. Sökülen kil bir an önce plastik torbaya konulmalıdır ya da güvenli bir şekilde alandan uzaklaştırılmalıdır. Duvarda yapışık kalan küçük miktarlardaki kil fırçalanabilir. Fırçalama sonucu dökülenler de alandan uzaklaştırılmalıdır.

Nemlendirme ve dolgu işleminin tuzlar yeterince iyi bir seviyeye düşürülene kadar, birkaç defa tekrarlanması gerekebilir. Seviyeyi belirlemek için tuzdan örnek almak ve analiz etmek gerekebilir. Kil dolguyla tuzun giderilmesi uzun bir işlemdir ancak danışmanlık, pahalı gereçler ya da çok nitelikli personel gerektirmez [20].

Kil dolgusu ile tuzun giderilmesi en çok taş duvarlarda kullanılmıştır. Tuğla ya da moloz taşta dolgu için çok fazla girinti vardır, bu nedenle kuru kili derzlerde fırçalayarak temizlerken, özen göstermek gerekir. Uzun dönem boyunca tuz kristalizasyonuna maruz kalmış herhangi bir duvarda tuzun giderilmesi işlemi tamamlandıktan sonra derzleme gerektirebilir.

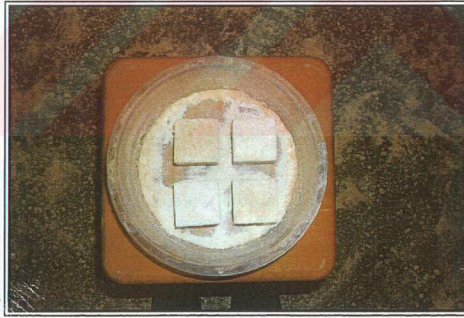
Aşırı miktardaki tuzları, dolgu tekniği ile gidermenin mümkün olmadığı durumlarda, problemi çözmek için gözenekli sökülebilen sıva daha pratik bir metottur. Duvara gözenekli bir sıva uygulanır ve duvardaki nemin buharlaşması ile çözünebilir tuzlar duvardan sıvaya geçer. Sıva zamanla bozulur ve yenilenmesi gerekebilir. Ancak yapı taşları devam eden bozulmaya karşı korunmuş olacaktır. Sökülebilir sıva, topraktan kaynaklanan neme karşı bakım işleminin yapılacağı duvardaki tuz miktarını azaltmak ya da topraktan kaynaklanan nemin engellenemediği yerlerde duvarı tuz atağına karşı korumak için kullanılabilir.

Duvar önce nemlendirilir ve 1 ölçek sönmüş kireç, 4 ölçek ince kum / perdah kumu -en az 12 mm. kalınlığında - eğer mümkünse her iki yüzeyde tuz kristalizasyonunun buharlaşma bölgesinin 50 mm yukarısına uygulanır. Sıvamada, sıva malası kullanılmamalıdır. Çünkü sıva dokusu gözenekli ve pürüklü olursa optimum nem buharlaşması ve tuz geçişi sağlanır. Bu işlemi pratik ve görsel olarak iyi bir şekilde uygulamak için, sıvadan sonra demir testeresinin ince dişli kenarı ile duvar yüzeyi

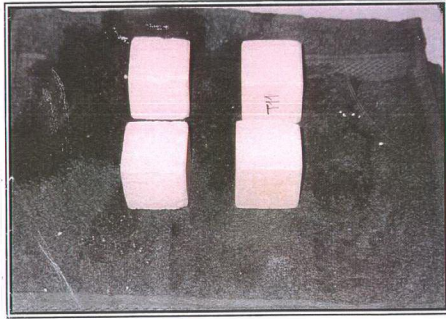
raspalararak pürüzler giderilmelidir. Bu işlem yüzey sağlamlaştıktan sonra yapılmalıdır.

Tuzlar sıvaya geçtikçe ve orada kristalleştikçe, sıva kırılmaya, parçalanmaya başlar. Tuz kirliliği olan sıva tabakaları hemen toplanmalıdır. Kirliliğin şiddetli olduğu yerlerde, tuz miktarının güvenli bir seviyeye indirilmesi için yalnızca bir kaba sıva uygulaması yeterli olmayabilir ve daha sonra bir bakım daha gerekebilir. İlk kat sıvanın kalıntıları dikkatlice temizlenmeli, duvar yeniden nemlendirilmeli ve ikinci kat uygulanmalıdır.

Sökülebilen kum/kireç sıvalar, tuzun giderilmesinde nispeten daha yavaş bir metottur. Tuz seviyesine ve buharlaşma oranına bağlı olarak birkaç ay gerekebilir. Bunun yanı sıra işlem ucuzdur ve çok çaba gerektirmez. Metot, Avustralya'da geliştirilmiştir ve kumtaşı ile tuğlada da başarıyla kullanılmıştır [9].



Resim.2.3.2.1. Bir Yıl Tuz Etkisine Maruz Bırakılmış Doğal Taş Numuneler.



Resim 2.3.2.2. Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taşlarda Tuz Etkisi

Çalışmada yapılan deneylerde ilk tekrarlardan itibaren, koruyucu sürülmeyen numunelerde tuz daha etkili olurken, siloksan sürülen numunelerde başlangıçta olmasa da kısa zamanda malzeme kaybına neden olmaktadır (Resim 2.3.2.2.1., Resim 2.3.2.2.2.). Bölüm 3.2.1.3.1. de yapılan tek parametrelili deneylerde ve KPTC' da yapılan deneylerde de bütün bozulma mekanizmalarında en etken olanın tuz olduğu belirlenmiştir.

2.3.3. Güneş Işınları Etkisi ve Önleme Metotları

Binaların eskimesinde önemli bir yer tutan iklim koşulları içinde en temel olanı güneş ışınıdır.

Yerküreye ulaşan güneş ışınları farklı dalga boylarında ve enerji değerlerindedir. Bu ışınlar X ışınları, UV (mor ötesi) ışınlar, görünür ışınlar (ışık), Enfraruj (kızıl ötesi- Infrared-IR) ışınlar ve radyo dalgalarından oluşur. UV (mor ötesi) ışınların, insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin yanı sıra yapılarda kullanılan malzemelerin üzerinde de yıpratıcı etkileri vardır [28].

UV ışınları taşlarda bulunabilecek pigmentlerin renklerinin değişmesine; dış cephe boyalarında, boyanın bağlayıcı kısmını oluşturan film yapıcı maddeyi ayrıştırarak boyanın eskimesine ve renginin solmasına; değişik doğal ya da yapay polimerlerin

degradasyonuna ve böylece renklerinin bozulmasına, malzemenin çatlamasına ve dökülmesine neden olmaktadır.

Kızıl ötesi ışınlar ısı enerjisi taşıyan ışınlardır. Atmosferin alt seviyelerinde ve yansıdığı yüzeylerde ortamın sıcaklığını yükseltir. Bina yüzeyine doğrudan ve yansiyarak gelen IR ışınlar, aynı etkiyi yapı dış kabuğunu oluşturan malzemelerde de gösterir. Bunun doğal sonucu olarak da yapı dış kabuğunun sıcaklığı artar ve kabuk genişir [88].

Güneşin radyasyon etkisi, yapı malzemesinin yüzey dokusuna ve rengine göre değişmektedir. Parlak ve açık renk yüzeyler güneş ışınlarını yansıtırken, pürüzlü ve koyu renkli yüzeyler güneş ışınlarını yutmaktadır. Bu nedenle yapı malzemelerinin yüzey özelliklerine göre yüzeysel emicilik katsayısının (A, %) belirlenmesinde yarar vardır (Tablo 2.3.3.1) [28].

Tablo 2.3.3.1. Malzemenin Renklerine Göre Yüzeysel Emicilik Katsayıları [28]

Renk	Malzeme Örnekleri	A (%)
Beyaz	Mermer,sıva,cıvalı metal,aluminyum, lçı,kireç,beyaz boya	0.2-0.3
Sarı, turuncu, Açık kırmızı	Taş, tuğla, beton, metal, seramik plastik	0.3 - 0.5
Açık mavi	Taş, seramik, plastik	0.5 - 0.7
Koyu mavi	Seramik, boya, plastik	0.7 - 0.9
Koyu kahve, siyah	Taş, seramik, boya, plastik	0.9 - 1.0

Işığın dalga boyları, 0,2 μm ' den (UV - mor ötesi), ışık spektrumu boyunca (0,4–0,9 μm), 8 μm ' ye (Enfraruj-kızıl ötesi) kadar değişmektedir. Tüm uzun dalga ışınımalar yaklaşık 4 μm ile 50 μm arasındadır. Farklı malzemeler farklı dalga boylarındaki ışınları ve üzerlerine düşen bu ışınların da yalnızca belli bir oranını absorbe edebilirler. Bu oran absorptivite olarak adlandırılır ve tam yansıtıcıda sıfır ve tam toplayıcıda bir olarak kabul edilir. 'Albedo' terimi iklimbilimciler tarafından yeryüzüne gelen ile yeryüzünden yansıyan güneş ışınımalarının oranını tanımlamak

için kullanılır. Kısa dalga boyundaki ışınımı iyi absorbe eden malzemelerin uzun dalga boyundaki ışınım için de iyi yayıcı olmaları gerekmez.

Ozon, bulutlar ve tozlar güneş ışınımını %30 ile %60 arasında engellerler. Işık, özellikle UV ışığı enerjik olduğu için tahta, kumaş ve pigment gibi organik maddelere zarar vererek solmalarına, kırılma ve bozulmalarına ve madde kaybına uğramalarına neden olur. Korunmasız bir tahta UV ışık ve nem değişikliklerinin ortak etkisiyle 100 yıl boyunca 5-6 mm aşınabilir. Hava sıcaklığındaki değişimin nedeni, gündüz kısa ve uzun dalga güneş ışınımının ısıtıcı etkisinin yerini gece uzun dalga ışınımına ve çevirime bırakmasıdır. Binalar güneş ışımından üç yolla ısınır: Doğrudan güneşten gelen ışım ile, pencereler yoluyla dolaylı kazanım; güneş sayesinde sıcaklığı yükselen havanın dolaylı ısıtması ile. Bu ısınma nedeniyle de, tüm yapı malzemeleri ısındıkları zaman genişir ve soğudukları zaman küçülürler. Bu genişleme ve küçülme ısıl hareket olarak adlandırılır ve malzeme bozulmalarında en büyük nedenlerden biridir (Şekil 2.3.4.1).

Malzemelerin renk ve yansıtma özellikleri ışım ısısının absorblanmasını azaltır ya da artırır. Örneğin; koyu ve mat malzemeler ötekilere oranla daha fazla ısı absorbe ederler. Isıl hareketin bu büyüklüğü ısınmanın yarattığı sıcaklık değişimine, malzemenin ısı alma kapasitesine, kalınlığına, ısı iletkenliğine ve genişleme katsayısına bağlıdır.

Binalar, onları çevreleyen havadan daha yüksek sıcaklıklara çıkabilirler. Taş yüzeyindeki sıcaklıkların 40-45 °C' ye çıktığı durumlarda taşın yüzeyden 5 cm içerdeki sıcaklığı, oda sıcaklığı düzeyindedir ve taşın kısa aralıklarla ısınması ve soğuması büyük deformasyonlara ve kırılmalara yol açabildiği gibi taşların köşelerdeki birleşimlerini de zayıflatır [39].

Mor ötesi ışınlar canlılar ve cansız maddeler üzerinde değişik biyolojik etkiler yapar. Mikropların öldürülmesi, D vitamini oluşumuna katkısı gibi olumlu etkilerin yanı sıra, canlı hücreleri tahrip edici özelliği ile de alınan ışın miktarına bağlı olarak insan teni üstünde renk değişiminden (kararma) kansere kadar zararlı etkileri vardır [60].

Kısa dalga boyunda olan enerjik mor ötesi ışınlar, yapılarda kullanılan özellikle organik yapı malzemelerinin, molekül yapısını bozmakta ve renk solması, renk dönmesi, yüzeysel kılcal çatlamlar gibi etkiler oluşturmaktadır. Kılcal çatlamlar ise, zamanla derinleşerek malzemenin mekanik özelliklerinin azalmasına yol açmaktadır [28].

Mor ötesi ışınların bu olumsuz etkileri ve zararlarından hem yapı malzemelerinin hem de yapıda yaşayan insanların korunması amacı ile gerekli önlemler alınması gerekir. Hidrofoblaştırıcı malzemeler yüzeyde film etkisini oluşturarak UV etkisini önlemeye çalışırlar, fakat bu çalışmada yapılan deney sonuçları çok başarılı olmadıklarını göstermiştir. Araştırmalarda güneş etkisine karşı alınan önlemlere bakıldığında, daha çok malzemeyi güneş ışınlarından koruyacak mimari detay çözümleri (geniş saçak vb.) önerildiği, fakat bunların daha çok tarihi eserlerde kullanılan doğal taş malzemeyi korumada, uygun olmadığı görülmüştür. Bazen de sıva ve boya da önerilmekte, fakat bu çözümler de tarihi eser koruma kavramıyla çelişmektedir.

2.3.4. Atmosfer Etkisi ve Önleme Metotları

Tarihi yapılarda ve anıtlarda atmosfer etkisine bağlı olarak doğal taş yüzeylerde meydana gelen önemli bozulmalardan biri patina adı verilen yüzey oluşumudur. Taşın yüzeyinde yer alan siyah renkli bu tabaka hem göze hoş görünmez hem de oluştukları yapı taşlarının bünyesine zarar vermeleri nedeniyle temizlenmeleri gerekir. Burada karşılaşılan en önemli sorunlardan biri temizleme işleminden belli bir süre sonra patinanın tekrar oluşmasıdır. Bu oluşum süresi çeşitli faktörlere bağlıdır. Sadece havanın niteliği tek başına belirleyici değildir. Kabuk ve lekelerin oluştuğu yerler binanın genel ve detaylı morfolojisine, binanın yapıldığı malzemenin yapısına ve yaşına da bağlıdır.

Siyah dış tabaka, oldukça karmaşık özelliklere sahip olup, herhangi bir noktada oluşmaları tek ve basit bir nedene bağlı değildir. Bu yüzden bunların yapısının herhangi bir temizleme işlemine başlanmadan önce anlaşılması önemlidir.

Kabuk genelde binanın yağmur suyunun direkt temasından etkilenmeyen, kolay tespit edilemeyen ve kuru tortu şeklini almış şekilde oldukça yoğun kirliliğin etkisine maruz kalan bölgelerinde oluşur. Tanım itibariyle, en ilerlemiş şekilde yağmur suyundan etkilenmeyen kısımlarda oluşurlar. Çoğu kez oluşum bölgeleri gözden uzak olabilmekte ve yağmura daha çok maruz kalan kısımlara oranla kabukta tamamen fark edilemediği için temizlenememektedir. Kararma genellikle duman partikülleri gibi bir dizi nedenden kaynaklanır. Modern yerleşimlerde duman, konutlarda, taşıtlarda ve ticari alanda kömür, benzin ve fuel oil yanmaları sonucu oluşan maddeleri içerir. Değişik kaynakları olan organik ya da inorganik parçacıklar bu partiküllere karışır. Yani yapı üzerindeki siyah kabuk binanın inşasından ya da önceki temizleme işlerinden bu yana geçen kirlenme süreçlerinin birleşmesidir. Ancak bu oluşumun geçen zamanla doğru orantılı olduğu anlamına gelmez.

Kabuklar, taşların (özellikle kireç taşları) ya da yapının inşasında kullanılan kireçli harcın başkalaşması sonucu ortaya çıkan maddeleri de içerir. Atmosferdeki sülfür oksitleri kireçli (kalsiyum içeren) maddelerle reaksiyona girer ve kalsiyum sülfat-alçı taşı oluşturur. Burada daha ziyade çözünmez halde bulunan alçı taşı yapıdaki taşın gözeneklerinde çökeltilir ve bu da hasara yol açabilir.

Renk tonu zıtlığı yüzünden siyah kabuklar sıklıkla kireç taşlarıyla özdeşleştirilir. Temiz ortamlarda bile kireç taşıdaki yüzey sülfatlanması aylarla ölçülebilecek kadar kısa sürede oluşur. Ayrıca kabuk oluşumu diğer doğal taşlar için de tehdit kaynağı olabilir.

Siyah kabukların yapı ve yapı taşları ile olan ilişkisine değinecek olursak; Kumtaşları üzerinde oluşan kabuklarla kireçtaşlarında oluşan kabukları birbirleriyle karıştırmamak gerekir. Kireçtaşlarında kabuklar değişmez bir şekilde, daimi yağmur suyundan etkilenmeyen alanlarda oluşur. Öyle ki binaların geniş yüzeylerinin bir yanı kirlenirken diğer tarafları kirden kısmen ya da tamamen uzaktır. Saf yağmur suları bile az da olsa asit içerdiğinden kireçtaşının yüzeyi yavaş yavaş erozyona uğrar ve yağmur suyuyla temizlenir. Eğer yağmur suyunun içeriğinde belirli bir miktar kükürt oksitler (SO_2 , SO_3) varsa o zaman yüzeydeki sülfat oluşumu yüzeyi kaplar.

Eğer böylesi kuru periyotlar dumanlı günlerle çakışırsa, bu da sonraki yıkamalarla temizlenemeyecek siyah alçı taşı oluşturur. Mimari detaya bakılarak kabukların yüzeydeki su akışını yavaşlattığı ya da engellediği görülebilir. Özellikle heykel ve korkulukların yağmur suyundan korunan detaylarında kabuklar oldukça kalındır ve kolayca tanınabilir. Bu gibi durumlarda kabukların kalınlıkları milimetrelerle ölçülebilir. Bu noktada bölgesel çevre kirliliği önemli role sahiptir ve bir çok tarihi yapının sanayileşme öncesinde bile oldukça kirli havaya maruz kaldığı hatırlanmalıdır.

Değişken kabuk oluşumları çeşitli özelliklerin benzerlik gösterdiği yerlerde bile görülebilir, bu gibi istisnalar detay çevresindeki karışık hava durumundan kaynaklanır.

Patina incelendiğinde dört farklı içeriğe sahip olduğu görülür. Bunlar;

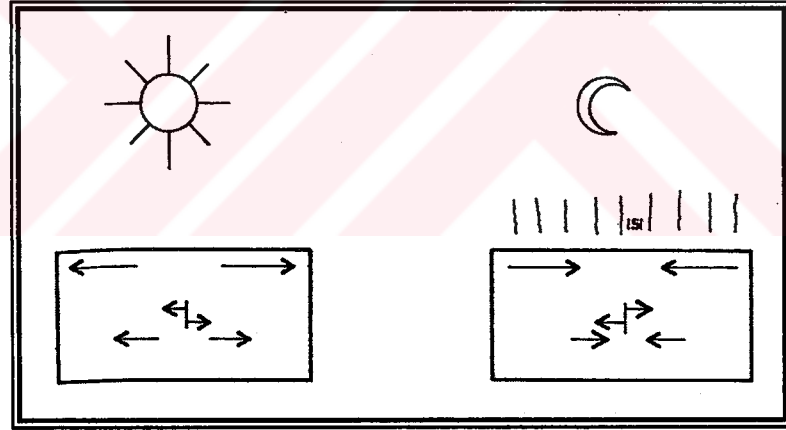
1. Havadan gelen inorganik partiküller (Yağ partikülleri, toz ve havada bulunan kül zerrecikleri gibi),
2. Havadan gelen organik partiküller (Bitki artıkları, polen gibi.),
3. İnorganik hızlandırıcılar, muhtemelen o esnada ortaya çıkanlar (Havada asılı duran demir tozları ve malzeme içinde oluşan alçı taşı),
4. Kabuğun içinde ya da üzerindeki organik oluşum (Bakteriler, mantar gibi).

Üçüncüsü dışında bunların hepsi kararmaya neden ya da yardımcı olabilir, ancak inorganik hızlandırıcılar bunların hepsinin bir araya gelmesinde bir araçtır. Kabuklar, özellikle ince oldukları noktalarda, numune almayı güçleştiren büyük düzeyde mekanik bir direnç gösterirler.

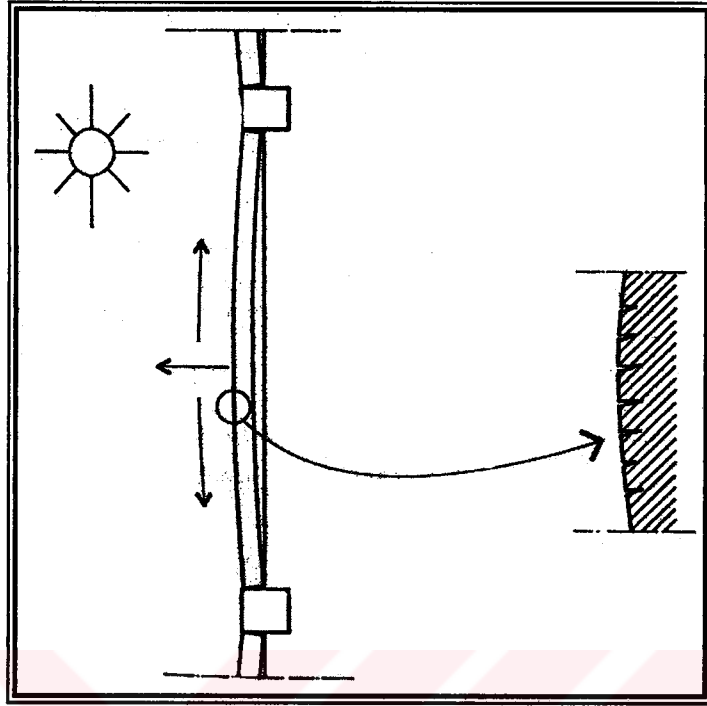
Tarihi yapılarda kullanılan doğal taş malzemenin temizlenmesi sırasında kabukların durumuyla ilgili diğer bir sorun daha vardır. Burada eğer kalın bir kabuk oluşmuşsa bunun erozyonu hızlandırabileceği düşünülmelidir. Bilindiği gibi kabukların alt katmanla oluşturduğu bağ oldukça güçlüdür, bu yüzden kabukların temizlenmesi alt katmanı direkt olarak etkileyebilir. Bir diğer sorun da yıkama işlemi sırasında tuz ve

benzeri maddelerin gözeneklere birikmesiyle ilgilidir. Sağanak yağışlarda olduğu gibi yıkama sırasında da tuzlar bir kabuktan alınıp taşın gözeneklerine doldurulabilir. Bu noktada taşın gözenekli ve geçirgen oluşu önemlidir (örneğin bu durum kireç taşlarına oranla kum taşlarında daha belirgindir).

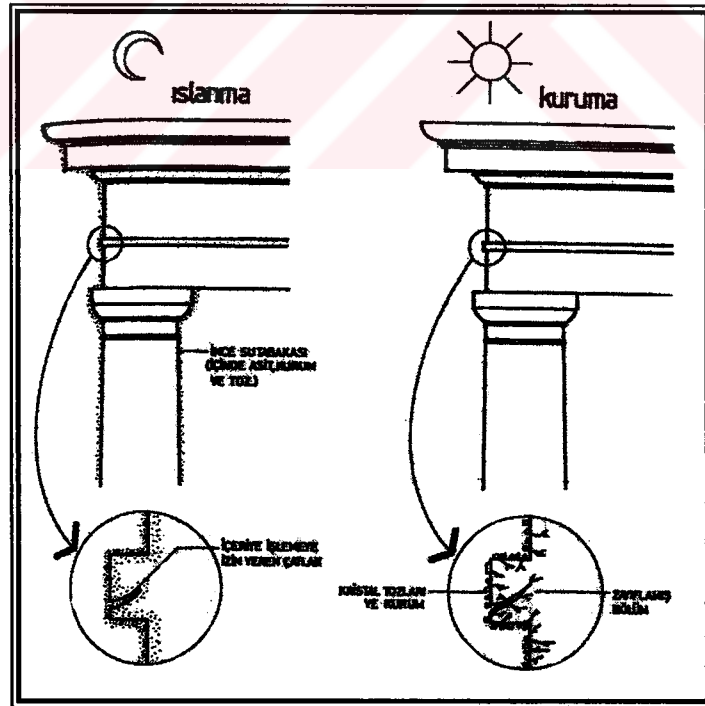
Sonuçta siyah kabuklar bugünün doğal taşlardan yapılmış binalarında en ciddi kirlenme şeklini temsil etmektedir. Kir tabakası yalnızca yapının estetik değerini olumsuz etkilemekle kalmayıp, malzeme kaybı gerçekleşmeden boyutu anlaşılamayacak ayrışmaları da gizleyebilmekte ve o zamana kadar da hasar, gerekli olan sıradan bir temizliğin ötesine geçip temizlik ve korumayı rutin hale getirecek kadar ilerlemiş olmaktadır. Bu açıdan bakıldığında kabukların temizlenmesi bir zorunluluk halini almaktadır. Fakat temizleme işleminin ardından yüzeyin hasar görmüş olduğu anlaşılabilir [95].



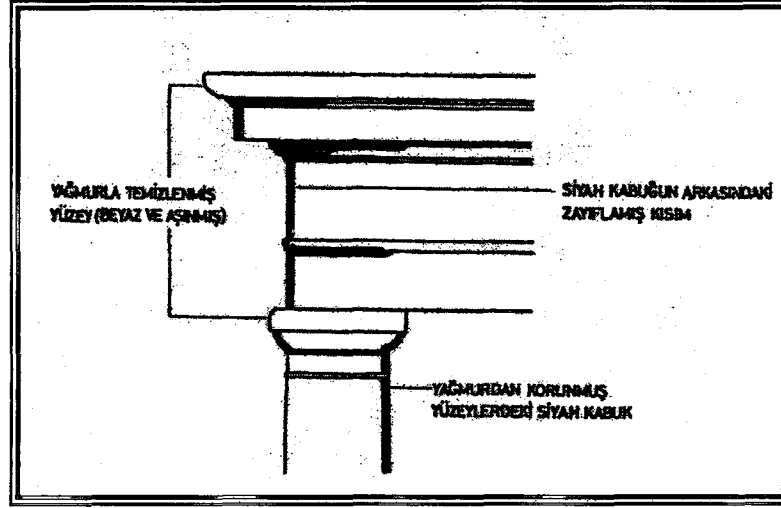
Şekil 2.3.4.1. Isı Farklılıklarından Dolayı Genleşme ve Küçülme [85]



Şekil 2.3.4.2. Isı Farklılıklarından Dolayı Deformasyon ve Çatlaklar [85]



Şekil 2.3.4.3. Atmosferik Olaylar Sonucu Bozulma [85]



Şekil 2.3.4.4. Yüzeyde Kirlenme [85]

2.3.5. Biyolojik Etkiler ve Önleme Metotları

Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi tarihi yapılarda kullanılan doğal taş malzemelerin korunması, üzerinde en fazla çalışma yapılan alanlardan birisidir. Malzemenin bozulmasını anlamadaki temel problem, doğal taş malzemenin geniş yelpazede bir çok değişik minerale ve fiziksel yapıya sahip olmasından, değişik hava, çevre ve iklim koşullarına farklı tepkiler vermesinden kaynaklanmaktadır. Birçok farklı etken taş anıt, yapı ve diğer objelerin bozulmasında etkili olmaktadır. Bu etkilerden biri de taş yüzeyinde oluşan ve gelişen bakteri, ilkel yosunlar, ot ve küçük ağaç gibi bitkiler ile diğer biyolojik zararlıların meydana getirdiği bozulmalardır.

Yüksek sıcaklık, göreceli olarak yüksek nem oranı ve yoğun yağmur sebebi ile tropikal alanlardaki taş anıt ve binaların biyolojik bozulmaya maruz kalması sıklıkla karşılaşılan bir problemdir. Özellikle bu tür çevre faktörleri, geniş yelpazede biyolojik organizmanın taş yüzeyinde yaşamasına elverişli ortam yaratır.

Gelişmiş bitkilerin malzemeye ve dolayısı ile yapıya verdiği doğrudan ve ağır hasar dışında, taş anıt ve binaların biyolojik bozulmaya maruz kalması, daha önceden meydana gelen fiziksel ve kimyasal bozulmanın göstergesi olarak kabul edilir. Başka bir deyişle, taşın başlangıçta yağmur, rüzgar, güneş ışığı, kirlilik gibi açık

hava ve çevre etkenlerine maruz kalması fiziksel ve kimyasal hasarı başlatır. Bu fiziksel ve kimyasal hasar taş yüzeyinin mikro ve makro yapısını değiştirerek, taş yüzeyini biyolojik kolonizasyona uygun bir ortam haline getirir.

Diğer yandan biyolojik bozulma kendi içinde fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal olaylar zinciri ile oluşur. Değişik taşlarda meydana gelen biyolojik zararın miktar ve tipi taş yüzeyinde bulunan organizma tipine bağlıdır.

Biyolojik bozulmayı durdurmaya ve engellemeye yönelik uygulamalar iki çeşittir: engelleyici ve tedavi edici uygulamalar. Engelleyici uygulamalar bozulmaya neden olan etkenleri önceden yok etmeyi ve ileride meydana gelebilecek bozulmaları engellemeyi hedefler. Diğer yandan düzenli uygulamalar ile korumanın devamını sağlamak, nemli ve biyolojik büyümeye olanak sağlayan ortamları gidermeye yönelik teknik ve kimyasalları geliştirmek de engelleyici uygulamaya girer. Tedavi edici uygulamalar, fiziksel ve kimyasal metotlarla doğrudan taş üzerindeki biyolojik büyümeyi öldürür ve durdurur. Her iki yöntemin de avantajları ve sınırlamaları mevcuttur. Bununla beraber günümüzde çok sayıda kimyasal ile değişik uygulamalar mevcuttur.

Kagir malzemede; taşın yapısında bulunan organizmaların yaşamsal aktiviteleri sebebiyle ortaya çıkan ve arzu edilmeyen herhangi bir değişim “biyolojik bozulma” olarak tanımlanabilir. Bu tanım, biyolojik bozulmayı taşın kimyasal, mekanik veya fiziksel etkilerden dolayı aşınması veya yıpranması nedeniyle bozulmasından ayırır. Bununla beraber “biyolojik bozulma” taş malzeme kullanılan yapı ve anıtların korunmasında ilk dönemlerden beri bilinen ve iyi tanımlanmış bir bozulma türü olarak önemlidir.

İlkel su yosunları, mantar, yosun ve likenler (ilkel su yosunu ve mantar beraber yaşar), diğer yandan gelişmiş bitkiler doğrudan çıplak gözle veya alınan örneklerin laboratuvar ortamında incelenmesi ile tanımlanabilir. Tablo 2.3.5.1’de bu organizmaların beslenme yöntemleri ve sebep oldukları reaksiyonlar gösterilmektedir.

Biyolojik bozulmayı fark edebilmek ve diğer bozulma türlerinden ayırabilmek için tipik morfolojik özellikleri bilmek gerekir. Makro organizmalar ve gelişmiş bitkiler çıplak gözle görülebilirler dahi birbirleri ile karıştırılmaları mümkündür. Biyolojik bozulmaya sebep olan organizmalar yüzeyin doğasına, iklime, mevsimlere göre değişir. Tablo 2.3.5.2. organizma gruplarına göre bozulma etkilerini sınıflandırmaktadır.

Biyolojik bozulmaya neden olan organizmaların yaşam alanları ve taşın farklı bozulma mekanizmaları kısaca incelenecek olursa; biyolojik bozulma konusunda en önemli noktalardan biri bu hasarın dolaylı veya dolaysız olduğunu belirlemektir. Biyolojik bozulma biyofiziksel, biyokimyasal ve görsel bozulma olarak üç sınıfa ayrılabilir. Organizmaya, taşın yapısına ve çevre koşullarına göre de bu üç süreç beraber veya ayrı ayrı gelişebilmektedir.

Taşın biyolojik bozulması, organizmanın büyümesi ve iç yüzeylere ilerlemesi ile meydana gelen basınca bağlı olarak gelişebilir. Özellikle gelişmiş bitkilerin taşa nüfuz ederek köklerinin, çatlaklarda büyümesi taş yüzeyde fiziksel zarara yol açabilir. Nemli ve kuru mevsimin birbirini takip etmesi süresinde de parça kopmaları ve ufalanmalar meydana gelebilir. Böylece taş yüzeyi, daha ileriki kolonizasyon ve biyolojik büyümeye yatkın hale gelir. Bazı durumlarda organizma taş yüzeyini beslenme alanı olarak seçerek taşa zarar verebilir (kimyasal reaksiyon). Çoğunlukla gelişmiş bitkiler, ototrofik ve heterotrofik organizmalar taşa doğrudan zarar veren asitler üretirler. Organik ve inorganik asitler taşın minerallerini ayrıştırarak taşın yıpranmasına sebep olurlar. Ortaya çıkan bozulma ürünleri taşın deliklenmesine ve daha ileri düzeylerde ise çatlaklar oluşmasına neden olur. Aerobik organizmaların ürettiği karbondioksit, karbonik aside dönüşerek kireçtaşı ve mermerle reaksiyona girerek ayrıştırır.

Tablo 2.3.5.1. Organizmaların Beslenme İhtiyaçlarına Göre Sınıflandırılması

Beslenme Kategorisi	Enerji Kaynağı	Karbon Kaynağı	Elektron Vericisi	Elektron Alıcısı	Organizma Grupları
Fotoototroflar veya Fotolitotroflar	Güneş ışığı (fotosentetik organizmalar)	CO ₂	Su	Oksijen Organikler	Aerobik organizmalar: Siyanobakteriler İlkel Su Yosunu (Bacillariophyta veya Diatoms) İlkel Su Yosunu (Chlorophyta) Likenler (su yosunu ve fungi beraber büyür) Yosunlar Gelişmiş Bitkiler
Kemoototroflar veya Kemolitotroflar	Redoks reaksiyonları (kemosentetik organizmalar)	CO ₂	H ₂ , Fe ²⁺ , NH ⁴⁺ , NO ²⁻ , S, S ₂ O ₃ ²⁻	Oksijen	Aerobik organizmalar: Hidrojen Bakterileri Demir Bakterileri Nitrileştiren Bakteriler Sülfür-Oksit Eden Bakteriler
Fotoheterotroflar veya Fotoorganotroflar	Güneş ışığı (fotosentetik organizmalar)	Organikler	Organikler H ₂ S H ₂	Oksijen Organikler	Aerobik organizmalar: Fotosentetik Bakteriler Bazı İlkel Su Yosunları Anerobik organizmalar: Yeşil ve Mor Sülfür Bakterileri Mor Sülfür Olmayan Bakteriler
Kemoheterotroflar veya Kemoorganotroflar	Redoks reaksiyonları (kemosentetik organizmalar)	Organikler	Organikler S, S ₂ O ₃ ²⁻ H ₂ S	Oksijen Organikler	Aerobik organizmalar: Actinomycetes Hayvanlar Fungi Solunum Bakterileri Anerobik organizmalar: Fermantatif Bakteriler Nitrili Uzaklaştıran Bakteriler Sülfür-Redükte Eden Bakteriler

Tablo 2.3.5.2. Taş Anıtlardaki Biyolojik Bozulma Belirtileri

Organizma	Bozulmanın Belirtisi Değişimler
Ototrofik Bakteriler	Siyah kabuklanma, siyah-kahverengi pas, soyulma, tozla kaplanma
Heterotrofik Bakteriler	Siyah kabuklanma, siyah-kahverengi pas, soyulma, renk değişimi
Aktinomycetes	Beyazımsı gri toz, pas, beyaz akıntı çiçeklenme veya tozla kaplanma
Siyanobakteriler	Değişik renkte ve kalınlıkta pas ve tabakalar
Fungi	Renkli ve parça şeklinde lekeler, soyulma, çukurlanma
İlkel su yosunları	Değişik renkte ve kalınlıkta pas ve tabakalar
Likenler (su yosunu ve fungi beraber)	Kabuklanma, parça şeklinde lekeler ve oyuklar
Yosunlar	Renk kaybı, yeşil-gri renkli parça şeklinde lekeler
Gelişmiş Bitkiler	Çatlaklar, yıkılma, parçaların dökülmesi

Doğal taş malzemede meydana gelen önemli bozulma nedenlerinden biri de nitratlaştırıcı bakterilerdir. Azotun iki safhalı şekilde nitrata oksitlenmesi olan nitratlanmadan iki tür bakteri sorumludur. Azot oksitlendiricileri tarafından gerçekleştirilen ilk reaksiyon azotun nitroz asidi tuzuna oksitlenmesidir. Nitroz asidi tuzu oksitlendiricileri tarafından oluşturulan ikinci reaksiyon ise nitroz asidi tuzlarının nitrata oksitlenmesidir. Her iki aşamada da tuz ve/veya mineral asitleri üretilir (NO_2^- , NO_3^- , HNO_2 , HNO_3).

Kalsiyum bağları olan maddeler içeren kumtaşı nitratlaştırıcıların etkisi dikkate alındığında tehlikeye en çok maruz kalan doğal taştır. Hem tuz hem de asit etkisi taşın hasar görmesine yol açar. Nitrit asit suda çözünmeyen kalsiyum karbonatı (CaCO_3) yağmur suyu ve taştaki ince damarlardan taşta sızan sularla yıkanan, suda çözünebilir kalsiyum nitrata dönüştürür (CaNO_3).

Genellikle bakteriler doğal taşlarda çok hücreli polisakkaridlerin oluşturduğu bir bio filmle kaplanmış mikro-kolonilerde yaşarlar. Böylece kurumaktan ve/veya zehirli maddelerden korunmuş olurlar.

Estetik bozulma, biyolojik büyüme sonucunda meydana gelen parça kaybı, renk değişimi veya oluşan katmanlar şeklinde ortaya çıkar. Taş yüzeyindeki kir ve tozu beslenme materyali olarak kullanan organizmalar doğrudan biyolojik bozulmaya neden olmasalar bile, estetik olarak görüntüyü bozarlar. Örneğin mantarlar küçük siyah noktalar halinde siyah/kahverengi yapılar üretebilirler.

Bozulmaya neden olan etkenlerden sonra engelleyici ve tedavi edici metodlar irdelenecek olursa; son dönemlerdeki çalışmalar özellikle sudan koruyucu veya diğer kaplama yöntemleri üzerine yoğunlaşarak bozulmayı önlemeye ve varolan etkiyi tedavi etmeye yönelmiştir. Burada 3 faktör öncelikle gözönüne alınmalıdır: organizma, çevre ve taş yüzeyi. Bunlardan birindeki değişim biyolojik zararlının büyümesini, böylelikle biyolojik bozulmayı başlatır. Bu bozulmayı engellemek ve kontrol altına almak için bir çok engelleyici ve tedavi edici yöntem geliştirilmiş olmakla beraber, bazen birçok yöntemin kombinasyonu en iyi sonucu vermektedir.

Tedavi edici yöntemler organizmanın doğrudan eliminasyonunu ve biyolojik zararlıyı kontrol altına almayı hedefler. Kimyasalların uygulaması, mekanik olarak organizmayı yüzeyden uzaklaştırmak, buharla temizleme ve düşük basınçlı su ile yıkama bu hedefe yönelik tedavi edici yöntemlerden bazılarıdır.

Herhangi bir kimyasal uygulamadan önce yüzeyin varolan organizmadan mekanik olarak temizlenmesi özellikle tavsiye edilir. Bazı gelişmiş bitkiler çatlakların bulunduğu yüzeye yapışkan yaprakları ile yapışarak büyümeyi sürdürür. Bu durumda ya bitki doğrudan toksik materyal ile öldürülür ya da büyümesi düzenli budama ile engellenerek yapıdan uzaklaştırılır.

Estetik olarak zarar veren ve yüzeyde bulunan bakteriler ise basınçlı su veya fırça ile giderilebilir. Diğer yandan suyun nemli ortam yaratarak başka organizma türlerine uygun büyüme alanı oluşturabileceği de göz önüne alınmalıdır. Bu durumda çeşitli kimyasalların sulu solüsyonları ve çözeltileri kullanılabilir.

Biyolojik büyüme bu organizmayı hedef alan biosid kullanılarak da giderilebilir. Biosid hedef alınan organizmanın metabolik aktivitesini engelleyerek geri dönüşümsüz bir hasar ve organizma oluşumuna engel olur.

Engelleyici yöntemler de öncelikle mümkünse çevre ve fizikokimyasal parametreler değiştirilerek biyolojik büyümeyi önleyen taş yüzeyi oluşturulur ve böylece biyolojik saldırı önlenmeye çalışılır. Nem, ısı veya ışık gibi çevre faktörleri iç ortamlarda değiştirilebilir, fakat açık hava koşullarını kontrol edebilme imkanları kısıtlıdır.

Diğer yandan, taş yüzeyindeki kir, toz veya organik artıklar giderilebilir. Eğer taş anıt veya yapının tasarımına müdahale etmek mümkün değilse, su ve organik atık yığılması kontrol altına alınmaya çalışılabilir; su boruları yapıya en az su temas edecek şekilde düzenlenebilir veya çatı düzenli olarak onarılabilir. Böylece taşın yüzeyinin maruz kaldığı nem ve ıslaklık kontrol edilebilir.

Gelişmiş bitkiler genelde çatlaklarda büyür ve iç yüzeylere nüfuz ederek taş dokuya zarar verir. Bu çatlakların doldurulması bu tarz büyümeyi engellemede en etkili yöntemlerden biridir.

Sentetik polimerler ve reçine, taş yüzeyin su itici kimyasallarla kaplanmasını sağlar. Bununla beraber bu tarz kaplama biyolojik büyümeyi her zaman engellemez ve hatta bazı türlerin büyümesi için uygun besin ortamını da yaratabilir. Bu sebeple çevre ve oluşabilecek organizma türü göz önüne alınarak yüzeyi kaplayacak materyal seçilmelidir.

Kimyasal uygulamanın seçiminde Biosid genel olarak mikroorganizma veya gelişmiş bitkiyi öldürme etkisi olan kimyasal olarak tanımlanmakla beraber, çevredeki hayvan ve insanlara da toksik ve zararlı olabilir. Bu sebeple kimyasal seçimini kısıtlayan etkenler bulunmaktadır. Bunlar kısaca şöyle özetlenebilir: hedef organizmaya etkisi, hedef organizmanın kimyasala dayanıklılığı, biosidin insanlara ne derece toksik olduğu, çevreye verebileceği zarar, taş, diğer koruma metotları ve kimyasalları ile ne kadar uyduğu.

Tablo 2.3.5.3.'de biosidlerden bazıları bu parametreler düzeyinde sınıflandırılmıştır. Toksikite değerleri LD₅₀ ile gösterilmiştir. Bu mevcut organizmanın % 50'sini öldürmeye yeten dozu göstermektedir.

Tablo 2.3.5.3. Bina Yüzeylerinde Yasayan Bakterilerin Yok Edilmesi veya Kontrolünde Biosid Olarak Kullanılan Kimyasallar

Biosid	Olarak	Urün	Toksik	Hedef Organizma	Yüzey	Uygulama	Etkinlik Süresi	Referans
Kullanılan	İsmi	ve	Değeri			Metodu		
Kimyasallar	Firma							
Boron Bileşimleri Disodyum oktaborat	Polybor (ICI Chemicals)		LD ₅₀ = 2000 mg/kg	Fungi, ilkel su yosunları, yosunlar ve likenler (su yosunu ve fungi beraber buyur)	Tas	Düşük basınçlı sprey uygulaması	İlkel su yosunları için 2.5 yıl, diğerleri için daha uzun süreli koruma sağlar	Richardson 1973b, 1976, 1988; Brown ve Souprounovich
Bakır Bileşimleri Bakır sulfat (4% sulu solüsyon)	_____		LD ₅₀ = 300 mg/kg	İlkel su yosunları ve likenler	Beton ve terra-kotta	Fırça veya sprey ile uygulama	Geride kalan tortu biyolojik büyümeyi önler	Division of Building Research, CSIRO 1977; Shah ve Shah 199-93
Bakır nitrat (3-5% sulu solüsyon)	_____		LD ₅₀ = 940 mg/kg	İlkel su yosunları ve likenler	Tas	Sprey uygulama ile	Göreceli süreli kökten çözüm	Garg, Dhawan, ve Agrawal 1988; Shah ve Shah 199-93
Bakır-8-hidroksi kinolinolat (1-5% sulu solüsyon)	_____		LD ₅₀ = 67 mg/kg	İlkel su yosunları ve likenler	Binalar	Sprey uygulama ile	Biyolojik büyümeyi 5 ay içinde oldurur	Lyod 1972
Bakır karbonat+ amonya + su (1:10:170)	_____		LD ₅₀ = 159 mg/kg	İlkel su yosunları ve likenler	Binalar	Temizlendikten sonra fırça ile uygulama	Biyolojik büyümeyi 2-3 sene için önler, ama yoğun yüzeyler için senelik uygulama gerekebilir	BRE 1982
Magnezyum Bileşimleri Magnezyum fluosilikat (0.5-5% sulu solüsyon)	_____		LD ₅₀ = 200 mg/kg (guinea pig)	Fungi, ilkel su yosunları ve likenler	Tas ve beton	Fırça uygulama ile	Geniş bir organik büyüme yelpazesinde etkili, göreceli süreli kökten çözüm	BRE 1982; Tanner 1975; Richardson 1988
Çinko Bileşimleri Çinko fluosilikat (1-2% sulu solüsyon)	_____		LD ₅₀ = 100 mg/kg	Fungi, ilkel su yosunları ve likenler	Tas	Amonyasız temizlendikten sonra sprey ile uygulama	Geride kalan tortu biyolojik büyümeyi 3-5 yıl engeller	Gairola 1968; Schaffer 1972; Clarke 1978; Kumar ve Sharma 1992
Aldehidler Formaldehid (2-5% sulu solüsyon)	Formalin (Sigma)		LD ₅₀ = 800 mg/kg	Fungi, ilkel su yosunları ve likenler	Tas ve beton	Cogunlukla sprey ile uygulama ama bazen fırça ile uygulama	Organizmaları öldürür ama daha sonraki kolonizasyonu engelleyecek geride kalan tortu etkisi yoktur	BRE 1982; Keen 1976; Fielden 1982

Bosid Çullanilan Kimyasallar	Olarak Urün Ismi ve Firma	Toksik Değeri	Hedef Organizma	Yüzey	Uygulama Metodu	Etkinlik Süresi	Referans
Esterler							
p-hidroksibenzoik asidin etil esterleri	Asptine-A (Synteza Chemical)	—	Fungi, ilkel su yosunları ve likenler	Tas	Fırça uygulama	ile Biyolojik buyumeyi 2 seneden daha uzun süre engellemede çok etkili	Leznicka 1992
p-hidroksibenzoik asidin metil esterleri	Asptine-M (Synteza Chemical)	—	Fungi, ilkel su yosunları, yosun ve likenler	Tas	Fırça uygulama	ile Cabuk dezenfekte etmekte etkili, uzun sürelili etkileri bilinmiyor	Leznicka 1992
Fenolik Bileşimler							
5,5'-dikloro-2,2'- dihidroksi difenilmetan (1-4% sulu solusyon)	Dichloroph en (Ward Blenkinsop)	LD ₅₀ = 2690 mg/kg	İlkel su yosunları, yosun ve likenler	Tas ve beton		Varolan biyolojik büyümeyi ve geride kalan tortu etkisi ile daha sonraki koloni- zasyonu engeller	BRE 1982; Keen 1976; Clarke 1978
Klorlanmış fenolik bileşim	Thaltox C (Wykamol Ltd.)	—	İlkel su yosunları, yosun ve likenler	Binalar		2-3 yıl kadar etkili, her yağmurlu sezon başlangıcı tekrar uygulama gerekebilir	BRE 1982
Diğer aktif bileşimleri içeren klorlanmış fenolik bileşim	Halophane (Winton chemicals Ltd.)	—	İlkel su yosunları, bakteriler, yosun ve likenler	Binalar		2-3 yıl kadar etkili,	BRE 1982
Aromatik organik çözücülerdeki o-fenil fenol (2%) + suya dayanıklı silikon resin masonry (5%)	—	—	İlkel su yosunları, yosun ve likenler	Beton		Etkili	Keen 1976
Pentaklorofenol+amon yum sülfat (5% sulu solüsyon)	—	—	Likenler	—		Likenleri 6 hafta ile 5 ay arasında öldürür	Lloyd 1972
Pentaklorofenol+2,4,6- triklorofenoksi 1- isopropanol (1% alkol veya su)	—	—	Likenler	—	Cimentol u duvar	Likenleri 6 hafta ile 5 ay arasında öldürür	Lloyd 1972
Pentaklorofenil laurat (14.7%)+cetly pridiniumbromid (3%)+ p-kloro-m- resol (1.5%)	Mystox QL (Catomance Ltd.)	LD ₅₀ = 2000 mg/kg	İlkel su yosunları, yosun ve likenler	Tas		Goreceli olarak uzun sürelili etkili	BRE 1982; Gag, Dhawan ve Agrawal 1988
Fenola (5% sulu solusyon)	—	LD ₅₀ = 530 mg/kg	İlkel su yosunları, fungi yosun ve likenler	Binalar		Etkili ama çok zararlı ve kansorejen	BRE 1982
Sodyum o-fenil fenat (1-2.5% solüsyon)	—	LD ₅₀ = 2500 mg/kg	İlkel su yosunları, yosun ve likenler	Beton	Fırça uygulama	ile Varolan büyüme durdurur, eğer nemli ortam tekrarlarsa büyüme	Keen 1976
Sodyum pentakloro- fenat (1-2% solüsyon)	—	LD ₅₀ = 180 mg/kg	İlkel su yosunları, fungi, yosun ve likenler	Tas	Sprey uygulanabilir	ile Uzun süre etkili	BRE 1982, Cepero 1990
Fenolün sodyum tuzu, pentaklorofenol veya o-fenil-fenol+sodyum netilsilikonat gibi	—	—	İlkel su yosunları, fungi, yosun ve likenler	Tas	Fırça uygulama	ile Çok etkili	Richardson 1973a

Amonyum Bileşimleri Alkyl benzil trimethyl amonyum klorid (15 solusyon)	Gloquat C (ABM Chemicals)	LD ₅₀ = değişken	İlkel su yosunları, yosun ve likenler	Tas	Düşük basınçlı sprey uygulaması	Büyümeyi ve öldürmede etkili	engelleme organizmayı 2-3 sene	Richardson 1973a
Alkil benzil trimetil amonyum klorid+alkil benzil dimetil amonyum klorid	—	LD ₅₀ = 240 mg/kg	İlkel su yosunları, yosun ve likenler	Tas	Düşük basınçlı sprey uygulaması	Büyümeyi 2 haftada öldürür ama uzun süreli etkisi yoktur		Richardson 1976
Alkil benzil dimetil amonyum klorid	Hyamine 3500 (Rohm and Haas)	LD ₅₀ = 240 mg/kg	Bakteri, fungi, ilkel su yosunları ve likenler	Tas	Sprey uygulaması	Etkili ama uzun süreli etkileri bilinmiyor		Siswowyanto 1981
Di alfa (p-tolyl)-dodecyl-trimetil amonyum metoksi sülfat	Desagen (Ciba Geigy)	LD ₅₀ = 420 mg/kg	Bakteri ve fungi	Tas	Fırça uygulama ile	Etkili		Lisi et al. 1992
Diisobutyl fenoksi ethoksi etil dimetil benzil amonyum klorid	Hyamine 1622 (Rohm and Haas)	LD ₅₀ = 389±28 mg/kg	İlkel su yosunları	Tas	Fırça uygulama ile	Etkili		Siswowyanto 1981
Methyldodecyl benzil trimetil amonyum klorid (40%)+ methyldodecyl xylilene-bis-(trimetil amonyum klorid) (10%)	Hyamine 2389 (Rohm and Haas)	—	İlkel su yosunları	Tas	Fırça uygulama ile	Etkili		Garg, Dhawan ve Agrawal 1988
Salisilat Bileşimleri Dodecylami salisilat (1-5% sulu solusyon)	Nuodex 87 (Durham Chemicals)	LD ₅₀ = 2000 mg/kg	İlkel su yosunları ve likenler	Binalar	Fırça veya sprey ile uygulama	2-3 sene etkili		BRE 1982
Salisilamid (1-2% sulu solusyon)	—	LD ₅₀ = 5000 mg/kg	İlkel su yosunları, fungi, yosun ve likenler	Binalar	Sprey uygulama ile	Buyumeyi ama kullanma gerekir	engeller periyodik	BRE 1982
Sodyum salisilat (1% sulu solusyon)	—	—	İlkel su yosunları, yosun ve likenler	Tas	Seyrek amonya ile temizledikten sonra sprey ile uygulama	Etkili ama kullanma gerekir		Sneyers ve Henau 1968
Salisilamidin sodyum tuzu (1% sulu solusyon)	—	—	İlkel su yosunları, fungi, yosun ve likenler	Binalar	Fırça veya sprey ile uygulama	Etkili		BRE 1982
Nitrojen ve Sulfur İçeren Bileşimler 2-terbutylamin-4-etilamin-6 metil-S-triazin	Terbutrin ()	LD ₅₀ = 2400-2980 mg/kg	İlkel su yosunları ve likenler	Tas	Fırça uygulama ile	1 seneden daha uzun süre etkili		Tiano 1979
3-(3-triflorometil-fenil) 1,1-dimethyl üre (3% sulu solusyon)	Fluometuron or Lito (Ciba Geigy)	LD ₅₀ = 6416-8000 mg/kg	İlkel su yosunları, yosun ve likenler	Kumtasi, kirectasi ve mermer	Fırça uygulama, 60-90 gün sonrar tekrar uygulama	6 ay boyunca etkili		Bettini ve Villa 1981
3-(4-Bromo, klorofenil)-metoksil metil üre	3-Chlorobromuron ()	LD ₅₀ = 2150 mg/kg	İlkel su yosunları ve likenler	Mermer, traverten, tuff ve bazalt	Fırça uygulama ile	2-22 ay boyunca etkili		Tiano 1979

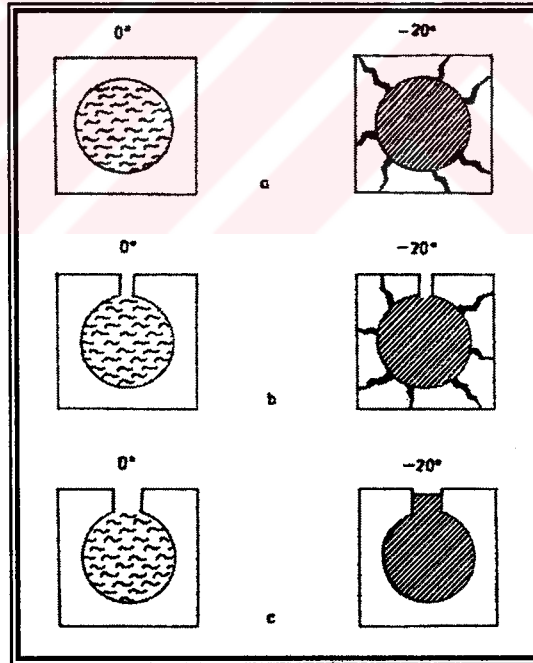
Organotin ve Organotin Amonyum Bileşimleri Tributylin oksid (1% sulu solusyon)	ve TBTO ile (Merck)	LD ₅₀ = 87-200 mg/kg	Likenler	Granit	Fırça uygulama ile	3 sene boyunca etkili	Clarke 1978
Tributylin oksid (0.5%)+alkyl benzyil dimethyl amonyum klorid (2%)	—	—	Likenler	Binalar	Düşük basınçlı spreyle uygulama	Uzun süreli etkili, 6 seneden sonra tekrar kolonizasyon oluşur	Brown ve Souprounovich 1989
Tributylin oksid+amonyum bileşikleri	Murasol 20 (Wykamol Ltd.)	LD ₅₀ = 500-1000 mg/kg LD ₅₀ = 87-200 mg/kg	İlkel su yosunları, fungi, yosun ve likenler	Taş	Fırça veya spreyle uygulama	Uzun süreli etkili	Richardson 1973a
Tributylin oksid+silikon korusucu	sudan	—	İlkel su yosunları, fungi, yosun ve likenler	Taş	Fırça uygulama ile	Etkili ama uzun süreli etkileri bilinmiyor	Dukes 1972
Tributylin okside+alkyl benzyiltrimethyl amonyum klorid	—	LD ₅₀ = 224 mg/kg	İlkel su yosunları, fungi, yosun ve likenler	Taş ve beton	Fırça uygulama ile	Kalıcı etkisi engelleme sebebiyle oldukça etkili	Richardson 1988
Tributylin naftenat	Mergal HS 21 (Hoechst)	—	Bakteri ve fungi	Taş	Fırça uygulama ile	Etkili	Krumbein ve Gross 1992
Çeşitli Bileşimler 4-kloro tolypksasetik asid	o	LD ₅₀ = 700-800 mg/kg	Likenler	Kumtasi	Spreyle uygulama ile	Likene büyük hasar verir ama 1 seneden sonra etkisiz	Gilbert 1977
Amin bazlı bileşik (10% sulu solusyon)	Chlorea (ICI Chemicals)	—	Likenler	Granit	Fırça veya spreyle uygulama	İki saat içinde likenleri öldürücü, 1 seneye kadar etkili	Clarke 1978
Bromasil'in lityum tuzu +benzyil alkyl trimethyl amonyum klorid+halo bifenyl sulfur (1% sulu solusyon)	Hyvar XL (Dupont)	—	Likenler ve yosunlar	Taş	Fırça uygulama ile	Cok etkili	Sadirin 1988
Sodyum dimetilditiokarbonat+sodyum mercaptobenzotiazol	Vancide 51 (R.T. Vanderbilt)	LD ₅₀ = 3120 mg/kg LD ₅₀ = 430 mg/kg	İlkel su yosunları ve likenler	Mermer, traverten, tuff ve bazalt	Spreyle uygulama ile	1-2 sene boyunca etkili	Giacobini ve Bettini 1978
Streptomisin sülfat	Streptomisin (Sigma)	LD ₅₀ = >4 mg/kg	Bakteriler	Taş	—	7 sene boyunca etkili	Orial ve Brunet 1992
Kanamisin monosülfat	Kanamycin (Sigma)	—	Bakteriler	Taş	Fırça veya spreyle uygulama ile	7 sene boyunca etkili	Orial ve Brunet 1992

Bu konuda yapılan mevcut araştırmaların düzeyine ve yeni araştırma alanlarına da kısaca değinilecek olursa; taş ve mikroorganizmanın iletişimi iyi çalışılmış olmakla beraber, mikroorganizmanın doğru tespiti ve tanımlanması için yeni laboratuvar teknikleri geliştirilmektedir.

Biyolojik zararlıyı tanımada daha kesin metotlar geliştirmek, zararlı organizmanın sebep olduğu hasarın nicelik ve nitelik olarak ölçülebilmesi, değişik organizmaların birbirleri ile iletişimi ve beraber verdiği zarar, biyolojik zararlının ekolojisi, biosidlerin seğıimindeki kriterler, biosidlerin taş yüzeyi ile iletişimi, kalıcı etkisi olan biosid üretebilmek yeni çalışmalardan bazılarıdır [54].

2.3.6. Don Etkisi ve Önleme Metotları

Nemli ve yarı nemli iklimlerde beton ve doğal taşlarda meydana gelen donma hasarları, üzerinde önemli çalışmalar gerçekleştirilen konulardan biridir. Donmanın tahrip edici etkisi gözenek sisteminin sürekliliği, gözenek sisteminin suya doyma derecesi, kritik gözenek büyüklüğü, suyun sıvı fazdan katı faza geğışte gösterdiği ani hacim artışı gibi faktörlerin bileşkesi olarak ortaya çıkar.



şekil 2.3.6.1. Buzun Açık ve Kapalı Gözeneklerdeki Etkisi [23]

Suyun farklı fazları ve basınç-sıcaklık faz diyagramı gibi veriler 100 seneden fazla bir süredir bilinmektedir. Buz, su ve su buharı 4.58 mmHg ve 0.0099 °C'de birlikte

dengededir. Bu noktaya üçlü nokta denilmektedir. Erime noktası 760 mmHg basıncındaki katı ve sıvının dengede buldukları noktadır. Bu denge hali düşük basınçlar için geçerlidir.

Donma hasarlarına karşı çeşitli taşların, farklı hassasiyetler göstermesi kolayca açıklanamamaktadır. Günümüzde gözeneklilik, kritik doyma, kritik ortalama gözenek büyüklüğü, gözeneklerin sürekliliği vb. taşların dona karşı hassaslığını belirleyici faktörler olarak kabul edilmektedir. İnce bir kılcal boru ile dışa açılan bir gözenekte ise ani soğumalarda çatlaklar oluşması kaçınılmazdır. Geniş bir kılcal boru ile dışa açılan bir gözenek ise ani soğumalarda bile zarar görmemektedir (Şekil 2.3.6.1.). Bu nedenle traverten gibi iri gözenekli malzemeler dondan zarar görmemektedir [23].

Üçüncü bölümde don etkisi için deneyler yapılmış, fakat meteorolojik verilere dayanarak (İstanbul için son on yıldaki veriler dikkate alınmıştır), aylık sıcaklık değerinin $-0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' den düşük olduğu gün sayısının az olması ve KPTC' da donma-çözülme etkisi verilememesi nedeniyle, çalışmada yer almamıştır (Tablo 4.2.1., Tablo 4.2.2.).

Bu konuda çalışmaları olan J.Arthurst'a göre, prizlenmeye karşı erken direnç ve erken güç için hidrolik kireç kullanılabilir [10]. Bununla beraber, donma etkisine karşı alınabilecek önlemler yıllardır araştırıldığı halde, dış etkilere fazla müdahale edilemediğinden henüz kesin sonuca varılamamıştır. Ancak doğal taş malzemenin koruyucu ve sağlamlaştırıcı kullanarak su ile ilişkisi kesilebilirse donma etkisi de azaltılabilir.

BÖLÜM 3. DOĞAL TAŞ MALZEME ÖZELLİKLERİNİN ve MALZEME KORUYUCULARIN TEST EDİLMESİNDE KULLANILAN MEVCUT DENEY METOTLARININ İRDELENMESİ ve YAPILAN DENEY ÇALIŞMALARI

Tarihi eserlerde ve yapı malzemelerinde, restorasyon–konservasyon uygulamalarında koruyucu malzemenin bozulma sebeplerinin belirlenmesi, kullanımının uygunluğu açısından çok önemlidir. Bozulma mekanizmaları belirlendikten sonra ise;

- Doğal taş malzemenin özelliklerinin belirlenmesi,
- Malzeme koruyucuların kabulünün araştırılması,
- Malzeme koruyucuların performansının ölçülmesi hedeflenmiştir.

Bu nedenle yapılan çalışmalarda, konu ile ilgili olan Türk Standartları incelenmiş ve sadece tek parametrelili deneylere yer verildiği, bazı deneylerin de eksik olduğu görülmüştür. Buradan yola çıkılarak yapılan araştırmalarda, uluslararası standartlardan ASTM, NORMAL, DIN, RILEM' in konu ile ilgili bölümleri irdelenmiş (Ek 3.1.), ayrıca ICCROM' un düzenlediği seminerler ve laboratuvar yayınları da dikkate alınarak geniş bir literatür araştırması yapılmıştır. Deneyler tek ve çok parametrelili olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada deneylerde kullanılan doğal taş malzemenin özelliğinin belirlenmesi de, koruyucu performansı ölçümünde önemli bir kriterdir, bu nedenle öncelikle doğal taşı tanımlama deneyleri yapılmıştır.

3.1. Doğal Taş Malzemenin Özelliklerinin Belirlenmesi

Deneylerde kullanılan doğal taş malzemenin bazı özelliklerinin belirlenebilmesi için, birim hacim kütlesi ile kütlece ve hacimce su emme deneyleri yapılmış ve ASTM C 568-79' a göre değerlendirilmiştir. Daha sonra koruyucu sürülen ve sürülmeyen doğal taş malzeme ile koruyucu malzemenin özelliklerinin belirlenmesi için deneyler yapılmıştır.

3.1.1. Birim Hacim Kütlesi Deneyleri

T.S. 699 esas alınarak yapılan deneyde sağlamlaştırıcı sürülmeyen 5 adet 5x5x5 cm numune kullanılmıştır. Deney numunelerinin yüzleri sert bir fırça ile su altında temizlenmiş ve 110 °C' ye kadar ısıtılmış etüvde değişmez kütleye kadar kurutulmuştur. Daha sonra desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve 0,1 gr. hassasiyetle tartılmıştır (W_o).

Laboratuar şartlarında;

Ortamin sıcaklığı 20° - 23 °C

Nem oranı % 60 - 65' dir.

$$\Delta = \frac{W_o}{V} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

W_o = Numunenin kuru ağırlığı

V = Numunenin hacmi

Koruyucu Sürülmeyen Taşlarda Birim Hacim Kütlesi Tayini

<u>Numune No</u>	<u>W_o (gr)</u>	<u>W_d (gr)</u>	<u>W_s (gr)</u>	<u>V (cm³)</u>
K1	261.15	282.55	147.41	122.5
K2	283.61	197.62	177.41	125
K3	283.94	298.78	177.41	125
K4	284.36	300.51	177.41	125
K5	288.71	301.78	179.41	123.75
K.ort.	280.35	296.25	171.81	124.25

K_n = Koruyucu sürülmeyen numune

W_o =Değişmez kütleye kadar kurutulmuş ağırlık

W_d =Suya doygun haldeki ağırlık

W_s =Arşimet terazisinde su içindeki ağırlığı

V = Numunenin hacmi

$$\Delta = \frac{W_o}{V} \quad \Delta = \frac{280.35}{124.25} = 2.26 \text{ gr / cm}^3$$

ASTM C 568-79'a göre Küfeki Taşı $2.16 < 2.56 \text{ gr/cm}^3$ limitleri arasında yer almakta ve orta yoğunluklu kireç taşı olarak adlandırılmaktadır. Kullanılan doğal taşın da yapılan analizler sonucunda bu sınıflandırmaya girdiği anlaşılmıştır.

3.1.2. Kütle ve Hacimce Su Emme Deneyleri

Gözenekli malzemelerin su emme miktarı gözenek büyüklüğü ve gözenekler arası bağlarla ilgilidir. Deney numuneleri temizlendikten sonra $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ' de su dolu bir kaptaki yüksekliğinin 1/4' üne kadar suya daldırıp, 1 saat bekletilmiş daha sonra 1'er saat 2/4 ve 3/4 ü suda bekletilmiş ve üzeri 1,2 - 2 cm su ile örtülerek 45 saat suda bekletildikten sonra 0,1 gr. hassasiyetle tartılmıştır. Bu işlemden sonra Arşimet terazisinde su içinde tartılmış ve aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

Kullanılan doğal taş olan Maktralı Kalker (Küfeki) için;

Kütlece Su Emme Oranı :

$$S_a = \frac{W_a - W_o}{W_o} \cdot 100 (\%) \quad S_a = \frac{296.25 - 280.35}{280.35} \cdot 100 = 5.56$$

Hacimce Su Emme Oranı :

$$Sh = \frac{Wd - Wo}{Wd - Ws} \cdot 100 (\%) \quad Sh = \frac{296.25 - 280.35}{296.25 - 171.81} \cdot 100 = 12.7$$

Wd = Suya doymuş ağırlık

Wo = Kuru ağırlık

Ws = Su içindeki ağırlık

S_a = Ağırlıkça su emme

S_h = Hacimce su emme

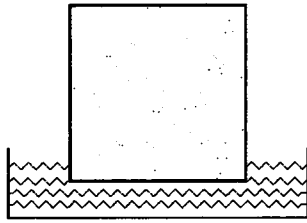
ASTM C 568-79' a göre orta yoğunluktaki kireç taşının ağırlıkça en fazla su emme oranı $S_a = \% 7.5$ olarak verilmektedir. Yapılan deney çalışmaları kullanılan doğal taşın öngörülen limit değerleri sağladığını göstermektedir.

3.2. Malzeme Koruyucuların Test Edilmesinde Kullanılan Mevcut Deney Metotlarının İrdelenmesi ve Yapılan Deney Çalışmaları

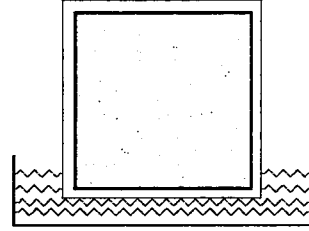
3.2.1. Tek Parametrelili Deneyler

Malzeme koruyucuların performansını ölçmek için uzun yıllar tek parametrelili deney yöntemleri denenmiştir. Tüm deney standartlarında da bu yöntemlere yer verilmiştir.

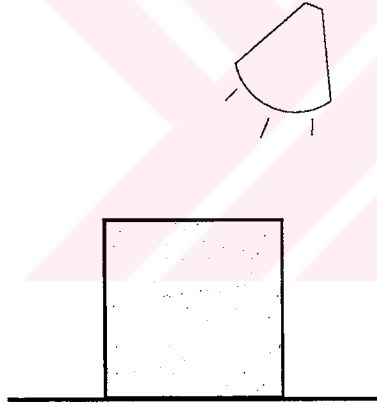
Koruyucu uygulanmış malzemedeki bozulmayı tam olarak ölçebilmek için, malzemenin doğal ortamını simülize etmek zorunludur. Tek parametrelili deneyler bu ortamı sağlayamadığı için, çok parametrelili deney yöntemleri üzerinde özellikle son yıllarda çok fazla araştırma yapılmıştır. Araştırmaların sonunda bu çalışmada olduğu gibi deney aletleri yapılmış ve numuneler üzerinde bir çok etkeni bir arada vermek mümkün olmuştur.



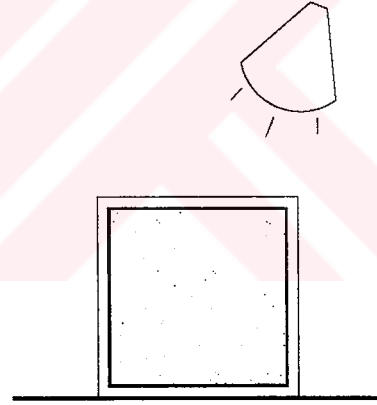
**Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda
Kılcal Su Emme Deneyi**



**Koruyucu Sürülen Doğal Taşlarda
Kılcal Su Emme Deneyi**



**Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda
U.V. Etkisi**



**Koruyucu Sürülen Doğal Taşlarda
U.V. Etkisi**

Şekil 3.2.1.1. Tek Parametrelili Deneylerin Uygulanması

3.2.1.1. Su Buharı Geçirgenlik Deneyi

Bu metot DIN 52 615 normlarında tanımlandığı şekildedir. Buna göre; taş malzeme numuneler (disk olarak) ya içinde su absorblayıcı malzeme olarak silika jel bulunan bir cam kaba (dry – cup sistemi) veya içinde distile su olan cam kaba (wet-cup sistemi) konulur. Daha sonra cam kabın ağzı mumla sıkıca kapatılır. Numuneler 23 °C sıcaklıkta, % 50 atmosferik nem oranında bir klimatik hücreye yerleştirilerek günlük tartıma tabi tutulurlar. Eğer numunede silika jel mevcutsa klimatik hücredeki su buharı kabın içine geçer, burada silika jel tarafından absorblanır ve ağırlık artışı gerçekleşir.

Eğer cam kapta su varsa, su buharının akışı bu defa tersine gerçekleşir ve kavanozun içinden numuneyi geçerek klimatik hücreye dolar. Bu da numunede bir ağırlık kaybı olması demektir.

Yayılan su buharı kg/cm^2 olarak hesaplanır ve deneydeki taşın gözenekleri artmış ise ayrışma nedeniyle absorblanan su buharı miktarı da o kadar yüksek çıkar. Ölçümleri numuneleri klimatik hücreye yerleştirildikten 2-3 gün sonra başlatmak ve 9-10 gün boyunca sürdürmek uygundur. Elde edilen su buharına geçirgenlik değerlerinden (kg/cm^2) su buharı yayılımına (difüzyonuna) dayanıklılık ve eşdeğer hava kalınlığı değeri ile her bir numunenin difüzyon sayısını da elde etmek mümkündür.

Su buharı geçirimliliği, Normal 21/85' de kullanılan metot:

NORMAL – 21/85 (14) dokümanında belirtilen metoda göre 5x5x1 cm' lik örnekler bir ölçüm hücresi kullanılarak hem tutuş sisteminde hem de boyutlarda bir değişikliğe uğramıştır. Bu değişiklik tartım işlemlerinin daha kesin olmasına müsaade etmiştir, basınç tutuşu ise meydana gelebilecek kaçakları maksimum seviyede engellemiş, ölçümde daha hassas olunmasını sağlamıştır. Mermer ve kumtaşında kullanılan su miktarı 10 ml , Kalkerde ise 15 ml 'dir [64].

3.2.1.2. Tesir Derinliği (Penetrasyon) Deneyi

Doğal taş numunelerde, koruyucu malzemeyi yzeye uygularken, her zaman yksek bir emilim (penetrasyon) elde etmek mkmkn olmayabilir. Fazla koruyucu malzeme tketimi bunu mkmkn kılmayabilir.

Korunacak taşın kalitesi, gzenekliliği, yaşı, çevresel faktörler; koruyucunun tesir derinliği etkilemektedir.

Taşın korunması ve onarımında önemli olan, bozulmuş taşın içine de koruyucu malzemenin mkmkn olduğunca çok girmesidir.

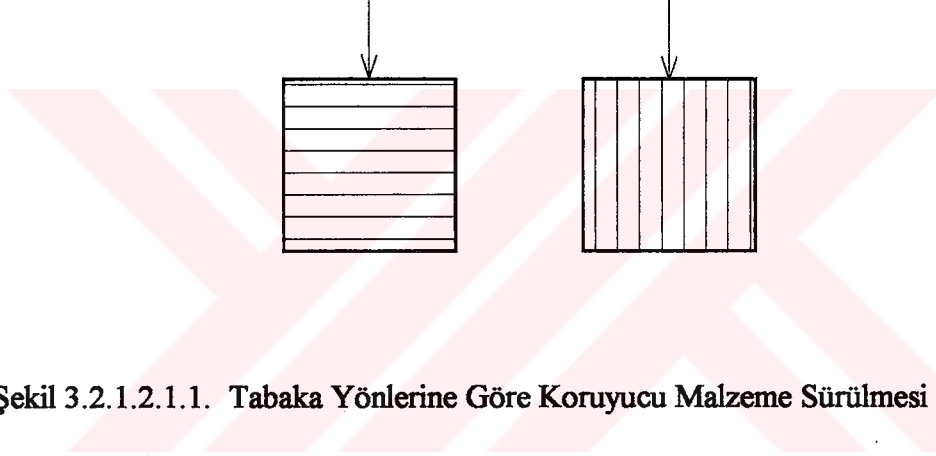
Günümüzde taş onarımlarında silisik asit esterleri, emilim yzdeleri fazla olduğundan tercih edilebilmektedirler. Özellikle hidrofoblaştırıcı olarak iğlerinde Silan ve silikon bulunan silisik esterler kullanılmaktadır [71].

Emilen koruyucu miktarını saptamak için, Polonya'da basit bir yöntem geliştirilmiştir. Örneğin 50/50/5 cm boyutunda bir cam kap açık olan yzünden duvara monte edilerek, kenarları macunla sıvanarak sızıntı önlenir. Üzerindeki ölçekli kap yardımıyla sağlamlaştırıcı madde ile doldurulur ve bu ölçekli kabın yardımıyla 50/50 cm duvar yzeyinin ne kadar sağlamlaştırıcı emebildiği ölçülür. Örneğin $0.50 \times 0.50 = 0,25 \text{ m}^2$. 0.25 m^2 duvar yzeyi 70 ml sağlamlaştırıcıyı bünyesine alıyorsa, 10 m^2 duvar yzeyi 2800 ml sağlamlaştırıcı alır [11].

Her koruyucu malzemenin uygulaması farklıdır. Kabuk oluşumunu engellemek amacıyla taş malzeme doyma noktasına gelinceye kadar, koruyucu sürülmelidir. Bazen bu işlem 2-3 hafta aralıkla tekrarlanabilmektedir. Fırça veya basınçlı bir püskürtücü kullanılabilir. Çalışmada yapılan deneylerde koruyucu fırça ile uygulanmış ve sürülmeden önce yzeyin kuru olmasına dikkat edilmiştir.

3.2.1.2.1. Çalışmada Yapılan Deneyler ve Sonuçları

Tesir derinliğini net olarak ölçmek mümkün olmamakla birlikte, kullanılan Silan ve Siloksan koruyucu malzemelerin içine - zararı olmayan - kırmızı renkte bir boya katılarak, tesir derinliği (gözle görülebilir hale getirilip) ölçülmüş, ayrıca renk değişimi yapıp yapmadığı da tespit edilmiştir (Tablo 3.2.1.2.1.1.); (Resim 3.2.1.2.1.1.). Doğal taş numunelerin tabaka yönlerine dikkat edilerek uygulama iki türlü de yapılmıştır (Şekil 3.2.1.2.1.1.).

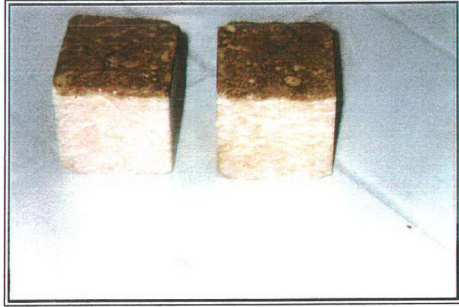


Şekil 3.2.1.2.1.1. Tabaka Yönlerine Göre Koruyucu Malzeme Sürülmesi

Şekil 3.2.1.2.1.1.'de görüldüğü gibi, tabakalı taşlarda tesir derinliği ölçümlerine bakıldığında, her iki yönde de koruyucu malzeme sürülürse, doğru sonuç verdiği görülür.

Tablo 3.2.1.2.1.1. Koruyucu Malzeme Tesir Derinliğinin Araştırılması

Koruyucu	Tesir Derinliği (mm)	Renk Değişimi
Silan	12	yok
Siloksan	8-9	yok



Resim 3.2.1.2.1.1. Koruyucu Malzeme Tesir Derinliği (Silan-Siloksan)

3.2.1.3. Tuz Kristalizasyonu Deneyi

DIN 52 111' de tanımlanan bu çalışmanın amacı, sodyum sülfat tuzu 32 °C' de ve susuz ortamda kristalize etmektir. Çünkü sodyum sülfat su veya benzer bir sıvı ile birleştiğinde $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ' ya dönüşmektedir.

Deneyin Hazırlanışı

- 4 x 4 x 4 cm boyutlarında küp numuneler hazırlanmalıdır.
- 100 °C' de kurutulmalı ve deney numunesi % 0,1 hassasiyetle tartılmalıdır.
- En az 3 adet küp denenmelidir.

Deney Şartları

- Deneyden birkaç gün önce kurutulmuş saf sodyum sülfat tuzu ve 20 °C sıcaklıktaki saf su kullanılmalıdır.
- 670 gr Na_2SO_4 tuzu 1 lt saf su içerisinde ve yaklaşık 20 °C ısıda doyma noktasına gelene kadar sürekli karıştırılmalıdır.

Deneyin Uygulanması

- Numuneler desikatör içinde (20 °C' de) 1. saatte 1/4' ü, 2. saatte 1/2' si daha sonra tamamı suyun içine daldırılmalı ve 20 saat bu çözeltinin içinde tutulmalıdır.
- Çözeltiden çıkartılan numunelerin fazla suyu akıtıldıktan sonra, 4 saat \pm 105 °C' de kurutulmalıdır.
- Bu deney 10 kez tekrarlandıktan sonra numuneler halen ayrışmamışsa deney tekrarlanmalıdır.

Deneyin Değerlendirilmesi

- Deneyin bitiminden sonra, küp numuneler iyice çalkalanıp 24 saat saf suda bekletilmelidir. Saf suda çok az sülfat bulununcaya kadar numunelerin yıkanmasına devam edilir.
- Deneyin tamamlandığı, parmak basıncıyla küp numunelere uygulanan kuvvetten dolayı dağılan parçaların tespit edilmesi ile anlaşılır.

3.2.1.3.1. Çalışmada Yapılan Deneyler ve Sonuçları

T.S. 699' da bu deneyle ilgili bir ayrıntı bulunamamıştır. ICCROM ex: 14-15 dikkate alınarak deney yapılmıştır. Amaç, su geçişiyle tuzların nasıl etki ettiği ve gözenekli malzemeye nasıl zarar verdiğinin gözlenmesi ile koruyucunun etkisini saptamaktır. Suda çözünen tuzlar toprak, hava veya başka yollarla malzeme içinde yükselir. Su buharlaştığı zaman tuzlar malzemenin yüzeyine doğru gelir, yüzeyde ya da daha altta kristalleşirler, sıvı fazdan, katı faza dönerler. Kristal formdaki bu tuzlar yüzeyde kopmalara ve kabuklanmalara sebep olur, bu nedenle koruyucu malzemenin tuz etkisine karşı performansını, deneylerle belirlemek gereklidir (Bölüm 2.3.2.).

Bu deney serisi için 3' er adet;

KC - Koruyucu sürülmeyen seri,

KC5- 5 yüzüne koruyucu (Siloksan) sürülen seri,

KC6-6 yüzüne koruyucu (Siloksan) sürülen seri kullanılmıştır.

Numuneler %10 Na₂SO₄ katılmış su dolu bir kap içinde konarak 24 saat bekletilip tartılmış, daha sonra 110 °C etüvde 24 saat bekletilip tartılmıştır. Fakat çok kısa sürede kullanılan Küfeki taşı numunelerde ayrışma ve tuz kristalizasyonu başlamıştır.

Tamamlanan deneyler sonucunda;

Tuz kristalizasyonu nedeni ile taşlarda belli oranlarda bir ağırlık artması olmuştur. Ağırlık artış oranları, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$S_a = \frac{W_n - W_o}{W_o} \cdot 100 (\%)$$

S_a = Tuz kristalizasyonu nedeni ile ağırlık artış oranı (%)

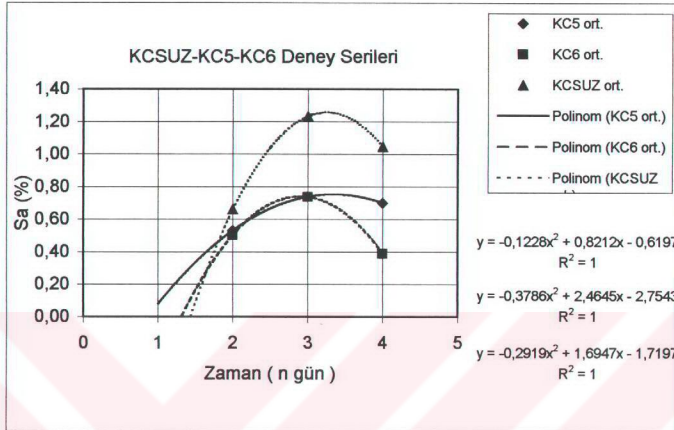
W_o = Tuz kristalizasyonuna maruz bırakılmamış numunenin kuru ağırlığı (gr)

W_n = n tekrar sonundaki kuru ağırlık (gr)

KCSUZ_{ort} - % S_a = 0.980

KC5_{ort} - % S_a = 0.657

KC6_{ort} - % S_a = 0.543 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.2.1.3.1.1., Tablo 3.2.1.3.1.2., Tablo 3.2.1.3.1.3.).



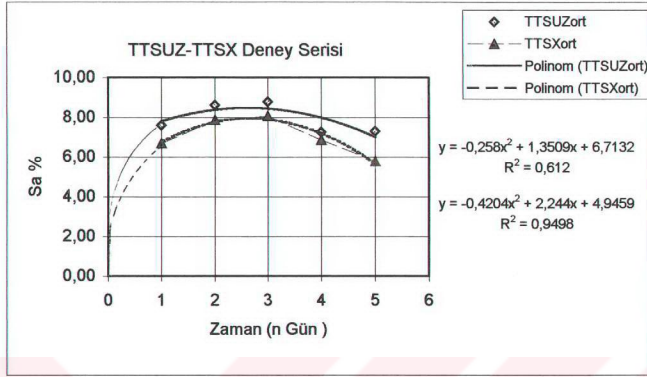
Şekil 3.2.1.3.1.1. Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (% 10 Na₂SO₄ ile) Deney Sonuçları

% 10 Na₂SO₄ çözeltisi ile yapılan deneylerde kullanılan doğal taş numunelerin su emmesi daha yeni başlamışken, çok hızlı ayrışmasından dolayı sağlıklı deney sonuçları alınamadığı için, laboratuarda bekletilmemiş yeni numunelerle, sonuç daha hızlı ulaşılması amacıyla % 20 Na₂SO₄ çözeltisi hazırlanarak tekrar deney yapılmıştır.

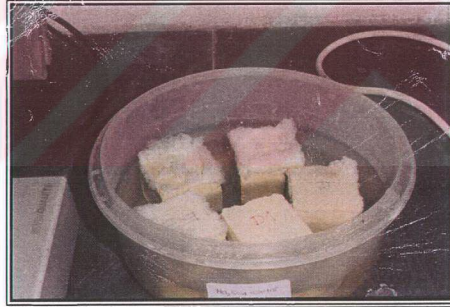
Bu deneylerde de ICCROM çalışmaları esas alınmıştır. Deneylerin sonunda Siloksanın koruma özelliğinin neredeyse hiç kalmadığı ve % 20 Na₂SO₄ çözeltisi karşısında koruyucu sürülmeyen doğal taş numunelerle yaklaşık aynı sonucu verdiği görülmüştür. 5 gün sonunda,

TTSUZ ort. için ; S_a % = 7.928, Q = 0.692 gr /cm²

TTSX ort. İçin ; S_a %=7.054, Q = 0.601 gr /cm² olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.2.1.3.1.4., Tablo 3.2.1.3.1.4.).



Şekil 3.2.1.3.1.2. Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (% 20 Na₂SO₄ ile) Deney Sonuçları



Resim 3.2.1.3.1. Siloksan Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taş Numunelerde Tuz Etkisi

3.2.1.4. Kılcal Su Emme (Kapilarite) Deneyi

ASTM C 568-79' da belirtilen Kapilarite deneyinde, \sqrt{t} dakika zamanda, taşın su emme miktarı, suya temas eden taban alanına bölünerek elde edilen Q (gr/cm^2) ile belirlenmiştir.

$$Q = \frac{Wn - W_o}{F} \text{ gr / cm}^2$$

Q = Kılcallık nedeniyle numunenin 1 cm^2 kesit alanından \sqrt{t} dakikada geçen su miktarı

Wn = n tekrar sonundaki su emme ağırlığı

W_o = Numunenin kuru ağırlığı (koruyucu sürülen ya da sürülmeyen)

F = Numunenin temas alanı (cm^2) taban alanı

3.2.1.4.1. Çalışmada Yapılan Deneyler ve Sonuçları

NORMAL 7/81 esas alınarak yapılan Kapilarite deneyinde, \sqrt{t} dakika zamanda, taşın su emme miktarı, suya temas eden alanı bölünerek elde edilen $Q = (\text{gr}/\text{cm}^2)$ ile belirlenmiştir. Ayrıca karşılaştırma açısından ağırlıkça su emme % S_a değeri de hesaplanmış ve sonuçlar grafik olarak ifade edilmiştir.

Q = Kılcallık nedeniyle numunenin 1 cm^2 kesit alanından \sqrt{t} dakikada geçen su miktarı

Wn = n tekrar sonundaki su emme ağırlığı

W_o = Numunenin kuru ağırlığı (koruyucu sürülen ya da sürülmeyen)

F = Numunenin temas alanı (cm^2) taban alanı

F = Numunenin temas alanı (cm^2) taban alanı

Deney serisi için 3'er adet

-TSUZ koruyucu sürülmeyen Küfeki taşı,

-TSX 6 yüzüne koruyucu (Siloksan) sürülen Küfeki taşı kullanılmıştır.

Deney numuneleri 20 ± 5 °C' de 0.5 cm saf su dolu bir kaptaki 5, 30, 60 (1 saat), 180 (3 saat), 360 (6 saat), 1440 (24 saat), 1800 (30 saat), 2880 (48 saat), 4320 (72 saat), 5760 (96 saat) dakikalarda tartılmıştır. 10 tekrar sonunda ;

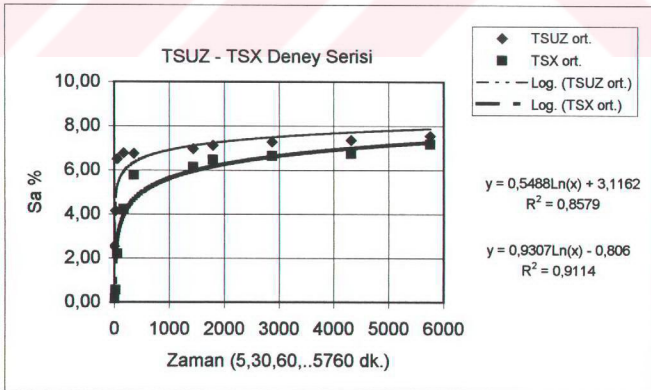
TSUZ ort. için ; $S_a \% = 7.559$, $Q = 0.645 \text{ gr/cm}^2$

TSX ort. için ; $S_a \% = 7.171$, $Q = 0.613 \text{ gr/cm}^2$ olarak hesaplanmıştır.

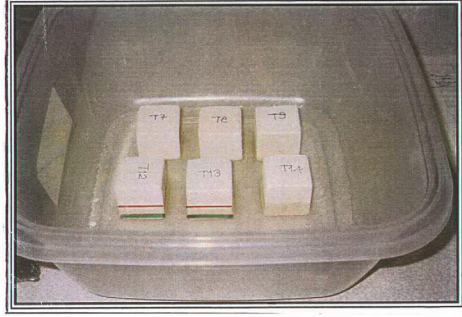
Tüm deneylerin sonucunda ortalama su emme değerleri ise;

TSUZ ort. için ; $S_a \% = 6.304$, $Q = 0.537 \text{ gr/cm}^2$

TSX ort. için ; $S_a \% = 4.600$, $Q = 0.394 \text{ gr/cm}^2$ olarak bulunmuştur (Tablo 3.2.1.4.1.1., Tablo 3.2.1.4.1.1.).



Şekil 3.2.1.4.1.1. Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taşlarda Kılcal Su Emme Deney Sonuçları



Resim 3.2.1.4.1.1. Kılcal Su Emme Deneyinde, Koruyucu Sürülen ve Sürülmeyen Doğal Taş Numunelerde Su Yükselmesi

- Suyun Yükselme Seviyesi
- Kaptaki Su Seviyesi

Resim 3.2.1.4.1.1.' de kılcal su emme deneyinde koruyucu sürülen ve sürülmeyen doğal taş numuneler arasında su emme özellikleri arasındaki fark açıkça görülmektedir. Yeşil çizgi kaptaki su seviyesini, kırmızı çizgi ise koruyucu sürülmeyen numunelerde kılcallık nedeniyle su yükselmesini göstermektedir. Arkadaki numunelere ise sürülen Siloksan, taşın su emmesini uzun süre engellemiştir ve koruyucu malzemenin su itici özelliği kanıtlanmıştır. Deney sonuçlarının grafik anlatımında, zaman, karşılaştırılması açısından Şekil 3.2.1.4.1.1' de $t = \text{Dakika}$ olarak ve Ek - Şekil 3.2.1.4.1.2' de $\sqrt{t} = \text{Dakika}$ olarak verilmiştir.

3.2.1.5. Damlatma Metodu

J.M. Teutonico tarafından 1986' da ICCROM laboratuvarlarında yapılan gözenekli yapı malzemesindeki su damlası emilimi deneyi aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

Bu deney sistemi, taş yüzeylerin niteliklerinde su-itici (hidrofobik), koruyucu, nem-emici malzemeler veya atmosfer etkisiyle meydana gelen değişiklikleri ölçmek için

geliştirilmiş basit bir yöntem sunmaktadır. Su damlası emilimi ölçümü, hem koruyucu sürülen hem de koruyucu sürülmeyen doğal taş için bir laboratuvar deneyidir. Taş yüzeylerin su iticiliğini ve emiciliğini belirlemede özellikle uygun bir yöntemdir.

Tanımlar

Su Damlası Emilim Oranı, sınırlı ve kesin miktardaki suyun bir malzemenin yüzeyi tarafından emilme süresini gösterir.

Ekipman olarak; Fırın, kurutucu, sıradan laboratuvar cam tüpü, iyonize olmayan su kullanılmaktadır.

Deney Düzenegi

1. Koruyucu sürülen ve sürülmeyen numuneler alınır ve 60 °C' lik fırında, 24 saat kurutulur (birbirini izleyen iki tartı arasındaki fark numunenin kendisinin % 0.1'inden fazlası olmayana dek) ve numuneler oda sıcaklığında soğumaya bırakılır.
2. Cam tüp yerleştirilir. Numune yüzeyinden 1 cm mesafede saf su ile doldurulur.
3. Yatay numune yüzeyine 1 ml su damlatılır.
4. Koruyucu sürülen veya hava etkisi almış numuneler için suyun tamamıyla emilme süresi (t_s) ile belirlenirken; koruyucu sürülmeyen veya hava etkisi almamışlar için (t_n) ile belirlenir.
5. Ölçme işlemi süresince, 1 ml suyu benzer bir cam yüzey taslağına damlatarak, damlanın buharlaşma süresi (t_0) belirlenir.
6. Sonuçlar ifade edilerek yorumlanır.

Eğer koruyucu sürülen numuneler örnek numunelere oranla daha uzun emilme süresi gösterirse, bu koruma işlemi tarafından taş gözenekliliğinde bir azalmayı veya hidrofobik özelliğin neden olduğu yüzeyin su iticiliğini işaret eder.

Tamamıyla su-itici yüzeyler suyu emmezler; bu durumda, damlanın ortadan kaybolma süresi onun buharlaşma süresine eşittir (t_e).

Eğer koruyucu sürülen numuneler, sürülmeyen numunelere oranla daha kısa emilme süresi gösterirse, bu hava etkisinden kaynaklanan yüzey gözenekliliğindeki bir artışı, veya nem tutuculuk yeteneğinin (hidroskopi) doyurulmasından kaynaklanan yüzeyin nem tutuculuğunu işaret eder.

Taşın, değişik numunelerinin ölçümüyle elde edilen emilim sürelerini karşılaştırmak için, süreler göreceli bir ölçüğe dönüştürülmelidir. Aşağıdaki denklemler şekiller için faydalı bir ölçek oluşturmak amacıyla bulunmuştur.

Koruyucu sürülen ve hava etkisi almış yüzeylerin su damlası emilimi (Wa) yüzde olarak hesaplanmıştır (Referans olarak kullanılan işlenmemiş yüzeylerin emilimi % 100'e eşitlenmiştir) [80].

$$Wa (\%) = \frac{(1 - (t_x - t_n))}{t_x} \cdot 100$$

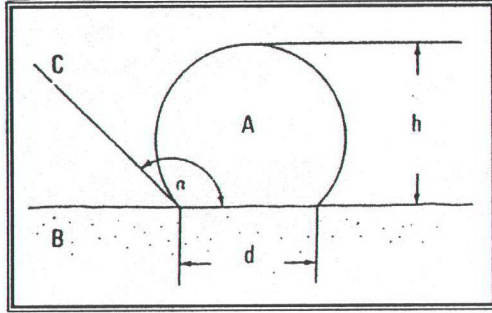
t_x = Koruyucu sürülen veya hava etkisi almış yüzeylerin emilim süresi.

t_n = Referans olan işlenmemiş yüzeyin emilim süresi.

Eğer $t_x > 0.05 t_e$ ise, buharlaşma süresi (t_e) şu formül kullanılarak hesaba katılmalıdır.

Su iticiliği (Wr) aşağıdaki gibi ifade edilir :

$$Wr (\%) = 100 - Wa$$



Şekil 3.2.1.5.1. Normal 33/89' da Statik Koşullarda Su Damlasının Değme Açısı [67].

$$\alpha = 2 \arctg \frac{2h}{d}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum s^2}{n - 1}}$$

3.2.1.5.1. Çalışmada Yapılan Deneyler ve Sonuçları

Doğal taş malzemede, koruyucu performansını ölçmek için damlatma metodu da kullanılmıştır.

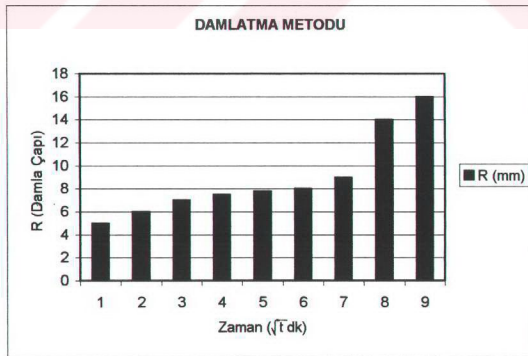
Bölüm 3.2.1.5.' de bahsedilen damlanın temas açısının ölçümü, laboratuarda pratik açıdan zor olduğundan farklı bir yöntem denenmiştir. Doğal taş numune önce 0.5 x 0.5 cm' lik karolara bölünmüş daha sonra fırça ile Siloksan sürülerek bir gün bekletilmiştir. Siloksan sürülen numunenin üzerine damlalıklı bir damla su damlatılmış ve UV lambası altında 1. dakikadan itibaren damlanın yayılma çapı ölçülmeye başlamıştır. Aynı şartlarda Siloksan uygulanmayan doğal taş numuneye de damlalıklı bir damla su damlatılmış ve anında yüzey tarafından emilmiştir. UV etkisi altındaki su damlası ise 81. dakikada R= 1.60 cm' e kadar yayılma

göstermiştir. UV etkisi olmadan ise su damlası günlerce, hatta KPTC' da 20 tekrar sonrasında bile özelliğini korumuş ve yüzey tarafından tam emilme göstermemiştir.

Bu deney sonucunda koruyucu malzeme Siloksanın su itici özelliği kanıtlanmış, fakat UV etkisi altında daha çabuk bozulduğu gözlemlenmiştir. 81. dakika sonra damla yayılmış ve ölçüm yapılamamıştır.

Tablo 3.2.1.5.1.1. Hidrofoblaştırıcı Sürülen Doğal Taşa Damlatma Metodu ile Su Emme

Zaman	R (mm)
W1	5,0
W4	6,0
W9	7,0
W16	7,5
W25	7,8
W36	8,0
W49	9,0
W64	14
W81	16



Şekil 3.2.1.5.1.1. Damlatma Metodu Sonuçları

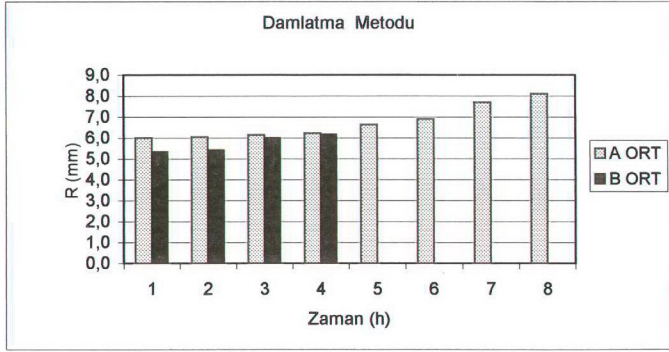
Su damlasının UV etkisi altında ısı etkisiyle- çabuk kuruması düşünülmele birlikte, KPTC' da yapılan deneylerde de uzun zaman UV etkisi altında olmasına rağmen özelliği bozulmadan korunmuştur. Bu nedenle, yapılan deney, koruyucu sürülen ve sürülmeyen doğal taşlardaki farkı ortaya koymaktadır.

Tablo 3.2.1.5.1.2. Koruyucu Sürülen Doğal Taşlarda UV Etkisinde Damlatma Metodu

ZAMAN (h)	B1	B2	B3	Damla görünümü	B ORT.
	R1 (mm)	R2 (mm)	R3 (mm)		
0	5,00	6,00	5,00	düzgün	5,33
1	5,20	6,00	5,00	düzgün	5,40
2	6,00	6,20	5,80	yayılmaya başladı	6,00
3	6,20	6,30	6,00	Yayıldı	6,17

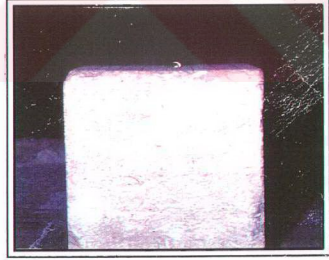
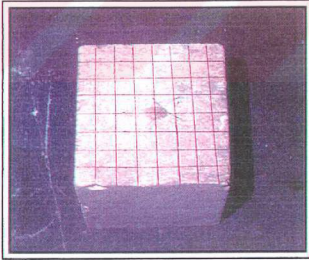
Tablo 3.2.1.5.1.3. Koruyucu Sürülen Doğal Taşlarda Damlatma Metodu ile Su Emme

ZAMAN (h)	A1	A2	A3	Damla görünümü	A ORT.
	R1 (mm)	R2 (mm)	R3 (mm)		
0	6,00	6,00	6,00	düzgün	6,00
1	6,00	6,10	6,00	düzgün	6,03
2	6,10	6,20	6,10	yayılmaya başladı	6,13
3	6,20	6,25	6,20	yayılmaya başladı	6,22
4	6,60	6,70	6,60	yayılmaya başladı	6,63
5	6,80	7,00	6,90	yayılmaya başladı	6,90
6	7,50	7,90	7,70	Yayıldı	7,70
7	8,00	8,20	8,10	Yayıldı	8,10



Şekil 3.2.1.5.1.2. Damlatma Metodu Deneş Sonuçları

Damlatma metodunda ikinci bir yol denemiş ve koruyucu sürülen numunelerde UV etkisi olmadan damla 7 saat sonra emilmiştir. UV etkisinde olan ve 2 defa Siloksan sürülen numunelerde ise, damla 3 saat sonra tamamen emilmiştir. Siloksan 2 kat olunca dayanımı da daha uzun süre olmuştur.



Resim 3.2.1.5.1.1. Koruyucu Malzeme Sürülen Doğal Taşta Su Damlası

3.2.1.6. Ultraviyole Deneyleri

Bu deney için hazırlanan deney numuneleri değişmez kütleye kadar kurutulup (W_o), daha sonra UV lambası altında 12 saat tutulup, tartılır (W_n). Tartıldıktan sonra su dolu bir kapta 12 saat bekletilip yeniden tartılır (W_d).

$$S_a = \frac{W_d - W_o}{W_o} \cdot 100 (\%)$$

S_a = UV + su etkisinden sonra ağırlıkça su emme (%)

W_o = Taşın kuru ağırlığı (gr)

W_d = Taşın sudan sonraki ağırlığı (gr)

3.2.1.6.1. Çalışmada Yapılan Deneyler ve Sonuçları

Çalışmada yapılan deneyler için ;

5x5x5 cm Maktralı Kalker (Küfeki) kullanılmıştır.

- 3 adet koruyucu sürülmeyen
- 3 adet bir yüzü hariç, beş yüzü Siloksan sürülen
- 3 adet tamamı Siloksan sürülen numuneler hazırlanmıştır.

Deney serisi 13 kere tekrarlanmıştır. Her UV etkisinden sonra taşların sıcaklıkları ölçülmüştür. Bu sıcaklıklar min 39 °C – max 53 °C arasında değişmektedir.

UV – su emme deney sonuçları grafikte ifade edilmiştir. Konuyla ilgili tablolar ekte verilmiştir (Tablo 3.2.1.6.1.1., Tablo 3.2.1.6.1.2., Tablo 3.2.1.6.1.3.).

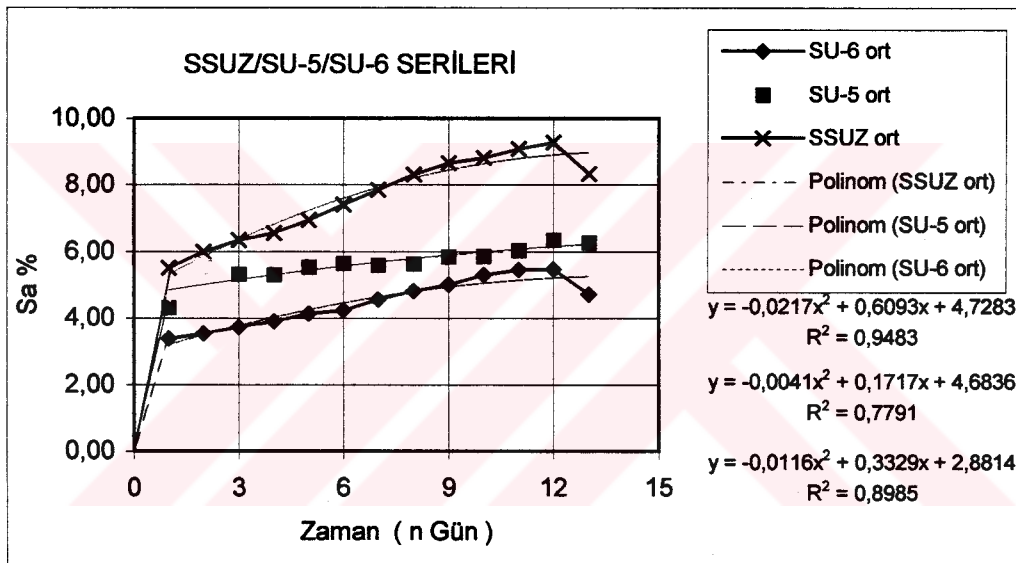
SU-SUZ ort. için ; S_a %= 7.625, Q = 0.834 gr / cm²

SU-5 ort. için ; S_a %= 5.629, Q = 0.635 gr / cm²

SU-6 ort. için ; S_a %= 4.483, Q = 0.521 gr / cm²

Deneyler 13 günde tamamlanmıştır.

Yapılan deney sonuçları, koruyucu kullanılmayan, beş yüzüne ve altı yüzüne koruyucu sürülen numuneler arasındaki su emme farkını ortaya koymakla birlikte, UV ışınlarının bozucu etkisi su emme değerlerini, normal şartlarda yapılan su emme deneylerine göre daha da artırmaktadır. Koruyucu sürülen taşlarda bu fark açıkça ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçlara göre, UV ışınları koruyucu malzemenin çabuk bozulmasında etken olmaktadır.



Şekil 3.2.1.6.1.1. Koruyucu Malzeme Kullanarak ve Kullanmadan UV – Su Emme Deney Sonuçları

3.2.2. Çok Parametrelili Deneyler

Tek parametrelili deneylerin malzeme koruyucusu performansını ölçmekte yeterli olmadığı, çünkü bir tek etkenin doğadaki ortamı simüle edemeyeceği gerçeğinden yola çıkarak, son yıllarda bir çok ülkede çok parametrelili deneyler üzerine araştırmalar yapılmış ve deney cihazı geliştirilmiştir.

3.2.2.1. Klimatik Hücrede Simülasyon Deneyi

Deneyin amacı

Gazların yanması, özellikle de kükürtdioksitin (SO_2) ve partiküllerin taş malzemelerin degradasyon sürecinde çok önemli bir rolü olduğu bilinmektedir. Kısaca açıklamak gerekirse, kükürtdioksitten türeyen sülfirik asitin taşın karbonatları ile reaksiyona girerek $CaSO_4$ ' ü alçı taşına ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) dönüştürdüğü ve yağmur suyuyla akıp giden siyah kabuk oluşturduğu söylenebilir.

Sudan korunan kısımlarda ise taş malzemede tipik siyah kabuklar oluşur. Siyah kabuklar sürekli kopmalara maruz kaldıklarından, yapıların yüzeylerinde yer alan taş bezeme ve yazı gibi elemanların okunurluğunu azaltırlar. Bu bozulma cinsi asırlar boyu çok ağır ilerlemesine karşın günümüzde gözle görülür bir artış kaydetmiştir.

Doğal makro çevrede mekanik hareketler, ısı transferleri, kütle transferleri ve fiziksel – kimyasal reaksiyonlar üreten muhtelif kaynaklı faktörler mevcuttur. Bu olayların yalnızca biliniyor olmaları - tespit ve değerlendirmeleri yapılmış olsa bile - degradasyon üzerindeki etkilerinin tam olarak algılanmasına yetmez, çünkü hem birlikte olduklarında hem de zamana bağlı olarak etkileri kendiliğinden değişkendir. Dolayısıyla bu olayı daha iyi tanıyabilmek amacıyla içinde doğal olayları yapay olarak gerçekleştirebilecek simülasyon ortamına sahip modeller gereklidir. Bu da olayların gerçekleşmesine imkan sağlayan ve aynı şartları sunabilen uygun iklimatik hücreler sayesinde mümkündür. Ayrıca deneylerin tekrarı, parametrelerin kontrolü ve ölçümü için de olayların simülasyonu çok büyük önem taşımaktadır.

Hava sıcaklığı ve nem oranı, aydınlatma düzeyi ve ışığın dalga boyu, havayı kirleten maddelerin konsantrasyonları gibi belli başlı fiziki parametrelerin etkilerinin tespiti için, başka simülasyon ortamında yaratılan kimyasal olayları da devreye sokmak gereklidir. Örneğin tepkileri bilinen bir takım başka numunelerin de aynı hücreye konulması, yani karşılaştırma değeri olarak hücreye sokulacak numunelerde bir “standart” oluşturmak gibi. Ancak bu şekilde sağlıklı bir yöntem elde edilmiş olur.

SO_2 'nin neden olduğu deġredasyon etkisi genellikle iki Şekilde simüle edilir; hücre içine uygun miktarda sülfürik asit içeren bir aerosol konulmasıyla veya hücre içine uygun konsantrasyonda kükürtdioksit içeren hava verilmesiyle. Bu iki metot kavramsal olarak farklıdır: birincisinde deney edilen yüzey üzerine sülfürik asit doğrudan yapışır, ikincisinde ise kükürtdioksitin sülfürik aside dönüşmesi için reaksiyonları harekete geçirmek gereklidir. Bu çalışmada daha zor gibi görünen, ama gerçek ortamda gelişen olayları simüle etmeye daha yatkın olan bu ikinci metot tercih edilmektedir.

Deneyler tamamıyla çelikten (inox) yapılmış ve simülasyonun en zor şartlarını bile kaldırabilecek su geçirmez gövdeli bir hücrede sürdürülmüştür. Gerekli araçlarla güçlendirilmiş sirkülasyon, ortamın ısıtılması ve soğutulması, nem oranını deġiştirme ve kirletici maddelerin ayarlanması sağlanmıştır. Klimatik parametreler sürekli olarak kontrol edilmiştir. Fiziki büyüklüklerin kontrolü ise programlanabilir elektronik regülatörlerle ayarlanmıştır. Klimatik hücreye SO_2 ile katılanmış saflaştırılmış hava verilmiştir ve SO_2 'nin konsantrasyonu da hücre içine yerleştirilmiş akış regülatörleri ile dengelenebilir özelliktedir (Bugüne kadar tecrübeler en iyi sonuçların $10 \text{ ppm}^3/\text{hava}$ konsantrasyonu ile alındığını göstermiştir). Hücredeki oksidasyon bir UV ışın kaynağıyla katalize edilmiş ve ayrıca az miktarda azotdioksit verilmiştir. Ortama tekrar verilmeden önce, hava uygun sirkülasyondan geçirilerek arındırılmıştır. Bu sirkülasyonların arındırma sınırları da düzenli olarak analiz edilmişlerdir.

Elde edilen veriler, havadaki SO_2 konsantrasyonu ile yoğuşabilirliği arasında doğrudan bir ilişkinin varlığını ortaya koyarken, aynı zamanda SO_2 konsantrasyonu arttıkça suyun Ph'ı düşmektedir, bu nedenle ortam daha asidik olmaktadır. Dolayısıyla bu parametrelerden hücrenin iyi çalışıp çalışmadığının kontrol edilebilmesi için yararlanılmıştır. Sürecin gidişatının tekrar üretilebilir ve analiz edilebilir şartlarda kontrol edilebilmesi amacıyla, deney numuneleriyle birlikte bazı toz haldeki kalsiyum karbonat numuneleri de sülfat oluşumu döngüsüne tabi tutulmuştur.

Bu deneyin taranması yaklaşık 150 gün boyunca bazı numuneleri sülfat oluşumuna tabi tutarak yapılmıştır. Elde edilen diyagramların analizinden ilk 15 günlük dönemde prosesin yavaş geliştiği görülmüş, bu dönem aşıldıktan sonra sülfat oluşumu sabit bir rejime ulaşınca kadar artış göstermiştir. Bu artış kalsiyum sülfat olarak aşağı yukarı günlük % 0,16 kadardır. İncelenen bu olay, taşın yüzeysel şartlarını okside edici reaksiyonları besleyen mekanizmaların engellenmiş olmaları veya aynı reaksiyonlara hız artışı kazandıran mekanizmaların geciktirilmiş olmaları şeklinde düşünülecek olursa şüphesiz büyük önem taşımaktadır.

Pratik uygulamada bu deneyler, atmosferik degradasyon altındaki taşların sağlamaştırılması veya korunmasına yönelik iyileştirmelerin laboratuarda değerlendirilebilmeleri açısından büyük önem taşımaktadır. Gerçekten de bazı koruyucular, uygulandıkları taş tipinden farklı bir taşa uygulandıklarında değişik sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Koruyucu ve sağlamaştırıcıların değerlendirilmesi ve seçimi için bazı deneyler yürütülmektedir; örneğin renk değişimlerinin belirlenmesi, kapilerite ile su emiliminin belirlenmesi, etki saptanması, su buharına geçirgenlik tespiti, yüzeylerin suya karşı hassasiyetlerinin belirlenmesi gibi. Klimatik hücrede bir eskitme döneminden ve bu deneylerin uygulanmasından sonra en uygun ürünlerin seçimi mümkündür.

Roth tarafından örnek teşkil etmesi amacıyla dört farklı tipte taşın nasıl reaksiyon verdiğine bakılmıştır; Sarnico kumlu taşı, Lazio sünger taşı, Vicenza kalker ve Roma travertenine Siloksan bazlı koruyucu uygulanmıştır. Numuneler aynı süreler ile çeşitli deneylere tabi tutulmuş ve koruma tabakasının geçerliliği saptanmıştır. Bu deneyler arasında örnek oluşturması açısından alçak basınçta su emilimi ve elektronik mikroskopla inceleme sonuçları verilmektedir.

Bu deneyi yerinde tekrarlanabilirliği bakımından seçmişlerdir. Gerçekten de uygulanmasından sonra ve zaman içindeki müdahalelerin saptanmasını, degradasyon süreçlerinin gelişiminin görülebilmesi açısından gerekli kılmaktadır.

Uygulamadan önce ve sonra 60 dakikalık deney sonrasındaki emilime ilişkin histogramlara (hücre fotoğrafları) bakıldığında değerlerdeki azalma bütün taş türlerinde açıkça görülmektedir. Sadece çok sıkı bir yapıya sahip travertende azalma değeri daha düşüktür. Koruyucu uygulanmış ve uygulanmamış numunelerin degradasyon dönemi süresince haftalık aralıklarla deneyler yapılmıştır. Diyagramlar incelendiğinde muhtelif numunelerin farklı reaksiyonları açıkça görülmektedir.

Örneğin;

- Kalker, degradasyon başlangıcında yeteri kadar azaltılmış alçak basınçta suya karşı belirli bir tolerans sergilerken, prosesin sonuna doğru bu tolerans hızla azalmıştır.
- Traverten, koruyucu uygulanmamış taş türüne yakın bir grafik sergilemiştir.
- Uygulama yapılmış sünger taşının grafik eğrisi ise oldukça dikkat çekicidir. Su geçirgenliğinin azaldığı bir periyottan sonra aniden uygulama tabakasındaki mikro çatlakların açılmasından kaynaklandığı kesin olan bir değer artışı gözlemlenmiştir.
- Kumtaşında daha az olmakla birlikte aynı reaksiyonlar görülmüştür. Bir öncekine oranla, tüm aşamaların daha kısa sürede ve daha sınırlı değerlerle gerçekleşmesi ilginçtir.

Bu örneklerden, doğru bir degradasyon süreci simülasyonunun önemi görülmektedir. Gerçekten de çeşitli deneylerin sonuçlarından elde edilen veriler, kullanılacak ürünlerin seçimi ve doğru değerlendirilmeleri için gerekli bilgileri sunmaktadırlar [71].

3.2.2.2. Atmosferik Kirlenme Ölçüm Cihazı

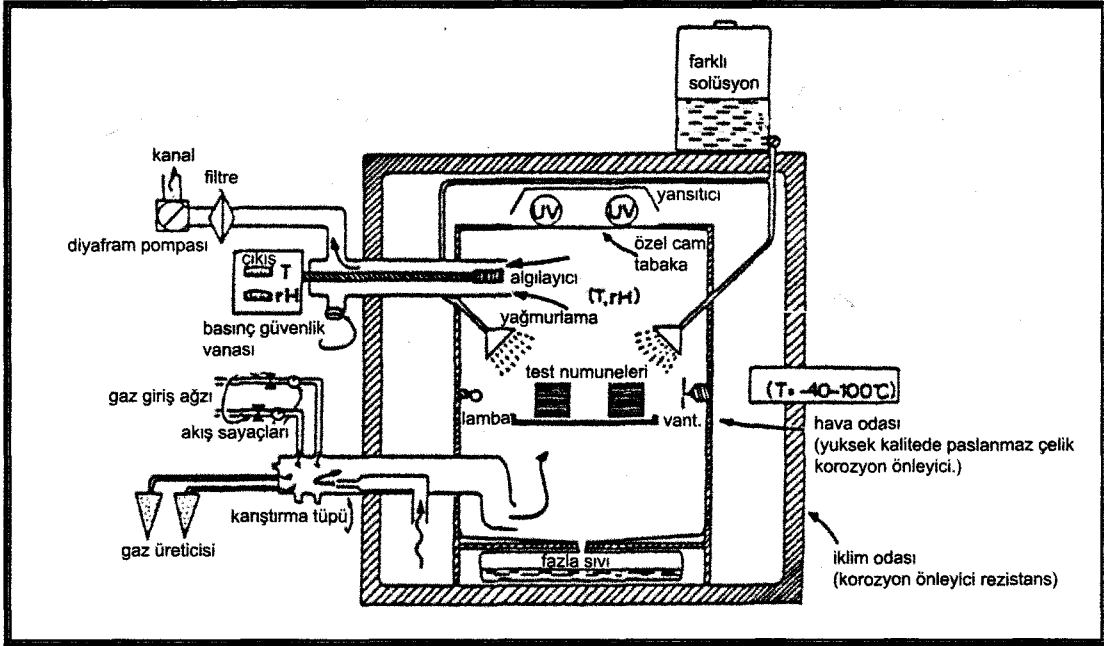
Doğal taşlardaki malzeme kaybında hava kirliliğinin ve özellikle sülfür bileşiklerinin artan etkisi açıktır. Avusturya/Viyana' da konuyla ilgili bir alet geliştirilmiştir. Alette bir odada yapay hava etkisinin önemli mekanizmaları üzerinde çalışılmıştır.

Örnek olarak kireç taşı seçilmiştir. Malzemenin atmosfer koşullarıyla böyle bir kombinasyonu için klasik alçı taşı oluşum reaksiyonu oldukça uygun görünmektedir. Kalsit mineralleri atmosferdeki SO_2 ile çeşitli reaksiyon aşamalarından sonra alçı taşı oluşumuna neden olur. Gerçekte, gözeneklerde olduğu gibi siyah kabuklar şeklindeki alçı taşı oluşumu, kireç taşı içeriğindeki daha ileri derecede yıpranmanın bir nedeni olmaktadır. Alçı taşı dışında, donma-erime döngüsü çözülebilir tuzlarda, en önemli yıpratıcı faktör olarak düşünülebilir

Araştırma Yöntemleri

Yapay Hava Etkisi: Kalsitli yapı taşları için kimyasal hava etkisinin önemini bir kez ortaya koyduktan sonra, laboratuardaki deney metotlarının üzerinde düşünmek gereklidir. Mevcutta kullanılan yapay hava etkisi sistemlerine bir yenisini eklemek “kötü bir dönüş” gibi görünse de değişik önemli deney prensiplerini bir deney programında birleştirmeye yönelik bir girişimde bulunulmuştur.

İlk adımda, gaz-aerosol ile zenginleştirilmiş ortamda sabit ısılar altında, kısmi nemlilik devirleri gerçekleştirilmiştir. Bu hava etkisini araştıran ortamdaki iki yıllık önemli tecrübe daha gelişmiş bir aletin yapılmasına neden olmuştur. Bu, $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişen ısılarda, (sadece uç değerler) floresan tüplerden yayılan UVB dalga boylu radyasyondan, su serpintisine, deney numuneleri üzerindeki asitli veya tuzlu solüsyonlardan oldukça geniş aralıklardaki kısmi nemliliğin kontrolüne, gaz ve aerosolün günümüzde geçerli yedi değişik kaynağına kadar deneyler yapmaya olanak tanımıştır. Bunların arasında SO_2 , NO_2 , HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , H_2O ’ in dış ortam şartlarıyla ilgili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.2.2.2.1. Hava Kirliliği Ölçüm Cihazı [97]

Şekil 3.2.2.2.1. bu aletin şematik tarifini vermektedir. Bu, gerçekte ticari iklimsel bir odanın oldukça basit bir uyarlamasıdır. Geliştirilmiş bu aletle ilgili kesin araştırma sonuçları henüz mevcut değildir; çünkü en zor ve zaman alıcı problem her zaman hava etkisi devirleri için uygun bir program hazırlamaktır.

Hava kirliliği cihazının şematik taslak çizimi sabit hava-gaz akışında, nemlilik devirleriyle beraber, yapay hava etkisinin püskürtme cihazına kıyasla açık avantajı, SO_2 ile zenginleştirilmiş atmosferde değişime uğrayan kireç taşı numunelerinin "sülfat oluşum" derinliği ile değişik yoğunluklardaki H_2SO_4 'ün basit püskürtme deneyleriyle elde edilen verileri karşılaştırılarak görülmüştür. Odadaki gaz halindeki SO_2 hava etkisinin sonucu reaksiyon derinliği 100 mikron derinliğe kadar ulaşırken, püskürtülen SO_2 ' in neden olduğu hasarın sadece yüzeysel olduğu tespit edilmiştir.

Yapay hava etkisi olanakları sınırlıdır. İlk olarak zaman faktörü ki önemi hala pek bilinmemektedir, ikinci olarak mineral tozu ve kurumu gibi aerosollerini taklit ederek uygulamaya sokmak oldukça zordur. Taş yüzeylerdeki sülfat birikiminde ortamdaki havanın kısmi nemliliği belli bir etkiye sahiptir, gözenekli yüzeyler için SO_2 geçiş

hızı artan nemlilikle birlikte önemli ölçüde artarken, sıkı kireç taşı ve mermer numuneleri böyle bir ilişki göstermemiştir. Bu gözlemler, gözeneklerde yoğunlaşan sıvı haldeki suyun, sülfat oluşumu ve genelde reaksiyonlar için önemini göstermektedir.

Tüm kireç taşlarında ikincil bir yapıtaşı olarak bulunan killerin önemli rolü, “sülfat emiciler” ve “alçı taşı formasyonu katalizörleri” olarak kanıtlanmıştır. Bunu açıklamak için, yaprak silikatların suyu emme kapasitesini ve yapraklar boyunca iyon alışverişini, bölgesel oksijen tamponu olarak işleyen bol miktardaki demir içeriğini düşünmek yeterlidir.

3.2.2.3. Aachener Konsepti (Uygunluk ve Performans Deneyleri)

1985 yılından beri BMBF kuruluşu tarafından taşların ayrışmasına sebep olan etken mekanizmalar ve bunların gerçek sebepleri ile bu gelişmenin nasıl engelleneceği konusunda çalışmalar desteklenmektedir.

Hasar süreçlerinin araştırılmasının yanı sıra kartoteks tutulması, biyolojik ve kimyasal analiz, sıva harcının geliştirilmesi konusunda da birçok nokta ve temizleme teknikleri ile konservasyon malzemeleri araştırılması yapılmıştır. RWTH kuruluşunun Aachen’deki inşaat imalatları araştırma enstitüsünde yeni koruyucu malzemelerin geliştirilmesi önemli bir yer tutmuştur. Bu konuyla ilgili olarak “Aachener Konsept”i yani doğal taşların konservasyonu olayı geliştirilmiştir.

Taş koruyucu malzemeler akışkan bir halde kapiler emme kuvvetleri vasıtasıyla taş içerisine etki eder. Çözücü maddenin buharlaşmasından sonra “Aachener Konsept”ine göre film teşkil edici emprenyeleme işlemi ile elastik bir polimer mikro tabaka (kalınlığı 2 nanometre düzeyinde) içerideki gözeneklerin cidarlarında oluşur. İstenen talebe göre, bu polimer film tabakası hidrofob veya nonhidrofob (hidrofob özelliğe sahip olmayan) şekilde yapılabilir. Her iki şekilde de eritme ve akıtma süreçleri son derece düşük bir seviyeye gelir ve mineral bileşenlerinin zarar verici maddelerle kimyasal reaksiyonları da en az dereceye indirilir. Polimer film tabakası

aynı bir korse gibi iklim şartlarına açık olan bölgede gevşek hale gelmiş olan bağlayıcı matriksleri destekler. Bu tabakanın elastik olması gereklidir. Çünkü ancak bu şekilde taşın dış bölgelerinde emdirilmiş durumda olan malzemenin, zarar oluşumu esnasında bozulmaması mümkün olur.

Koruyucu malzemelerin etkinlik derinliği esasında zarar görmüş olan bölgeden de daha fazladır. Film tabakası zarar görmemiş olan alanlarda dikey eksenler yapmaksızın bir geçiş bölgesi yaratır ve böylelikle özellikler profilinde büyük sıçramalar engellenir. Gözeneklerin bulunduğu alan açık kaldığı için su buharı geçirgenliği sadece çok az etkilenmektedir.

Taş koruyucu malzemelerin geliştirilmesi ve seçimi toplam konseptin entegre olmuş bir parçası olup, aşağıdaki paragraflarda bunlar tablo ile açıklanmıştır.

Taş koruyucu malzemeler "Aachener Konsept"ine göre kademeli olarak uygunluk deneyi ve performans deneyi olmak üzere iki ayrı deneye tabi tutulurlar. Prensip olarak uygunluk deneylerinin içerisinde saf koruyucu malzeme deneyleri ile taş/koruyucu malzeme bileşiminin deneyleri bulunmaktadır. Bileşen şeklinde olan malzemelerin deneylerinde mümkün olabildiğince aynı kalitedeki kum taşlarından yeni kırılmış olanlar kullanılır.

Tablo 3.2.2.3.1. Doğal Taş Konservasyon Sistemi [40]

Yapı malzemesi (iklim şartlarında bozulmuş)	Prencip olarak uygunluk deneyi Bölüm 1: Saf koruyucu maddedeki deneyler Bölüm 2: Taş/koruyucu madde bileşenindeki deneyler	Kimya sanayindeki taş koruyucu malzemeler (ISO 9000)
Mazisi ve teşhisi	Sürekli deneyleri Bölüm 1: Laboratuvar şartlarında ve açık hava şartlarında Bölüm 2: Tuza dayanıklılık	
Özel taleplerde elde edilen bulgulara bağlı olarak tespit yapılması	Gösterilen inşaat eserine uygunluk deneyleri Bölüm 1: Mevcut olan taş malzemesine uygunluk Bölüm 2: Bulgulara bağımlı olarak kabul edilebilirlik deneyleri	Giriş kontrolleri
	Örnek uygulamaları	
	Binadaki uygulamalar	
	Mümkün olduğunca uzun süreli gözlemler ve araştırmalar	

Eğer prensip olarak uygunluk deneyleri neticesi pozitif olursa, süreklilik deneyleri yapılır. Bunlar ise, “laboratuvar şartları ve açık alan iklim şartları” ile “tuza dayanıklılık” deneyleridir. Bunlardan birincisi kimyasal, fiziksel ve biyolojik iklim şartları altında yapılan laboratuvar deneylerini ve oldukça uzun yıllar süren açık alan iklim şartları deneylerini kapsar. İkincisinde ise, yapı malzemesinde bulunan NaCl, alçı ve $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tuzlarının deneyleri bulunmaktadır. Prensip olarak uygunluk deneyleri veya süreklilik deneylerinin yapılmasında empenyeleme sistemlerinde zayıf noktalar saptandığı takdirde kimyagerler ile ortak çalışarak bunların nedenleri tartışılmalı ve malzemeler bir diğer geliştirme aşaması ile optimum hale getirilmelidir.

Sürekli kalıcılık deneylerinin sonuçlarının pozitif olması halinde koruyucu malzeme prensip olarak doğal taş konservasyonuna uygun sayılır. Sanatsal eserlerde

uygulamadan önce geniş kapsamlı bir geçmiş araştırılması ve teşhis konulması önemli bir gereksinimdir.

Gösterilen yapı malzemesine uygunluk deneyi mevcut taş malzemenin uygunluk deneyi ile bu bulgulara bağlı olarak yapılacak uyum deneylerinden oluşur. Bunun birincisi için seçimi yapılan deneyler mevcut olan taştan alınmış bir referans örneğinden elde edilen sonuçların esas taşa uyum sağlayıp sağlayamayacağını gösterir. Bu deneyler genellikle yapılardan alınan malzeme örneklerinde uygulanır. Başka yerlerden çıkartılan kıyaslama taşları örnek olarak aynı cins olsalar dahi kullanılamaz. İhtiyaç duyulan örneklerin adedi çok az tutulmak zorundadır. Kullanılan sıvanın ise yapı malzemesinden alındığı şekli ile deneylere dahil edilmesi gereklidir.

Karsten metoduna göre, suyu emme deneylerinin emdirme yapılacak yüzey üzerinde mümkün olabildiğince geniş kapsamlı olarak araştırılması mantıklıdır. Bu şekilde taşların kapiler emme davranışları ve homojen olmayan yerler konusunda bilgi edinmek mümkün olabilir. Bazı şartlar altında uygun temizleme metotları denenebilir ve geniş yüzeyli olarak uygulanabilir. Bu şekilde de kapiler gözenekleri açmak mümkündür. Emdirme yapılacak yüzey üzerinde ilk birkaç cm derinlikte mevcut olan nem profilinin bilinmesi gereklidir. Nem tekniğine uygun taşın karakteristik değerleri bilinirse, nem dağılımı hakkında gerçeğe yakın hesaplar yapılabilir.

“Aachener Konsept”ine uygun olmayan belirli doğal taş türleri veya taş koruyucu malzemeler için uygun olmayan hasar durumları da ortaya çıkabilir. Bunların önemlileri aşağıda kısaca izah edilmiştir.

- İçi boş kap şeklinde olanlar

Bunlar sadece birleşme noktalarında alt tabanla birleştiği yerlerde koruyucu malzeme tarafından kaplanabilir ve bu nedenle de yapışkan etkiye ulaşamaz. Kap arkasındaki boşluk hacim kapiler aktivitelerin taş içerisine ilerlemesine engel olursa, kabin arka cephesinde hiçbir koruyucu malzeme girişi olamaz.

- Üst yüzeyindeki gözenek kanalları tıkanmış olan taşlar (Mesela; alçı veya biyolojik olarak büyüyen bitki türleri) Şayet, gözenekler bir temizleme neticesi açılmayacak durumda ise;
 - Islak taşlar ilk birkaç cm. derinlikten daha fazla olan gözeneklerinin doluluk derecesi % 30' u aşıyorsa,
 - Çok sıkı olan taşlar, yani gözenek hacminin yaklaşık %10' dan daha az olduğu veya gözenek yarıçapları çok darsa.

Saf Koruyucu Malzeme Üzerindeki Deneyler

Saf koruyucu malzeme üzerindeki deneylerde, karışimli akışkan sistemde ve 23 °C - % 50 nemde depolanan serbest bir film tabakası uygulanır.

Diğer karakteristik sayılar ise, kalite güvencesi deneyleri esnasında elde edilir, fakat bunlarda mutlak esas alınacak değerler mevcut değildir.

Serbest polimer filmlerinin imalatı için, akışkan halde iki koruyucu malzeme teflon kaplara konur ve 28 gün 23°C - % 50 nem iklim şartı altında sertleşmeye bırakılır. Bu esnada 0,1 mm kalınlığında bir film kalınlığı elde edilir. Takriben 10 mm x 20 mm' lik film kesitleri, sülfirik asit, oksalik asit, sodyum nitrit, sodyum hidroksit maddelerinin % 5' lik çözeltisine daldırılır. Çözünme, reaksiyon veya çok kuvvetli renk değiştirme bu film örneklerinde ortaya çıkmamalıdır. 1, 2 ve 3 hafta sonraki tartılarda kitle değişiklikleri tespit edilir. Sınır değerinde deney şartları ve kitle değişikliklerinde esas alınacak değerler üzerinde çalışılmalıdır.

Koruyucu Malzeme Uygulanmış Taşlar Üzerindeki Deneyler

Bağlı sistemdeki deneyler, homojen bir taş türü olan ve % 15 ile 20 arası gözenek hacmi bulunan Ebenheider kum taşı ile yapılır. Geniş kapsamlı araştırmalar Aachener Konseptinde Oberkirchner kum taşı, Sander parlatma kum taşı ve Krensheimer kireci ile de yapılmıştır.

50 mm x 50 mm x 100 mm lik prizmalar, uzunlamasına kenarları üzerinde bir epoksi reçine sistemi ile kapatılır ve 23 °C - % 50 nem oranında dengeleme neminde bırakılır. Doyurma ise 2' şer saatte bir kapiler emme vasıtası ile yüzeylerden birisinde yapılır. Sadece “doygunluktan hemen sonrasında etki etme derinliği” deneyi haricinde diğer tüm deneyler en erken 23 °C - % 50 nemde 28 günde sertleşme süresi sonrasında yapılır.

Derinliğe bağlı deneylerde prizmalardan tüm boy üzerinde karot numuneleri alınır (çap 45 mm). Bu numuneler emdirilmiş yüzeylerden başlayarak, 4 mm kalınlığında halkalar halinde kesilir. 1,5 mm' lik bir kesitte her 5,5 mm' lik taş derinliğinde bir halka oluşur ve bunların karakteristik sayıları bulunur.

Bazı hallerde koruyucu malzeme absorbe edilmiş taşın yüzeyine ince polimer bir film kaplanabilir ve bununla da gözenekler kapatılır. Bu takdirde de “su girişi”, “su buharı difüzyon direnci sayısı” ve “renk değişimi” deneyleri 8 haftalık açık havada kalma sonrasında yapılır, çünkü ince üst düzey film tabakası UV ışınlarına dayanıklı değildir.

Hemen Doymuluk Sonrasındaki Emilme Derinliği

Doymuluk işlemi bitirildikten sonra üç örnek ortalarından uzunlamasına kesilir. İçeriye nüfuz eden akışkanın giriş derinliği koyulaşan renkteki nemli alan olarak el ölçme cihazı ile görülebilir. Bu etki etme derinliği doğrudan doğruya koruyucu malzemenin girdiği derinliği göstermeyebilir çünkü büyük bir ihtimalle çözelti malzemesi daha derine girmiş durumdadır. Bu araştırma seri ve giriş deneyi olarak algılanmalıdır ve çok az içeri girebilen koruyucu malzemeleri saf dışı bırakabilmek açısından kullanılabilir.

Hidrofobinin Etki Derinliği (Sadece Hidrofoblaştırıcı Koruyucu Malzemelerde)

Emdirilmeden 28 saat sonra, üç tane örnek ortasından yarıdır. Bir laboratuvar püskürtme şişesi ile küçük damlacıklar (çapı birkaç mm) kırılma yüzeyi üzerine damlatılır. Hidrofob özellikli alan üzerinde su damlacıkları taş üst yüzeyinde kalır,

hidrofob olmayan alanda ise emilirler. Bu konu ile ilgili sınır genelde çok kesindir ve hidrofobinin derinliğini göstermektedir.

Bir Saat İçerisinde Su Emilimi

1 saat bir süre ile destile edilmiş suyun bir cephe yüzeyinden emilmesine izin verilir. Su çekimi gravimetrik olarak bulunur.

Su Buharı Difüzyon Direnci (μ) ve Absorbsiyonu

Su buharı difüzyon direnci μ derinliğe bağımlı olarak wet-cup metodu ile bulunur. Normlardan ayrı olarak da ölçümlerde kullanılan halkalar (Kalınlık 4 mm çap 45 mm) ve içme suyu kullanılır. Halkaların emme tarafı kuru klimaya dönüktür. Ölçüm yapıldığı sürece su yüzeyi ve örneğin alt tabakasının arasındaki mesafenin 2 cm yi aşmaması gereklidir.

Emprenye edilmiş taşın emme izotermelerinin, emdirilmemiş taşın absorpsiyon izotermelerini kesinlikle aşmaması gerekir, ancak bu şekilde malzeme nemi nedeni ile teşvik olan mikrobiyolojik bitkisel büyüme engellenebilir. Absorpsiyon neminin tespiti de derinliğe bağımlıdır. Deney için izotermeler DIN 80008 Kısım 1' e göre ayarlanmış iklim verileri ile bulunabilir. Fakat genelde derinliğe bağımlı olarak absorpsiyon değerlerinin % 95' lik bir nem oranında tespit edilmesi yeterlidir.

Renk Değişikliği

Emdirme yapılarak renk değişikliklerinin saptanması için üç örneğin yüzeyi emdirme öncesi ve sertleşme sonrası ölçülür.

SO₂ Etkisinin Azaltılması (depozisyonu)

İç gözeneklerin kaplamasının konseptine göre emprenyeme sonucu zararlı gazların toplanmasının azalmasını sağlanması istenmektedir. Depozisyon (ve bununla beraber gözeneklerin kaplanmasının) ölçüsü olarak büyük bir ihtimalle SO₂ gaz depolama hızı öne çıkabilir. Deney şartları ve sınır değerler halen Hamburg Üniversitesi Anorganik Kimya ve Uygulamalı Kimya Enstitüsünde araştırılmaktadır.

Mikroskobik araştırmalar: Polimer mikrofilmin mikroskobik araştırmasının görüntülenebilmesi açıklanan deneyler için çok değerli bir destektir. Fakat polimer filmlerinin taş derinliğinin içerisine girdikçe daha da incelmeleri nedeni ile bir arama mikroskobu ile emme yönündeki koruyucu malzeme giderek daha zor görülebilir hale getirilebilir ve en az 1 cm derinliğe kadar sağlıklı bir tarama yapılabilir.

Emprenye edilmiş taşların mikroskopla görülebilme ve teşhis imkanını, yeni geliştirilmiş fokal lazer mikroskopları da sunmaktadır.

Sürekli Dayanıklılık (durabilite) Deneyi

Prensip olarak uygunluk deneyleri pozitif sonulandırılmışsa da kademeli bir gelişmeye istinaden sürekli dayanıklılık deneyleri yapılır. Bunlar ise laboratuvar Şartları altında, açık havada ve tuza karşı dayanıklılık Şeklinde ayrılır.

Laboratuvar Şartları ve Açık Hava Şartları

Sürekli dayanıklılığın zaman içerisinde taranarak alışlabilmesi için çok geniş kapsamlı bir deney program hazırlamalı ve bunun içerisinde :

- Zamansal açıdan kademelendirilmiş bir açık alan hava Şartları ,
- Biyolojik dayanıklılık deneyi,
- Farklı ve daha az parametrik olan laboratuvar iklim Şartlarında ve çok gayrı tabii yükseltilmiş parametreler altında,
- Sadece bu problem konumu için yapılandırılmış VENÜS deney istasyonunda, iklim Şartları altında (Tabiata yakın evre simülasyon devir daimlerinin deney merkezi) deneyler yapılmalıdır.

Tuza Dayanıklılık

Sanat eserindeki gözenek bölgesinde belirli bazı tuzların mevcudiyeti polimer koruyucu malzemelerin sertleşmesini etkileyebilir. Belirli bir kapsamda da uygun katalizatrler kullanılarak bu engellenebilir. Fakat prensip olarak polimerin arızasız olarak sertleşmesinde kendi etkinliğini uzun sürede kaybetmesi ortaya çıkabilir.

Mesela bir polimer film tarafından etrafı sarılan suda çözülebilir tuzlar hava nem oranının yükselmesi ile gözeneklerin bulunduğu bölgede ozmotik prosesler sonucu su çekebilir ve hacimleri genişler ve polimer film tabakası zarar görür.

Yapı malzemelerinde bulunan tuzların ve tuz karışımlarının çok sayıda olması ve geniş bir alanı kaplaması ve değişik etkileşimleri ve süreçleri nedeni ile standart bir deney çerçevesinde araştırılmaz. Fakat sürekli dayanıklılık için tuz yükünün mutlaka bilinmesi gerekli olduğundan basit bir deney konsepti hazırlanmış ve seçilen tuzların sınır değer konsantrasyonları hesaplanmıştır. Bu sınır değerlere kadar koruyucu tabakanın özelliği bozulmamaktadır. Bu deneyler alçı, sodyum klorür ve kalsiyum nitrit ile uygulanmaktadır.

Metodun prensibi, koruyucu polimer tabakada bir bozukluk ortaya çıkarsa sabitleştirici etkinin kaybolacağına dayanmaktadır. Farklı tuz konsantrasyonları ile kirlenmiş referans taşa ait halkalara (çap yaklaşık 45 mm, kalınlık yaklaşık 4 mm) taş koruyucu malzeme emdirilir. 4 haftalık bir sertleşme süresinden sonra örnekler bir kaç hafta hava nemine açık bırakılır. Beherinin birer hafta nem rutubetinin % 12 ile % 93 arasında dalgalandığı ortamda depolanması sağlanır. Isı 23 °C dir. Alternatif yük olarak aynı şekilde kontamine edilmiş ve emdirilmiş paralel örnekler serbest halde su çekebilecek şekilde 18 gün bırakılır. Bu yüklemelerden sonra da eğilme gerilme deneyleri uygulanır. Elde edilen eğilme, gerilme değerleri tuzla kontamine edilmemiş klimatize şekilde depolanmış olan referans örnek ile kıyaslanmalıdır.

Değerlendirilme açısından her örnek serisi için yeni kırılmış taş ile tuzlanmamış sabitleştirilmiş örnek arasındaki dayanıklılık farklarına sabitleştirici etkinlik için % 100 tanımı getirilir. Şayet kirlenmiş edilmiş ve emdirilmiş bir örnek üzerine yük bindirildikten sonra sadece kırılmaya karşı dayanıklı taşa ait değerlere ulaşırsa sabitleştirme etkisi %' 0 dir [40].

Belirli Özel Bir Hal İçin Uygulama Durumunda

Belirli Bir Taş Malzeme İçin Uygunluk

Bu bölüm, çok az özel seçilmiş deneylere sahip olup, bunlarda kırılmaya karşı dayanıklı referans taşa elde edilen uygunluğun mevcut bir taşa uygulanabilmesi ile ilgilidir. Bu deneyler yapı malzemesinde alınan örneklerle ve bulunduğu yer ve süre için emdirilecek alanı temsil yeteneğine sahip taşlarla yapılır. Mesela delinerek alınan 45 milimetrelik numunelere uygulanabilir.

Emdirme esnasında aplikasyon şartları (ön temizlik, ortalama nem oranı, aplikasyon tekniği) yapı malzemesinde mevcut olan şartlara uyacaktır.

Bu deneyler en az şunları kapsayacaktır :

- Dayanıklılık deneyleri (derinliğe bağımlı)
- E-modülünün tespiti (derinliğe bağımlı)
- Renk değişikliği ölçümleri
- İlgili bölümlerde verilmiş olan esas alınacak değerler, bunlara uygun olursa geçerlidir.

Bulgulara Bağlı Dayanıklılık Deneyleri

Bulgulara bağlı dayanıklılık deneyleri doğal taş üzerinde yapılan araştırma sonuçlarına dayalıdır. Koruyucu malzeme emdirilmesine eşdeğer veya olanak sağlayan bulgular uzmanlarca istenen taleplere göre ilgili dayanıklılık deneylerine dönüştürülmelidir. Bu bulgular mesela şunlar olabilir :

- Büyük bir ihtimalle koruyucu malzemelerin sürekli etkinliğini etkileyecek tuz karışımları,
- Alçı taşı oluşumu veya biyolojik bitki büyümesi nedeni ile su buharı difüzyon direnci katsayısı genelde üst yüzeye yakın bölgelerde daha içeride kalan taş malzemeye kıyasla oldukça yüksektir. Emprenyeleme işlemi yapıldıktan sonra da üst yüzeye yakın alanlarda emdirilmemiş bölüme kıyasla difüzyon direncinde büyük bir artış meydana gelebilmektedir.

- Doğal Taş koruyucu malzemelerin geliştirilmesine ilişkin ortaya konan metotlar ve taş koruyucu malzemelerin araştırılması “Aachener Konsept” adı altında hasar görmüş doğal taştan yapı malzemesinin yenilenmesi ile ilgili konseptin bir parçasıdır. Malzemelerin uygunluğu kademeli bir şekilde geliştirilmekte ve kapsamlı araştırmaların yanı sıra işlenebilirliği ve etkisi açısından da sürekli dayanıklılık deneyleri laboratuvar şartlarında ve açık hava şartlarında yapılmaktadır. Gerekli olan deneyler yıllar süren araştırmalarda konsepti hazırlanarak standart hale getirilmiştir. Hemen bütün deneyler esas alınacak değerlere sahip olup, bu şekilde yeni taş koruma malzemelerinin kalitesinin değerlendirilmesinde uygundur.

Diğer araştırma ihtiyaçları, özellikle uzun süreli zarar vermeksizin yapılacak emdirilmiş alanların veya sanat eseri parçalarının kaydı yapılarak bugüne kadar elde edilen bilgilerle sürekli etkinliğin kazandırılabilmesidir [40].

3.2.2.4. Venüs Aleti

Farklı tipte doğal taşlar üzerinde uygulanmış deneyler sonucunda polimerlerin doyurulmasında yeni gelişmeler olmuştur. Yeni malzeme doyumunun etkilerinin saptanması, değerlendirilmesi mikroskopik fiziksel deney sonuçlarının karşılaştırılmasıyla gerçekleşmiştir. ‘VENUS’ adı verilen bu yeni deneysel sistem (Versuchsanlage zur Entwicklung Naturnaher Umweltsimulationskonzepte) hızlandırılmış, yeniden üretilebilir, karmaşık aşınma ortamı oluşturmak için kullanılmaktadır. Hava kirliliği, rüzgar, yağmur, ısı, nem ve UV ışınlarının yapısal ve biçimsel değişiminin birbirinden bağımsız olarak kontrolüne olanak sağlamaktadır. Bunun için öncelikle Avrupa’nın çeşitli meteoroloji istasyonlarından alınan verilerle uyum içinde olan bir hava durumu çevirimi seçilmektedir. Altı aylık süreçte, aşınmış (doyurulmuş ve doyurulmamış) kireç taşı ve iki değişik kumtaşı örneği model olarak alınmıştır. Oluşumdan sonra bozulma oranı üzerine, ayrıntılı deney dizileri uygulanmıştır. Kılcal su emilmesinin deneysel sonuç örnekleri, ultrason deneyi ve renk ile gösterilerek uyarım yapılmıştır. Sonuçta değişik taşların, değişik koruma malzemeleri ile dayanıklılık farklılıkları gösterdiği belirlenmiştir.

Sistem ayrıntılı olarak tanımlanacak olursa, Akışkan bir yerde çözülmüş malzeme koruyucusu kılcal kuvvetlerce emilir. 10 ve 60 mm arasında emilim olmaktadır, farklı taşlar için bu derinlik değişmektedir. Çözücü madde buharlaşması sonucunda polimerler, gözenekleri kapatmadan, taşın görünmeyen yüzeyinde, suya dayanıklı, esnek bir katman oluşturur. Taşın suya dayanıklı olması, yağmur suyunun içeri girmesini önler, fakat açık gözenekler su buharının içeri girmesine ve dışarı çıkmasına izin verir. Esnek polimer film, doğal malzemeyi hava kirliliğinden korur ve sağlamlaştırır.

Son birkaç yıl boyunca, çok sayıda deneysel ürün, laboratuarda uygunluklarını kanıtlayan çeşitli deneylerden geçmiştir. Tarihi yapılar üzerinde uygulanmadan önce, ürünler, deneylerle dayanıklılıklarını kanıtlamalıdır. Deneylerin amacı koruma maddelerinin etkililiklerinin ve dayanıklılıklarının belirlenmesidir.

Teorik Geçmiş – Simülasyon Kavramı

Doğal taşın bozulmasındaki mekanizmalar oldukça karmaşık bir yapı sergilemektedirler. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenler arasındaki etkileşim, temel çalışmanın sonucu değildir ve taştan taşa farklılık göstermektedir. VENUS kavramındaki iki temel fikir aşağıdaki gibidir:

- a. Çeşitli türde doğal taşlara uygulanan laboratuvar simülasyonu, hava kirliliği, nem, ısı değişimleri, soğuk hava, yağmur, güneş gibi bütün doğal etkenleri içeren bir simülasyon olmalıdır (örneğin kireç taşı, dondurucu havalarda çok iyi bir direnç gösteriyor, fakat SO₂ atmosfere duyarlılık gösteriyor).
- b. Avrupa' daki meteoroloji istasyonlarının çeşitli merkezlerinden alınan verilerle, hepsinin, en düşük ve en yüksek ısıda uyumluluk gösterdiklerinden ve doğal olmayan bozulma yollarının karışmadığından emin olunmalıdır.

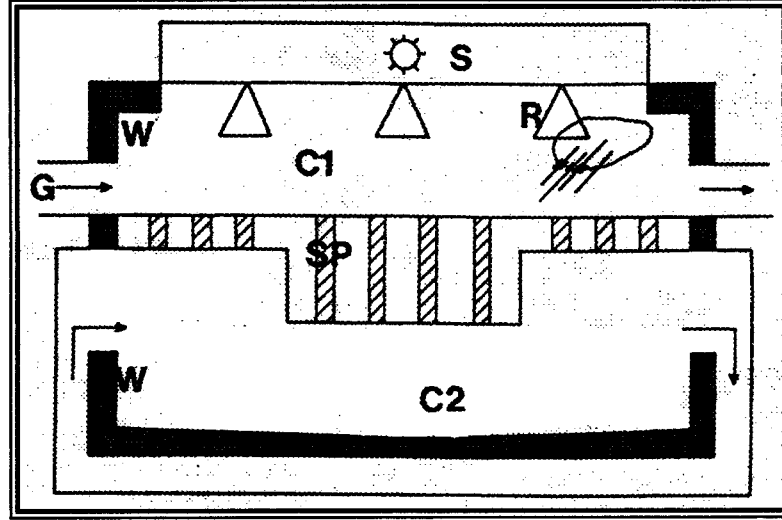
Örnekler, deney aletinde 6 ayda, 1 ve 1.5 yıllarda aşınmıştır.

Deneyleer:

- Suya dayamlıklık özellikleri
(Kılcal su emilmesi, dolaylı temas ve su buharının geçirgenliği),
- Mekanik özellikler (gerilme kuvveti ve ultrason hız),
- Görünütle ilgili özellikler (renk, mikroskop elektron taramasında görülen doku) oluşumlarından sonraki bozulma durumlarındaki niceliği ortaya çıkarmaktadır.

Deney Aygıtı VENUS

Deneyisel Aygıt VENUS' ün şeması Şekil 3.2.4.1' de gösterilmiştir. Deney odası, yatay düzlemde iki odaya bölünmüştür: İklim 1 (C1) ve İklim 2 (C2). Üstteki iklim, yapının dışındaki iklimi; alttaki ise, yapının içindeki iklimi temsil etmektedir. Güneş (S) ve Yağmur (R) iklim 1' de yer alırlar. Güneş ışınlarının hayali dağılımı D65 uluslararası standartlara uyumludur. SO₂, CO₂ ve NO₂ gazları birbirlerine karışmış ve birbirlerinin içine girmiş durumdadır. Sadece yıpratıcı iklimin belirli zamanlarında kullanılmaktadır. Yoğuşma, Almanya' nın dumanla karışık sis koşullarına uyumlu, her iki iklimde de nemi ve ısıyı birbirlerinden bağımsız olarak düzenlenmektedir. Nem ve ısı alışverişinin sadece dikey doğrultuda yapılabildiği 5 x 5 x 30 cm veya 5 x 5 x 10 cm boyutlarındaki örnekler (SP) yatay düzlemde yer almaktadır. Aşınmış yüzey 5 x 5 cm' dir. Duvarların ısısı (W) ayarlanabilmekte ve bu da taşların yüzeyindeki yoğuşmayı tanımlamaktadır.



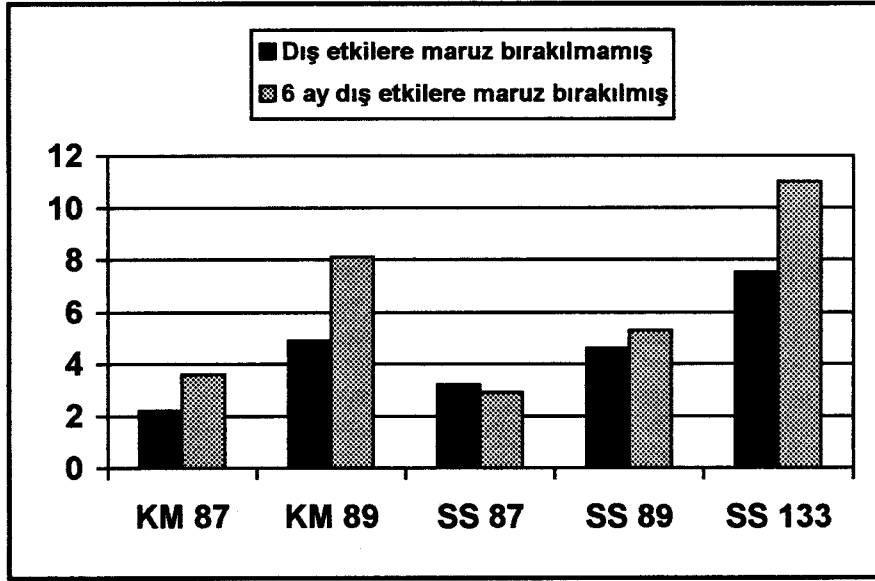
Şekil 3.2.2.4.1. VENUS Deneysel Sisteminin Şematik Planı

SP	: 1.ve 2.odaların ayrımı,numune	S	: Güneş (IR, görülebilir ışık, UV)
C1,C2	: Oda 1, oda 2 (iklim 1, iklim 2)	R	: Suyun verildiği hortum başı
G	: Makineye verilen kirli hava, makineye verilen rüzgar	W	: 1. ve 2. Odalardaki ısıya uyumlu duvar

Deney Sonuçları

Renk Değişimleri

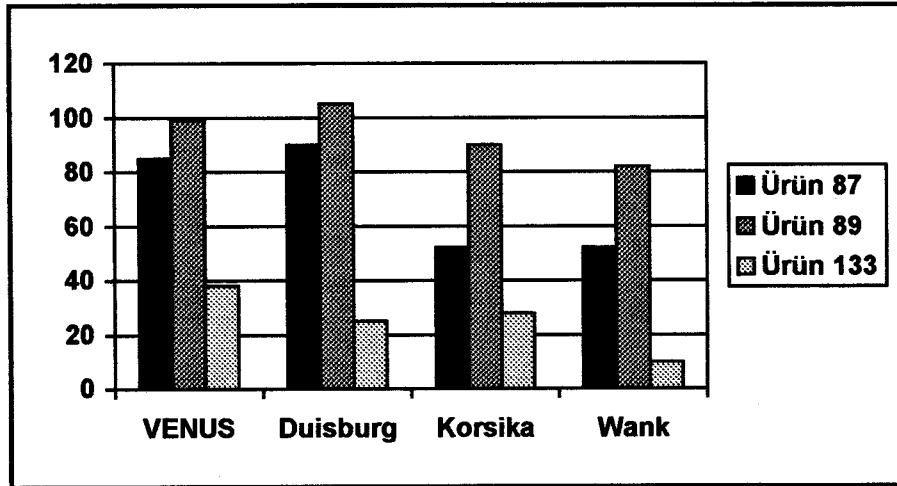
Doğal taşın polimer koruyucuyla doyurulması renk değişimine neden olmaktadır. Taş, yağmur tarafından ıslatıldıkça renk yoğunlaşmaktadır. Renk değişimi DIN 6174' e uyumlu olarak ölçülmüştür. Kum taşıdaki renk değişimleri Şekil 3.2.2.4.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.2.2.4.2. Kumtaşındaki Renk Değişiminin Venüs' deki Oluşum Tarafından Azaltılması (6 Ay) ve Doğal Ortamda Bozulmaya Bırakılan 3 Bölge (1 Yıl).

Kılcal Su Emilmesi

Doyurulmuş taşların suya dayanıklılığı, kılcal su emme ve dolaylı temas ölçümüyle denenmektedir. Şekil 3.2.2.4.3.' de kılcal su emme gösterilmektedir.



Şekil 3.2.2.4.3. VENUS' te Oluşumdan Sonra Doyurulmuş Kireç Taşı (KM) ve Kumtaşının (SS) Kılcal Su Emilmesi.

Buna karşın, dolaylı temas aşınmayı, dikkate değer bir biçimde azaltmıştır. Bu durum taşların görünür yüzeylerindeki polimerik yapının yıpranma olgusuna da uygundur.

VENÜS'te ultrason hızı ölçme yöntemi kullanılmaktadır. Yüzeye yakın ultrason sinyal hızı, bir katı iki-safha sisteminin kalıpsal bozulmalarında duyarlı bir göstergedir. Doğal taşları deney etmek için özel olarak üretilmiş olan, "Type UVM – 3b" sistemi kullanılmıştır. Kullanılan pizoelektrik aygıtlar, yüzeye kapalı temas sağlayan ve mesafe ölçümünü sabit tutan son derece küçük bir temas alanıyla yapılmışlardır.

Doyurulmamış örneklerde ultrason hızı azalmaktadır. Bu taş tipi kumlu bir yüzeye sahiptir. Bu taş için, doğadaki tipik bozulma biçimi geçerlidir.

Gittikçe güçlenen doyurulma, ultrason hızında bir artışa neden olmaktadır. Oluşumdan sonra, maddesel doyurulmaya bağlı olarak bu artış azalmaktadır.

Kumtaşının tersine hız, doyurulmamış taşta yıpranmayla artmaktadır. Bu, kireç taşıdaki alçının gelişmesiyle karşılaştırılarak gerçekleştirilebilir (elektron mikroskop taraması) (Resim 3.2.2.4.1.). Katı seviyedeki artışa karşın aşınma, hızda bir azalmaya neden olmaktadır.



Resim 3.2.2.4.1. Bir Kireç Taşının İçinde, VENUS' te Karmaşık Aşınmaya Neden Olan Alçı Taşının, SEM Mikroskop Görüntüsü.

Aşınmanın deneysel sonucunda, VENUS, hızlandırmaya ve koruyucu taşın etki ve dayanıklılığının deney edilmesine olanak sağlamaktadır. Doyurulmamış taşlar, doğadaki etkilerle bozulma mekanizmasını göstermektedir. Bu deneyler daha fazla örnek üzerinde sonucun doğrulanması için devam etmektedir [72].

3.2.2.5. Koruyucu Malzeme Deney Aleti

İçinde taş bulunan tüpler yapay bir duvarda ayarlanabilir iki farklı atmosfer arasına yerleştirilmiştir. Bunlar iç ve dış atmosferleri taklit etmektedir, deneyler nem ve derece değişikliği üzerinde yapılmaktadır. Zaman ayarı tüplerin içine konulan sondalar ile kontrol edilmektedir.

İlk sonuçlara göre taşa uygulanan işlem don tarafından bozulmayı hızlandırmaktadır. Genelde serbest tüpler üzerinde tüm yüzeylerin aynı şartlara bırakıldığı yapay eskitme deneyleri çok gerçekçi olmamaktadır. Deney tüplerinin bir yüzeyi veya tüm yüzeyleri üzerinde uygulansa da gerçek sonuçları tam olarak yansıtmamaktadır. Bu şartlarda yapılan hızlandırılmış eskitme deneyinde ana amaç zararlı etkileri görebilmektir. Aletin tamamlanması ile birlikte taşın donmasında sağlamlığı etkileyen maddeyi araştırmak gerekmektedir.

Taş, iki atmosfer arasında bir tarafı dışta kalıp hava değişimlerine uğrayabilecek diğer tarafı ise nemi ve derecesi kontrol edilebilecek şekilde, yapay bir duvara yerleştirilmiştir (Şekil 3.2.2.5.1.). Bu deney su ilave edilmeksizin soğuk yüzeyde yoğuşma ve suyun oluştuğunu göstermektedir.

Yapım

Ekonomik nedenlerle alet her tür değişken deney için yapılmıştır. İlk parça 20 cm kalınlığında etrafı çok iyi izole edilmiş yapay bir duvardan oluşmaktadır. Altı açık silindirin içerisine 20 cm ' lik taş dolu tüpler, köşeleri nemle temas etmeyecek şekilde yerleştirilmiş ve poliüretan izolasyon kaplanmıştır. Bu durumda termik değişimler ve hareketler sadece iki boş yüzeyde yapılabilmektedir.

Deney aleti iki kutudan oluşmaktadır:

1. Kutu - Dış Atmosfer

- Altı adet debisi ve yönü ayarlanabilen su püskürtme başlığı
- Lamba MLU 300 W Philips
(tüplere gönderilen enfraruj güneş enerjisinin iki katı daha fazla)
- Dondurucu 2 CV
- Vantilatör

2. Kutu - İç Atmosfer

- Nemin ve derecenin ayarının kontrol edilebilmesi için kayıt cihazı
- Vantilatör (ortamı havalandırmak için)

Otomatik programlama sistemi aynı anda birkaç işlemi gerçekleştirebilecek kapasitededir ve zaman ayarı dereceye göre yapılmaktadır. Tüplerin içerisine yerleştirilmiş termo rezistanslar sayesinde sürekli sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir.

Deney Ortamı

Dış Derece limiti: – 35°den + 60 dereceye kadar,

İç Derece limiti: + 10°dan + 30 dereceye kadar,

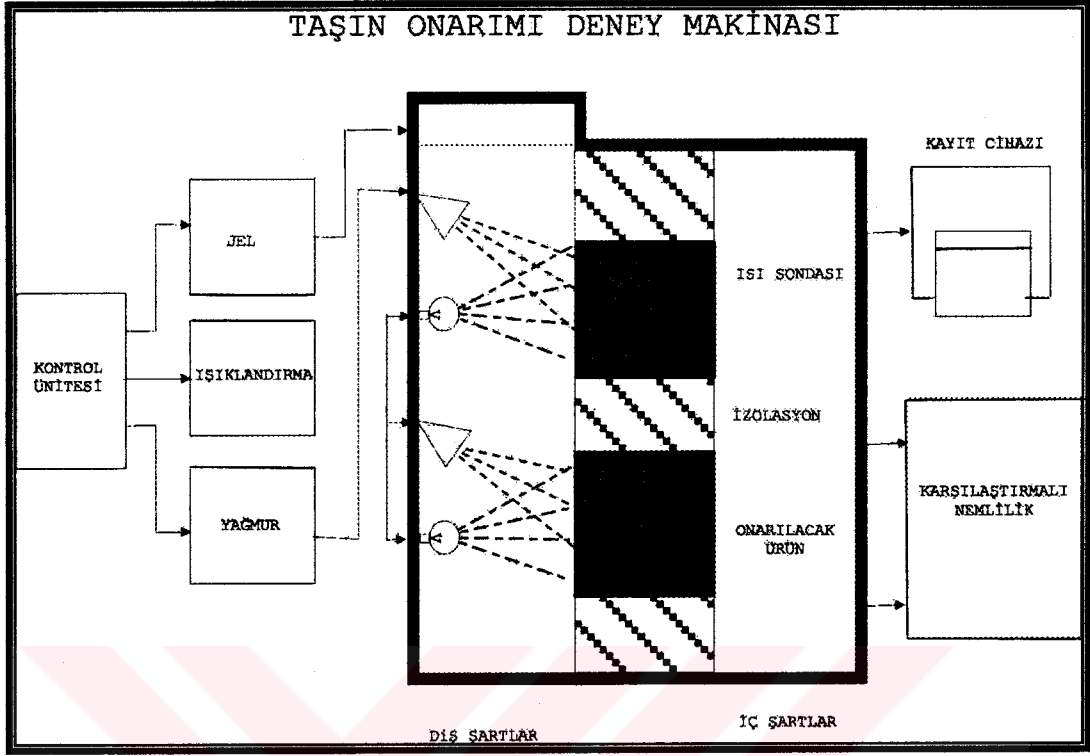
Nem: % 30'dan % 95 kadar ayarlanabilecek şekilde.

Oda sıcaklığındaki atmosferde (t:20 °C, Nem oranı: % 45) bir taştan alınan ölçümlerde, soğuma ve ısınma değerleri 1cm derinliğinde yerleştirilmiş derece ile otomatik olarak kontrol edilmektedir.

Suyun değişiminden doğan derece değişiklikleri rahatlıkla anlaşılabilir. Erimeden kaynaklanan enerji çekimi buzun üzerinde 1 veya 2 cm derinliğinde ve erime olayı 1 cm derinlikte görülmektedir, 2 cm derinliğinde kesinlikle erime görülmemektedir.

Dış ısıyı değiştirerek, izoterm (fincan) 0 °C farklı derinliklere sokulabilmektedir. Başlangıç derecesi ne kadar düşük olursa izoterm o kadar çok derine iner. Soğuma aşamasından sonra ısınma aşaması gelir. Bu ısınma tüplerin yüzlerinin 1cm kadar çözülmesine sebep olmaktadır. Birkaç devirden sonra denenmiş tüpün üzerinde, paralel bir plan ile gösterilen yüzeyin koptuğu gözükmemektedir. Aynı deneyler denenmemiş tüplerin olduğu gibi kaldığını göstermektedir. Çatlama ancak 2-3 tekrardan sonra görülmektedir. Isınma aşamasını takip eden soğuma aşaması tüpün tamamen çözülmesine sebep olmakta, birkaç tekrardan sonra sadece yüzeysel hasarlar görülmektedir.

- Makinenin esnekliği değişik tekrar deneyleriyle çalışılmasına imkan vermektedir.
- Tüplerin içine yerleştirilmiş dereceler sürekli kayıt imkanı sağlamakta ve tekrar sırasında kesin derece dağılımını göstermektedir. Gelecekte bu tip çalışma çok daha gerçek bilgiler ortaya koyacaktır.
- Tekrarların programlanması tüplerin içine yerleştirilen sondalardan doğan boşlukta gerçekleşmektedir.
- İzotermin girdiği derinliğe göre yarı veya tam tekrarlar gerçekleştirilebilir.



Şekil 3.2.2.5.1. Taşın Onarımı İçin Yapılan Deney Makinesi [42]

BÖLÜM 4. MALZEME KORUYUCULARIN PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ AMACI İLE YAPILAN DENEY ÇALIŞMALARI SONUCUNDA GELİŞTİRİLEN TEST CİHAZI

4.1. Koruyucu Performansı Test Cihazı (KPTC) Geliştirilmesi ve Çalışma Prensipleri

Tek ve ikili deney metotlarının koruyucu performansını tam olarak ölçebilmeleri mümkün olmamaktadır. Doğada yağmur, zemin suyu, UV ve Enfraruj Işınlmaları, toprak suyu ve tuzları aynı anda yapı malzemelerine etki edebilmektedir.

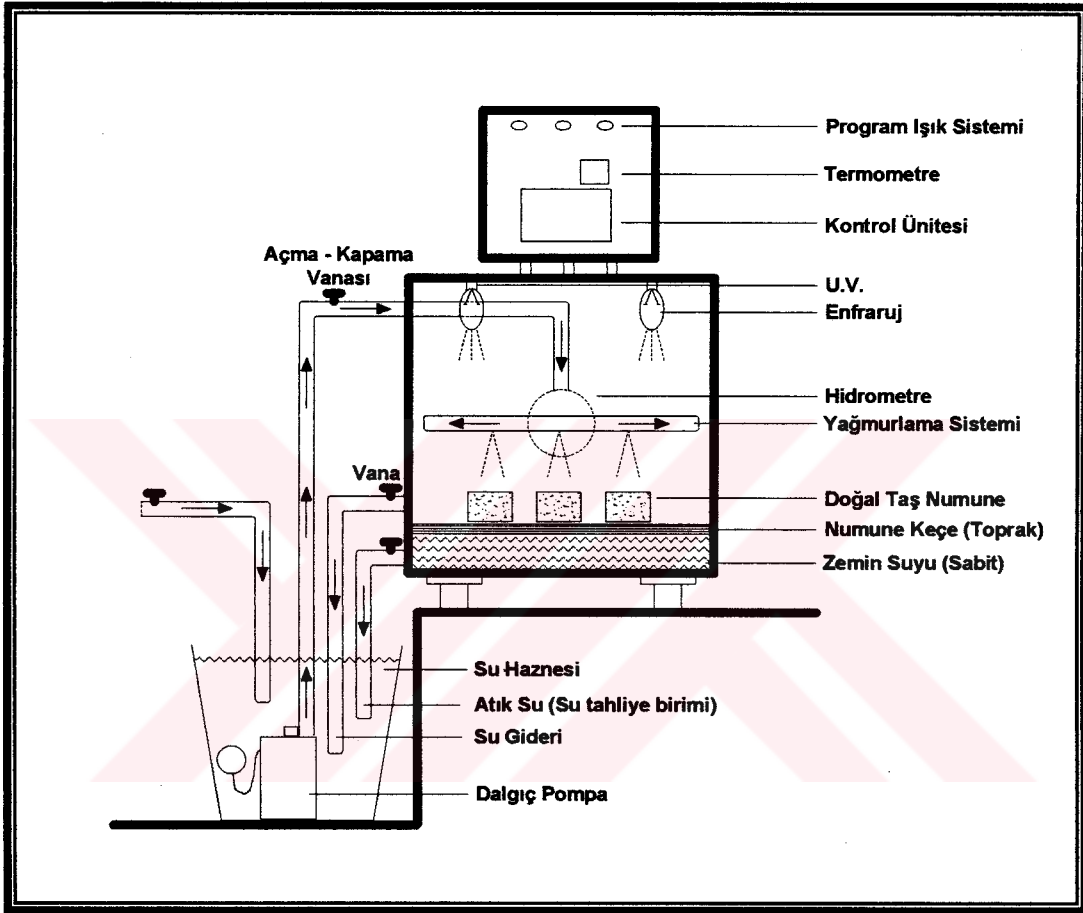
Koruyucu performansını doğru ölçebilmek için doğal ortamı, laboratuvar ortamında simülize ederek hızlandırılmış eskitme deneyleri yapılmalıdır. Bu deneylerin yapılma gerekçelerinden bir diğeri ise değişik doğal taşların, değişik koruyucu malzemeler ile dayanıklılık farklılıkları göstermeleridir. Ayrıca doğal taşın bozulmasındaki mekanizmalar da oldukça değişkendir (Bölüm 2). Bütün bu sebeplerden yola çıkarak, belirtilen eksikliklere çözüm getirmesi amacıyla, laboratuvar ortamı simülize etmesi hedeflenen bir “Koruyucu Performansı Test Cihazı” tasarlanmıştır. KPTC’da;

- Yağmur – su emme
 - Ultra-Viyole
 - Enfraruj
 - Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz) etkileri verilmektedir.
- Güneş Işınlmaları

Gerçekleştirilen cihazda, simülasyonlar istenilen zamana, güne ayarlanabilmekte, malzemeyi bozan mekanizmalar tek tek veya bir arada numunelere etki ettirilebilmektedir (Şekil 4.1.1.). Ortam ısı ve nem oranı da cihazda ölçülebilmektedir. KPTC’ ı 1999 yılı sonunda tamamlanmış, literatür çalışmalarında bulunan ve Bölüm 3’de bahsi geçen Venüs ve Koruyucu Malzeme Deney Aletleri gibi benzer cihazlarla karşılaştırıldığında, prensipte aynı temel fikirlerin yer aldığı anlaşılmıştır. Diğer cihazlarda ortama atmosfer simülasyonu olarak gaz verilmekte,

iç ve dış ortam ayrılmaktadır. KPTC' da ise farklı olarak Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme+Tuz) verilmiştir.

KORUYUCU PERFORMANSI TEST CİHAZI

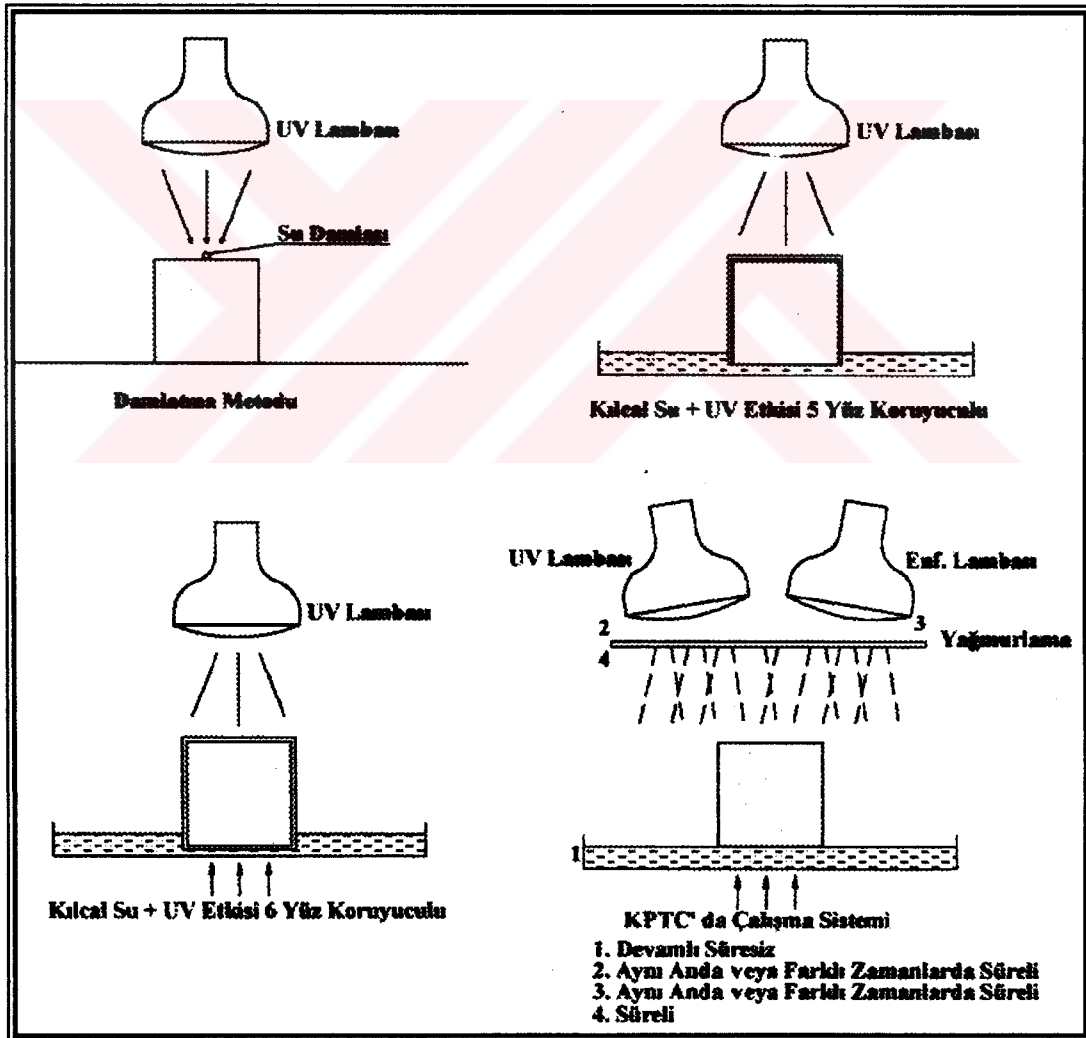


Şekil 4.1.1. Koruyucu Performansı Ölçüm Cihazı İşleyiş Şeması

Cihazda Kullanılan Malzemeler :

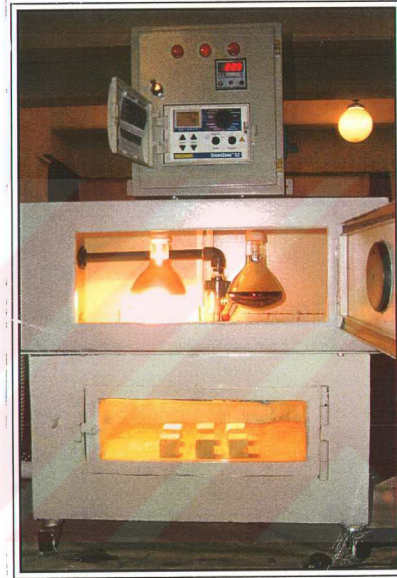
- Dalgıç Pompası (Nowax – Kika)
- Enfraruj 250 Xerotherm (Radium)
- Ultra-Vitalux 220-230 V-300 W (Osram – Sun Lamp)
- Kontrol Ünitesi (Nelson-Smart Zone Ez)
- Keçe (Toprak Simülasyonu)
- Termometre (LCS8 Point Temperature Controller °C)
- Hidrometre (Pakkens Hygrometer %)

Kullanılan kontrol ünitesi sulama sistemi için üretilmiş, ancak KPTC' da bozulma mekanizmalarını dakika, saat, gün olarak programlayacak şekilde ayarlanmıştır. Simülasyon periyotları cihazda istenilen şekilde ve zamanda verilebilmektedir. Yağmur etkisi için, dalgıç pompa ile su basılmakta ve numuneler istenilen şekilde suya maruz bırakılabilmektedir. Tuz etkisi için, verilen suya % 10'luk Na_2SO_4 çözeltisi katılmıştır. Cihazdaki çift tahliye vanalarından birisi kapatılarak zeminde, toprak seviyesinde veya daha yüksek seviyede (daldırma yöntemi için) su sağlanabilmektedir. Üst taraftan ise Güneş etkisi, UV ve Enfraruj Lambaları ile simüle edilmiştir (Ek Resim 4.1.8., Resim 4.1.9.).

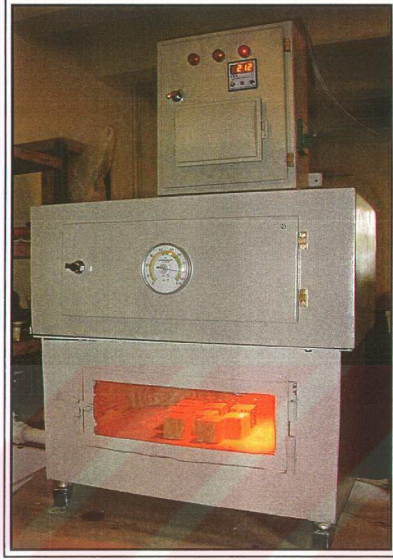


Şekil 4.1.2. Koruyucu Performansı Ölçme Metotları

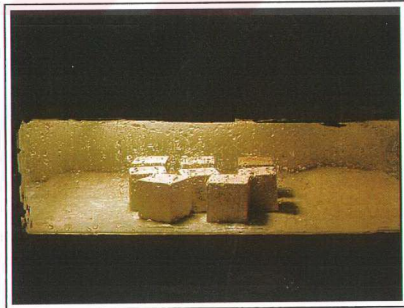
Koruyucu Performansını sağlıklı ölçebilmek için birtakım deney metotları denenmiş ve numunenin 5 yüzüne ve 6 yüzüne koruyucu sürülerek, doğadaki ortam simülize edilmiştir.



Resim 4.1.1. Koruyucu Performansı Test Cihazı UV Etkisi



Resim 4.1.2. Koruyucu Performansı Test Cihazı Enfraraj Etkisi



Resim 4.1.3. Koruyucu Performansı Test Cihazı Yağmur Etkisi

4.2. Deneş Koşulları ve İklimsel Veri İlişkisi

Koruyucu malzeme performansını ölçerken yapılan eskitme deneşlerinde gerçeğe uygunluk açısından, atmosfer olaylarının simüle edilmesi gerekmektedir. Meteorolojide, atmosfer olayları “meteorolojik elemanlar” olarak adlandırılmaktadır.

Meteorolojik elemanlar, F. Aksöz' e göre, beş hasar grubunda toplanmıştır;

- 1- İslanma – kuruma
- 2- İslanma – kısmi kuruma
- 3- Donma – çözülme
- 4- Yüzeyden ısınma – soğuma
- 5- Güneş radyasyonu' dur [2].

Laboratuar şartlarında deneşlere başlanmadan önce Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden 1988-1998 yılları arası ortalama sıcaklık değerleri ve sıcaklığın – 0,1 °C'den küçük ve eşit olduğu gün sayısı alınmıştır. Tablo 4.2.1. ve 4.2.2.'de bu değerler mevcuttur. Daha sonra çalışmanın devam etmesi nedeniyle, tekrar 1992-2000 yılları için daha geniş kapsamlı meteorolojik veriler alınmıştır. Veriler ekte verilmiştir (Ek-4.2.1., 4.2.2., 4.2.3.). Bu değerlere on yılın ortalaması olarak bakıldığında ise aşığıdaki değerler bulunmuştur

<u>Meteorolojik Elemanlar</u>	<u>Yıllık</u>
- Ortalama basınç (hPa)	1012.4
- Ortalama sıcaklık (7'de, 14'de, 21'de)	14.6 °C
- En yüksek gün sıcaklık değerleri	18.5 °C
- En düşük gün sıcaklık değerleri	11.3 °C
- En yüksek sıcaklık değeri	39.7 °C
- En düşük sıcaklık değeri	-5.2 °C
- Düşük sıcaklık -0.1'den küçük günler sayısı	8.6

- Düşük sıcaklık	-3' den küçük günler sayısı	0.8
- Düşük sıcaklık	-5' den küçük günler sayısı	0.1
- Düşük sıcaklık	-10'dan küçük günler sayısı	0
- Ortalama toplam yağış miktarı (mm)		57.1
- Ortalama kar yağışlı günler sayısı		30.4
- Ortalama fırtınalı gün sayısı		6.8
- Ortalama bulutluluk (0-10)		4.2
- Günlük ortalama güneşlenme süresi (saat / dk)		6.17
- Günlük ortalama güneşlenme süresi (cal / cm ² dk)		315.34

Burada önemli olan deney şartları ile meteorolojik verilerin örtüşmesidir. İstanbul İli baz alınarak yapılan deneylerde verilere dayanarak bir kuzey ülkesine göre donma-çözülme etkisi yok sayılacak kadar azdır. Buna karşın yağmur etkisi, ıslanma-kuruma daha etkindir. KPTC'da öncelik ıslanma-kuruma ve güneş ışımları etkisine verilmiştir. Ortam sıcaklığı ortalama 23 °C ve nem oranı ortalama % 65-70 olarak belirlenmiştir.

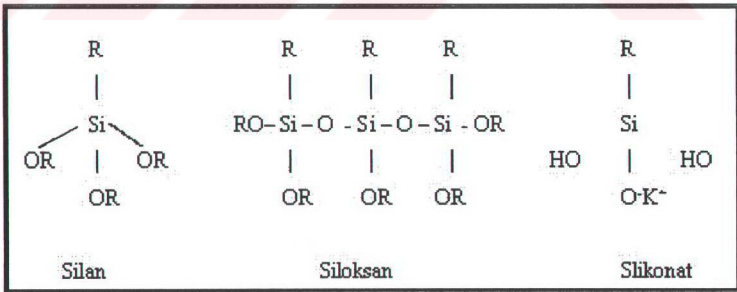
4.2.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Deneylerde kullanılacak koruyucu malzeme seçilirken, uygulamalarda tercih edilen epoksi, akrilik emülsiyon, silan, siloksan denenmiştir. Yapılan ön deneylerde, hem koruyucu hem de sağlamaştırıcı olan epoksinin su iticilik ve koruma özelliği çok iyi olmasına rağmen, doğal taş malzemede renk koyulaşmasına neden olduğu görülmüştür. Akrilik emülsiyonların, bünyesel sağlamaştırma yaptığı halde su itici özelliğinin fazla olmadığı görülmüştür. Silanın ise sadece su itici olduğu, bünyesel koruma yapmadığı deneylerle tespit edilmiştir. Siloksan, denenen bütün koruyucular arasında hem su iticilik, hem de bünyesel koruma özelliği ile tercih sebebi olmuştur. Silan ise başlangıçta su iticiliği nedeniyle tercih edilirken, ileri deneylerde bünyesel koruma yapmadığı için sadece Siloksan ile deneyler tamamlanmıştır.

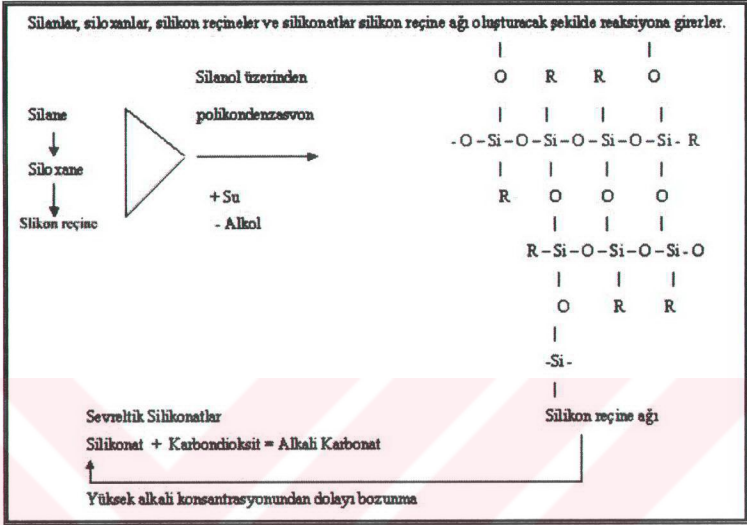
Yapılan literatür çalışmalarında da koruyucu kullanımında, iklimik hücrede yapılan simülasyon deneylerinde genelde Siloksanın tercih edildiği görülmüştür [18].

4.2.2. Koruyucu Malzemeler

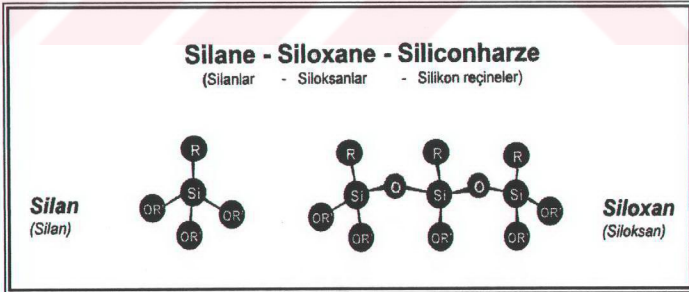
Deneylerde kullanılan Silan ve Siloksanın özellikleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.2.2.1. Silikon Reçine Ağ Oluşturan Silikon Yapı Koruyucular [96].



Şekil 4.2.2.2. Reaksiyona Giren Silanlar, Siloksan, Silikon Reçineler ve Silikonatlar Silikon Reçine Ağı Oluşumu [96]



Şekil 4.2.2.3. Silan, Siloksan, Silikon Reçine Polimer Ağı [96]

4.2.2.1. Silan

Koruyucu malzeme olarak seçilen “Silan” sadece su itici özelliğe sahiptir, bünyesel koruma yapmaz. Uygulandığı dış cepheleri, görüntüsünü değiştirmeden su geçirimsiz hale getiren şeffaf bir su yalıtım ürünüdür [52].

Yüzeyde tabaka oluşturmadığından, malzemede hava alma kapasitesini azaltmamakta, dış görüntüsünü değiştirmemekte, zamanla kararma veya kabarma yapmamaktadır. Uzun yıllar süren laboratuvar çalışmalarında seçilen Maktralı Kalker taşında da bu özellik tespit edilmiştir.

Alkali dayanımı yüksek olduğundan hem yeni hem de eski taşlara uygulanabilmektedir.

Kuru veya hafif nemli yüzeylere uygulanır. Uygulama yüzeyleri temiz olmalı ve 0,3 mm’ den geniş çatlaklar içermemelidir.

Silan, deneylerde kullanılan numunelere fırça ile sürülerek uygulanmıştır. Yatay yüzeylere yapılan uygulamalarda malzeme yüzeye yayıldıktan sonra en fazla 90 dakika beklenmiş ve emilmeyen kısmı kuru bir bezle alınmıştır. Bir gün sonra tekrar sürülmüştür.

Uygulama yüzeyinin emiciliğine göre 0,25 – 0,5 kg/m² olarak tespit edilmiştir [52].

4.2.2.2. Siloksan

Koruyucu malzeme olarak seçilen Siloksan solvent esaslı, şeffaf dış cephe su yalıtım malzemesidir. Uygulandığı dış cepheleri, görüntüsünü değiştirmeden su geçirimsiz hale getiren şeffaf su yalıtım ürünüdür. Yapılan deneysel çalışmalarda Maktralı Kalker yüzeyinde herhangi bir renk değişimi olmadığı görülmüştür.

Yüzeyde tabaka oluşturmadığından, numunenin nefes alma kapasitesini azaltmadığı, dış görüntüsünü değiştirmedığı, zamanla kararma veya kabarma yapmadığı deneylerle tespit edilmiştir.

Alkali dayanımı yüksek olduğundan hem yeni hem de eski taşlara uygulanabilmektedir.

Dış cephelerin ıslanmasına engel olduğundan binanın ısı izolasyon değerinin düşmesini önlemekte, ayrıca yapı malzemelerinde suyun yarattığı tahribatı engellediğinden binanın ekonomik ömrünü uzatmaktadır.

Mineral bazlı ve emici yüzeylere uygulandığı için Maktralı Kalkerde de olumlu sonuç vermektedir.

Kuru veya hafif nemli yüzeylere uygulanmaktadır. Uygulama yüzeyleri temiz olmalı ve 0,3 mm' den geniş çatlaklar içermemelidir. Deneylerde kullanılan Maktralı Kalker önce fırçayla temizlenip, etüvde değişmez kütleye kadar kurutulup desikatörde soğutulduktan sonra, koruyucu, fırça ile sürülerek uygulanmıştır.

Uygulama fırça veya püskürtücü ile yapılmalıdır. Deneylerde koruyucu iki kat halinde ve yüzeyler doyana kadar sürülmüş, katlar arasında yaklaşık 10 dakika beklenmiştir. Bir gün sonra tekrar sürülmüştür.

Uygulama, yüzeyinin emiciliğine göre 0,2 – 1,01 kg/m² olarak verilmiştir [52]. Kullanılan Maktralı Kalker (Küfeki) numunelerde ortalama 0,06 gr/cm² olarak hesaplanmıştır. Deneylerde Silan ve özellikle Siloksan uygulanmış Maktralı Kalkerlerde su geçirimsizlik özelliği, koruyucu sürülmemiş numunelerle karşılaştırıldığında başarılı bulunmuştur. Bununla beraber Siloksan orijinal ambalajında (metal) 12 ay raf ömrünü korurken, laboratuarda kullanılan Siloksan plastik ambalajda verildiği için performansını tam olarak gösterememiştir.

4.2.3. Doğal Taş Malzeme

Deneylerde korunacak malzeme olarak tarihi eserlerimizin büyük bir kısmında özellikle anıtsal yapılarımızda en çok kullanılan Maktralı Kalker (Küfeki) ve Marmara Mermeri seçilmiştir. Yapılan ön deneylerde, Marmara Mermerinin emicilik özelliği ve uzun dayanım süresinden dolayı eskitme deneylerine devam edilmemiş, 2. Bölümde bahsedilen etkilerden dolayı daha çabuk özelliğini yitiren ve anıtsal eserlerimizde en çok kullanılan Maktralı Kalker ile deneyler tamamlanmıştır.

4.2.3.1. Maktralı Kalker (Küfeki Taşı)

Sözcük olarak “Küfeki” Arapça “Köfek” kelimesinden gelmektedir ve “sünger gibi delik taş” anlamındadır. Küfeki taşı ocakları, İstanbul Kara Surları’nın batısından başlayarak, Bakırköy-Sefaköy (Safraköy) mevkiine doğru açılmıştır. Küfeki taşı Mimar Sinan’ın İstanbul’da ürettiği eserlerinin ana malzemesini oluşturmuştur. Mimar Sinan’ın eserlerinde Küfeki taşı kaba işlenmiş özellikten, kesme taş ve zengin bezemeli düzeye kadar değişik, zengin bir kullanım alanı bulmuştur. Küfeki taşı sadece örgü ve dış cephe kaplama malzemesi olarak değil, iç mimari hacimlerde, döşeme kaplamalarında, kemerlerde, portal ve mihraplarda da kullanılmıştır.

Roma, Bizans ve Osmanlı döneminde işletilen, kullanılan Küfeki ocakları bugünkü Yeşilköy Havaalanı, Bakırköy, Sefaköy, Yeşilköy, Şirinevler, Merter ve çevresindeki yoğun yerleşim alanları altında kalmıştır. Halkalı-Hadımköy, Sazlıbosna’daki Küfeki taşı işletmesi İstanbul’da şimdilik yerleşim alanlarının etkisinin dışında kalabilmiş Küfeki taş ocağıdır [5].

Deneylerde kullanılan Küfeki Taşı (Maktralı Kalker) Sefaköy civarındaki bir taş ocağından temin edilmiştir. Alınan doğal taş malzemenin tanımı için petrografik ve minerolojik analizler yaptırılmıştır.

4.2.3.1.1. Petrografik ve Minerolojik Analiz

Deneylerde kullanılan doğal taşın minerolojik ve petrografik analizi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Mineroloji ve Petrografi Ana Bilim Dalı Laboratuvarlarında ince kesit tayinleri Prof. Dr. Bektaş Uz tarafından yapılmıştır. Alınan ince kesitler polarizan mikroskopta (Olimpus BHZ) büyütülerek incelenmiştir.

Makro İnceleme :

- Renk : Krem tonlarında, beyaz ve koyu renkli lekeler
- Yapı / doku : Masif, kompakt, mikroboşluklu
- Ayrışım : Çok az yüzeysel ayrışma izleri
- Sertlik : 3 – 3.5 Mohs
- Asitle reaksiyon : Seyreltik % 10'luk HCl ile orta şiddette köpürme izlendi.

Kayaç karbonat grubuna aittir.

Mikro İnceleme :

Doku : Bol fosilli, bol boşluklu (% 10 civarında) fosilli yerlerde rekristalizasyon (mikrokristalli) biomineritik doku egemendir, boşluk cidarlarında yeniden kristalleşme olmaktadır.

Mineral Bileşim : Kalsit, kriptokristalli, oolitik yapılar altında, demiroksit içerir. Kahverengi tonlarındadır.

Büyütme : Fotoğraflarda kısa kenar 2 mm olacak şekilde yapılmıştır (Yaklaşık 400 defa büyütülmüştür).

Boşluklar : Şekilsiz, bazen uzamış, oval şekilde eski mineraller, yarı köşeli, yarı yuvaraktır.

- Fosiller : Frominifer ve fuzilinler aksiyal veya boyuna kesitli alg kalıntıları vardır.
- Safsızlık : Demiroksit, limonit tüm kayaca yayılmıştır.

Deneylerde kullanılan kayaç : Bol fosilli, biyomikritik, kısmen rekristalli, kireçtaşı, Küfeki taşıdır (Resim 4.2.3.1.1.1.).



Resim 4.2.3.1.1.1. Koruyucu Sürülmeyen Küfeki Taşında Gastrofod Fosillerine ait Kavkılar

Resim 4.2.3.1.1.1.'deki örneğe ait ince kesitte mikroskop altında izlenen gerek fosil yapılarında, gerekse, açık renkli olarak izlenen (beyaz renkli) rekristalize olmuş (ikincil kristalleşme) kesimlerde ve kahverengi birincil kriptokristalli bölgelerde herhangi bir gözle görülen yapı ve minerolojik değişim izlenmemektedir. Atmosferik etkilerle çatlak bölgelerden yayılma, dağılma, seyrelme olmuştur.



Resim 4.2.3.1.1.2. Tuz Etkisine Maruz Bırakılan Küfeki Taşında Fusilina Fosilleri

Resim 4.2.3.1.1.2.'de kayaç içinde yer alan kayaçla eş oluşumlu fosiller (kavkılı fosiller) kavkuların kabukları kalsit kristalleri şeklinde ve açık renkli olarak izlenmektedir. Fosil dışında yer alan kalsitler kirli safsızlıkla (demirli bileşiklerle ve limonitlerle) birlikte olup bu nedenle de koyu kahve renkli izlenmektedir.



Resim 4.2.3.1.1.3. Siloksan Sürülen Küfeki Taşında Fusilina Kavkuları (Kriptokristalli Kalsitlerden Oluşan Biyomikritik Doku)

Resim 4.2.3.1.1.3.'de koyu kahve renkli kısımlar demirli opak minerallerin, hematit, limonit bileşimli, lekeler şeklinde belirli bir alanda toplandığı görülmektedir. Diğer yönden kayaç içinde yer alan kayaç yapıcı minerallerde herhangi bir bozulma veya dönüşüm söz konusu değildir. Tuz içeri işleyip, kayacın iç dokusunu ve mineral yapısını fazla bozmamıştır.



4.3. K.P.T.C.'da Yağmur, Güneş Işınımları (UV, Enfraruj), Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz) Simülasyonu ve Yapılan Eskitme Deneylei

Koruyucu Performansı Test Cihazı'nda meteorolojik veriler esas alınarak simülasyon deneylei yapılmıştır. Deneyleerde kullanılan tüm numuneler, TS 699 ve ASTM C 568-79 dikkate alınarak, önce fırça ile fırçalayıp su ile yıkanarak temizlenmiş ve etüvde $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'da değişmez kütleyle kadar kurutulup, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Numuneler 0.1 gr hassasiyette terazi ile tartılmış (Precisa 4000 C –Swiss Quality) daha sonra KPTC' da simülasyon deneyleerine tabi tutulmuştur. Ortamın nemi ve sıcaklığı KPTC' daki termometre ve hidrometre ile ölçülürken, UV değerleri, UV light Meter UVA – 365 (Ultra – Viyolet Radiometer – Lutron UVA – 365 Digital Instrument) ile ölçülmüştür. Her deney periyodu tamamlandığında, numuneler cihazdan çıkarılıp tartılmış ve deneyleer tamamlandığında tuz etkisini de görebilmek amacıyla birkaç seri numune suya daldırılarak, etüvde kurutulmuş, desikatörde soğutulduktan sonra da tartılmışlardır.

Bütün deneyleer, numuneler doğunluk katsayısına ulaşana ve ayrışma başlayana kadar devam ettirilmişdir. Deneyleerde kullanılan doğal taş numunelerinin Maktralı Kalker olması ve oluşum özelliklerinden dolayı bozulma mekanizmalarından çabuk etkilenmesi (özellikle tuz etkisi) ayrışma ve parça kopmaların çok hızlı olmasına neden olmuştur. Bu nedenle koruyucu malzeme performansını ölçmek için daha fazla deneylee ihtiyaç duyulduğu halde deneyleer tamamlanamamış, fakat yapılan deneyleer koruyucu sürülen ve sürülmeyen numunelerin bozulma mekanizmalarına karşı davranış biçimindeki farklılığı, kesin olarak göstermiştir.

Atmosfer şartları simülize edilirken, farklı etkenlerin, farklı sonuçlarını değerlendirebilmek amacıyla, etken süreleri ve sıraları değiştirilmiş, bazı etkiler çıkarılarak ikili, üçlü simülasyon deneyleer yapılmıştır (Tablo 4.3.1.).

Tablo 4.3.1. Deney Simülasyon Sistemi

Deney	Tekrar Sayısı	Tekrar süresi (dakika)	ıslatma		kurutma		Toprak (kap.ile su e.)	Tuz (zeminden)
			Yağmur (dakika)	UV (dakika)	Enfraruj (dakika)			
4.3.1.	10	300	10	10	10	süresiz	süresiz	
4.3.2.	14-18	182-234	10	-	3	süresiz	-	
4.3.3.	10	130	10	3	-	süresiz	süresiz	
4.3.4.	26	234	3	3	3	süresiz	süresiz	
4.3.5.	20	120	3	3	-	süresiz	-	
4.3.6.	20	120	3	-	3	süresiz	-	
4.3.7.	480	4320	3	3	3	süresiz	süresiz	

Deneylerde numunenin su emme özelliği karşılaştırmaların sağlıklı olması açısından hem ağırlıkça, hem de numunenin taban alanından geçen su miktarı olarak aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır.

$$Q = \frac{Wn - Wo}{F} \text{ gr/cm}^2 \quad (\text{Numunenin taban alanından geçen su miktarı})$$

F = Numunenin Taban Alanı

$$\% S_a = \frac{Wn - Wo}{Wo} \cdot 100 \quad (\text{Ağırlıkça su emme miktarı})$$

KPTC' da ilkönce 20 dakikalık periyotlar denendikten sonra, 10 dakikalık periyotlar denenmiş, 20 dakikalık periyotlar 10 dakikalık periyotlar ile yaklaşık aynı sonucu verdiği zaman kazanmak için ön deneylerden sonra, deneylere 10 dakikalık periyotlar ile devam edilmiştir. Daha sonra tüm etkilerin farklı sonuçlarını değerlendirmek ve çalışma sürelerini kısaltmak amacıyla periyot aralıkları 3 dakikaya kadar indirilmiş ve farklı simülasyon ortamları denenmiştir.

4.3.1. KPTC'da 10' UV + 10' Yağmur + 10' Enfraruj + Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz) Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları

Deney Serisi : KX, SİL, SX

Deney Numunesi : 5x5x5 ve 4x4x4 cm Maktralı Kalker (Küfeki) 3'er adet.

Deney Şartları :

- 10 Dakika UV (mor ötesi ışınlar) Etkisi
- 10 Dakika Yağmur Etkisi
- 10 Dakika Enfraruj (kızıl ötesi ışınlar) Etkisi
- Süresiz Zemin -Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz)

Deney Ortamı :

- Ortam Sıcaklığı Ortalama : 28 °C
- Ortam Nemi Ortalama : % 70
- Ortam UV Değeri Ortalama: 2.92 mW/cm²

Bu deney serisinde koruyucu malzeme olarak Silan ve Siloksan kullanılmıştır. Tüm etkiler bir deney periyodu içinde verilmiştir.

Toprak simülasyonu hazırlanırken, doğal taş numunelerin altına keçe yerleştirilmiş ve % 20' lik Na₂SO₄ çözeltisi de yağmur suyuna katılarak zeminde de tuz etkisi sağlanmıştır.

Her deney tekrarı 30 dakika sürmüş ve deney 5 saatte tamamlanmıştır. Her tekrardan sonra numuneler hassas terazide tartılmıştır. Ortam sıcaklığı 10 dakika UV ve 10 dakika Enfraruj verildiğinden 28 °C' ye kadar çıkmıştır.

Deneylerin Sonunda:

KX için ortalama : % S_a = 5.728, Q= 0.616 gr/cm²

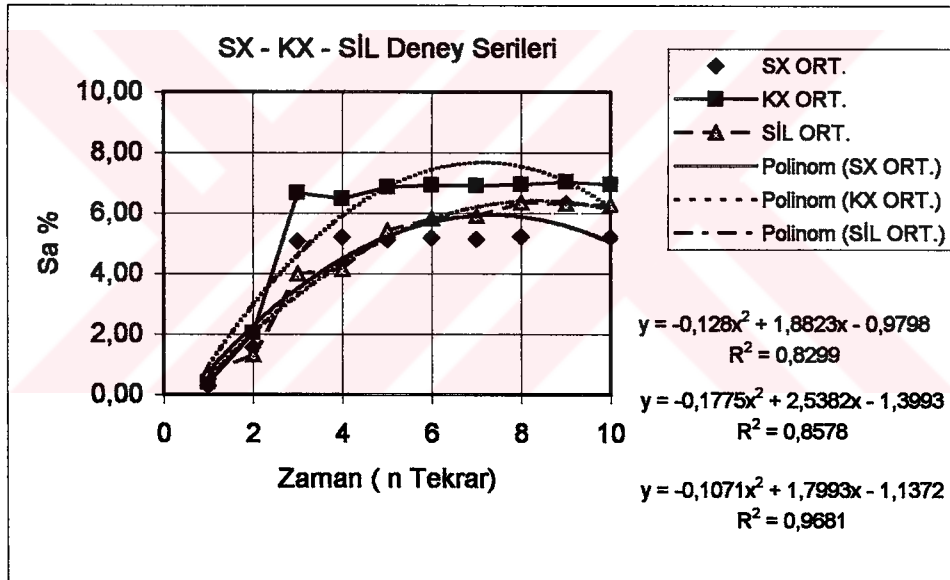
SİL için ortalama : % S_a = 4.635, Q= 0.404 gr/cm²

SX için ortalama : % S_a = 4.443, Q= 0.498 gr/cm²

olarak hesaplanmıştır.

Deney simülasyonunda 10 dakika “Yağmur etkisi”, 10 dakika “UV” etkisi, 10 dakika “Enfraruj etkisi”, süresiz tuz ile zemin (toprak) etkisi bir arada ve uzun sürelerle verildiğinden su emme değerleri koruyucu sürülen taşlarda bile çok fazla olmuştur.

Deney serisinde kullanılan Maktralı Kalkerde (Küfeki), koruyucu sürülmeyen numunenin, KPTC’ da tüm ölçümlerden sonra ağırlıkça ortalama su emme değeri % $S_a = 5.728$ ’dir. ASTM C 568-79’a göre ağırlıkça su emme oranı orta yoğunluklu kireçtaşı için % $S_a = 5.7 < 7.5$ olmalıdır [5]. Bu sonuç, Koruyucu Performansı Test Cihazı’nda yapılan eskitme deneylerinde elde edilen sonuçların standartlara uygunluğunu göstermektedir (Tablo 4.3.1.1.).



Şekil 4.3.1.1. KPTC’ da “10’ UV+10’ Yağmur+10’ Enfraruj + Tuz Etkisi” Deney Simülasyonu Sonuçları (1 Tekrar =30 Dakika)

4.3.2. KPTC’ da 10’Yağmur + 0’UV + 3’ Enfraruj + 0’ Tuz Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları

Deney Serisi : KSUZ, KSİL, KSX

Deney Numunesi : 5 x 5 x 5 cm Maktralı Kalker (Küfeki) 3’er adet

Deney Şartları :

- 10 Dakika Yağmur Etkisi

- 3 Dakika Enfraruj (kızıl ötesi ışınlar) Etkisi
- UV Etkisi verilmedi
- Tuz Etkisi verilmedi
- Süresiz Zemin (toprak) Etkisi

Deney Ortamı :

- Ortam Sıcaklığı Ortalama : 20.5 °C
- Ortam Nemi Ortalama : % 75
- Ortam UV Değeri Ortalama : 0.41 mW/cm²

Bu deney serisinde, koruyucu malzeme olarak Silan ve Siloksan kullanılmış ve koruyucu sürülmemiş numune ile karşılaştırılmıştır. Bölüm 4.3.1.'de önce 10 dakika UV etkisi, daha sonra ise tüm etkiler verildiği için bu deney simülasyonunda doğadaki ıslanma-kuruma periyodu da dikkate alınarak önce 10 dakika yağmurlama yapılmış, daha sonra 3 dakika Enfraruj (kızıl ötesi ışınlar) verilmiş, UV ve tuz etkisi kaldırılarak etkinlikleri test edilmiştir.

Her deney tekrarı 13 dakika sürmüş ve deney 3 saat 2 dakikada tamamlanmıştır. Her tekrardan sonra numuneler hassas terazide tartılmıştır. UV etkisi verilmediği ve 3 dakika Enfraruj etkisi olduğundan dolayı ortam fazla ısınmamış 19-20 °C arasında kalmıştır.

Deneylerin sonunda;

KSUZ için ortalama : % S_a = 6.036 Q = 0.665 gr/cm²

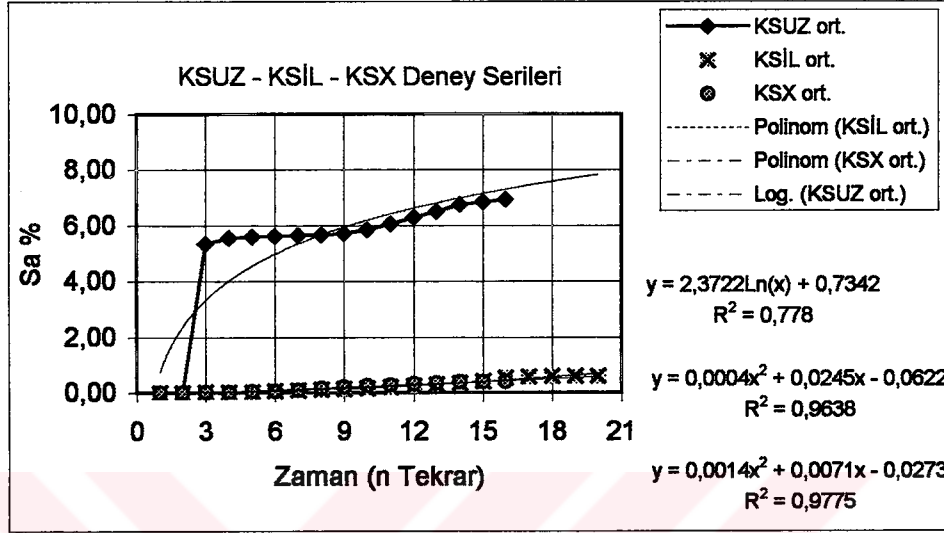
KSİL için ortalama : % S_a = 0.282 Q = 0.032 gr/cm²

KSX için ortalama : % S_a = 0.211 Q = 0.025 gr/cm²

olarak hesaplanmıştır.

Deney ortamında 10 dakika yağmur yağdırıldığı için koruyucu sürülmeyen taşa su emme miktarı çok fazla olmuştur. Buna karşılık UV (mor ötesi ışınlar) etkisi olmadığı ve Tuz etkisi de uygulanmadığı için koruyucu sürülen numunelerde bozulma az olmuş (Siloksan sürülen numunelerde 4 tekrar sonrası parça kopması olduğundan deneye devam edilmemiştir), her iki koruyucu da çok fazla su

emilmesini engellemiş ve hidrofoblaştırıcı özelliklerini korumuşlardır (Tablo 4.3.2.1., Tablo 4.3.2.2., Tablo 4.3.2.3.).



Şekil 4.3.2.1. KPTC' da " 10' Yağmur + 0' UV + 3' Enfraruj + 0' Tuz " Deney Simülasyonu Sonuçları (1 Tekrar = 13 dakika)

4.3.3. KPTC' da 10'Yağmur + 3' UV + 0' Enfraruj + Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz) Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları

Deney Serisi : SXW, SXWSUZ

Deney Numunesi : 4x4x4 cm Maktrahı Kalker (Küfeki) 3'er adet

Deney Şartları :

- 10 Dakika Yağmur Etkisi
- 3 Dakika UV Etkisi
- Süresiz Zemin -Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz)
- Enfraruj Etkisi verilmedi

Deney Ortamı :

- Ortam Sıcaklığı Ortalama : 22 °C
- Ortam Nemi Ortalama : % 70
- Ortam UV Değeri Ortalama: 2.81 mW/cm²

Bu deney serisinde koruyucu malzeme olarak sadece Siloksan kullanılmıştır. 10 dakika Yağmur etkisi ve 3 dakika UV etkisi verilirken, Enfraruj etkisi uygulanmamış, fakat tuz ve zemin etkisi sabit bırakılmıştır, böyle bir simülasyon ortamında Enfraruj etkisinin verilmemesi su emme değerlerini fazla etkilememiştir.

10 dakika yağmur, 3 dakika UV etkisi olduğu ve Enfraruj verilmediği için ortam 22 – 23 °C arasında değişmiş, nem oranı ise, ilk 10 dakikada artmakla birlikte, 3 dakika UV etkisinden sonra % 70'lerde kalmıştır.

Bu deney serisinde ıslanma-kuruma periyodu, Enfraruj olmadan simülize edilmiş, Enfraruj etkisi test edilebilmiştir. Yapılan deneylerde çok fazla etkisi olmadığı ortaya çıkmıştır.

Deney tekrarı 13 dakika sürmüştür ve deney 2 saat 10 dakikada tamamlanmıştır.

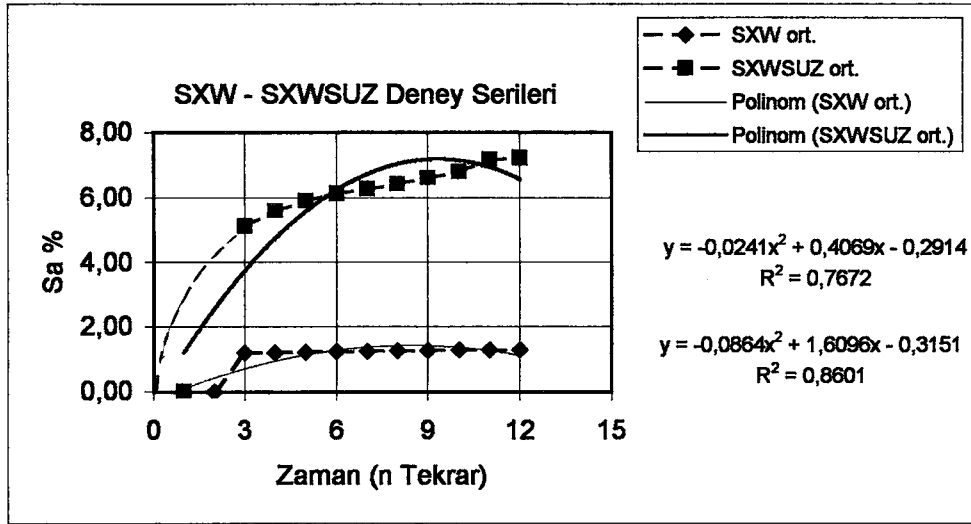
Deneylerin Sonunda :

SXWSUZ için ortalama : % $S_a = 6.305$ $Q_{ort} = 0.587 \text{ gr/cm}^2$

SXW için ortalama : % $S_a = 1.258$ $Q_{ort} = 0.116 \text{ gr/cm}^2$

olarak hesaplanmıştır.

Koruyucu sürülen ve sürülmeyen taşlardaki su emme farkı Siloksanın koruyucu özelliğini ispatlamaktadır (Tablo 4.3.3.1., Tablo 4.3.3.2.).



Şekil 4.3.3.1. KPTC' da 10' Yağmur + 3' UV + 0' Enfraruj +Tuz Etkisi Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları (1 Tekrar = 13 dakika)

4.3.4. KPTC' da 3' UV + 3' Yağmur + 3' Enfraruj + Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz) Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları

Deney Serisi : KEUZ, KSE

Deney Numunesi : 4x10 cm Maktrah Kalker (Küfeki) 3'er adet

Deney Şartları :

- 3 Dakika UV Etkisi
- 3 Dakika Yağmur Etkisi
- 3 Dakika Enfraruj Etkisi
- Süresiz Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz)

Deney Ortamı :

- Ortam Sıcaklığı Ortalama : 24 °C
- Ortam Nemi Ortalama : % 75
- Ortam UV Değeri Ortalama: 2.85 mW/cm²

Bu deney serisinde, süre daha da kısaltılarak 10 dakikalık etkiler yerine, 3 dakikalık etkiler denenmiştir. Koruyucu sürülen ve sürülmeyen doğal taş numuneler 3 dakika

UV, 3 dakika Yağmur, 3 dakika Enfraruj etkisine tabi tutulurken, zemin ve tuz sabitliği de devamlı mevcuttur. Koruyucu olarak Siloksan seçilmiştir.

UV etkisi verilirken ortam sıcaklığı 29 °C'ye kadar çıkıp, nem oranı % 65'e kadar düşebilmekte, fakat tekrar sonunda sıcaklık 24 °C'ye düşüp; nem oranı % 75'e çıkmaktadır. Taş yüzeyi ise, 23.7 °C sıcaklıkta ve 1.62 mW/cm² olarak ölçülmüştür.

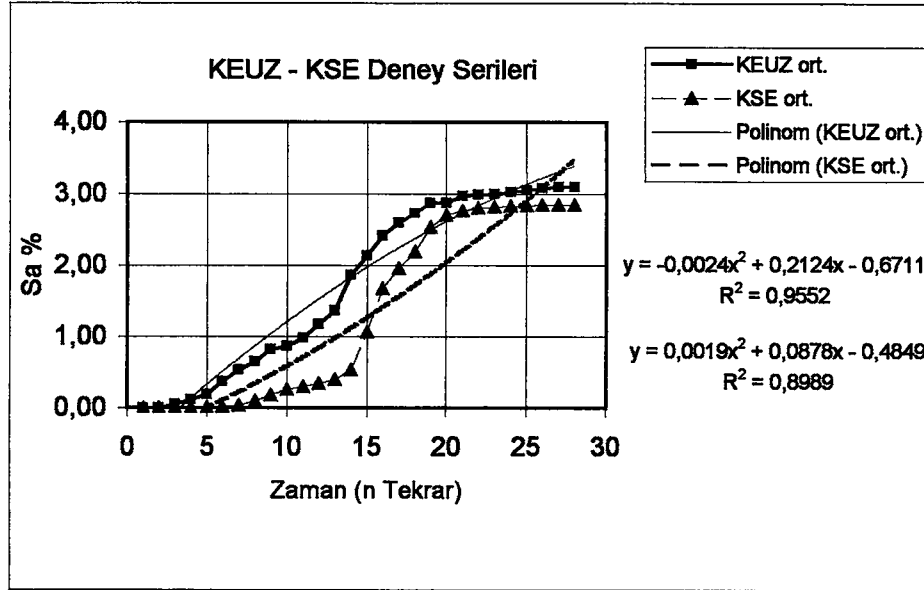
Deney tekrarı 9 dakikaya inmiş ve deney 234 dakikada tamamlanmıştır. Doğal taş kullanılmasından dolayı taşın kendi özelliklerine bağlı olarak bu deney serisinde tekrar sayısı 26'ya çıkmış ve ayrışmalar ancak bu tekrardan sonra başlamıştır.

Deneylerin Sonunda :

KEUZ için ortalama : % S_a = 1.881 Q = 0.267 gr/cm²

KSE için ortalama : % S_a = 1.417 Q = 0.204 gr/cm²

Deneylerde kullanılan taşın özelliği burada da kendini göstermiş, koruyucu kullanılmayan numuneler, Siloksan sürülen numunelere göre çok farklı su emme değerlerine ulaşmamışlardır. Burada UV – Yağmur – Enfraruj döngüsü de etkindir, çünkü taşta su emme devam ederken, ışınların etkisiyle kuruma da olmaktadır. Buna rağmen Siloksan doğal taş numunede az da olsa etkili olmuştur (Tablo 4.3.4.1., Tablo 4.3.4.2.).



Şekil 4.3.4.1. KPTC' da "3' UV + 3' Yağmur + 3' Enfraruj + Tuz Etkisi" Deney Simülasyonu Sonuçları (1 Tekrar = 9 Dakika)

4.3.5. KPTC' da 3' UV + 3' Yağmur + 0' Enfraruj + 0' Tuz Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları

Deney Serisi : KWSUZ, SO-5, KW-6

Deney Numunesi : 4x4x4 cm, Maktralı Kalker (Küfeki) 3'er adet

Deney Şartları :

- 3 Dakika UV Etkisi
- 3 Dakika Yağmur Etkisi
- Enfraruj Etkisi verilmedi
- Tuz Etkisi verilmedi
- Süresiz Zemin (toprak) Etkisi

Deney Ortamı :

- Ortam Sıcaklığı Ortalama : 21 °C
- Ortam Nem Ortalama : % 72
- Ortam UV Değeri Ortalama : 2.6 mW/cm²

Bu deney serisinde, koruyucu olarak Siloksan seçilmiştir. Performansını daha iyi ölçebilmek için 3 numunenin 5 yüzüne, 3 numunenin 6 yüzüne Siloksan sürülmüştür. Daha önceki deneylerden farklı olarak 5 yüzüne Siloksan sürülen numunelerde 10. tekrara kadar koruyucusuz yüzey, toprak etkisine maruz bırakılırken, 11. tekrarda ters çevrilerek UV etkisine maruz bırakılmıştır. 11. tekrarda (60 dakika) su damlacıkları halen koruyucu sürülen numunelerde emilmez iken 13. tekrardan sonra (78.dakika) su damlacıkları yüzeyde yayılmaya başlamışlardır (Ek. Resim 4.1.8.).

Numuneler UV etkisi altında iken ortam sıcaklığı 29 °C, nem oranı % 60 iken, yağmur etkisinde kabın ısı, 20 °C' ye kadar düşmekte, nem % 75'e çıkmaktadır.

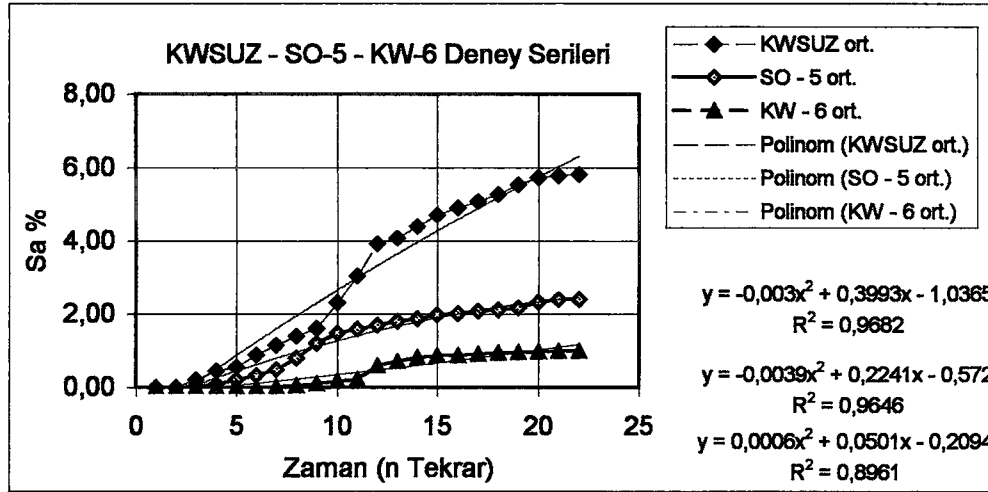
Her deney tekrarı 6 dakikaya inmiş ve deney 2 saatte tamamlanmıştır. 20. tekrarda ayrışmalar başladığından deney sona erdirilmiştir.

Deneilerin Sonunda :

KWSUZ için Ortalama	: % $S_a = 3.346$	$Q = 0.292 \text{ gr/cm}^2$
SO-5 için Ortalama	: % $S_a = 1.463$	$Q = 0.131 \text{ gr/cm}^2$
KW-6 için Ortalama	: % $S_a = 0.516$	$Q = 0.046 \text{ gr/cm}^2$

olarak hesaplanmıştır.

Koruyucu sürülmeyen numuneler, 6 yüz Siloksan sürülen numunelere göre yaklaşık 6.5 kat, 5 yüz Siloksan sürülen numunelere göre ise yaklaşık 2.5 kat daha fazla su emmişlerdir. 5 yüz Siloksan sürülen numuneler ise, 6 yüz Siloksan sürülen numunelere göre 2.8 kat fazla su emmişlerdir (Tablo 4.3.5.1. , Tablo 4.3.5.2., Tablo 4.3.5.3.).



Şekil 4.3.5.1. KPTC' da "3' UV + 3' Yağmur + 0' Enfraruj + 0' Tuz" Deney Simülasyonu Sonuçları (1 Tekrar = 6 Dakika)

4.3.6. KPTC' da 3' Enfraruj + 3' Yağmur + 0' UV + 0' Tuz Simülasyon Deneyleri ve Sonuçları

Deney Serisi : UVSUZ, UV-5 UV-6,

Deney Numunesi : 7x7x7 cm, Maktralı Kalker (Küfeki) 3'er adet

Deney Şartları :

- 3 Dakika Enfraruj (kızıl ötesi ışınlar) Etkisi
- 3 Dakika Yağmur Etkisi
- UV Etkisi verilmedi
- Tuz Etkisi verilmedi
- Zemin (toprak) Etkisi verilmedi

Deney Ortamı :

- Ortam Sıcaklığı Ortalama : 26 °C
- Ortam Nemi Ortalama : % 75
- Ortam UV Değeri Ortalama: 0.379 mW/cm²

KPTC' da etkenlerin zararlarını kesinleştirmek için, daha önceki deneylerden de koruyucu malzemeyi en çok bozan UV ve tuz etkisi ile zeminden gelen tuz ve su

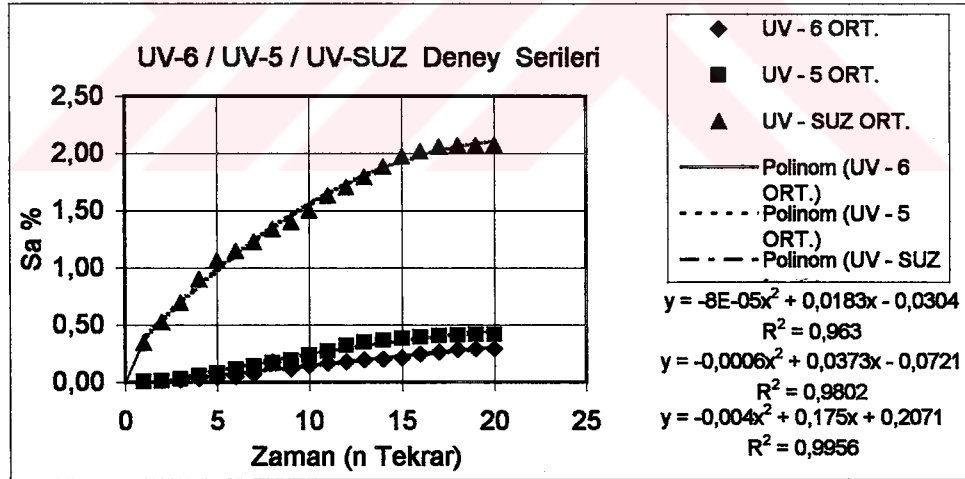
etkisi (toprak) kesilerek, sadece 3 dakika yağmur ve 3 dakika Enfraruj etkisi verilmiştir. Koruyucu malzeme olarak Siloksan kullanılmıştır. Numuneler koruyucusuz, 5 yüz koruyucu sürülmüş ve 6 yüz koruyucu sürülmüş olarak 3'er adet hazırlanmıştır. Ortamda, Enfraruj etkisiyle ısı artarken, ondan sonra verilen yağmur etkisi ile nem de artmıştır. UV etkisi olmadığından UV değeri çok düşük çıkmıştır.

Deney tekrarı 6 dakika sürmüştür ve deney 20 tekrar sonunda 2 saatte sonuçlandırılmıştır.

Deneylerin Sonunda:

UVSUZ için Ortalama	: % $S_a = 1.469$	$Q = 0.339 \text{ gr/cm}^2$
UV-5 için Ortalama	: % $S_a = 0.238$	$Q = 0.055 \text{ gr/cm}^2$
UV-6 için Ortalama	: % $S_a = 0.151$	$Q = 0.035 \text{ gr/cm}^2$

olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.3.6.1.).



Şekil 4.3.6.1. KPTC' da "3' Enfraruj + 3' Yağmur + 0' UV + 0' Tuz" Deney Simülasyonu Sonuçları (1 Tekrar = 6 Dakika)

4.3.7. KPTC' da Koruyucu Malzeme Performansı Ölçüm Deneyleri

Deney Serisi : YSUZ, YSX

Deney Numunesi : 5 x 5 x 5 cm, Maktralı Kalker (Küfeki), 3'er adet

Deney Şartları : 1 saat, 8 saat, 24 saat, 48 saat ve 72 saat

- 3 Dakika Yağmur Etkisi
- 3 Dakika UV Etkisi
- 3 Dakika Enfraruj Etkisi
- Süresiz Zemin – Toprak Etkisi (% 25 Na₂SO₄ ile + Tuz)

Deney Ortamı :

- Ortam sıcaklığı Ortalama : 27 °C
- Ortam Nemi Ortalama : % 71
- Ortam UV Değeri Ortalama : 2.91 mW /cm²

Tüm deney simülasyonları tamamlandıktan sonra, KPTC' da koruyucu malzemenin, taşın ömrüne katkısını ölçmek amacıyla, koruyucu malzeme olarak seçilen Siloksan özelliğini yitirdikçe tekrar numunelere sürülerek, yeni bir deney simülasyonu yapılmıştır. Deneylerde 1 saat, 8 saat, 24 saat, 48 saat ve 72 saat (NORMAL 7/81) sonunda ölçümler yapılmıştır [68]. Tuz etkisinin daha çabuk görülebilmesi için ortalama % 25 oranında Sodyum Sülfat (Na₂SO₄.10H₂O) tuzu içeren çözelti hem yağmur etkisinde, hem de zemin-toprak simülasyonunda verilmiştir. Her tekrarda; 3' Yağmur + 3' UV + 3' Enfraruj + (% 25 Na₂SO₄ ile) Tuz etkisi verilmiştir.

Koruyucu sürülmeyen doğal taş numunelerde (YSUZ Serisi) daha ilk periyot sonunda, ağırlıkça su emme oranı çok fazla olmuş ve hemen sürekli rejim bölgesine geçerek, doygunluğa ulaşmıştır. Son periyotta (72. saat) parça kopmalar başlamıştır. Yapılan son deneylerde laboratuvar ortamında en az bekletilen Maktralı Kalker kullanıldığı için (özellikle koruyucu performansını ölçmek için tercih edilmiştir) ayrışmalar önceki deney simülasyonuna göre daha geç olmuştur.

Koruyucu sürülen doğal taş numunelerde (YSX Serisi) ise, 1, 8, 24, 48 ve 72 saat sonra ölçümler yapılmış ve koruyucu sürülmeyen doğal taş numunelerle aynı periyotlar uygulanmıştır. Her ölçüm sonunda, numuneler etüvde 4 saat kurutulmuş, koruyucu malzeme tekrar doğal taş malzemeye sürülerek deneylere devam edilmiştir.

Deneylerin Sonunda:

1. Periyotta yaklaşık 1 saat sonunda (3+3+3 = 9 dakika 1 periyottur, 7 periyot 63 dakika),

YSUZ için Ortalama : % $S_a = 8,270$ $Q = 1,463 \text{ gr/cm}^2$

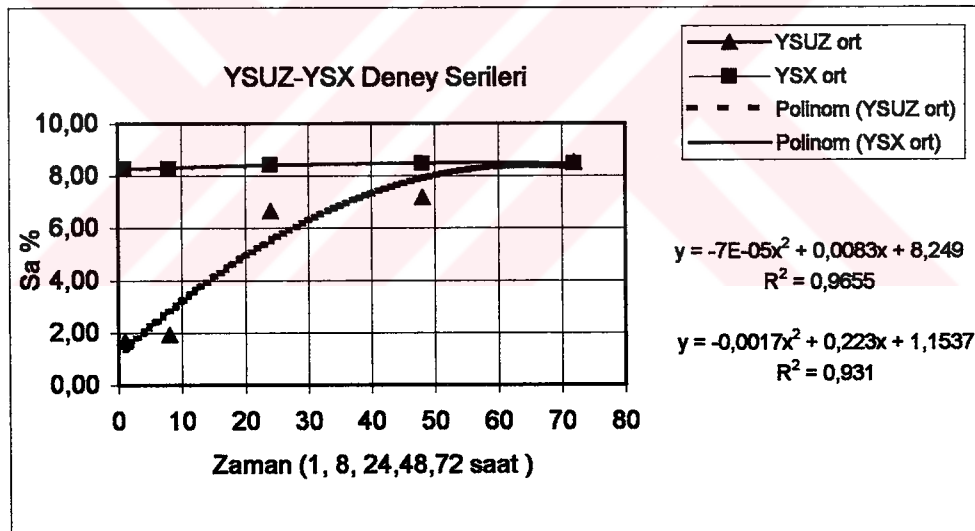
YSX için Ortalama : % $S_a = 1,673$ $Q = 0.175 \text{ gr/cm}^2$

5. Periyotta yaklaşık 72 saat sonunda (3+3+3 = 9 dakika 1 periyottur, 480 periyot 4320 dakika), tüm periyotlar sonunda

YSUZ için Ortalama : % $S_a = 8,387$ $Q = 1,476 \text{ gr/cm}^2$

YSX için Ortalama : % $S_a = 5,188$ $Q = 0,544 \text{ gr/cm}^2$

olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.3.7.1., Tablo 4.3.7.2). Deneylerin sonuçlarının grafik anlatımı Şekil 4.3.7.1.' de verilmiştir.



Şekil 4.3.7.1. KPTC' da YSUZ- YSX Serileri Deney Simülasyonu Sonuçları

Yapılan deneyler, tuz çözeltisini, UV ve yağmur etki süresini arttırmanın, su emme değerlerini doğrudan etkilediğini göstermiştir. Özellikle tuz etkisiyle siloksan ağları parçalanmaktadır. Bu nedenle sağlama etkisi azalmakta, su-itici (hidrofoblaştırıcı) etkisi ise bir süre daha devam etmektedir. Buna rağmen koruyucu malzemeyi tekrarlayarak sürmek ayrışmayı ve dayanma süresini arttırmış, önceki

bölümlerde KPTC' da yapılan deneylerde, doğal taş numunelerde en fazla 5 saat sonunda ayrışma başlarken, bu deney simülasyonunda 72 saate kadar parça kopma olmamıştır. Koruyucu malzeme olarak kullanılan Siloksanın, taşın ömrünü arttırdığı, dolayısıyla bünyesel koruma ve su-itici (hidrofoblaştırıcı) etki yaptığı deneylerle ispatlanmıştır.



BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ ve ÖNERİLER

5.1. Tek ve Çok Parametrelili Deneylerin Karşılaştırılması

Tek parametrelili deneylerde, her bozulma mekanizması ayrı ayrı uygulandığı için, koruyucu malzeme performansını sağlıklı ölçmek mümkün olmamaktadır. Tek tek doğal ortamı simüle etmek çok uzun sürmekte ve aynı anda iki veya daha fazla etki karşılaştırılmamaktadır.

Yapılan deneysel çalışmada önce tek parametrelili deneyler yapılmış, malzeme koruyucularının doğru şekilde değerlendirilmelerine duyulan ihtiyaç sonucu çok parametrelili deneylerin bir arada ve dönüşümlü uygulanabileceği Koruyucu Performansı Test Cihazı geliştirilmiştir.

KPTC' da yağmur etkisi, güneş ışınımı etkisi (UV ve Enfraruj ışınları), tuz etkisi, zeminden gelen tuz ve su etkisi (toprak) aynı anda ve farklı zamanlarda verilebilmektedir. Ortamın ısı ve nem oranı da her zaman cihaz üzerinde verilmektedir.

Tek ve çok parametrelili deneylerin uygulama zamanları, karşılaştırılmak amacı ile Tablo 5.1.1. ve Tablo 5.1.2.' de verilmiştir. Bu sonuçlara göre;

- Tek parametrelili deneylerde tuz kristalizasyonu deneyi 5 gün, UV deneyleri 13 gün sürerken, KPTC' da yapılan çok parametrelili deneylerde 2 saat süre aynı sonuçlar için yeterli olmaktadır.
- Tek Parametrelili deneylerde, KPTC' da yapılan simülasyon deneylerinde olduğu gibi etkileri karşılaştırmak ve süreleri değiştirmek mümkün olmamaktadır

Tablo 5.1.1.1. Tek Parametrelili Deneylerin Karşılaştırmalı Sonuçları

Bl.	Seri	n Tekrar	S _a %	Q _{ort} =gr/cm ²	Deney Türü	Deney Şartları	Tekrar Süresi	Deney Süresi
32131	KCSUZ _{ort}	3	0,980	0,115	Tuz Kristalizasyonu	%10 Na ₂ SO ₄ çözeltisi ile	24 saat	3 gün = 72 saat
	KC-5 _{ort}	3	0,657	0,073	Tuz Kristalizasyonu	%10 Na ₂ SO ₄ çözeltisi ile	24 saat	3 gün = 72 saat
	KC-6 _{ort}	3	0,543	0,059	Tuz Kristalizasyonu	%10 Na ₂ SO ₄ çözeltisi ile	24 saat	3 gün = 72 saat
32132	TTSUZ	5	6,293	0,582	Tuz Kristalizasyonu	%20 Na ₂ SO ₄ çözeltisi ile	24 saat	5 gün = 120 saat
	TTSX	5	5,840	0,498	Tuz Kristalizasyonu	%20 Na ₂ SO ₄ çözeltisi ile	24 saat	5 gün = 120 saat
32141	TSUZ	10	6,304	0,537	Kılcal Su Emme	20 ± 5 °C su dolu bir kaptta	1, 3, 6..saat	96 saat
	TSX	10	2,682	0,229	Kılcal Su Emme	20 ± 5 °C su dolu bir kaptta	1, 3, 6..saat	96 saat
32181	SSUZ _{ort}	13	7,625	0,834	Ultraviyole Deneyleri	12 saat UV-12 saat su dolu kaptta	13 gün	13 gün = 312 saat
	SU-5 _{ort}	13	5,629	0,635	Ultraviyole Deneyleri	12 saat UV-12 saat su dolu kaptta	13 gün	13 gün = 312 saat
	SU-6 _{ort}	13	4,483	0,521	Ultraviyole Deneyleri	12 saat UV-12 saat su dolu kaptta	13 gün	13 gün = 312 saat

Tablo 5.1.2. KPTC'da Yapılan Çok Parametrelili Deneylerin Karşılaştırmalı Sonuçları

Bl.	Seri	n	Tekrar	S _e %	Q _{ort} =gr/cm ²	Deney Simülasyonu	Deney Ortamı	Tekrar Süresi	Deney Süresi
4.1.1	KX _{ort}	10	10	5,728	0,616	10'UV+10'Y+10'E+TUZ SABİT.	28 °C-%70 nem-2.92 mW/cm ²	30 dakika	300 dak. = 5 saat
4.1.2	SL _{ort}	10	10	4,635	0,404	10'UV+10'Y+10'E+TUZ SABİT.	28 °C-%70 nem-2.92 mW/cm ²	30 dakika	300 dak. = 5 saat
4.1.3	SX _{ort}	10	10	4,443	0,498	10'UV+10'Y+10'E+TUZ SABİT.	28 °C-%70 nem-2.92 mW/cm ²	30 dakika	300 dak. = 5 saat
4.1.4	KSUZ _{ort}	14	14	6,036	0,665	10'Y+0'UV+3'E+0' TUZ	20,5 °C-%75 nem-0.41 mW/cm ²	13 dakika	182 dak.=3 saat + 2 dak.
4.1.5	KSIL _{ort}	18	18	0,282	0,032	10'Y+0'UV+3'E+0' TUZ	20,5 °C-%75 nem-0.41 mW/cm ²	13 dakika	234 dak. = 3 saat + 54 dak.
4.1.6	KSX _{ort}	14	14	0,211	0,025	10'Y+0'UV+3'E+0' TUZ	20,5 °C-%75 nem-0.41 mW/cm ²	13 dakika	182 dak.=3 saat + 2 dak.
4.1.7	SXWSUZ _{ort}	10	10	6,305	0,587	10'Y+3'UV+0'E+TUZ SABİT.	22 °C-%70 nem-2.81 mW/cm ²	13 dakika	130 dak.=2 saat + 10 dak.
4.1.8	SXW _{ort}	10	10	1,258	0,116	10'Y+3'UV+0'E+TUZ SABİT.	22 °C-%70 nem-2.81 mW/cm ²	13 dakika	130 dak.=2 saat + 10 dak.
4.1.9	KEUZ _{ort}	26	26	1,881	0,267	3'UV+3'Y+3' E+ TUZ SABİT.	24 °C-%75 nem-2.85 mW/cm ²	9 dakika	234 dak. = 3 saat + 54 dak.
4.1.10	KSE _{ort}	26	26	1,417	0,204	3'UV+3'Y+3' E+ TUZ SABİT.	24 °C-%75 nem-2.85 mW/cm ²	9 dakika	234 dak. = 3 saat + 54 dak.
4.1.11	KWSUZ _{ort}	20	20	3,346	0,292	3'UV+3'Y+0' E+0' TUZ	21 °C-%72 nem-2.6 mW/cm ²	6 dakika	120 dak. = 2 saat
4.1.12	SO-5 _{ort}	20	20	1,463	0,131	3'UV+3'Y+0' E+0' TUZ	21 °C-%72 nem-2.6 mW/cm ²	6 dakika	120 dak. = 2 saat
4.1.13	KW-6 _{ort}	20	20	0,516	0,046	3'UV+3'Y+0' E+0' TUZ	21 °C-%72 nem-2.6 mW/cm ²	6 dakika	120 dak. = 2 saat
4.1.14	UVSUZ _{ort}	20	20	1,469	0,339	3'E+3'Y+0'UV+0' TUZ	26 °C-%75 nem-0.379 mW/cm ²	6 dakika	120 dak. = 2 saat
4.1.15	UV-5 _{ort}	20	20	0,253	0,058	3'E+3'Y+0'UV+0' TUZ	26 °C-%75 nem-0.379 mW/cm ²	6 dakika	120 dak. = 2 saat
4.1.16	UV-6 _{ort}	20	20	0,151	0,035	3'E+3'Y+0'UV+0' TUZ	26 °C-%75 nem-0.379 mW/cm ²	6 dakika	120 dak. = 2 saat
4.1.17	YSUZ _{ort}	5	5	8,387	1,476	3'Y+3'UV+3'E+TUZ SABİT.	27 °C-%71 nem-2.91 mW/cm ²	9 dakika	72 saat = 4320 dak.
4.1.18	YSX _{ort}	5	5	2,694	0,299	3'Y+3'UV+3'E+TUZ SABİT.	27 °C-%71 nem-2.91 mW/cm ³	9 dakika	72 saat = 4320 dak.

5.2. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, doğal taş koruyucu malzemelerin doğru şekilde değerlendirme metotlarına duyulan ihtiyaçlar sonucu ortaya çıkmıştır. Bu sonuca ulaşabilmek için en uygun parametreler ve en etkin deneyler seçilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, malzeme koruyucularının kullanım amacı irdelenmiş, doğal taş malzemedeki bozulmaya neden olan faktörlere kısaca değinilmiştir. Bu faktörlere karşı koruyucu malzemenin gerekliliği vurgulanmıştır. Bozulma mekanizmalarının doğru tespit edilmesi, uygulanacak koruyucu malzemenin seçimi için zorunluluktur. Bununla beraber doğal ortamın şartları laboratuvar ortamında simüle edilerek deneyler yapılmalıdır. Her koruyucu malzeme, korunacak her malzeme üzerinde farklı etki gösterdiğinden, deneyler yapılmadan orijinal yapı malzemesi üzerinde uygulanmamalıdır. Deney yapılmadan gerçekleştirilen uygulamalar geri dönüşümsüz hatalara yol açabilmektedir.

Yapılan geniş literatür çalışmaları, Türk Standartlarının ve ülkemizde yapılan restorasyon çalışmalarının genel anlamda yetersiz olduğunu göstermiştir. Restorasyon ve konservasyon konusunda ileri düzeyde çalışmalar yapan diğer ülkelere bakıldığında, tek ve çok parametrelilik deney metotları, laboratuvar ortamında atmosferik şartlar simüle edilerek uygulanmaktadır. Çıkan deney sonuçlarına göre de koruyucu malzemenin yapıya uygunluğu ile ilgili kararlar verilmektedir.

Çalışmada öncelikle, TSE, ASTM, DIN, NORMAL Standartları ve ICCROM ve UNESCO'nun konuyla ilgili standart ve çalışmaları esas alınarak, tek parametrelilik deney metotları, daha sonra çok parametrelilik deney metotları kullanılmıştır. Çalışma şartları, zamandan tasarruf etmek ve hepsinden önemlisi çok parametreyi bir arada uygulamak için yeni bir deney metoduna ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Bu amaçla doğal taşta, en fazla zarar veren etkenler tespit edilmiş (2. Bölüm), şartların öngördüğü ölçüde bir "Koruyucu Performansı Test Cihazı" geliştirilmiştir.

Koruyucu Performansı Test Cihazında, Yağmurlama - ayarlanabilir süreli -, Güneş Işınımları; UV (mor ötesi) - ayarlanabilir süreli -, Enfraruj (kıızıl ötesi) - ayarlanabilir süreli -, Zemin suyu (kapilarite, kılcal su emme) süresiz, Tuz kristalizasyonu süresiz, olarak numunelere verilebilmektedir. Cihazın kontrol ünitesi ile ıslanma kuruma periyotlarının önceliğini ve süresini değiştirmek mümkündür. Tuz etkisi, sistemdeki suya Na_2SO_4 çözeltisi katılmayarak kaldırılmaktadır. Ayrıca su tahliye vanası kapatılarak, su emme etkisi (daldırma yöntemi de) uygulanabilmektedir. Aynı şekilde, doğal taş malzemenin, topraktan su emme özelliğinin simüle edildiği keçe kaldırılarak zemin suyu tahliye edilerek bu etken de uygulanmamaktadır. Cihazda varolan termometre ve hidrometre ile ortam sıcaklığı ve bağıl nem de ölçülebilmektedir. UV-meter ile ölçüm elle yapılmaktadır.

- Yapılan ön deneylerde, korunacak malzeme olarak, ülkemizde tarihi eserlerde en fazla kullanılan ve diğer doğal taşlara göre oluşumundan ve bünyesel yapısından dolayı çabuk bozulan Maktralı Kalker (Küfeki) seçilmiştir.
- Koruyucu malzeme olarak Siloksan, Silan seçilmiştir (Literatürdeki uygulamalarda en fazla Siloksanın tercih edildiği görülmüştür). Yapılan deneyler ve uygulamalar Siloksanın, hem yüzeysel su iticilik, hem de bünyesel koruma ve sağlamlaştırma sağladığını, Silan'ın ise sadece yüzeysel koruma sağladığını göstermiştir. Bu nedenle başlangıçta Silan ve Siloksan kullanılırken bu özelliklerinden dolayı Siloksan ile deneye devam edilmiştir.
- Koruyucu Performansı Test Cihazı'nda yapılan deneylerde, meteorolojik veriler dikkate alınarak simülasyon ortamı yaratılmış, deney sonuçları cihazdaki ortamın, meteorolojik verilerle uygunluk gösterdiğini belirlemiştir.
- Koruyucu Performansı Test Cihazı'nın tek parametrelili deneyler ile karşılaştırıldığında çalışma süresini çok kısalttığı ve hızlandırılmış eskitme deneyleri yapılırken çıkan sonuçların ASTM C 568-79'da belirtilen şartlara uygun olduğu görülmüştür.

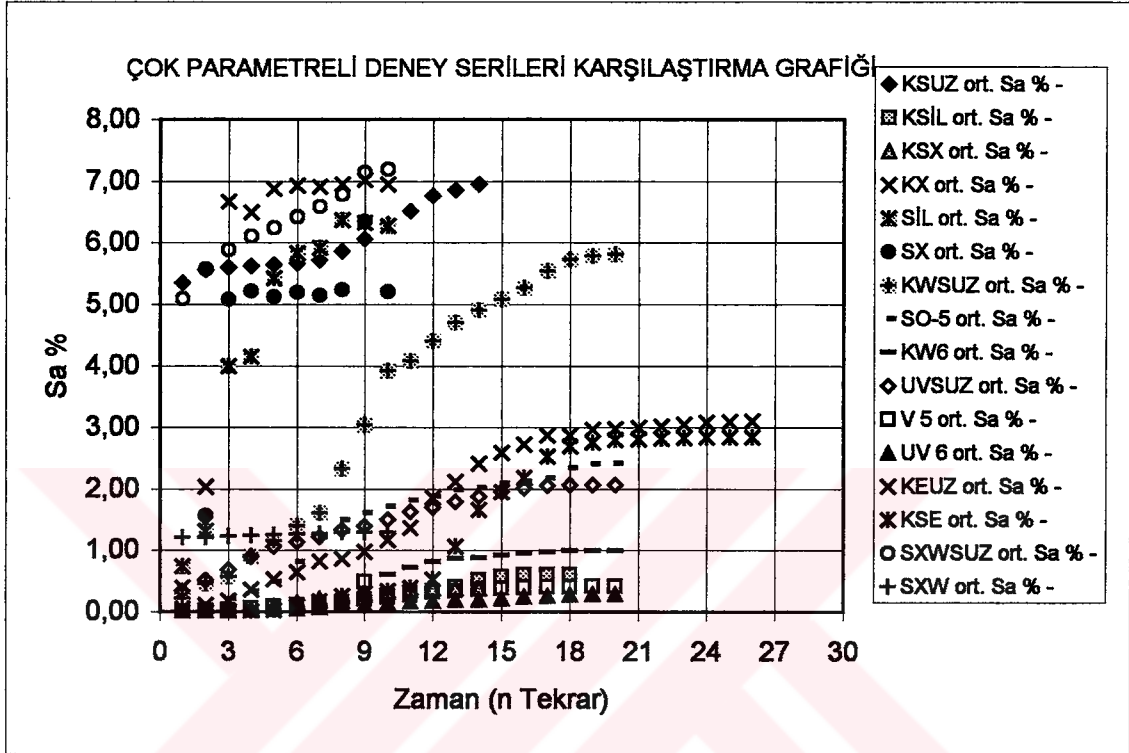
- Deneyleerde kullanılan doğal taş numunenin (maktralı kalker) özelliklerinin belirlenmesi için birim hacim ağırlık, kütleece ve hacimce su emme, deneyleeri yapılmıştır (Bölüm 3.1.1., 3.1.2.).
- Maktralı kalker ve kullanılan koruyucu malzemenin (Siloksan) özelliklerinin ve deney sürelerinin belirlenmesi, su, tuz ve UV etkilerinin araştırılması için kılcal su emme, tuz kristalizasyonu ve UV deneyleeri yapılmıştır (Bölüm 3.2.).
- Koruyucu malzemenin tesir derinliği (Penetrasyon) deney yapılarak Silan için 12 mm, Siloksan için 8-9 mm olarak hesaplanmıştır (Bölüm 3.2.1.2.1.). Tüm numunelerde koruyucu sürüldükten sonra yapılan tartımlarda, emilen miktar ortalama 0.06 gr/cm² olarak hesaplanmıştır.
- Damlatma Metodu kullanılarak Siloksanın hidrofoblaştırıcı özelliği irdelenmiştir. UV etkisi altında bile 81. dakikaya kadar su damlasının özelliği bozulmamıştır (Bölüm 3.2.1.5.1.).
- Tek ve çok parametrelili deney sonuçları bölüm 5.1'de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir (Tablo 5.1.1., 5.1.2.).
- Tek parametrelili deneyleerde her bir deney ayrı zamanlarda, 13 gün ve daha fazla sürelerde sonuçlandırılırken KPTC' da deney simülasyonu, 5 saatten, 2 saate kadar indirilebilmiştir.
- KPTC' da yapılan deneyleerde numunelerde bazen ayrışma olduğu halde, koruyucu malzeme hidrofoblaştırıcı etkisini 78. dakikaya kadar korumuştur.
- KPTC' da kabinde UV ve Enfraruj (güneş ışınlmaları) etkisi altında ısı artarken, nem oranı ise yağmur etkisi altında artmaktadır.

- KPTC' da yapılan deney simülasyonları koruyucu sürülen ve sürülmeyen doğal taş numunelerde su emme ve bozulma farklılıkları ortaya koymuştur.
- KPTC' da koruyucunun yüzey uygulamadaki yararları irdelenirken, beş yüz ve altı yüz koruyucu sürülen doğal taş numunelerde beş yüz koruyucu sürülen numunelerin daha fazla su emmesi, uygulamalarda sadece doğal taş duvar yüzeyine koruyucu sürerek, doğal ortamındaki bozulma mekanizmalarının tam olarak engellenmediğini göstermiştir.
- KPTC' da zemin simülasyonu, topraktan gelen tuzların da bozulmaya etkisi olduğunu ve mümkünse (lazer yöntemi ile duvarı parça parça zeminden keserek araya yalıtıcı bir malzeme ile yapılabilmektedir) yapılarda bunun tedbiri alınmasının gerekliliğini göstermiştir.
- KPTC' da yapılan deney simülasyonu, cihazda uygulanan tüm etkenlerin koruyucu malzemenin hidrofoblaştırıcı (su itici) özelliklerini ne kadar bozduğunu belirlemiştir. Buna göre doğal taş malzeme ve koruyucu malzeme üzerinde bozulma ve ayrışmalara en fazla neden olan etken, 2. Bölüm'de üzerinde detaylı olarak durulan tuzlardır. Bununla beraber UV (mor ötesi ışınlar) ışınları da katıları jel, jelleri sıvı hale getirebildiğinden ve dalga boyu (0.2 μm) kısa olduğu ve enerjisi de çok olduğu için, girişkenliği fazladır ve özellikle gözenekli malzemelerde çok etkili olmaktadır. Koruyucu malzeme üzerinde ise gene aynı sebepten dolayı önemli derecede bozulmaya neden olmaktadır. Enfraruj (kızıl ötesi) ışığının ise dalga boyu (8 μm) UV'ye göre daha uzun olduğu için etkisi daha azdır (Bölüm 2.3.3.). Yağmurlama ve zemin suyu olarak verilen su ise, tuzla beraber daha çok etkindir, özellikle koruyucu sürülmeyen doğal taşlarda uzun süreli verilen yağmur simülasyonunda su emme çok artmıştır. Doğal taş malzemedeki, özellikle deneylerde tercih edilen Maktralı Kalkerde (Küfeki), tuz ayrışmayı çok hızlandırmaktadır. Enfraruj ise ortamı ısıtmakla birlikte deney sonuçlarından da görülebileceği gibi UV kadar etkili değildir.

- Boya ve sıva koruyucu malzeme olmakla birlikte doğal taş malzeme üzerinde, özellikle de tarihi eserlerde kullanılması uygun olmayabilmektedir. Çalışmada, doğal taş olarak seçilen Maktralı Kalkerde (Küfeki) boya ve sıva tahribatı bazı durumlarda daha da hızlandırdığı ve tarihi eser koruma kuramları ile çatıştığı için tercih edilmemiştir.
- Tek ve çok parametrelili deneyler karşılaştırıldığında, koruyucu kullanılmayan doğal taş numunelerde, kılcal su emme, UV etkisi ile emilen su miktarı, KPTC' da yapılan deneylerle karşılaştırıldığında benzer sonuçları vermektedir. Sadece Na₂SO₄ çözeltisi ile yapılan tuz kristalizasyonu deneyinde ayrışma çok hızlı başladığından karşılaştırmalı sonuç alınamamıştır.
- KPTC' da hem doğal taş malzeme olarak seçilen Maktralı Kalkerin (Küfeki), hem de koruyucu malzeme olarak seçilen Silan ve Siloksanın özellikleri tespit edilebilmiştir.
- Deneylerde kullanılan koruyucu malzeme olan Siloksanın, doğal taş malzemenin bozulmasında geciktirici unsur olduğu, koruyucusuz, 5 yüz koruyucu sürülen ve 6 yüz koruyucu sürülen numuneler karşılaştırıldığında görülmektedir. Koruyucu sürülmeyen numuneler, 6 yüz koruyucu sürülen numunelere göre 6.5 kat, 5 yüz koruyucu sürülen numunelerde 2.5 kat daha fazla su emmiştir.
- Yapılan deneyler, ölçüm zaman aralığının teoriye göre değil, pratiğe göre seçilmesi gerektiğini göstermiştir. Geçici rejim bölgesinin uzun tutulması ve sık aralıkla ölçüm yapılması deneylerin sürekliliği açısından daha doğru sonuç vermektedir.
- Çalışmada yapılan her deneyde minimum 3'er örnekten 300 numune kullanılmış, ön deneylerle beraber 600 numuneyle sonuçlar elde edilmiştir.

- Deneyleerde korunacak doğal taş malzeme olarak, Maktralı Kalker (Küfeki) seçilmesi, tarihi yapılarıdaki yeri ve bozulma mekanizmalarına karşı tepkisi nedeniyle doğru olmakla beraber, deneyleerin sürekliliği açıısından problem teşkil etmiştir. Koruyucu malzemenin taş ömrünü artırıp, artırmadığını ölçmek amacıyla deneyleer devam ettirilmek istendiği halde, hiç bir deneylee maruz kalmayan numunelerde bile, kendi bünyesel özelliklerinden dolayı ayrışma başlaması ve deneyleerde koruyucu sürülen numunelerde su itici (hidrofoblaştırıcı) etki korunurken bile, ufalanmalar olması, ölçümleri olumsuz etkilemiş ve sağlıklı sonuç alınamayacağı için, laboratuvar ortamında bekleyen numunelerle deneyleelere devam edilememiştir. Bu nedenle aynı taş ocağından yeni numuneler getirilip, özellikleri kontrol edildikten sonra, koruyucu performansını daha uzun sürede görebilmek için deneyleer yapılmıştır (Bölüm 4.3.7).
- Koruyucu malzeme olarak seçilen Siloksanın raf ömrü orijinal ambalajında 12 ay korunurken, laboratuvarında plastik ambalajda 3 ay sonra özelliğini yitirmiş ve bu deneyleerle de tespit edilmiştir. Zaman aralığı açıldıkça özellikle hidrofoblaştırıcı (su – itici) özelliği de azalmıştır.
- Tüm deney sonuçları grafik anlatımla verilmiş, grafiklerde zaman; n tekrar, gün, t, \sqrt{t} dakika olarak, ağırlıkça su emme ise % S_a olarak verilmiştir.
- Tablolarda sağlıklı karşılaştırma açıısından tüm deney sonuçları ağırlıkça su emme % S_a ve taban alanından geçen su miktarı $Q = \text{gr/cm}^2$ olarak verilmiştir.
- Uygulanan etkinin süresi ve sırası, deneyleerdeki geçici rejim bölgesini ve sürekli (kararlı) rejim bölgesini doğrudan etkilemektedir. Bölüm 4.3.1.'deki deneyleerde yağmur etkisi 10 dk. ve önce verildiğinde geçici rejim bölgesi çok kısa sürede tamamlanmakta ve ağırlıkça su emme fazla olmaktadır (Şekil 4.3.3.1.). Buna karşın 4.3.6.'da yapılan deneyleerde önce 3 dk. Enfraruj etkisi

verildiğinde geçici rejim bölgesi süresinin daha uzun olduğu ve ağırlıkça su emme miktarının daha az olduğu görülmüştür (Bölüm 4).



Şekil 5.2.1. KPTC' da Yapılan Çok Parametrelî Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

- KPTC' da yapılan çok parametrelî deney sonuçları karşılaştırılırken (Tablo 5.2.1.), her bir deney serisinin ağırlıkça su emme değerleri % S_a ele alınmıştır. Sonuçlar grafik anlatımı ile verilmiştir. Şekil 5.2.1.'de verilen değerlere bakıldığında deney simülasyonlarının süresine ve etki sırasına göre farklı sonuçlar çıkmakla beraber, koruyucu sürülmeyen doğal taş numunelerde KX, KSUZ, SXWSUZ, KEUZ, KXSUZ, UVSUZ deney serilerine bakıldığında, aynı simülasyonların uygulandığı SİL, SX, KSİL, KXS, SXW, KSE, SO-5, KW, UV-5, UV-6 serilerine göre ağırlıkça su emme miktarlarının fazla olduğu görülmüştür. Koruyucu sürülmeyen doğal taş numunelerde su emme en fazla % $S_a = 6.305$ 'e çıkarken, Siloksan sürülen doğal taş numunelerde su emme en fazla % $S_a = 1.417$ olarak hesaplanmıştır. Sadece KX, SİL, SX (Bölüm 4.3.1.) serilerinde 10 dakika Yağmur, 10 dakika UV, 10 dakika

Enfraruj ve (% 20 Na₂SO₄ ile) Tuz etkisi verildiğinden koruyucu çok fazla etkili olamamış ve Siloksan sürülen doğal taş numunelerde % S_a = 4,443'e kadar yükselmiştir.

- Tüm deney simülasyonları tamamlandıktan sonra, KPTC' da koruyucu malzemenin, taşın ömrüne katkısını ölçmek amacıyla, koruyucu malzeme olarak seçilen Siloksan özelliğini yitirdikçe tekrar numunelere sürülerek, yeni bir deney simülasyonu yapılmıştır. Deneylerde 1 saat, 8 saat, 24 saat, 48 saat ve 72 saat (NORMAL 7/81) sonunda ölçümler yapılmıştır [68]. Tuz etkisinin daha çabuk görülebilmesi için ortama % 25 oranında Sodyum Sülfat (Na₂SO₄.10H₂O) tuzu içeren çözelti hem yağmur etkisinde, hem de zemin-toprak simülasyonunda verilmiştir. Her tekrarda ; 3' Yağmur + 3' UV + 3' Enfraruj + (% 25 Na₂SO₄ ile) Tuz etkisi verilmiştir. Her ölçüm sonunda, numuneler etüvde 4 saat kurutulmuş, koruyucu malzeme tekrar doğal taş malzemeye sürülerek deneylere devam edilmiştir.
- Koruyucu sürülmeyen doğal taş numunelerde (YSUZ Serisi) daha ilk periyot sonunda, ağırlıkça su emme oranı çok fazla olmuş ve hemen sürekli rejim bölgesine geçerek, doygunluğa ulaşmıştır. Son periyotta (72. saat) parça kopmalar başlamıştır.
- 5. Periyotta yaklaşık 72 saat sonunda (3+3+3 = 9 dakika 1 periyottur, 480 periyot 4320 dakika), Koruyucu sürülmeyen doğal taş numuneler (YSUZ Serisi) için Ortalama % S_a = 8.387, Siloksan sürülen doğal taş numuneler (YSX Serisi) için Ortalama % S_a = 5.188 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.3.7.1., Tablo 4.3.7.2.).
- Yapılan deneyler, Tuz çözeltisini, UV ve Yağmur etki süresini arttırmanın, su emme değerlerini doğrudan etkilediğini göstermiştir. Özellikle tuz etkisiyle, siloksan ağları parçalanmaktadır. Bu nedenle sağlamaştırıcı etkisi azalmakta, su-itici (hidrofoblaştırıcı) etkisi ise bir süre daha devam

etmektedir. Buna rağmen koruyucu malzemeyi tekrarlayarak sürmek ayrışmayı ve dayanma süresini arttırmış, önceki bölümlerde KPTC' da yapılan deneylerde, doğal taş numunelerde en fazla 5 saat sonunda ayrışma başlarken, bu deney simülasyonunda 72 saate kadar parça kopma olmamıştır. Koruyucu malzeme olarak kullanılan Siloksanın, taşın ömrünü arttırdığı, dolayısıyla bünyesel koruma ve su-itici (hidrofoblaştırıcı) etki yaptığı deneylerle ispatlanmıştır.

Koruyucu Performansı Test Cihazı' nın yapıldığı dönemde, paralel giden literatür çalışmaları, diğer ülkelerde de benzer çözümler arandığını göstermiştir. Bu da çalışmanın güvenilirliği ve hedefinin doğruluğu açısından belirleyici unsur olmuştur. Benzerlerinden en büyük farkı, zemin – toprak ve tuz etkilerini simülize edebilmesidir (Bölüm 4.1.). Yapıldığı dönemde ülkemizde bilinen benzer bir çalışmaya rastlanmaması, ilk cihaz olması, teknik ve maddi imkanlar nedeniyle bir takım eksiklikleri de olan cihazın, literatür çalışmaları ile birlikte ele alındığında daha da geliştirilebilmesi mümkündür. Atmosferik şartlar simülize edilirken, ortama zararlı gazların verilmesi, donma-çözülme sistemi konulması iç ve dış hava şartlarının farklı kabinlerle temsil edilmesi mümkündür. Bununla beraber KPTC daha çok küçük üreticiyi (boya atölyesi, taş atölyesi gibi) hedeflemesi, ekonomik ve taşınabilir olması, pratik çözüm üretmesi açısından şu andaki konumu ile de yararlı hizmet verebilmektedir.

Korumacılık anlayışında, malzeme, yapı ve çevre ile birlikte bir bütün olarak ele alınmalı ve muhtemel çevresel zararlar azaltmalıdır. Fiziksel bozulma mekanizmalarını denetlemek zordur, fakat kimyasal ve biyolojik etkiler olduğunda, zarar verici etkenlerin kontrolünü sağlamada atılacak adımlar, taş koruma çalışmalarının ön şartıdır. Çalışmada yapılan deneyler, her ne şart altında ve hangi deney aleti ile olursa olsun, restorasyon ve konservasyon çalışmalarında, koruyucu malzeme uygulanmadan önce, bozulma mekanizmalarının doğru tespit edilmesi ve laboratuvar ortamında deney yapılmasının sorumluluk olduğunu göstermiştir.

KAYNAKLAR

- [1] AKMAN S.M., (1990), Yapı Malzemeleri, İ.T.Ü. *İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.*
- [2] AKÖZ, F., (1989), Teras Çatılardaki Çok Katlı Su Tutucu Tabakanın Servis Ömrünü Tahmin İçin Matematik Model Oluşturulması, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- [3] ANADOL, K. ve DEMİRER M., (1995), İ.T.Ü. Taşkılla Binası Tadilat ve Restorasyonu Teknik Yönetmelik, *Yapı Merkezi, İstanbul.*
- [4] ARIOĞLU E.ve ARIOĞLU N.,(1999), Mimar Sinan'ın Taşıyıcı olarak Kullandığı Küfeki Taşının Mühendislik Gizemi, *Mimar Sinan Dönemi Yapı Teknikleri Semineri, Yapı Merkezi, İstanbul.*
- [5] ARIOĞLU, E., (1994), "İstanbul/Sazlıbosna Küfeki Taşının Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması", *Raporu, İstanbul Vakıflar Bölge Md.Arşivi, İstanbul.*
- [6] ARIOĞLU, E.,(1996), İstanbul'un Hava Kirliliği ve Kömür Gerçeği sy: 94-96, *İstanbul dergisi sayı 16, İstanbul.*
- [7] ARNOLD, A., (1975), "Soluble Salts and Stone Weathering", *The Conservation of Stone I, Proceedings of the International Symposium, 2Bologna.*
- [8] ASHURST, J. and DIMES F.G., (1990)., Conservation of Building and Decorative Stone, *Butterworth-Heinemann, London.*
- [9] ASHURST, J.and ASHURST, N., (1990), "Practical Building Conservation – English Heritage Technical Handbook", Cilt: 1, *Stone Masonry, England.*
- [10] ASHURST, N., (1994), Cleanning Historic Buildings Volume 2 Cleaning Materials & Processes, *Donhead Publishing Ltd., London.*
- [11] AYDIN, S., (1987), "Taş ve Ahşap Mimari Anıtların Bozulma Nedenleri ve Onarım Teknikleri", *(Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- [12] BALDAŞ, A.,(1999), İnşaat Terimleri Sözlüğü, *Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.*
- [13] BAYSAL, B., (1981), Polimer Kimyası Cilt 1, *ODTÜ, Ankara.*
- [14] BISCONTIN, G.and GRAZIANO L.,(1993), Conservation of Architectural Surfaces: Stones and Wall Covering, *Il Cardo, Venice.*

- [15] BÖKE H. and GÖKTÜRK E.H. and CANER-SALTIK E.N. and DEMİRCİ Şahinde,(1998), Effect of airborne Particle on SO₂ – *Calcite Reaction, Applied Surface Science, Ankara.*
- [16] CHAROLA, A.E. and LEWIN S.Z., (1979), Examples of Stone Decay Due to Salt Efflorescence, *3.International Congress on the Deterioration and Preservation of Stones, Venezia.*
- [17] CIABACH, J. and LUKASZEWICZ, J.W., (1993), Silicone Emulsion Concentrate VP 1311 As a Water Repellent for Natural Stone, *Conservation of Stone and Other Materials Volume 2, London.*
- [18] Cimitan, L., Rossi, P., R., Torraco, G., (1986), ‘Simulazioni in Cella Climatica’, Simulazione Della Aggressione Atmosferica, su Materiali Lapidari in Presenza di Anidride Solforosa, Arkos Restauro 20, Milano.
- [19] CLIFTON, J.R., (1983), Selection of Cleaning Methods and Materials, *A symposium sponsored by ASTM Committee E-6 on Performance of Building Constructions, Philadelphia.*
- [20] CLIFTON, J.R. (1985), The Weathering of Natural Building Stones, sy: 119.
- [21] Commissione Normal Sottogruppo Sperimentazione Protettivi, (1993) Metodologia Per La Valutazione Di Prodotti Impiegati Come Protettivi Per Materiale Lapideo, Parte 1, Test Trattamento Dei Campioni .
- [22] CURIK., (1996), İstanbul’un Hava Kirliliği Dünü-Bugünü sy: 97-101, *İstanbul dergisi sayı 16, İstanbul.*
- [23] ÇORAPÇIOĞLU, K., (1983), “Doğal Taş Kârgir Yapılarda Taş Ayrışmasının Nedenleri ve Makralı Kalkerler Üzerinde Korumaya Yönelik Bir Araştırma”,(Yayımlanmamış Doktora Tezi), M.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [24] ÇORAPÇIOĞLU, K., (1993), “Taş Ayrışmasının Nedenleri ve Koruma Teknikleri”, M.S.Ü., İstanbul.
- [25] ÇORAPÇIOĞLU, K., (2002), “Yapı Fiziği Açısından Cephelerde Kirlenme Sorunlar ve Önleme İlkeleri” Mimarlık Dekorasyon Dergisi, Sayı: 6, sy: 91-94.
- [26] DRIUSSI G.VALLE and BISCONTIN G., (1985), Porosity and Soluble Salts As Decay’s Parameters of Stone Materials sy:185-194, *5.International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, , Lausanne.*
- [27] ENGELHARDT, W.V., (1970), Poröz Ortam Olarak Sedimanlar, *İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, İstanbul.*

- [28] ERİÇ M., (1994), *Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul.*
- [29] ERİÇ M., (2002), “Eski Eserlerin Korunmasında Önemli Bir Malzeme Sorunu Suda Çözünür Tuzlar”, *Mimarlık, Kültür ve Sanat Dergisi Sayı: 246, sy: 101-103.*
- [30] ERGUVANLI, K.ve AHUNBAY, Z.(1989), “Mimar Sinan’ın İstanbul’daki Eserlerinde Kullandığı Taşların Mühendislik Jeolojisi ve Mimari Özellikleri”, *Mühendislik Jeoloji Bülteni, Sayı-11, İstanbul.*
- [31] ERSEN, A. ve KARAGÜLER M., (1994), “Taşkişla Cephe Restorasyonunda kullanılan plastik onarım harcının Fiziksel Mekanik Özellikleri ve Durabilitesi” Raporu, *Vakıflar bölge Md. Arşivi, İstanbul.*
- [32] ERSEN, A., (1989), Enjeksiyon Şerbetleri, Sorunlar ve Bir uygulama Öncesi Araştırma Denemesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.*
- [33] ERSEN, A., (1991), “Taş Koruma Kuramı ve Uygulamalarının Evrimi” *İ.T.Ü. Mim.Fak.Restorasyon Anabilim Dalı, İstanbul.*
- [34] ERSEN, A., (1991), Korumada Plastik Onarımlar, *İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Restorasyon Anabilim Dalı, İstanbul.*
- [35] ERSEN, A., ve GÜLEÇ, A.(1999), “Maçka Palas Restorasyonu Cephe Konservasyonunda Araştırma ve Uygulama İlkeleri”, *Yapı Dergisi, sy: 209, YEM yayın, İstanbul.*
- [36] ERSEN, A., (1991), Taş Koruma Kuramı ve Uygulama Evrimi, *İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Restorasyon Anabilim Dalı, İstanbul.*
- [37] ERSOY, H.Y.,(1989), Cephelerin Korunması ve Sıva, *İnşaat Dergisi, İstanbul.*
- [38] ESİN, T., (1990), “Konya ve Çevresindeki Tarihi Eserlerde Doğal Taş Malzemenin Bozulma Nedenleri ve Onarımlarda Kullanılacak Uygun Taş Seçimi İçin Bir Çalışma”, *Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.*
- [39] FIELDEN, B.M.,(1982), “Consevation of Historic Buildings”, *ICCROM, London.*
- [40] LITMANN K. und RIECKEN B. und SASSE H.R., (1998), Steinschutzstoffe nach dem Aachener Konzept, *Denkmalpflege und Naturwissenschaft Natursteinkonservierung I, Verbundforschungsprojekt Steinzeall und Steinkonservierung, Stuttgart.*
- [41] FURLAN, V. et GIRARDET F. (1975-1995), Methode D’essai de Vieillissement Accelere pour L’etude des Traitements des Pierres, sy: 713-

729 Laboratoire des materiaux pierreux, E'cole Polytechnique Fedarale de Lausanne, LCP Publications, Lausanne.

- [42] FURLAN, V. et GRATED F., (1976), Methode D'essai de Vieillissement Accelere pour L'etude des Traitements des, The Conservation of Stone 1, Proceedings of the International Symposium, sy: 713-729, Bologna.
- [43] GEMBAL J., (1985), The Capability of aultrasonic Method for Fine Art Stone Object Investigation sy:49-54, *5.International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, , Lausanne.
- [44] GÜLEÇ, A., (1992), "Amt Harç ve Sıvalarının İncelenmesi", *(Yayımlanmamış Doktora Tezi), İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- [45] GÜLEÇ, A.,(1997), Tarihi Yapılarda Koruma: Kimyasal Sağlamaştırıcılar ve Koruyucular, *Yapı Özel Ek. 1: 17-22*
- [46] GÜLEÇ, K, (1979), Fiziko Mekanik Özelliklerinin Ayrışma ve İlişkisi, *(Yayımlanmamış Doktora Tezi), İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- [47] GÜRDAL, E.,(1982) "Anıtlarda ve Yapılarda Kullanılmış Doğal Taşların Bozulmaları ve Korunmaları", *Rölöve Restorasyon Dergisi, 1. Restorasyon Semineri Özel Sayı 4, Vakıflar Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.Honeyborne, D.B., 1990, "Consevation of Building and Decorative Stone", Volume I, Bodmin, Cornwall.*
- [48] GÜRDAL, E. ve ERSEN,A. ve GÜLEÇ A.,(1989), Valens (Bozdoğan) Kemerli Onarımları ve Bir Kireç Taşı İmitasyon Denemesi, *İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi İstanbul.*
- [49] HORIE C.V., (1994), Materials for Conservation Organic Consolidants, Adhesives and Coatings,*Butterworth Heinemann,Cornwall.*
- [50] H.WEBER, (1995), Stone Renovation and Consolidation Using Silicones and Silicis Esters, sy: 375-385.
- [51] KOCATAŞKIN F., (1976), Yapı Mühendislerine Malzeme Bilimi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.*
- [52] KÖSTER Yapı Kataloğu,
- [53] KRUMBEIN W.and BRAAMS, J.and GROTE, G. and GROSS M. and Petersen, K. and SCHOSTAK, V. and WARSCHEID T., (1992), Microbial interactions with buildings stones, with special reference to various cleaning, conservation and restoration techniques, sy: 237-239, *Stone Cleaning and the Nature, Soiling and Decay Mechanisms of Stone, Proceeding of The International Conference held in Edinburgh.*

- [54] KUMAR, R., and KUMAR, A.V., (1999), Biodeterioration of Stone in Tropical Environments an Overview, *The Getty Conservation Institute, U.S.A.*
- [55] LIN S.C. and BULKIN B.J. and PEARCE E.M. (1979), Epoxy Resins 3, Application of Fourier Transform Ir to Degradation Studies of Epoxy Systems, *Journal of Polymer Science, Polymer Chemistry Edition. Volume 17, New York.*
- [56] LITTMANN, K. und RIECKEN B. und SASSE H.R. (1998), Steinschutzstoffe nach dem Aachener Konzept, *Denkmalpflege und Naturwissenschaft Natursteinkonservierung I, Verbundforschungsprojekt Steinzeall und Steinkonservierung, Stuttgart.*
- [57] LITTMANN K. and SASSE H.R. and WAGENER S. and HOCKER H. (1993), Development of Polymers for The Consolidation of Natural Stone, *Conservation of Stone and Other Materials Volume 2, London.*
- [58] MUSLU, Y., (1985), Su Temini ve Çevre Sağlığı, *İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.*
- [59] O'NEILL, H., (1965), Stone For Building, *William Heinemann Ltd., London.*
- [60] OSRAM Ürün Kataloğu
- [61] PALMER, R., (1992), Microbiological damage to building stone: analysis and intervention sy: 239-249, *Stone Cleaning and the Nature, Soiling and Decay Mechanisms of Stone, Proceeding of The International Conference held in Edinburgh.*
- [62] POSTACIOĞLU, B., (1975), Yapı Malzemesi Problemleri, *İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.*
- [63] PRICE, C.A., (1996), Stone Conservation An Overview of Current Research, *Gower Technical Press Ltd., Hants, England.*
- [64] Raccomandazioni Normal Alterazioni dei Materiali Lapidei e Trarramenti Conservativi – Proposte Per L'unificazione dei Metodi Sperimentali di Studio e di Controllo, *CNR Centri di Studio Cause di Deperimento e Metodi di Conservazione Delle Opere D'arte ICR Istituto Centrale del Restauro, Permeabilità al Vapor d'Acqua, 21/85*
- [65] Raccomandazioni Normal Alterazioni dei Materiali Lapidei e Trarramenti Conservativi – Proposte Per L'unificazione dei Metodi Sperimentali di Studio e di Controllo, *CNR Centri di Studio Cause di Deperimento e Metodi di Conservazione Delle Opere D'arte - ICR Istituto Centrale del Restauro, Assorbimento d'Acqua per Capillarità, 11/82 .*

- [66] Raccomandazioni Normal Alterazioni dei Materiali Lapidei e Trarramenti Conservativi – Proposte Per L'unificazione dei Metodi Sperimentali di Studio e di Controllo, *CNR Centri di Studio Cause di Deperimento e Metodi di Conservazione Delle Opere D'arte - ICR Istituto Centrale del Restauro, Dosaggio dei Sali Solubili*, 13/83.
- [67] Raccomandazioni Normal Alterazioni dei Materiali Lapidei e Trarramenti Conservativi – Proposte Per L'unificazione dei Metodi Sperimentali di Studio e di Controllo, *CNR Centri di Studio Cause di Deperimento e Metodi di Conservazione Delle Opere D'arte - ICR Istituto Centrale del Restauro, Misura Dell'angolo di Contatto Acqua-Materiale Lapideo in Condizioni Statiche*, 33/89.
- [68] Raccomandazioni Normal Alterazioni dei Materiali Lapidei e Trarramenti Conservativi – Proposte Per L'unificazione dei Metodi Sperimentali di Studio e di Controllo, *CNR Centri di Studio Cause di Deperimento e Metodi di Conservazione Delle Opere D'arte - ICR Istituto Centrale del Restauro, Assorbimento d'Acqua per Immersione Totale e Capacità d'Imbibizione*, 7/81.
- [69] REDDY, M.M., and SHERWOOD, S.DOE, B.(1985), Limestone and Marble Dissolution by Acid Rain sy:517-526 5.*International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, , *Lausanne*
- [70] ROSSI-MANARESI R., (1981), The Conservation of Stone II, *ICCROM, Bologna*.
- [71] ROTH M., (1989), 'Consolidante Per Pietre A Bose Di Esteri Dell' Acido Silicico', Efficacia, Applicazione e Dcontrollo Della Profondita Di Penetrazione, *Arkos Restauro* 6, Milano.
- [72] SASSE H.R. and RIECKEN B., (1993), "Venus" A New Concept in Laboratory Simulation of Aggressive Climatic Condotions, *Conservation of Stone and Other Materials Volume 2, London*.
- [73] SELWITZ, C., (1992), Epoxy Resins in Stone Conservation , *J.Paul Getty Trust.All rights reserved, U.S.A.*
- [74] SKOULIKIDIS ,T. and PAPAKONSTANTINOY, P., (1992) "Stone Cleaning by the Inversion of Gypsum back into Calcium Carbonate," *In Stone Cleaning and the Nature, Soiling and Decay Mechanisms of Stone*, R.G.M. Webster, Editor, Donhead, London, pp.155-159.
- [75] ŞENİŞ, Fethi (çeviri), (1991), İstatistik, *Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi, Eskişehir*.

- [76] TABASSO, M.L. and SANTAMARIA U. (1985), A New Type of Epoxy Resin For The Structural Consolidation of adly Decayed Stones sy: 769-778, *5.International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Presses Polytechniques Romandes, Lausanne.*
- [77] TABASSO, M.L. and SANTAMARIA U. (1985), Polymers in The Renovation of Buildings Constructed of Natural Stone sy: 749-757, *5.International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Presses Polytechniques Romandes, Lausanne.*
- [78] TABASSO, M.L. and Santamaria U. (1985), The Effect of Water on the Hydrophobic Properties of an Acrylic Resin sy: 739-747, *5.International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Presses Polytechniques Romandes, Lausanne.*
- [79] TALUY, A.G., (1981), Kalkerler ve Küfeki Taşının Tahrip Nedenleri Bozulma Şekilleri ve Onarım Yöntemleri, *İstanbul Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Tarihi ve Restorasyon Kürsüsü, İstanbul.*
- [80] TEUTONICO, J.M., (1986), "A Laboratory Manual for Architectural Conservators, *ICCROM, Rome.*
- [81] THIEL M.J., (1993), Conservation of Stone and Other Materials, *Proceedings of the International Rilem /Unesco Congress, Paris*
- [82] TORRACA G. and MANARESİ-ROSSİ R, (1971), Cleaning and Preservation of stone Objects sy: 65-73, *The Treatment of Stone, Proceedings of the Meeting of the Joint Committee for the Conservation Stone, Amsterdam.*
- [83] TORRACA G. and MANARESİ-ROSSİ R, (1971), Recent Experince With Chemical Techniques of Stone Presevation sy: 139-145, *The Treatment of Stone, Proceedings of the Meeting of the Joint Committee for the Conservation Stone, New York.*
- [84] TORRACA G. and MANARESİ-ROSSİ R., (1971), The Combination of Low Viscosity Epoxy Resins and Siliconesters for the Consolidation of Stone sy:197-201, *The Treatment of Stone, Proceedings of the Meeting of the Joint Committee for the Conservation Stone, Amsterdam.*
- [85] TORRACA, G., (1982), "Porous Building Materials – Materials Science For Architectural Conservation", *ICCROM Second Edition, Roma.*
- [86] TORRACA, G., (1990), "Solubility and Solvent For Conservation Problems", *ICCROM Fourth Edition.*

- [88] TOYDEMİR, N., GÜRDAL, E., TANAÇAN, L., (2000), Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, *Literatür Yayınları*, İstanbul.
- [89] TRIVELLA, L., (1998), Taş Yüzeylerin Teşhis ve Restorasyonu İçin Gereken Teknikler ve Ürünler sy:56- 67, *Eski Eserlerin Konservasyonu ve Restorasyonunda İtalyan Teknolojisi Semineri*, İstanbul.
- [90] TS. 699, (1987), Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metotları, *TS.699, T.S.E., Ankara*.
- [91] US/ICOMOS,(1996), A preservation Charter for the Historic Towns and Areas of the U.S.A.
- [92] UYAN., M., (1975) Beton ve Harçlarda Kılcallık Olayı, *İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul*.
- [93] UZ, B.(1994), Küfeki Taşının Petrografik Analizi, İ.T.Ü.Jeoloji Müh.Bölümü.
- [94] VEDOVELLO S.(1992), La Fontaine de Trevi à Rome La Restauration des Surfaces en Pierre,*Analyses et Conservation d'œuvres d'art Monumentals, Lausanne*.
- [95] WHALLEY, B. And SMITH, B. And MAGEE, R., (1992), Effects of particulate air pollutants on materials: investigation of surface crust formation, Stone Cleaning and The Nature, Soiling and Decay Mechanisms of Stone, sy 227-234, UK.
- [96] WEBER, H.,Baustoffkunde und Gebaudeinstandsetzung, Bautenschutz mit Siliconen, *Construction Chemicals Presentation Wacker*.
- [97] WEBER, H. (1985), Natural and Artificial Weathering of Austrian Building Stones Due to Air Pollution sy:527-536, *5.International Congress on Deterioration and Conservation of Stone , Lausanne*.
- [98] WINGLER E.M., (1971), "Decay of Stone", "*Preprints of the Contrubitions to the New York Coference on Conservation of stone and Wooden Objects*", New York.
- [99] WINGLER E.M., (1971), Conservation of Stone, Volume 1,Preprints of the Contrubitions to the New York Conference on Conservation of Stone and Wooden Objects, Decay of Stone, New York.
- [100]YÜZER, N. and BİRİCİK, H. and AKÖZ, F., (1994), Barshan Mermer Sanayi ve Ocak İşletmeciliğine ait "Küfeki" Doğal Taşında Yapılan Fiziksel ve Mekanik Deney Sonuçları Raporu, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Yapı Malzemesi Anabilimdalı*.

- [101] ZÁDOR, M., (1992), Experience with cleaning and consolidating stone façades in Hungary: 146-155, *Stone Cleaning and the Nature, Soiling and Decay Mechanisms of Stone, Proceeding of The International Conference held in Edinburgh.*
- [102] ZÁDOR M., (1985), Recent Methods of Soft/Coarse/Limestone Consolidation in Hungary, *5. International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, , Lausanne.*



EKLER

EK 3.1. KONU İLE İLGİLİ STANDARTLAR

TS 699/Ocak 1987	Tabii Yapı Taşları – Muayene ve deney metotları
TS 4938/Kasım 1985	Boyalar ve vernikler – sıvı veya toz boyalardan asit ekstraktlarının hazırlanması
TS 6610/Mart 1989	Boya ve vernikler – kükürt dioksit ihtiva eden nemli atmosfere dayanım tayini
TS 6293/Ocak 1989	Boya ve vernikler – ısı etkisinin tayini
TS 5808/Nisan 1988	Su bazlı (emülsiyon esaslı) yapı son kat boyaları
TS 2583/Mart 1977	Pigmentler için deney metotları Kısım -V Yağ absorplama değerinin tayini
TS 2612/Mart 1977	Pigmentler için deney metotları Kısım -XIII Suda çözünen sülfatlar, klorürler ve nitratlar tayini
TS 4327/Nisan 1985	Pigmentler ve dolgu maddeleri için genel deney metotları Kısım –23 yoğunluk tayini (santrifüj ile)
TS 8693/Ocak 1991	Vernikler – yağ esaslı
TS 6036/Ekim 1988	Boya ve verniklerde kullanılan bağlayıcılar - polimer ve kopomilerlerin sulu dispersiyonları – genel deney metotları
TS 6039/Ekim 1988	Boya ve vernikler – kazınma deneyi

TS 39/Nisan 1986	Solvent bazlı yapı (inşaat) son kat boya ları
TS 4322/Nisan 1985	Bölüm 2: Boya ve vernikler – suya dayanıklılık tayini – daldırma metodu
TS 4322/Mart 1996	Boya lar ve vernikler-sıvı lara dayanıklılığın tayini
TS 6297/Ocak 1989	Boya ve vernikler için bağ layıcı lar – epoksi reçineleri – genel deney metotları
TS 8543/Kasım 1990	Kayaç ların şişme ve suya dayanıklılık özelliklerinin tayini
TS 8694/Ocak 1991	Vernikler – akrilik reçine esaslı
TS 1751/Kasım 1974	Boya lar ve vernikler deneyler için numune hazırlanması ve muayeneler
TS 4314/Nisan 1985	Boya ve vernikler – sıvı lara dayanıklılığın tayini
TS 789/Aralık 1992	Boya lar – selülozik – parlak
TS 772-4/Kasım 2000	Kâğır birimler-deney metotları-bölüm 4: tabii taş kâğır birimlerin toplam ve görünen porozitesi ile boşluksuz ve boşluklu birim hacim kütle sinin tayini
TS 5695/Nisan 1988	Yapı ve kaplama taş ları – tabii – sınıflandırma
TS 5694/Nisan 1988	Yapı ve kaplama taş ları – tabii – terimler
TS 771-6/Kasım 2001	Kâğır birimler – özellikler – bölüm 6: tabii taş kâğır birimler

TS 11507/Mart 1999	Boyalar ve vernikler – kaplamaların sun'î hava şartlarına maruz bırakılması – floresan UV ve suya maruz bırakma
TS 11341/Nisan 1999	Boyalar ve vernikler – yapay havalandırma ve yapay ışımaya maruz bırakma – filtreden geçirilmiş ksenon – ark ışımaya maruz bırakma
TS 9849/Şubat 1992	Boya ve Vernikler – Tabii atmosfer şartlarına maruz bırakma deneyleri kılavuzu
TS 6270	Boyalar ve vernikler-Rutubete dayanıklılık tayini (sürekli yoğunlaşma)
TS 6614	Boya ve vernikler ve hammaddeleri-şartlandırma ve deneyler için sıcaklık ve nem değerleri
DIN 52111	Kristallisationsversuch – Prüfung von Naturstein
ASTM C 568-79	Standart Specification For Limestone Dimension Stone
NORMAL 21/85	Raccomandazioni Normal Alterazioni dei Materiali Lapidei e Trarramenti Conservativi – Proposte Per L'unificazione dei Metodi Sperimentali di Studio e di Controllo, <i>CNR Centri di Studio Cause di Deperimento e Metodi di Conservazione Delle Opere D'arte ICR Istituto Centrale del Restauro, Permeabilità al Vapor d'Acqua, 21/85</i>
NORMAL 13/83	Raccomandazioni Normal Alterazioni dei Materiali Lapidei e Trarramenti Conservativi – Proposte Per L'unificazione dei Metodi Sperimentali di Studio e di Controllo, <i>CNR Centri di Studio Cause di Deperimento e Metodi di Conservazione Delle Opere D'arte - ICR Istituto Centrale del Restauro, Dosaggio dei Sali Solubili , 13/83</i>

NORMAL 33/89

Raccomandazioni Normal Alterazioni dei Materiali Lapidari e Trattamenti Conservativi – Proposte Per L'unificazione dei Metodi Sperimentali di Studio e di Controllo, *CNR Centri di Studio Cause di Deterioramento e Metodi di Conservazione Delle Opere D'arte - ICR Istituto Centrale del Restauro, Misura Dell'angolo di Contatto Acqua-Materiale Lapideo in Condizioni Statiche, 33/89*

NORMAL 11/82

Raccomandazioni Normal Alterazioni dei Materiali Lapidari e Trattamenti Conservativi – Proposte Per L'unificazione dei Metodi Sperimentali di Studio e di Controllo, *CNR Centri di Studio Cause di Deterioramento e Metodi di Conservazione Delle Opere D'arte - ICR Istituto Centrale del Restauro, Assorbimento d'Acqua per Capillarità, 11/82.*

NORMAL 11/82

Raccomandazioni Normal Alterazioni dei Materiali Lapidari e Trattamenti Conservativi – Proposte Per L'unificazione dei Metodi Sperimentali di Studio e di Controllo, *CNR Centri di Studio Cause di Deterioramento e Metodi di Conservazione Delle Opere D'arte - ICR Istituto Centrale del Restauro, Assorbimento d'Acqua per Immersione Totale e Capacità d'Imbibizione, 7/81.*

Tablo 3.2.1.3.1.1. Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (Na₂SO₄ ile) Deney Sonuçları

TEKRAR SAYISI	KCSUZ 1			KCSUZ 2			KCSUZ 3			KCSUZ 4			KCSUZ 5			KCSUZ ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²
W ₀	270,39	0		267,70	0		286,67	0		283,10	0		274,69	0				
1	273,15	1,021	0,110	269,38	0,628	0,067	287,81	0,398	0,046	265,16	0,783	0,082	275,99	0,473	0,052			
2	272,45	0,762	0,082	273,68	2,234	0,239	288,61	0,677	0,078	267,73	1,760	0,185	276,69	0,728	0,080			
3	273,00	0,965	0,104	270,73	1,132	0,121	289,23	0,893	0,102	269,00	2,242	0,236	ayrıştı					
	ayrıştı			ayrıştı			ayrıştı			ayrıştı								
STDRT SAPMA		0,136	0,015		0,821	0,088		0,248	0,03		0,744	0,078		0,180	0,020		0,292	0,038
A.ORTALAMA		0,916	0,099		1,331	0,143		0,656	0,0752		1,595	0,168		0,601	0,066		0,980	0,115

Doğal taş numuneler ayrıştığı için deneylere devam edilememiştir.

Tablo 3.2.1.3.1.2. 5 Yüzevi Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (Na₂SO₄ ile) Deney Sonuçları

TEKRAR SAYISI	KC 5-1			KC 5-2			KC 5-3			KC 5-4			KC 5-5			KC-5 ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²
W ₀	285,28	0		273,42	0		284,82	0		267,29	0		287,56	0		287,56	0	
1	286,56	0,449	0,051	275,01	0,582	0,084	286,31	0,523	0,080	268,69	0,524	0,056	289,23	0,581	0,067	289,23	0,581	0,067
2	287,41	0,747	0,085	273,61	0,069	0,008	287,06	0,786	0,090	271,06	1,410	0,151	289,52	0,682	0,078	289,52	0,682	0,078
3	287,00	0,603	0,069	273,58	0,059	0,006	287,03	0,776	0,088	271,01	1,392	0,149	289,50	0,675	0,078	289,50	0,675	0,078
	ayrıştı			ayrıştı			ayrıştı			ayrıştı			ayrıştı			ayrıştı		
STDRT SAPMA		0,149	0,017		0,299	0,033		0,149	0,02		0,507	0,054		0,056	0,006		0,110	0,012
A.ORTALAMA		0,599	0,068		0,237	0,026		0,695	0,0792		1,109	0,119		0,646	0,074		0,657	0,073

Doğal taş numuneler ayrıştığı için deneylere devam edilememiştir.

Tablo 3.2.1.3.1.3. 6 Yüzevi Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (Na_2SO_4 ile) Deney Sonuçları

TEKRAR SAYISI	KC 6-1			KC 6-2			KC 6-3			KC 6-4			KC -5			KC-6 ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²
Wo	260,40	0		288,00	0		263,14	0		266,11	0		279,56	0				
1	262,06	0,637	0,066	288,93	0,323	0,037	284,43	0,490	0,052	267,80	0,635	0,068	280,75	0,426	0,048			0,054
2	262,10	0,653	0,068	290,52	0,875	0,101	284,86	0,654	0,069	ayrıştı			281,71	0,769	0,086			0,081
3	262,08	0,645	0,067	288,54	0,188	0,022	283,38	0,091	0,010				281,33	0,633	0,071			0,042
	ayrıştı			ayrıştı			ayrıştı						ayrıştı					
STDRT SAPMA		0,008	0,001		0,364	0,042		0,289	0,030					0,173	0,019			0,020
A.ORTALAMA		0,645	0,067		0,462	0,053		0,412	0,043					0,609	0,068			0,059

Doğal taş numuneler ayrıştığı için deneylere devam edilememiştir.

Tablo 3.2.1.3.1.4. Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (Na_2SO_4 ile) Deney Sonuçları

Zaman (Gün)	TTSUZ1			TTSUZ2			TTSUZ3			TTSUZ ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²	Q=gr/cm ²
Fir. Önce	144,03	-	-	141,83	-	-	142,73	-	-	-	-	-
Des. Sonra	140,82	-	-	138,24	-	-	140,07	-	-	-	-	-
1	151,49	7,577	0,667	149,36	8,044	0,695	150,22	7,246	0,634	7,622	0,665	0,665
2	152,51	8,301	0,731	151,16	9,346	0,807	151,62	8,246	0,722	8,631	0,753	0,753
3	153,08	8,708	0,766	151,42	9,534	0,824	151,5	8,160	0,714	8,800	0,768	0,768
4	150,96	7,201	0,634	148,87	7,690	0,664	149,74	6,904	0,604	7,265	0,634	0,634
5	151,11	7,307	0,643	148,94	7,740	0,669	149,75	6,911	0,605	7,319	0,639	0,639
Fir. Sonra	141,36	0,383	0,034	138,78	0,391	0,034	140,59	-6,411	0,033	-1,879	0,033	0,033
STDRT. SAPMA		0,656	0,058		0,898	0,078		0,663	0,058	0,735	0,064	0,064
A. ORTALAMA		7,818	0,688		8,471	0,732		7,493	0,656	7,928	0,692	0,692

Tablo 3.2.1.3.1.5. Siliksan Sürülen Doğal Taşlarda Tuz Kristalizasyonu (Na_2SO_4 ile) Deneysel Sonuçları

Zaman	TTSX1			TTSX2			TTSX3			TTSX ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²	Q=gr/cm ²
Fir. Önce	139,46	-	-	141,93	-	-	138,09	-	-	-	-	-
Des. Sonra	135,12	-	-	138,63	-	-	134,25	-	-	-	-	-
Sil. Sonra	135,56	-	-	139,07	-	-	134,79	-	-	-	-	-
1	144,8	6,816	0,578	148,01	6,428	0,559	143,98	6,818	0,574	6,688	0,570	0,570
2	146,83	8,314	0,704	149,3	7,356	0,639	145,46	7,916	0,667	7,862	0,670	0,670
3	147,01	8,446	0,716	149,78	7,701	0,669	145,61	8,027	0,676	8,058	0,687	0,687
4	145,04	6,993	0,592	148,24	6,594	0,573	144,25	7,018	0,591	6,868	0,586	0,586
5	143,51	5,865	0,497	146,8	5,558	0,483	142,82	5,957	0,502	5,793	0,494	0,494
Fir. Sonra	135,42	-0,103	-0,009	138,6	-0,338	-0,029	134,45	-0,252	-0,021	-0,231	-0,020	-0,020
STNDRT SAPMA		1,087	0,092		0,839	0,073		0,852	0,072	0,925	0,079	0,079
A. ORTALAMA		7,287	0,617		6,728	0,585		7,147	0,602	7,054	0,601	0,601

Tablo 3.2.1.4.1.1. Korumucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda Kılcal Su Emme Deneysel Sonuçları

Zaman (saat)	TSUZ1			TSUZ2			TSUZ3			TSUZ ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²	Q=gr/cm ²
Fir. Önce	145,06	-	-	140,06	-	-	136	-	-	-	-	-
Des. Sonra	141,91	-	-	136,25	-	-	132,18	-	-	-	-	-
1 (5 dk.)	144,73	1,987	0,176	140,06	2,796	0,238	135,98	2,875	0,237	2,553	0,217	0,217
2 (30 dk.)	146,39	3,157	0,280	142,45	4,550	0,387	138,47	4,759	0,393	4,155	0,354	0,354
3 (1 saat)	149,82	5,574	0,494	145,06	6,466	0,551	142,06	7,475	0,618	6,505	0,554	0,554
4 (3 saat)	150,54	6,081	0,539	145,26	6,613	0,563	142,26	7,626	0,630	6,773	0,577	0,577
5 (6 saat)	150,51	6,060	0,538	145,26	6,613	0,563	142,21	7,588	0,627	6,754	0,576	0,576
6 (24 saat)	150,78	6,250	0,554	145,6	6,862	0,584	142,49	7,800	0,644	6,971	0,594	0,594
7 (30 saat)	151,11	6,483	0,575	145,73	6,958	0,592	142,66	7,929	0,655	7,123	0,608	0,608
8 (48 saat)	151,27	6,596	0,585	145,96	7,127	0,607	142,89	8,103	0,669	7,275	0,620	0,620
9 (72 saat)	151,36	6,659	0,591	146,1	7,229	0,616	143,04	8,216	0,679	7,368	0,628	0,628
10 (96 saat)	151,57	6,807	0,604	146,38	7,435	0,633	143,33	8,435	0,697	7,559	0,645	0,645
Fir. Sonra	141,77	-0,099	-0,009	136,11	-0,103	-0,009	132,07	-0,083	-0,007	-0,095	-0,008	-0,008
STDRT. SAPMA		1,641	0,146		1,458	0,124		1,801	0,149	1,630	0,139	0,139
A. ORTALAMA		5,565	0,494		6,265	0,534		7,080	0,585	6,304	0,537	0,537

Tablo 3.2.1.4.1.2. Siloksan Sürülgen Doğal Taşlarda Kılcal Su Emme Deneş Sonuçları

Zaman	TSX1			TSX2			TSX3			TSX ORT.	
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²
Fir. Önce	136,21	-	-	143,19	-	-	141,65	-	-	-	-
Des. Sonra	132,34	-	-	139,46	-	-	137,66	-	-	-	-
Sil. Sonra	132,79	-	-	139,87	-	-	138,01	-	-	-	-
1 (5 dk.)	132,9	0,083	0,007	140,05	0,129	0,011	138,34	0,239	0,021	0,150	0,013
2 (30 dk.)	133,37	0,437	0,036	140,53	0,472	0,041	139,02	0,732	0,063	0,547	0,047
3 (1 saat)	135,15	1,777	0,148	142,62	1,966	0,172	141,89	2,811	0,243	2,185	0,187
4 (3 saat)	137,47	3,524	0,293	145,34	3,911	0,342	145,16	5,181	0,447	4,205	0,360
5 (6 saat)	140,04	5,460	0,453	147,68	5,584	0,488	146,63	6,246	0,539	5,763	0,493
6 (24 saat)	140,83	6,055	0,503	148,05	5,848	0,511	146,95	6,478	0,559	6,127	0,524
7 (30 saat)	141,49	6,552	0,544	148,55	6,206	0,543	147,14	6,615	0,571	6,458	0,552
8 (48 saat)	141,87	6,838	0,568	148,72	6,327	0,553	147,37	6,782	0,585	6,649	0,569
9 (72 saat)	141,92	6,876	0,571	148,83	6,406	0,560	147,6	6,949	0,599	6,743	0,577
10 (96 saat)	142,85	7,576	0,629	149,33	6,763	0,591	147,91	7,173	0,619	7,171	0,613
Fir. Sonra	132,36	-0,324	-0,027	139,47	-0,286	-0,025	137,63	-0,275	-0,024	-0,295	-0,025
STDRT. SAPMA		2,838	0,236		2,580	0,226		2,660	0,229	2,682	0,229
A. ORTALAMA		4,518	0,375		4,361	0,381		4,921	0,424	4,600	0,394

Tablo 3.2.1.6.1.1. Korumucu Sürülme-yen Doğal Taşlarda Ultraviyole Dene-y Sonuçları

TEKRAR SAYISI	SU-SUZ 1			SU-SUZ 2			SU-SUZ 3			SU-SUZ ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²
W ₀	264,05	-		282,87	-		268,17	-				
1	280,66	6,290	0,664	295,65	4,518	0,511	283,56	5,740	0,616	283,56	5,516	0,597
2	283,69	7,438	0,786	296,12	4,684	0,530	283,90	5,866	0,629	283,90	5,996	0,648
3	284,89	7,892	0,834	296,96	4,981	0,564	284,65	6,145	0,659	284,65	6,340	0,685
4	285,98	8,305	0,877	297,11	5,034	0,570	285,08	6,306	0,676	285,08	6,548	0,708
5	286,25	8,407	0,888	299,23	5,784	0,654	285,99	6,645	0,713	285,99	6,945	0,752
6	287,11	8,733	0,922	301,23	6,491	0,734	287,01	7,025	0,754	287,01	7,416	0,803
7	288,21	9,150	0,966	302,56	6,961	0,788	288,12	7,439	0,798	288,12	7,850	0,851
8	289,23	9,536	1,007	304,23	7,551	0,854	289,24	7,857	0,843	289,24	8,315	0,901
9	289,33	9,574	1,011	305,69	8,067	0,913	290,56	8,349	0,896	290,56	8,663	0,940
10	289,36	9,585	1,012	306,23	8,258	0,934	291,23	8,599	0,922	291,23	8,814	0,958
11	289,41	9,604	1,014	307,36	8,658	0,980	292,36	9,020	0,968	292,36	9,094	0,987
12	289,42	9,608	1,015	308,12	8,926	1,010	293,23	9,345	1,002	293,23	9,293	1,009
13	289,42	9,608	1,015	308,12	8,926	1,010	293,23	6,480	1,002	293,23	8,338	1,009
STNDRT SAPMA		1,048	0,111		1,684	0,191		1,233	0,142		1,255	0,145
A. ORTALAMA		8,749	0,924		6,834	0,773		7,294	0,806		7,625	0,834

Tablo 3.2.1.6.1.2. 5 Yüz Siloksan Sürtilen Doğal Taşlarda Ultraviyole Deneş Sonuçları

TEKRAR SAYISI	SU 5-1			SU 5-2			SU 5-3			SU 5-ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²	Q=gr/cm ²
Wo	283,55	-	-	280,19	-	-	281,92	-	-	-	-	-
1	295,28	4,137	0,469	292,39	4,354	0,488	294,48	4,455	0,502	4,315	0,487	0,487
2	299,90	5,766	0,654	296,37	5,775	0,647	296,12	5,037	0,568	5,526	0,623	0,623
3	298,23	5,177	0,587	295,47	5,453	0,611	296,91	5,317	0,600	5,316	0,599	0,599
4	297,50	4,920	0,558	295,50	5,464	0,612	297,55	5,544	0,625	5,309	0,599	0,599
5	298,45	5,255	0,596	295,34	5,407	0,606	298,65	5,934	0,669	5,532	0,624	0,624
6	298,76	5,364	0,608	295,70	5,536	0,620	298,89	6,019	0,679	5,640	0,636	0,636
7	298,00	5,096	0,578	295,65	5,518	0,618	299,21	6,133	0,692	5,582	0,629	0,629
8	297,70	4,990	0,566	295,28	5,386	0,604	300,22	6,491	0,732	5,622	0,634	0,634
9	297,67	4,980	0,565	295,44	5,443	0,610	301,89	7,084	0,799	5,835	0,658	0,658
10	297,67	4,980	0,565	295,34	5,407	0,606	302,25	7,211	0,813	5,866	0,661	0,661
11	298,00	5,096	0,578	295,43	5,439	0,610	303,21	7,552	0,852	6,029	0,680	0,680
12	299,17	5,509	0,625	295,97	5,632	0,631	304,12	7,875	0,888	6,338	0,715	0,715
13	298,75	5,361	0,608	295,75	5,553	0,622	304,13	7,878	0,888	6,264	0,706	0,706
STNDRT SAPMA		0,384	0,044		0,336	0,038		1,109	0,125	0,509	0,057	0,057
A. ORTALAMA		5,125	0,581		5,413	0,607		6,349	0,716	5,629	0,635	0,635

Tablo 3.2.1.6.1.3. 6 Yüz Siloksan Sürtilen Doğal Taşlarda Ultraviyole Deneş Sonuçları

TEKRAR SAYISI	SU 6-1			SU 6-2			SU 6-3			SU 6-ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²	Q=gr/cm ²
W ₀	286,47	-		290,86	-		297,05	-				
1	296,34	3,445	0,395	302,15	3,882	0,452	305,53	2,855	0,339	3,394	0,395	0,395
2	297,23	3,756	0,430	302,20	3,899	0,454	305,78	2,939	0,349	3,531	0,411	0,411
3	298,56	4,220	0,484	302,55	4,019	0,468	305,82	2,952	0,351	3,731	0,434	0,434
4	299,39	4,510	0,517	302,78	4,098	0,477	306,23	3,090	0,367	3,900	0,454	0,454
5	300,78	4,995	0,572	302,98	4,167	0,485	306,65	3,232	0,384	4,131	0,480	0,480
6	301,27	5,166	0,592	303,00	4,174	0,486	307,12	3,390	0,403	4,243	0,493	0,493
7	302,56	5,617	0,644	303,56	4,366	0,508	308,11	3,723	0,442	4,569	0,531	0,531
8	303,79	6,046	0,693	303,97	4,507	0,524	308,70	3,922	0,466	4,825	0,561	0,561
9	304,85	6,416	0,735	304,16	4,573	0,532	308,98	4,016	0,477	5,002	0,581	0,581
10	305,99	6,814	0,781	305,39	4,996	0,581	309,23	4,100	0,487	5,303	0,616	0,616
11	306,11	6,856	0,786	305,85	5,154	0,600	310,01	4,363	0,518	5,457	0,635	0,635
12	306,11	6,856	0,786	304,85	4,810	0,560	311,11	4,733	0,562	5,466	0,636	0,636
13	301,34	5,191	0,595	303,25	4,260	0,496	311,12	4,737	0,563	4,729	0,551	0,551
STNDRT SAPMA		1,180	0,135		0,409	0,048		0,673	0,080	0,720	0,084	0,084
A. ORTALAMA		5,376	0,616		4,377	0,509		3,696	0,439	4,483	0,521	0,521

Tablo 4.3.1.1. Korumucu Sürülen ve Sürülmeleyen Doğal Taşlarda KPCTC'da Yapılan Deneysel Sonuçları

zaman (n tekrar)	SX ort.			KX ort.			SIL ort.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²
10UV+10V+10E+TUZ SABİT									
0	279,99	-	-	268,77	-	-	139,36	-	-
1	280,84	0,304	0,034	269,84	0,398	0,043	140,39	0,739	0,064
2	284,39	1,571	0,176	274,25	2,039	0,219	141,19	1,313	0,114
3	294,23	5,086	0,570	286,71	6,675	0,718	144,93	3,997	0,348
4	294,59	5,214	0,584	286,23	6,496	0,698	145,14	4,148	0,361
5	294,33	5,122	0,574	287,26	6,879	0,740	146,93	5,432	0,473
6	294,53	5,193	0,582	287,4	6,932	0,745	147,49	5,834	0,508
7	294,41	5,150	0,577	287,36	6,917	0,744	147,61	5,920	0,516
8	294,67	5,243	0,587	287,46	6,954	0,748	148,23	6,365	0,554
9	297,76	6,347	0,711	287,67	7,032	0,756	148,18	6,329	0,551
10	294,56	5,204	0,583	287,46	6,954	0,748	148,10	6,272	0,546
STNDRT SAPMA		1,908	0,214		2,413	0,259		2,085	0,182
A. ORTALAMA		4,443	0,498		5,728	0,616		4,635	0,404

10. Tekrarda parça kopmalar (ayrışma) başlamış ve değerlerde düşme olmuştur.

Tablo 4.3.2.1. Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda KPTC'da Yapılan Deney Sonuçları

zaman (n tekrar)	KSUZ 1			KSUZ 2			KSUZ 3			KSUZ ort.	
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²
0	269,82	-	-	279,25	-	-	274,08	-	-	-	-
1	276,57	2,502	0,270	297,45	6,517	0,728	293,38	7,042	0,772	5,354	0,590
2	278,22	3,113	0,336	297,50	6,535	0,730	293,40	7,049	0,773	5,566	0,613
3	278,52	3,224	0,348	297,52	6,543	0,731	293,42	7,056	0,774	5,608	0,617
4	278,55	3,235	0,349	297,55	6,553	0,732	293,48	7,078	0,776	5,622	0,619
5	278,60	3,254	0,351	297,68	6,600	0,737	293,50	7,086	0,777	5,646	0,622
6	278,61	3,258	0,352	297,71	6,611	0,738	293,63	7,133	0,782	5,667	0,624
7	278,65	3,273	0,353	297,83	6,654	0,743	293,89	7,228	0,792	5,718	0,630
8	278,69	3,287	0,355	298,78	6,994	0,781	294,12	7,312	0,802	5,864	0,646
9	278,71	3,295	0,356	299,13	7,119	0,795	295,45	7,797	0,855	6,070	0,669
10	279,12	3,447	0,372	299,89	7,391	0,826	296,23	8,062	0,886	6,307	0,695
11	279,34	3,528	0,381	300,15	7,484	0,836	297,45	8,527	0,935	6,513	0,717
12	279,67	3,651	0,394	300,67	7,671	0,857	298,67	8,972	0,984	6,764	0,745
13	279,98	3,765	0,406	300,89	7,749	0,866	298,89	9,052	0,992	6,856	0,755
14	280,23	3,858	0,416	300,98	7,782	0,869	299,34	9,216	1,010	6,952	0,765
STNDRT SAPMA		0,328	0,035		0,505	0,056		0,844	0,093	0,541	0,059
A. ORTALAMA		3,335	0,360		7,014	0,784		7,759	0,851	6,036	0,665

Tablo 4.3.2.2. Silan Sürülen Doğal Taşlarda KPTC'da Yapılan Deney Sonuçları

zaman (n tekrar)	KSİL1			KSİL2			KSİL3			KSİL ort.	
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²
0	289,73	-		283,91	-		286,18	-			
1	289,76	0,010	0,001	283,98	0,025	0,003	286,21	0,010	0,001	0,015	0,002
2	289,77	0,014	0,002	284,01	0,035	0,004	286,23	0,017	0,002	0,022	0,003
3	289,81	0,028	0,003	284,03	0,042	0,005	286,27	0,031	0,004	0,034	0,004
4	289,99	0,090	0,010	284,06	0,053	0,006	286,31	0,045	0,005	0,063	0,007
5	290,07	0,117	0,014	284,09	0,063	0,007	286,47	0,101	0,012	0,094	0,011
6	290,08	0,121	0,014	284,12	0,074	0,008	286,53	0,122	0,014	0,106	0,012
7	290,12	0,135	0,016	284,15	0,085	0,010	286,65	0,164	0,019	0,128	0,015
8	290,22	0,169	0,020	284,2	0,102	0,012	286,70	0,182	0,021	0,151	0,017
9	290,34	0,211	0,024	284,34	0,151	0,017	286,97	0,276	0,032	0,213	0,024
10	290,56	0,286	0,033	284,45	0,190	0,022	287,06	0,307	0,035	0,261	0,030
11	290,66	0,321	0,037	284,65	0,261	0,030	287,17	0,346	0,040	0,309	0,035
12	290,79	0,366	0,042	284,75	0,296	0,034	287,28	0,384	0,044	0,349	0,040
13	290,89	0,400	0,046	284,87	0,338	0,038	287,59	0,493	0,056	0,410	0,047
14	291,34	0,556	0,064	284,98	0,377	0,043	288,01	0,639	0,073	0,524	0,060
15	291,66	0,666	0,077	285,13	0,430	0,049	288,02	0,643	0,074	0,580	0,067
16	291,66	0,666	0,077	285,34	0,504	0,057	288,02	0,643	0,074	0,604	0,069
17	291,66	0,666	0,077	285,34	0,504	0,057	288,02	0,643	0,074	0,604	0,069
18	291,66	0,666	0,077	285,34	0,504	0,057	288,02	0,643	0,074	0,604	0,069
STNDRT SAPMA		0,245	0,028		0,179	0,020		0,246	0,028	0,222	0,026
A. ORTALAMA		0,305	0,035		0,224	0,025		0,316	0,036	0,282	0,032

Tablo 4.3.2.3. Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda KPTC'da Yapılan Deney Sonuçları

ZAMAN (n tekrar)	KSX1			KSX2			KSX3			KSX ort	
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²
0	294,08	-	-	296,66	-	-	301,1	-	-	-	-
1	294,09	0,003	0	296,69	0,010	0,001	301,21	0,037	0,004	0,017	0,002
2	294,13	0,017	0,002	296,72	0,020	0,002	301,22	0,040	0,005	0,026	0,003
3	294,15	0,024	0,003	296,8	0,047	0,006	301,23	0,043	0,005	0,038	0,005
4	294,20	0,041	0,005	296,87	0,071	0,008	301,25	0,050	0,006	0,054	0,006
5	294,32	0,082	0,010	296,89	0,078	0,009	301,45	0,116	0,014	0,092	0,011
6	294,43	0,119	0,014	297,11	0,152	0,018	301,69	0,196	0,024	0,156	0,019
7	294,56	0,163	0,019	297,34	0,229	0,027	301,89	0,262	0,032	0,218	0,026
8	294,67	0,201	0,024	297,42	0,256	0,030	301,95	0,282	0,034	0,246	0,029
9	294,75	0,228	0,027	297,56	0,303	0,036	302,04	0,312	0,038	0,281	0,033
10	294,89	0,275	0,032	297,69	0,347	0,041	302,12	0,339	0,041	0,320	0,038
11	294,99	0,309	0,036	297,77	0,374	0,044	302,23	0,375	0,045	0,353	0,042
12	295,12	0,354	0,042	297,89	0,415	0,049	302,25	0,382	0,046	0,383	0,046
13	295,15	0,364	0,043	297,89	0,415	0,049	302,25	0,382	0,046	0,387	0,046
14	295,15	0,364	0,043	297,89	0,415	0,049	302,25	0,382	0,046	0,387	0,046
STNDRT SAPMA		0,136	0,016		0,158	0,019		0,144	0,017	0,145	0,017
A. ORTALAMA		0,182	0,021		0,224	0,027		0,228	0,028	0,211	0,025

Tablo 4.3.3.1. Koruyucu Sürülme-yen Doğal Taşlarda KPTC'da Yapılan Deney Sonuçları

zaman (n tekrar)	SXWSUZ 1			SXWSUZ 2			SXWSUZ 3			SXWSUZ ort.	
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²
10 ⁴ +3UV+0E+ TUZ SABİT											
0	149,96	-	-	148,93	-	-	148,32	-	-	-	-
1	156,21	4,168	0,391	156,88	5,338	0,497	156,88	5,771	0,535	5,092	0,474
2	157,79	5,221	0,489	157,15	5,519	0,514	157,18	5,974	0,554	5,571	0,519
3	157,81	5,235	0,491	157,99	6,083	0,566	157,75	6,358	0,589	5,892	0,549
4	157,86	5,268	0,494	158,55	6,459	0,601	158,11	6,601	0,612	6,109	0,569
5	157,91	5,301	0,497	158,78	6,614	0,616	158,45	6,830	0,633	6,248	0,582
6	158,10	5,428	0,509	159,02	6,775	0,631	158,78	7,052	0,654	6,418	0,598
7	158,32	5,575	0,522	159,45	7,084	0,657	158,89	7,126	0,661	6,588	0,614
8	158,75	5,862	0,549	159,65	7,198	0,670	159,15	7,302	0,677	6,787	0,632
9	159,98	6,682	0,626	159,79	7,292	0,679	159,38	7,457	0,691	7,144	0,665
10	160,12	6,775	0,635	159,85	7,332	0,682	159,42	7,484	0,694	7,197	0,670
STNDRT SAPMA		0,757	0,071		0,719	0,067		0,605	0,056	0,670	0,062
A.ORTALAMA		5,551	0,520		6,568	0,611		6,795	0,630	6,305	0,587

Tablo 4.3.3.2. Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda KPTC'da Yapılan Deneysel Sonuçları

zaman (n tekrar)	SXW1				SXW2				SXW3				SXW ort.	
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²
10Y+3UV+0E+ TUZ SABİT														
0	148,95	0	0	146,65	0	0	148,66	0	0	148,66	0	0		
1	150,75	1,208	0,113	148,45	1,227	0,112	150,46	1,211	0,113	150,46	1,211	0,113	1,216	0,113
2	150,75	1,208	0,113	148,45	1,227	0,112	150,46	1,211	0,113	150,46	1,211	0,113	1,216	0,113
3	150,78	1,229	0,114	148,47	1,241	0,114	150,48	1,224	0,114	150,48	1,224	0,114	1,231	0,114
4	150,79	1,235	0,115	148,48	1,248	0,114	150,51	1,244	0,116	150,51	1,244	0,116	1,243	0,115
5	150,82	1,255	0,117	148,51	1,268	0,116	150,52	1,251	0,116	150,52	1,251	0,116	1,258	0,116
6	150,83	1,262	0,118	148,52	1,275	0,117	150,53	1,258	0,117	150,53	1,258	0,117	1,265	0,117
7	150,85	1,276	0,119	148,54	1,289	0,118	150,55	1,271	0,118	150,55	1,271	0,118	1,279	0,118
8	150,87	1,289	0,120	148,56	1,302	0,119	150,57	1,285	0,119	150,57	1,285	0,119	1,292	0,120
9	150,87	1,289	0,120	148,56	1,302	0,119	150,57	1,285	0,119	150,57	1,285	0,119	1,292	0,120
10	150,87	1,289	0,120	148,56	1,302	0,119	150,57	1,285	0,119	150,57	1,285	0,119	1,292	0,120
STNDRT SAPMA		0,032	0,003		0,031	0,003		0,030	0,003		0,030	0,003	0,031	0,003
A.ORTALAMA		1,254	0,117		1,268	0,116		1,253	0,116		1,253	0,116	1,258	0,116

Tablo 4.3.4.1. Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda KPTC'da Yapılan Deney Sonuçları

zaman (n tekrar)	KEUZ1			KEUZ2			KEUZ3			KEUZ ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²	Q=gr/cm ²
3'UV+3'Y+3'E+ TUZ SABİT.												
fır.öncesi	567,78			564,65			574,88					
desi.sonra	562,64			562,64			570,98					
hid.sonra	565,77			564,46			572,56					
1	565,77	0,000	0	564,89	0,078	0,011	572,99	0,075	0,011	0,051	0,007	
2	565,78	0,002	0	565,48	0,182	0,026	573,45	0,155	0,022	0,113	0,016	
3	565,89	0,021	0,003	566,14	0,299	0,042	573,99	0,250	0,036	0,190	0,027	
4	567,14	0,242	0,034	567,36	0,516	0,073	574,56	0,349	0,050	0,369	0,052	
5	567,56	0,316	0,045	568,56	0,728	0,103	575,66	0,541	0,078	0,529	0,075	
6	567,96	0,391	0,055	569,66	0,921	0,130	576,25	0,644	0,092	0,652	0,093	
7	568,99	0,569	0,081	570,94	1,150	0,162	576,88	0,755	0,108	0,824	0,117	
8	569,29	0,622	0,088	571,23	1,201	0,169	577,06	0,786	0,113	0,870	0,123	
9	569,77	0,707	0,100	572,36	1,401	0,198	577,42	0,849	0,122	0,966	0,140	
10	569,87	0,725	0,103	573,35	1,577	0,222	579,56	1,223	0,175	1,175	0,167	
11	570,11	0,767	0,109	574,29	1,743	0,246	581,65	1,588	0,227	1,366	0,194	
12	575,97	1,803	0,255	575,45	1,949	0,275	583,01	1,825	0,261	1,859	0,264	
13	576,22	2,201	0,311	576,56	2,145	0,303	584,21	2,035	0,291	2,127	0,302	
14	580,22	2,554	0,361	577,63	2,335	0,329	586,05	2,356	0,337	2,415	0,343	
15	581,96	2,862	0,405	578,29	2,452	0,346	586,69	2,468	0,353	2,594	0,368	
16	582,89	3,026	0,428	579,33	2,636	0,372	586,96	2,515	0,360	2,726	0,387	
17	583,94	3,212	0,454	579,35	2,640	0,372	588,45	2,775	0,397	2,876	0,408	
18	583,52	3,137	0,444	579,56	2,677	0,378	588,63	2,807	0,402	2,874	0,408	
19	584,03	3,227	0,457	579,69	2,700	0,381	589,67	2,988	0,428	2,972	0,422	
20	584,15	3,249	0,460	579,78	2,716	0,383	589,69	2,992	0,428	2,985	0,424	
21	584,24	3,265	0,462	579,95	2,746	0,388	589,70	2,994	0,429	3,001	0,426	
22	584,27	3,270	0,463	580,27	2,803	0,395	589,70	2,994	0,429	3,022	0,429	
23	584,45	3,302	0,467	580,65	2,870	0,405	589,70	2,994	0,429	3,055	0,434	
24	584,57	3,323	0,470	580,98	2,929	0,413	589,70	2,994	0,429	3,082	0,437	
25	584,58	3,325	0,470	581,19	2,966	0,419	589,71	2,995	0,429	3,095	0,439	
26	584,58	3,325	0,470	581,29	2,983	0,421	589,71	2,995	0,429	3,101	0,440	
dal.sonra	586,26	3,622	0,512	577,13	2,246	0,317	587,12	2,543	0,364	2,804	0,398	
fır.sonrası	563,49	-0,403	-0,057	568,20	0,664	0,094	595,89	4,075	0,563	1,445	0,207	
desi.sonra	564,39	-0,244	-0,034	568,99	0,804	0,113	596,56	4,192	0,600	1,584	0,226	
STDRT SAPMA		1,373	0,194		0,978	0,138		1,116	0,160	1,148	0,163	
A. ORTALAMA		1,902	0,269		1,898	0,268		1,844	0,264	1,881	0,267	

Tablo 4.3.4.2. Siloksan Sürülen Doğal Taşlarda KPTC'da Yapılan Deneysel Sonuçları

zaman (n tekrarı)	KSE1			KSE2			KSE3			KSE ORT		
	W gr	Sa %	Q=gr/cm2	W gr	Sa %	Q=gr/cm2	W gr	Sa %	Q=gr/cm2	W gr	Sa %	Q=gr/cm2
3UV+3Y+3E+ TUZ SABİT												
fır. önceki	574,17			580,10			572,30					
desi. sonra	570,11			575,66			567,48					
hid. sonra	574,64			579,42			572,28					
1	574,64	0,000	0	579,42	0,000	0	572,28	0,000	0	0	0	0
2	574,65	0,002	0	579,43	0,002	0	572,30	0,003	0	0,002	0	0
3	574,69	0,009	0,001	579,46	0,010	0,002	572,33	0,009	0,001	0,009	0,001	0,001
4	574,72	0,014	0,002	579,52	0,017	0,003	572,37	0,016	0,002	0,016	0,002	0,002
5	574,82	0,031	0,005	579,63	0,036	0,005	572,48	0,035	0,005	0,034	0,005	0,005
6	575,23	0,103	0,015	579,95	0,091	0,013	572,81	0,093	0,013	0,096	0,014	0,014
7	575,71	0,186	0,027	580,45	0,178	0,026	573,32	0,182	0,026	0,182	0,026	0,026
8	575,91	0,221	0,032	581,44	0,349	0,051	573,49	0,211	0,030	0,260	0,038	0,038
9	576,21	0,273	0,039	581,60	0,376	0,055	573,74	0,255	0,037	0,302	0,043	0,043
10	576,60	0,341	0,049	581,67	0,388	0,056	574,01	0,302	0,043	0,344	0,050	0,050
11	576,72	0,362	0,052	581,72	0,397	0,058	574,78	0,437	0,063	0,399	0,057	0,057
12	577,45	0,489	0,070	582,25	0,488	0,071	575,86	0,626	0,090	0,534	0,077	0,077
13	580,11	0,952	0,137	585,74	1,091	0,158	578,68	1,153	0,165	1,065	0,153	0,153
14	583,99	1,627	0,234	589,02	1,657	0,240	582,12	1,719	0,246	1,668	0,240	0,240
15	584,89	1,784	0,256	590,22	1,864	0,270	584,89	2,203	0,315	1,950	0,281	0,281
16	585,56	1,900	0,273	592,14	2,195	0,318	586,33	2,455	0,351	2,184	0,314	0,314
17	586,23	2,365	0,340	593,66	2,458	0,356	588,14	2,771	0,397	2,531	0,364	0,364
18	589,20	2,534	0,364	594,89	2,670	0,387	588,78	2,883	0,413	2,696	0,388	0,388
19	589,55	2,595	0,373	595,30	2,741	0,397	589,12	2,943	0,421	2,759	0,397	0,397
20	589,60	2,603	0,374	595,44	2,765	0,401	589,68	3,040	0,435	2,803	0,403	0,403
21	589,68	2,617	0,376	595,52	2,779	0,403	589,70	3,044	0,436	2,813	0,405	0,405
22	589,79	2,636	0,379	595,63	2,798	0,405	589,70	3,044	0,436	2,826	0,407	0,407
23	589,88	2,652	0,381	595,71	2,811	0,407	589,70	3,044	0,436	2,836	0,408	0,408
24	589,96	2,666	0,383	595,73	2,815	0,408	589,70	3,044	0,436	2,842	0,409	0,409
25	590,02	2,676	0,385	595,73	2,815	0,408	589,70	3,044	0,436	2,845	0,409	0,409
26	590,02	2,676	0,385	595,73	2,815	0,408	589,70	3,044	0,436	2,845	0,409	0,409
dal. sonra	591,53	2,939	0,422	596,71	2,984	0,432	591,17	3,301	0,472	3,075	0,442	0,442
fır. sonrası	570,99	0,635	-0,091	576,36	0,528	-0,076	571,40	0,154	-0,022	0,439	-0,063	-0,063
desi. sonra	571,80	0,494	-0,071	577,07	0,406	-0,059	572,07	0,037	-0,005	0,312	-0,045	-0,045
STNDRT SAPMA		1,158	0,166		1,218	0,176		1,344	0,192	1,239	0,178	0,178
A. ORTALAMA		1,320	0,190		1,408	0,204		1,523	0,218	1,417	0,204	0,204

Tablo 4.3.5.1. Korumucu Sürülmemeyen Doğal Taşlarda KPTC'da Yapılan Deneysel Sonuçları

zaman (n tekrar)	KW1-SUZ			KW2-SUZ			KW3-SUZ			KWSUZ ORT.		
	W gr	Sa %	Q=gr/cm2	W gr	Sa %	Q=gr/cm2	W gr	Sa %	Q=gr/cm2	W gr	Sa %	Q=gr/cm2
3UV+3Y+0'E+0'TUZ												
fir.önce	142,00			139,28			141,32					
des.sonra	140,86			138,03			139,99					
hid.son.	140,99	0		138,16	0		140,23	0				
1	141,22	0,163	0,014	138,39	0,166	0,014	140,69	0,328	0,029	0,219	0,019	
2	141,45	0,326	0,029	138,85	0,499	0,043	140,99	0,542	0,048	0,456	0,040	
3	141,62	0,447	0,039	138,93	0,557	0,048	141,22	0,706	0,062	0,570	0,050	
4	141,95	0,681	0,060	139,11	0,688	0,059	142,12	1,348	0,118	0,905	0,079	
5	142,22	0,872	0,077	139,45	0,934	0,081	142,56	1,682	0,146	1,156	0,101	
6	142,74	1,241	0,109	139,70	1,115	0,096	142,83	1,854	0,163	1,403	0,123	
7	143,01	1,433	0,126	140,11	1,411	0,122	143,01	1,982	0,174	1,609	0,141	
8	144,11	2,213	0,195	141,29	2,265	0,196	143,75	2,510	0,220	2,330	0,204	
9	145,36	3,100	0,273	142,55	3,177	0,274	144,23	2,852	0,250	3,043	0,268	
10	146,74	4,078	0,359	143,97	4,205	0,363	145,12	3,487	0,306	3,924	0,343	
11	146,98	4,249	0,374	144,12	4,314	0,373	145,36	3,658	0,321	4,074	0,356	
12	147,21	4,412	0,389	144,41	4,524	0,391	146,210	4,284	0,374	4,400	0,384	
13	147,45	4,582	0,404	144,70	4,734	0,409	146,980	4,814	0,422	4,710	0,411	
14	147,61	4,685	0,414	144,88	4,864	0,420	147,450	5,149	0,451	4,903	0,428	
15	147,89	4,894	0,431	145,01	4,958	0,428	147,810	5,405	0,474	5,086	0,444	
16	148,15	5,078	0,448	145,21	5,103	0,441	148,120	5,626	0,493	5,269	0,460	
17	148,17	5,093	0,449	145,24	5,124	0,443	149,230	6,418	0,563	5,545	0,485	
18	148,17	5,093	0,449	145,25	5,132	0,443	149,980	6,953	0,608	5,726	0,500	
19	148,17	5,093	0,449	145,25	5,132	0,443	150,230	7,131	0,625	5,785	0,506	
20	148,17	5,093	0,449	145,25	5,132	0,443	150,360	7,224	0,633	5,816	0,508	
dal.son.	150,21	6,539	0,576	147,29	6,608	0,571	152,120	8,479	0,743	7,209	0,630	
fir.son	140,85	-0,099	-0,009	137,77	-0,282	-0,024	140,650	0,513	0,045	0,044	0,004	
des.sonra	141,16	0,121	0,011	138,11	-0,036	-0,003	141,850	1,155	0,101	0,413	0,036	
STNDRT SAPMA		1,859	0,173		1,975	0,171		2,305	0,202	2,052	0,179	
A. ORTALAMA		3,142	0,277		3,202	0,276		3,696	0,324	3,346	0,292	

Tablo 4.3.5.2. 5 Yüz Koruyucu Sürdülen Doğal Taşlarda KPTC'da Yapılan Deney Sonuçları

zaman (n tekrar)	SO1-5			SO2-5			SO3-5			SO-5 ort.	
	W gr	Sa %	Q=gr/cm2	W gr	Sa %	Q=gr/cm2	W gr	Sa %	Q=gr/cm2	Sa %	Q=gr/cm2
3'UV+3'Y+0'E+0'TUZ											
fir. önce	143,49			142,96			143,10				
des. sonra	142,14			141,9			144,45				
hid. son.	142,84	0		142,60	0		145,14				
1	142,88	0,028	0,002	142,65	0,035	0,003	145,18	0,028	0,003	0,030	0,003
2	142,95	0,077	0,007	142,73	0,091	0,008	145,31	0,117	0,011	0,095	0,009
3	143,11	0,189	0,017	142,89	0,203	0,018	145,48	0,234	0,021	0,209	0,019
4	143,31	0,329	0,029	143,12	0,365	0,033	145,60	0,317	0,029	0,337	0,030
5	143,50	0,462	0,041	143,41	0,568	0,051	145,79	0,448	0,041	0,493	0,044
6	143,99	0,805	0,072	143,99	0,975	0,087	146,11	0,688	0,081	0,816	0,073
7	144,56	1,204	0,108	144,52	1,346	0,120	146,71	1,082	0,098	1,211	0,109
8	144,99	1,505	0,134	144,89	1,606	0,143	147,12	1,364	0,124	1,492	0,134
9	145,19	1,645	0,147	144,99	1,676	0,149	147,32	1,502	0,136	1,608	0,144
10	145,36	1,764	0,158	145,12	1,767	0,158	147,47	1,605	0,146	1,712	0,154
11	145,50	1,862	0,168	145,28	1,879	0,168	147,61	1,702	0,154	1,814	0,163
12	145,60	1,932	0,172	145,39	1,957	0,174	147,71	1,771	0,161	1,886	0,169
13	145,78	2,058	0,184	145,46	2,006	0,179	147,89	1,895	0,172	1,986	0,178
14	145,80	2,072	0,185	145,58	2,080	0,186	147,91	1,909	0,173	2,024	0,181
15	145,90	2,142	0,191	145,69	2,167	0,193	148,01	1,977	0,179	2,096	0,188
16	145,95	2,177	0,194	145,71	2,181	0,194	148,07	2,019	0,183	2,126	0,191
17	146,02	2,226	0,199	145,79	2,237	0,199	148,14	2,067	0,188	2,177	0,195
18	146,27	2,401	0,214	145,99	2,377	0,212	148,39	2,239	0,203	2,339	0,210
19	146,29	2,415	0,216	146,24	2,553	0,228	148,41	2,253	0,204	2,407	0,216
20	146,29	2,415	0,216	146,25	2,560	0,228	148,42	2,260	0,205	2,412	0,216
del. son.	151,33	5,944	0,531	149,78	5,035	0,449	151,45	4,348	0,394	5,109	0,458
fir. son	142,39	-0,315	-0,028	142,04	-0,393	-0,035	144,40	-0,510	-0,046	-0,406	-0,036
des. sonra	142,67	-0,119	-0,011	142,27	-0,231	-0,021	144,60	-0,372	-0,034	-0,241	-0,022
STNDRT SAPMA		0,854	0,076		0,851	0,076		0,785	0,071	0,829	0,074
A. ORTALAMA		1,486	0,133		1,532	0,137		1,373	0,125	1,463	0,131

Tablo 4.3.5.3. 6 Yüz Koruyucu Sürülen Taşlarda KPTC'da Yapılan Deneysel Sonuçları

zaman (n tekrarı)	KW1-6			KW2-6			KW3-6			KW-6 ort		
	W gr	Sa %	Q=gr/cm ²	W gr	Sa %	Q=gr/cm ²	W gr	Sa %	Q=gr/cm ²	Sa %	Q=gr/cm ²	Q=gr/cm ²
3'UV+3'Y-0'E+0' TUZ												
fir. önce	135,83			144,07			147,18					
des. sonra	134,52			142,98			146,21					
hid. son.	135,70	0		143,96	0		147,06	0				
1	135,70	0	0	143,96	0	0	147,06	0	0		0	0
2	135,70	0	0	143,96	0	0	147,06	0	0		0	0
3	135,70	0	0	143,96	0	0	147,06	0	0		0	0
4	135,70	0	0	143,96	0	0	147,06	0	0		0	0
5	135,73	0,022	0,002	144,01	0,035	0,003	147,09	0,020	0,002		0,026	0,002
6	135,76	0,044	0,004	144,05	0,063	0,006	147,14	0,054	0,005		0,054	0,005
7	135,83	0,096	0,006	144,12	0,111	0,010	147,22	0,109	0,010		0,105	0,009
8	135,94	0,177	0,015	144,20	0,167	0,015	147,31	0,170	0,016		0,171	0,015
9	136,02	0,236	0,026	144,29	0,228	0,021	147,41	0,238	0,022		0,234	0,021
10	136,91	0,892	0,076	144,56	0,417	0,037	147,80	0,503	0,046		0,604	0,053
11	137,12	1,046	0,089	144,71	0,521	0,047	147,95	0,605	0,056		0,724	0,064
12	137,22	1,120	0,085	144,82	0,597	0,054	148,15	0,741	0,068		0,820	0,072
13	137,29	1,172	0,099	144,89	0,646	0,058	148,23	0,796	0,073		0,871	0,077
14	137,30	1,179	0,100	144,91	0,660	0,059	148,25	0,809	0,074		0,863	0,078
15	137,35	1,216	0,103	144,98	0,709	0,064	148,27	0,823	0,076		0,916	0,081
16	137,42	1,268	0,108	145,04	0,750	0,067	148,28	0,830	0,076		0,949	0,084
17	137,50	1,328	0,113	145,06	0,764	0,069	148,29	0,836	0,077		0,976	0,086
18	137,55	1,363	0,116	145,07	0,771	0,069	148,30	0,843	0,078		0,993	0,088
19	137,56	1,371	0,116	145,08	0,778	0,070	148,30	0,843	0,078		0,997	0,088
20	137,56	1,371	0,116	145,08	0,778	0,070	148,30	0,843	0,078		0,997	0,088
dal. son.	142,83	5,328	0,452	149,38	3,765	0,339	152,23	3,516	0,323		4,203	0,371
fir. son	134,69	0,744	-0,063	143,19	0,535	-0,048	146,42	0,435	-0,040		0,571	-0,050
des. sonra	134,94	0,56	-0,047	143,40	0,389	-0,035	146,59	0,320	-0,029		0,423	-0,037
STNDRT SAPMA		0,599	0,051		0,325	0,029		0,373	0,034		0,432	0,038
A. ORTALAMA		0,695	0,059		0,400	0,036		0,453	0,042		0,516	0,046

Tablo 4.3.6.1. Koruyucusuz, 5 Yüz Koruyucu, 6 Yüz Koruyucu Sürülen Doğal Taşlarda KPTC'da Yapılan Deneysel Sonuçları

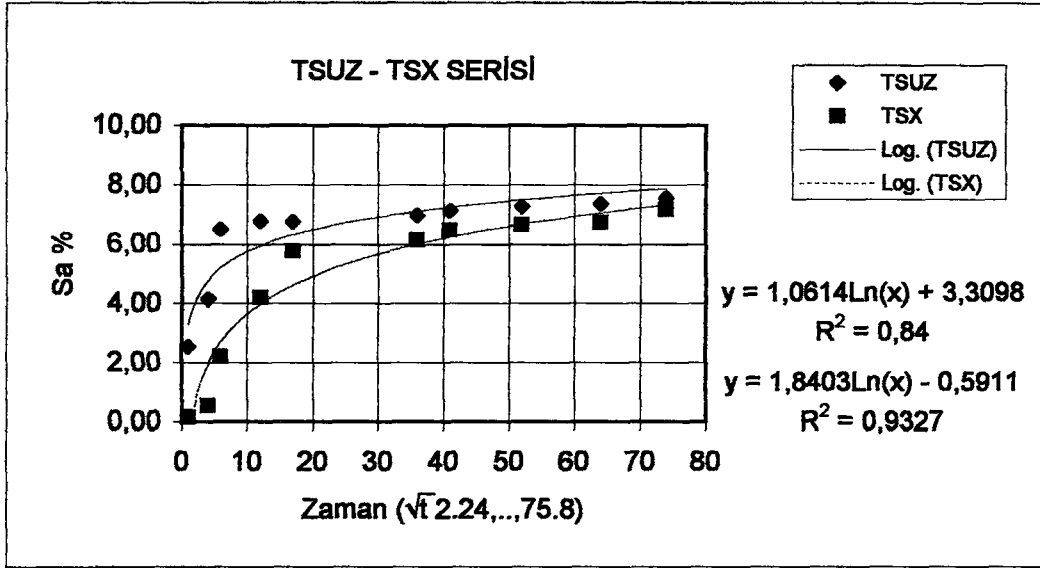
zaman (n tekrar)	UV-6 ort.			UV-5 ort.			UVSUZ ort.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²
3E+3Y+0UV+0TUZ									
fir.önce	1129,68			1124,51			1132,41		
des.sonra	1123,91			1118,42			1129,83		
hid.sonra	1129,67			1124,34			1132,39		
1	1129,72	0,004	0,001	1124,39	0,004	0,001	1136,25	0,341	0,079
2	1129,81	0,012	0,003	1124,49	0,013	0,003	1138,31	0,523	0,121
3	1129,90	0,020	0,005	1124,68	0,030	0,007	1140,21	0,691	0,160
4	1130,02	0,031	0,007	1124,99	0,058	0,013	1142,56	0,898	0,208
5	1130,15	0,042	0,010	1125,21	0,077	0,016	1144,41	1,061	0,245
6	1130,21	0,048	0,011	1125,59	0,111	0,026	1145,35	1,144	0,284
7	1130,50	0,073	0,017	1125,89	0,138	0,032	1146,23	1,222	0,282
8	1131,68	0,178	0,041	1126,26	0,171	0,039	1147,56	1,340	0,310
9	1130,99	0,117	0,027	1126,51	0,193	0,044	1148,23	1,399	0,323
10	1131,32	0,146	0,034	1127,02	0,238	0,055	1149,39	1,501	0,347
11	1131,58	0,169	0,039	1127,36	0,269	0,062	1150,87	1,632	0,377
12	1131,71	0,181	0,042	1127,96	0,322	0,074	1151,65	1,701	0,393
13	1131,88	0,196	0,045	1128,23	0,346	0,079	1152,70	1,794	0,414
14	1131,97	0,204	0,047	1128,45	0,366	0,084	1153,69	1,881	0,435
15	1132,11	0,216	0,050	1128,65	0,383	0,088	1154,71	1,971	0,456
16	1132,48	0,249	0,057	1128,78	0,395	0,091	1155,23	2,017	0,466
17	1132,65	0,264	0,061	1128,89	0,405	0,093	1155,69	2,058	0,476
18	1132,89	0,285	0,066	1128,98	0,413	0,095	1155,78	2,066	0,477
19	1132,96	0,291	0,067	1129,01	0,415	0,095	1155,83	2,070	0,478
20	1132,98	0,293	0,068	1129,02	0,416	0,096	1155,85	2,072	0,479
STNDRT SAPMA		0,101	0,023		0,153	0,035		0,552	0,128
A. ORTALAMA		0,151	0,035		0,238	0,055		1,469	0,339

Tablo 4.3.7.1.1. Koruyucu Sürülmeyen Doğal Taşlarda KPTC' da Yapılan Deney Sonuçları

Zaman	YSUZ1			YSUZ2			YSUZ3			YSUZ ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²	Q=gr/cm ²
Fir. Önce	271,59	-	-	287,64	-	-	288,09	-	-	-	-	-
Des. Sonra	255,57	-	-	277,35	-	-	276,92	-	-	-	-	-
Hld. Sonra	256,36	-	-	278,05	-	-	277,64	-	-	-	-	-
1 (1 saat)	282,05	10,021	1,028	299,10	7,571	1,710	297,68	7,218	1,653	8,270	1,463	1,463
2 (8 saat)	282,18	10,072	1,033	299,05	7,553	1,708	297,71	7,229	1,654	8,284	1,465	1,465
3 (24 saat)	282,66	10,259	1,052	299,39	7,675	1,721	298,05	7,351	1,668	8,428	1,480	1,480
4 (48 saat)	282,70	10,275	1,054	299,42	7,686	1,722	298,34	7,456	1,679	8,472	1,485	1,485
5 (72 saat)	282,71	10,279	1,054	299,45	7,696	1,724	298,36	7,463	1,680	8,479	1,486	1,486
Fir. Sonra	255,09	-0,495	-0,051	276,85	-0,432	0,820	276,47	-0,421	0,804	-0,449	0,524	0,524
STDRT. SAPMA		0,124	0,013		0,069	0,008		0,118	0,013	0,102	0,011	0,011
A. ORTALAMA		10,181	1,044		7,636	1,717		7,343	1,667	8,387	1,476	1,476

Tablo 4.3.7.1.2. Siliksan Sürülen Doğal Taşlarda KPTC'da Yapılan Deneysel Sonuçları

Zaman	YSX1			YSX2			YSX3			YSX ORT.		
	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	W gr	S _a %	Q=gr/cm ²	S _a %	Q=gr/cm ²	Q=gr/cm ²
Fir. Önce	273,03			275,80			274,37					
Des. Sonra	258,73			262,86			262,06					
Hid. Sonra	259,70			263,83			263,06					
1 (1 saat)	264,12	1,702	0,177	268,18	1,649	0,174	267,45	1,669	0,176	1,673	0,175	
Fir. Sonra	259,24			263,62			262,99					
Hid. Sonra	260,16			264,54			263,89					
2 (8 saat)	265,22	1,775	0,184	270,52	2,195	0,232	268,77	1,825	0,192	1,931	0,203	
Fir. Sonra	251,22			256,40			255,21					
Hid. Sonra	252,14			257,36			256,15					
3 (24 saat)	278,81	6,658	0,692	283,28	6,675	0,704	282,27	6,603	0,695	6,645	0,697	
Fir. Sonra	265,81			269,05			269,95					
Hid. Sonra	266,73			269,97			270,91					
4 (48 saat)	280,12	6,816	0,708	283,84	6,876	0,726	286,22	7,778	0,818	7,156	0,751	
Fir. Sonra	266,12			269,84			272,32					
Hid. Sonra	267,05			270,77			273,24					
5 (72 saat)	285,56	8,541	0,887	288,77	8,392	0,886	289,51	8,667	0,912	8,533	0,895	
Fir. Sonra	271,56	4,959	0,474	274,77	4,531	0,438	275,76	5,228	0,508	4,906	0,473	
STDRT. SAPMA		3,155	0,328		3,033	0,320		3,333	0,351	3,168	0,332	
A. ORTALAMA		5,098	0,530		5,157	0,544		5,308	0,559	5,188	0,544	



EK Şekil 3.2.1.4.1.2. Su Emme Deneyleri (Zaman \sqrt{t}) Sonuçları

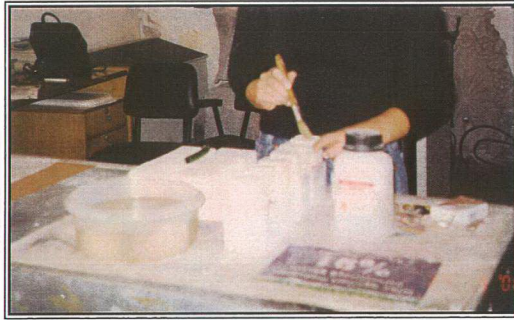
Ek 4.2.3. Meteorolojik Veriler

		(İSTANBUL) GÖZTEPE/İSTANBUL											
		METEOROLOJİK ELEMANLAR											
		Rasat S. (VTL) I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII YILLIK											
		A Y L A R											
		I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII											
Enlem	40.38	31	44	55	40	32	17	18	17	17	23	20	349
Boylam	29.05	1.9	2.2	1.5	1.3	1.5	1.7	1.2	1.1	1.2	1.6	1.7	1.6
Yüksaklık	33 m	107	114	129	92	79	31	14	48	67	89	141	1095
S Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		2.5	2.4	2.3	2.0	1.9	1.5	2.0	2.1	2.0	2.0	2.6	2.1
SSW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		106	106	135	128	97	95	58	93	94	141	130	1239
SW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		1.7	2.3	1.9	1.8	1.5	1.7	1.5	1.3	1.6	1.5	2.1	1.8
EW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		86	75	80	94	78	74	41	53	82	60	76	877
WSW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		1.7	1.9	1.8	1.9	1.7	1.5	1.4	1.7	1.3	1.4	1.9	1.7
WSW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		20	19	35	45	22	19	18	24	33	24	18	294
W Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		1.6	1.6	1.4	1.5	1.5	1.5	1.3	1.4	1.4	1.4	1.1	1.5
WNW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		18	16	16	16	17	10	13	20	15	19	22	15
WNW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		21	18	22	23	23	21	20	19	23	18	18	17
NW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		22	18	23	25	21	30	20	11	17	22	25	14
NW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		2.5	3.0	2.8	2.8	2.6	3.0	2.8	2.3	2.5	2.5	2.4	2.7
NNW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		44	38	44	42	47	58	54	35	39	58	37	43
NNW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)		2.9	2.9	3.7	3.5	3.5	3.7	3.6	3.3	3.1	3.2	3.1	3.5
Ortalama 5 cm Toprak Sıcaklığı (C)		5.7	5.8	6.5	14.3	20.2	25.8	27.6	23.0	17.0	10.8	7.2	16.2
En Düşük 5 cm Toprak Sıcaklığı (C)		0.2	0.4	1.9	5.4	11.9	16.5	19.5	15.3	9.3	2.2	0.3	0.0
Ortalama 10 cm Toprak Sıcaklığı (C)		5.5	5.6	6.1	13.8	19.5	24.9	27.7	21.1	12.7	10.8	7.1	15.8
En Düşük 10 cm Toprak Sıcaklığı (C)		1.0	0.6	1.9	5.0	11.6	17.5	20.0	19.5	15.7	9.2	2.9	0.6
Ortalama 20 cm Toprak Sıcaklığı (C)		6.2	5.9	6.1	13.2	18.5	23.8	26.5	20.4	16.9	11.8	8.0	15.7
En Düşük 20 cm Toprak Sıcaklığı (C)		2.1	1.6	3.2	6.0	11.6	18.4	20.5	20.4	16.9	10.9	5.0	2.3
Ortalama 50 cm Toprak Sıcaklığı (C)		7.9	7.2	8.6	12.5	16.9	21.6	24.7	25.3	24.7	18.7	13.6	9.8
En Düşük 50 cm Toprak Sıcaklığı (C)		4.8	4.3	4.9	7.2	15.3	17.4	20.6	21.5	18.6	13.0	9.0	5.8
Ortalama 100 cm Toprak Sıcaklığı (C)		10.0	8.8	9.3	11.7	15.2	18.9	22.0	23.4	22.4	15.7	15.8	12.0
En Düşük 100 cm Toprak Sıcaklığı (C)		7.9	6.8	7.0	8.3	11.6	15.7	19.5	21.0	19.3	15.8	12.4	3.0
Ortalama Buharlaşma (mm)		81.4	138.3	178.4	225.7	214.7	160.7	90.2	42.7	23.2	14.0	14.0	
Günlük En Çok Buharlaşma (mm)		0.0	0.0	0.0	6.5	8.5	12.0	14.0	11.3	7.0	3.5	2.8	
Günlük Ort. Guneslenme Süresi (saat dakikal)		02:34	04:00	05:07	06:17	08:12	09:45	10:31	09:34	08:07	05:34	03:06	06:17
Günlük Ort. Guneslenme Sıcaklığı (ca/°cm².dak)		117.80	174.74	271.42	378.13	472.56	531.82	529.17	456.57	379.07	236.11	162.46	84.07
Aylık En Yüksek Guneslenme Sıcaklığı (ca/°cm².dak)		0.96	1.11	1.30	1.44	1.72	1.50	1.46	1.52	1.35	1.20	1.18	1.27
Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı (C)													
En Yüksek Deniz Suyu Sıcaklığı (C)													
En Düşük Deniz Suyu Sıcaklığı (C)													
Zincayenun Celiama Suresi : 1993 - 2001													
ADASTIRMA VE HIZLI İZLEM DAİRESİ BAŞKANLIĞI													

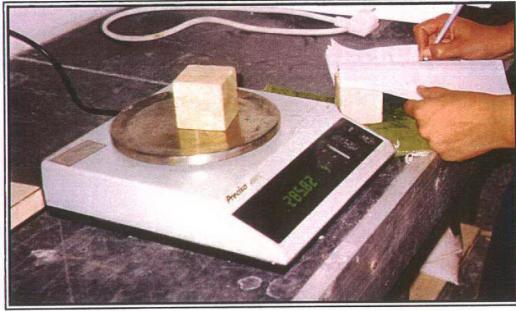
Mehmet EKEM
Başkan Yardımcısı
KAYITLI VE YETKİLİ
KAYITLI VE YETKİLİ



Resim 4.1.4. Doğal Taş Numunelerin Etüvde Kurutulması



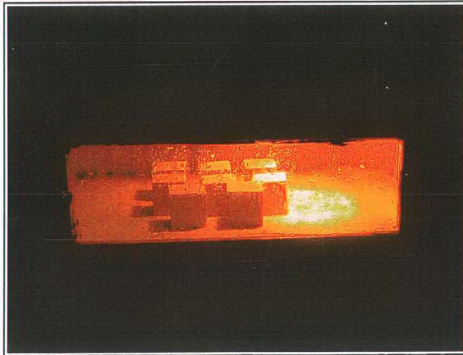
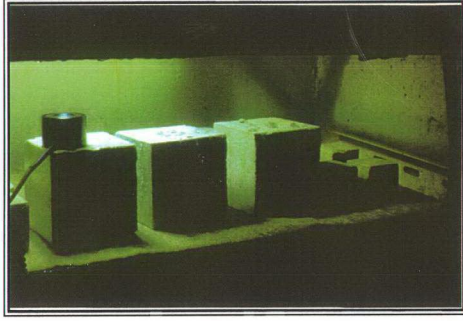
Resim 4.1.5. Doğal Taş Numunelere Koruyucu Malzemenin Fırça ile Uygulanması



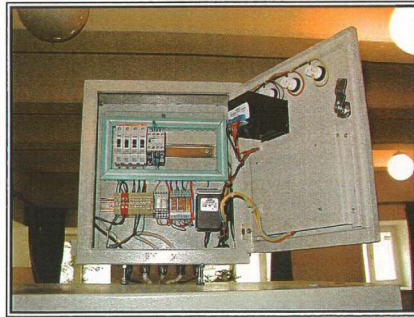
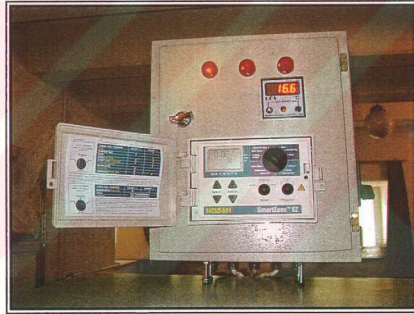
Resim 4.1.6. Doğal Taş Numunelerin 0,1 gr Hassasiyette Terazide Ağırlık Artışının Ölçülmesi



Resim 4.1.7. Suyu Daldırma Metodu Uygulanan Doğal Taş Numunelerde Siloksanın Su-İtici Özelliğinin Devam Etmesi



Resim 4.18. KPTC' da UV Etkisi + Su Damlaları, Daldırma Etkisi, Enfraruj Etkisi



Resim 4.1.9. KPTC' da Kontrol Ünitesi

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı – Soyadı : E. Sibel Onat Hattap
Doğum Yeri – Tarihi : 1966 - İSTANBUL
Medeni Durumu : Evli, bir çocuklu

Öğrenim Durumu

Yüksek Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi, Rölöve ve Restorasyon
Ana Bilim Dalı, 1990
Yüksek Öğrenim : Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi,
Mimarlık Bölümü, 1987
Orta Öğretim : Ataköy Lisesi, 1983

Profesyonel Tecrübe

1994 – 2002 Mimar Sinan Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Mimari
Restorasyon Programı, Araştırma Görevliliği
1991 – 1994 Midek – Hasan Mingü Mimarlık Bürosu
- Vakko Mağazaları Projelendirme
- Beymen Mağazaları Projelendirme
- Animalia Hayvan Hastanesi Projelendirme
- BM Club Mağazaları Projelendirme
- Çeşitli Villa Dekorasyonları Projelendirme
- Garanti Bankası Genel Müdürlük Binası Projelendirme +
Uygulama, Şantiye Sorumluluğu (Beymen Dekorasyon Adına)
- Beymen Akmerkez Projelendirme + Şantiye
- Cumhurbaşkanlığı Huber Köşkü Projelendirme + Uygulama
Sorumluluğu (Beymen Dekorasyon Adına)Atış Merkezi
Projelendirme
- Ertürk Değer Evi – Alsit Projelendirme
- Kuşak Tekstil Projelendirme
- Beytem Giriş Kat Projelendirme + Uygulama Sorumluluğu
- Altıyıldız Fabrika Projelendirme
- Beymen Çalışma Ofisleri Projelendirme
1990 – 1991 Yaptaş Yapı Mimarlık ve Projelendirme Bürosu
- Fabrika ve Okul Projeleri
- Rölöve ve Restorasyon Çalışmaları (Kanlıca, Anadolu Hisarı)

- 1988 – 1989** Şark Sigorta
Şark Sigorta Genel Müdürlük Binası Projelendirme + Şantiye
- 1988** Metin Eruzun Mimarlık Bürosu
Villa Projeleri İş Merkezi Projeleri
- 1987 – 1988** Atelye T – Tuncay Çavdar Mimarlık Bürosu
Tatil Köyleri Projesi (Antalya – Belek)
Muhtelif Dekorasyon Çalışmaları
- 1983 – 1987** Bakırköy Belediyesi İmar Müdürlüğü
Çeşitli Öğretim Görevlilerinin Yanında Proje Çalışmaları
Tures – Mehmet Alper ile Restorasyon Proje Çalışmaları

AKADEMİK ÇALIŞMALAR

- 1986** Bursa Tarihi Sit Alanı Çalışmaları – Y.T.Ü. Restorasyon Ana Bilim Dalı Başkanlığı Yürütücülüğünde
- 1986** Kula Evleri Araştırma
- 1986** Muğla Sit Alanı Çalışmaları, Rölöve ve Görsel Dokümantasyon Çalışmaları
- 1986** Birgi Fotoğraf Tespit Çalışmaları
- 1986** İznik Görsel Dokümantasyon Çalışmaları
- 1987** Sergi – Başarılı Diploma Projeleri
- 1987** Türk Evi'nin Çağdaş Yaşama Adaptasyonu (Yüksek Lisans Tezi)
- 1991** Yayın – 'Yaşama Bizi de Katın', Bakırköy'de Mimarlık Dergisi
- 1995** Seminer – 'Geleneksel Türk Evi'nde Isıtma ve Aydınlatma Sorunları', M.S.Ü. M.Y.O.
- 1996** Eski Eserlerde Yapı Fiziği Açısında Koruma Yöntemleri Üzerine Bir Araştırma
- 1996** Dolmabahçe Sarayı'nda Taş Malzemenin Tahrip Sorunları Üzerine Bir Araştırma
- 1996** İstanbul Osmanlı Dönemi Camilerinde Taş Malzemelerin Tahrip Sorunları Üzerine Bir Araştırma

- 1996 Doğal Taş Malzemede Su – Nem Sorunları ve Korunum Teknikleri – Kum Taşında Siloxan ve Epoksi ile Korumaya Yönelik Deneysel Bir Araştırma
- 1996 Seminer – Taş Sağlamaştırma ve Sağlamaştırıcı Malzemeler M.S.Ü. M.Y.O.
- 1996 “ Exhibition of Student’s Works of Two Years Collage of Restoration-Mimar Sinan University ” Exhibition organised in Safranbolu Two Years Collage of Restoration on the occasion of The Symposium on Education of Restoration organised by Zonguldak University (N-B.Uluengin ile birlikte)
- 1999 Seminer – ‘Hidrofoblaştırıcı Malzemelerde U.V. Etkisi İle Malzemenin Su Emme Özelliğindeki Değişimin Saptanması’, M.S.Ü. M.Y.O. (Doç.Dr. Kemal Çorapçioğlu ile birlikte)
- 2002 I. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi - “ Doğal Taş Koruyucu Malzemelerin Performans Sınırları Ve Durabilitesinin Uluslararası Standartlar-Uygulamalar-Açısından İrdelenmesi” konulu sunum için kabul edilen Bildiri