

## THE STONE CONSERVATION AND A RESEARCH ON THE EFFICACY OF THE WATER REPELLENTS FOR THE CONSERVATION

### ABSTRACT

Turkey is a rich country with having a variety of cultures. These cultures can be seen by the help of historical structures coming up to now. It our our responsibility to save these structures for the next generations by considering the principles. The stone conservation science and the applications have not a long history in our Turkey. The stone conservation technologies have been still developed in all over the world. Because, the successful treatment applications depend on the various factors. These works need for multidisiplinary professions. And more over, to get succesful results, it is required to share the documentation of the pre works and experiments.

In this article, the resarches which are conducted for determining the efficacy of the protective chemicals used for the volcanic tuffs in laboratory conditions are presented.

# Doğal Taşlarda Koruma ve Koruyucu Kimyasalların Etkinliğinin İrdelenmesi

*Sevgili meslektaşımız Prof. Dr. Ahmet Ersen, restorasyon ve malzeme bilim dalları arasında bir köprünün kurulmasında öncülük etmiş, disiplinlerarası çalışmaların başlatılmasına katkı sağlamıştır. Malzeme ve Koruma alanında birçok değerli çalışmaları birlikte ürettik. Bu makalenin çıkarıldığı doktora tezinde de, birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığımız meslektaşımızı erken kaybetmenin verdiği acıyı bir nebze olsun hafifletmek ve anmak adına, bu yayını paylaşmayı arzu ediyoruz.*

SEDEN ACUN ÖZGÜNLER  
EROL GÜRDAL\*

## 1. Giriş

Taş koruma; iklimsel bozulma ortamında ve endüstri kentinin kirli atmosferinde ayrışan ve bozulan doğal yapı taşlarının; pullanma, kavlanma, kırılma, yapraklanma şeklindeki yüzey erozyonlarının engellenmesini ya da durdurulmasını amaçlayan önlem ve işlemlerdir. Taş koruma kavramı, ilk olarak Avrupa'da Sanayi Devrimi ile ortaya çıkan, gün geçtikçe daha da önem kazanan bir kavramdır.

Sanayinin gelişmesi ile birlikte, fabrikalardaki zehirli gazların yol

Taş koruma, ilk olarak Avrupa'da Sanayi Devrimi ile ortaya çıkan, gün geçtikçe daha da önem kazanan bir kavramdır.

açtığı hava kirliliği, asit yağmurları, don olayları, vb. etkenler, yüzlerce yıl ayakta kalabilmiş tarihi yapıları hızla tahrip etmektedir. Bu faktörler, özellikle dış cephede kullanılan doğal taşların hızla bozulmasına neden olmaktadır. Tarihi belge niteliği taşıyan detayları içeren doğal taşların

korunması, eski taş işçiliğinin de artık yok olmaya başladığı göz önüne alınırsa, özellikle büyük önem arz etmektedir. Doğal taş malzemede meydana gelen bozulmalarda ana etkenler; fiziksel, kimyasal, biyolojik olarak sınıflandırılmaktadır.

Taş koruma yöntemleri bir dizi çalışmayı kapsamaktadır. Temel amaç, mevcut taşı çıkartmadan bazı özelliklerini iyileştirerek yerinde muhafaza edebilmek, yani taşın servis ömrünü uzatabilmektir. Bu amaçla, taşın durumuna göre önce yüzey temizliği, sonra gerekli durumlarda sağlamlaştırıcı-su itici kimyasallarla sağlamlaştırma ve koruma uygulaması yapılmalıdır.

## 2. Koruyucu Kimyasalların Etkinliği Hakkında Literatür

Taş koruma çalışmalarında, sağlamlaştırıcı ve su itici özellikli çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Bozulma derinliğine bağlı olarak,

bazen tek başına su itici özellikte olanlar, bazen de her iki grup kimyasalla işlem yapılmaktadır. Taş koruma tarihine bakıldığında

ilk olarak sağlamlaştırıcı ürünlerin imal edildiği görülmektedir. Daha sonra bulunan su itici özellikli koruyucu kimyasallar, ABD ve

\* Doç. Dr. Seden ACUN ÖZGÜNLER; İTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Yapı Malzemesi Birimi, e-posta: acused@itu.edu.tr; Prof. Dr. Erol GÜRDAL, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Mimarlık Bölümü, e-posta: erol.gurdal@izu.edu.tr, gurdale@itu.edu.tr

Avrupa'da ilk olarak 20. yüzyılın ortalarında ticari olarak piyasaya girmiştir; 1980 sonlarında ortaya çıkan emülsiyon su iticiler ise, solvent (organik çözücü) esaslı su iticilere alternatif olarak gösterilmiştir. Ancak, bu ürünlerde solvent esaslı ürünlerde olduğu kadar derin penetrasyon sağlanamamıştır (Charola, 2001). Bu emülsiyonlar, solvent esaslı su iticilerin zararlı çevresel etkileri nedeniyle 1980'lerin sonunda kullanılmaya başlanmıştır (Kober vd., 1995). Çeşitli çalışmalar neticesinde, su ile seyreltilebilen bu kimyasalların nemli ortamlarda penetrasyon derinliğinin arttığı ve granit gibi az boşluklu taşlarda daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Diğer yandan, donma-çözülme döngülerine karşı solvent esaslılara göre daha düşük bir performans elde edilmiştir.

Solvent esaslı su iticiler polimerizasyon derecelerine göre farklı performans gösterebilir. Bu çalışmada, emülsiyon tipi su iticilerin taşın nem miktarından çok etkilendiği ve iyi bir performans gösterebilmeleri için, taşın kuru olması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Su iticilerle koruma; tuğla türü malzemelerde başarılı sonuçlar verirken, kireçtaşı, kumtaşı gibi malzemelerde taşın yapısına bağlı olarak değişmektedir. Özellikle tüflerde farklı türlerde kil bulunması nedeniyle kimyasalların penetrasyon yapma problemleri ortaya çıkmakta, bu nedenle de çoğu zaman başarı sağlanamamaktadır. Bu tür taşlarda etil silikat ile yapılan sağlamlaştırma uygulamasından sonra solvent esaslı

su iticiler kullanıldığında daha fazla başarı elde edildiği belirtilmektedir. Hatta bu uygulamada 8 yıl süren atmosfer koşullarına dayanıklılık deneylerinin sonucunda, hâlâ korumanın etkinliğini sürdürdüğü görülmüştür (Bruchertseifer vd., 1996).

Koruyucu kimyasalların başarısı, uygulanacak taşın cinsine olduğu kadar, uygulama tekniğine de bağlıdır. Laboratuvar ortamında kılcal yolla emdirme tekniğinin, fırça ile sürme ve spreyleme yöntemine göre daha etkili olduğu görülmüştür. Ancak bu teknik, *in situ* uygulamalarını fırça ile sürme ve spreyleme tekniği kadar iyi simülize edememektedir (Matteoli, 1993).

Silikon esaslı su iticilerin, performanslarına bağlı olarak en az beş, en çok on beş yıl süreyle etkinliğini sürdürdüğü çeşitli yayınlarda belirtilmektedir (Matteoli, 1993). Ancak son değerlendirmelerde, tuğla cepheledeki su itici uygulamaların performansının otuz altıncı yıl sonunda da devam ettiği görülmüştür, (Wendler vd, 1991).

Yapılan birçok deneysel çalışma sonucunda, silikon esaslı ürünlerin UV ışınlarından etkilenmediği tespit edilmiştir. Bu ürünlerde, dış hava koşullarında performansın azalması, su itici uygulanan yüzeyde hidrofil partiküllerin birikmesi ile oluşan aşınma sonucunda olmaktadır; bu da, yağmur sularının yüzeye doğrudan basınçlı bir şekilde gelmesi ile uzun zaman içinde oluşabilecek bir problemdir. Bu durumda bile taşın dış yüzeyindeki su iticilik birinci yılın sonunda 1mm'lik katmanda azalacak, ancak, daha derinlerde su itici özellik

devam edecektir. Sekiz yıl süren atmosfer koşullarına dayanıklılık deneylerinde, bu ürünün propil-oktil silan ve metil-oktil siloksan beraber kullanıldığı durumlarda, silan esaslı ürünlerin, siloksanlara göre daha uzun süre iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir; benzer bir sonuç da, yapay yaşlandırma için kullanılan VENUS simülasyon cihazından elde edilmiştir (Wendler vd., 1997). Sağlamlaştırıcı ve koruyucu uygulamaları çevresel koşulların oluşturduğu bozulma etkilerini tamamen engelleyemez, ancak bu hızı yavaşlatılabilir. Bu konuda ilk olarak 1990'larda oluşturulan disiplinlerarası işbirliği ile, sağlamlaştırıcı ve koruyucu uygulamalarından sağlanabilecek teknik beklentiler aşağıdaki dört temel ölçüte dayanmaktadır:

- 1- Doğal taş yüzeyinin estetik olarak korunması,
  - 2- Koruyucu yöntemlerin etkin olması ve dayanıklılığının önemi,
  - 3- Yerde uygulanabilirlik,
  - 4- Ekolojik taleplere uyumluluk,
- Lukaszewicz, Rossi Manaresi, Useche, Bianchetti, vd. gibi konuyla ilgili uzman araştırmacılar, silisli taşların konservasyon çalışmalarında; Wacker firmasının etil silikat cinsi OH 100 adlı ürün ile siloksan esaslı Wacker H'nin birlikte kullanımından başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Literatür araştırmasının sonucunda elde edilen görüş ve bilgiler; bu çalışma kapsamında yapılan koruyucu kimyasalların seçimi, uygulama yöntemi ve çıkan sonuçların değerlendirilmesi gibi konularda yol gösterici olmuştur.

### 3. Deneysel Çalışmalar

Kimyasal çalışmalar od taşı (riyodasitik tüf) olarak bilinen volkanik tüf cinsi taşlarda yapılmıştır. İstanbul Eminönü'nde bulunan Ahi Çelebi Camii'nden taş örnekleri alınmış ve deneylere hazır hale getirilmiştir. Kimyasalların ve uygulanma

yöntemlerinin etkinliğini araştırmak üzere malzemeye kimyasal sürülmeden önce yapılan tüm, fiziksel, mekanik ve mikro yapıyla ilgili deneyler, kimyasal sürüldükten sonra da aynı koşullarda yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak her grup kimyasal

için etkinlik faktörü oranları (TEI, %) bulunmuştur.

$$TEI^* = \frac{W_{tr} - W_{untr}^{**}}{W_{untr}} \times 100 ,$$

(%) formülü ile hesaplanmıştır.

\* TEI: Treatment Efficiency Index: Uygulamanın Etkinlik Faktörü,

\*\* Wtr=İşlem görmüş fiziksel değer (Treated); Wuntr=İşlem görmemiş fiziksel değer (Untreated).

### Ahi Çelebi Camii'nden Alınan Tüf Örnekleri

1. Grup örnekler: Tek başına solumasyon su itici (BS 290) sürülenler (AC-WR1),
2. Grup örnekler: Tek başına emülasyon su itici (SMK 1311) sürülenler (AC-WR2),
3. Kimyasal sürülmeyen (Untreated) örnekler-kontrol örnekleri: (AC-UNTR).

Su itici kimyasallar, iki döngü olarak örnek taşın altı yüzeyine de sürülmüş, 15 dk. beklendikten sonra iki döngü olarak tekrar uygulanmıştır. Son işlemde 15 dk. sonra iki döngü olarak bir daha sürülmüş, örneklerin kimyasalı daha fazla emmediği görüldüğünden, işlem sonlandırılmıştır. Bu örnekler, dört hafta kapalı bir ortamda bekletilmiştir.

#### 3.1. Kimyasalların Fiziksel Özelliklere Olan Etkinliği

Od taşı örneklerinde fiziksel özellik



Sekil 1(a-b). Laboratuvar ortamında kimyasal uygulaması.

deneyleri olarak; kılcal su emme, atmosfer basıncında su emme, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık ve porozite deneyleri TS 699 standardına uygun olarak yapılmıştır. Kimyasallar sürülmeden önce ve sonra, aynı örneklerde tekrarlanan fiziksel özellik tayini deney sonuçları karşılaştırmalı olarak Tablo 1'de verilmiştir.

#### Su Buharı Geçirgenlik Deneyi Sonuçları

Bu deney, AC örneklerinde kimyasal sürülmeden önce ve sonra aynı sıcaklık ve nem ortamında, bu örneklerin ağırlıkları tartılarak ya-

pılmıştır. Deney sonuçları karşılaştırmalı olarak hesaplanmıştır.

#### 3.2. Kimyasalların Mikro Yapıya Olan Etkinliği

Kimyasalların içyapıdaki etkilerini anlamak için ince kesit analizleri ile XRD ve SEM-EDS analizleri yapılmıştır. İnce kesit örneklerde içyapıda oluşan kimyasal jel ( $\text{SiO}_2$  jeli) polarize mikroskop yardımıyla hareli görüntüler şeklinde mineralerin üzerini örtmüş ya da boşluklarını sarmış olarak tespit edilmiştir (Şekil 2a-b, 3a-b). Tek başına su itici sürülen örneklerde  $\text{SiO}_2$  oranı %70-80 civarında bulunmuştur.

Tablo 1. Kimyasalların, örneklerin fiziksel özelliklerine etkisi

Tanım	İlk N ( $\text{g/m}^2\sqrt{\text{dak}}$ )	İlk Sk (%)	İlk Sh (%)	İlk dh ( $\text{g/cm}^3$ )	Son Sk (%)	Son Sh (%)	Son Sh (%)	Son dh ( $\text{g/cm}^3$ )
AC-WR1 (BS290)	303,1 $\pm 5,0$	8,0 $\pm 0,001$	17,2 $\pm 0,002$	2,13 $\pm 0,005$	29,5 $\pm 2,0$	1,2 $\pm 0,001$	2,6 $\pm 0,002$	2,15 $\pm 0,003$
AC-WR2 (SMK 1311)	285,3 $\pm 5,0$	7,9 $\pm 0,008$	16,91 $\pm 0,09$	2,12 $\pm 0,05$	33,16 $\pm 2,0$	2,5 $\pm 0,003$	5,4 $\pm 0,005$	2,13 $\pm 0,05$

N: Kılcallık katsayısı, Sk: Kütlece su emme oranı, Sh: Hacimce su emme oranı, dh: Birim hacim kütle. Tablo 1'deki değerler kimyasalların etkinliğinin irdelenmesinde kullanılmıştır.

Tablo 2. AC örneklerinin su buharı geçirgenlik direnç katsayıları

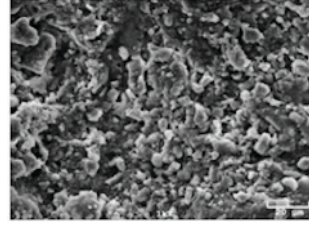
Tanım	Örnekler	Kimyasaldan Önce Buhar Geçirgenlik Direnç Katsayısı	Kimyasaldan Sonra Buhar Geçirgenlik Direnç Katsayısı	Buhar Geçirgenlik Direnç Katsayısı Artış Farkı (%)
WR1	3AC1	50	55	WR1 %8
WR1	3AC2	46	48	
WR1	3AC3	50	53	
Ortalama		48 $\pm$ 2,0	52 $\pm$ 3,0	
WR2	4AC1	61	68	WR2 %8
WR2	4AC2	58	60	
WR2	4AC3	60	66	
Ortalama		60 $\pm$ 1,0	65 $\pm$ 4,0	

### 3.3. Kimyasalların Uzun Dönem Performanslarının Belirlenmesi

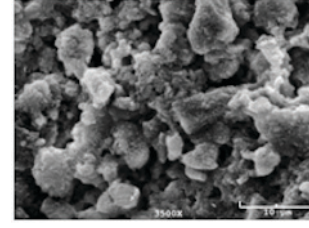
Konservasyon amaçlı kullanılan kimyasalların uzun dönem performansları hakkında bir tahminde bulunabilmek için, ASTM E-2167 standardında da önerilen bazı eskitme deneyleri yapılmıştır. Bunlar; ıslanma-kurumaya, donma çözölmeye, tuz kristallenmesine dayanıklılık gibi hızlandırılmış eskitme deneyleridir. Bu deneyler, AC örneklerinden hazırlananlar üzerinde yapılmıştır. Eskitme deneylerinden bozulmadan çıkan örnekler üzerinde, tekrar fiziksel ve mekanik özellik testleri gibi kontrol deneyleri yapılmış; buna göre eskitme deneylerinden ne kadar etkilenildiği ortaya konulmuştur.

#### 3.3.1. Islanma-Kuruma Etkilerine Dayanıklılık Deneyi Sonuçları

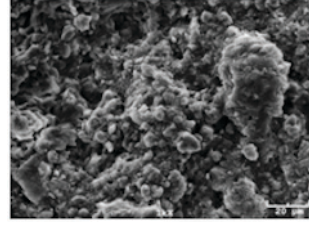
Islanma-kuruma etkilerine dayanıklılık deneyi, diğer eskitme deneyleri arasında malzemeye en az zarar veren deney olmuştur. Bazı çevrimlerde, örnekler ardışık olarak tartılmış, ilk günkü duruma göre ağırlık değişimleri yüzde olarak hesaplanmıştır. Deney sonunda tekrar su emme ve ultrases hızı ölçümü deneyleri yapılarak veriler ilk sonuçlarla karşılaştırılmış, değişimler yüzde olarak hesaplanmıştır. Islanma-kuruma etkilerine dayanıklılık deneyi 30 çevrim yapıldıktan sonra, aynı örneklerde su emme ve ultrases hızı ölçümü tekrarlanarak kimyasalların etkinlik faktörlerindeki (TEI) kayıp oranları hesaplanmıştır. Bu değerler, karşılaştırmalı olarak Şekil 4 ve 5’de gösterilmiştir. Örneklerin fiziksel özelliklerindeki TEI değişim oranları, ıslanma-kuruma deneyinden önce ve sonra bulunan etkinlik faktörü değerlerinin farkları alınarak hesaplanmıştır. Örneklerin mekanik özelliklerindeki (eğilme ve basınç dayanımı) TEI değişim oranlarının hesaplanmasında, ıslanma-kuruma deneyinden önce kimyasal sürülmeyen (UNTR) örneklerin eğilme ve basınç dayanımı değer-



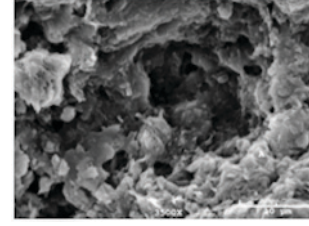
(a). 1000x



(b). 3500x



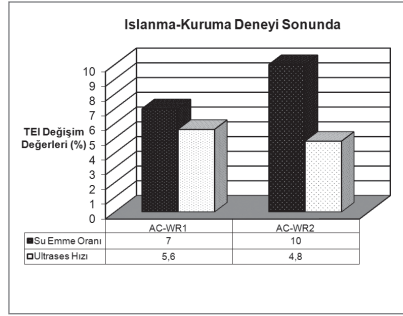
(a). 1000x



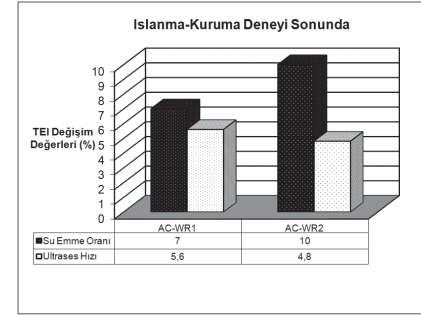
(b). 3500x

Şekil 2a-b.  
AC-WR1  
örneğinin SEM  
görüntüleri

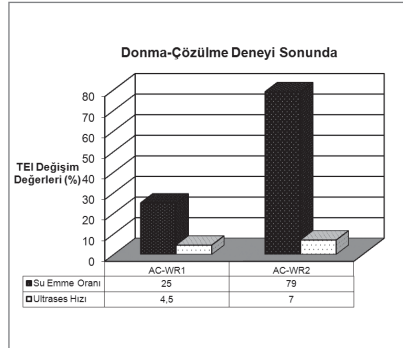
Şekil 3a-b.  
AC-WR2  
örneğinin SEM  
görüntüleri



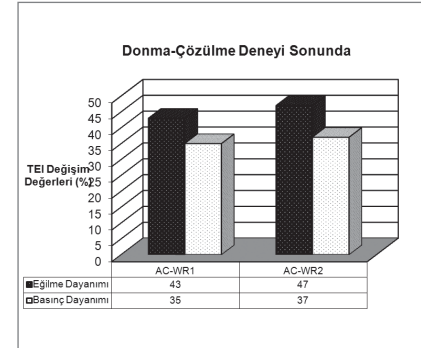
Şekil 4. Islanma-kurumanın fiziksel özelliklere etkisi



Şekil 5. Islanma-kurumanın mekanik özelliklere etkisi



Şekil 6. Donma-çözölmenin fiziksel özelliklere etkisi



Şekil 7. Donma-çözölmenin mekanik özelliklere etkisi

leri göz önüne alınmıştır. Eskitme deneyinden önceki değerlerle daha sonra bulunan eğilme ve basınç dayanımı değerlerindeki değişimler yüzde olarak hesaplanmış ve grafiklerle gösterilmiştir.

#### 3.3.2. Donma-Çözölme Etkilerine Dayanıklılık Deneyi Sonuçları

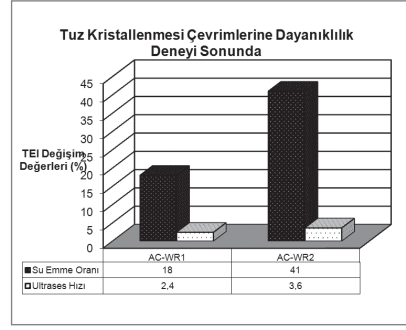
Donma-çözölme etkilerine dayanıklılık deneyleri, toplam 30 çevrim olarak yapılmıştır. Bu deneylerde de, ıslanma-kuruma deneyindeki gibi önceki ve sonraki değerler karşılaştı-

rılmış; dayanımlardaki düşüşler kimyasal etkinlik faktöründeki değişimler olarak değerlendirilmiştir. Şekil 6 ve 7’de, bu değerler altışar örneğin ortalamaları alınarak gösterilmiştir.

Donma-çözölme etkisine dayanıklılık deneyi, emülsiyon su itici kullanılan örneklerde daha etkili olmuştur. Bu kimyasalın su emme deneyinde gösterdiği performans (etkinlik değeri) %79 azalmıştır. Performans düşüşlerine rağmen, kimyasal sürülen örneklerin sürülmeyenlere göre çok daha iyi durumda oldukları görülmüştür.

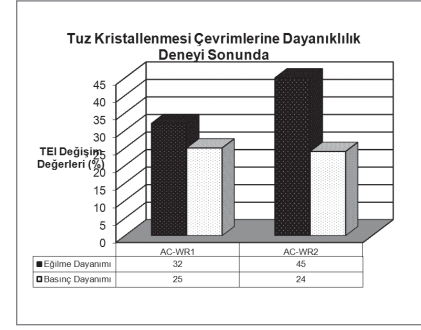
### 3.3.3. Tuz Kristallenmesi Etkilerine Dayanıklılık Deneyi Sonuçları

Tuz kristallenmesi etkilerine dayanıklılık deneyi toplam 20 çevrim yapılabilmektedir. Deney sırasında örneklerin ağırlıkları tartılmış ve değişimleri hesaplanmıştır. Bu deney sonunda, kimyasal sürülmeyen tüm AC örnekleri 15. çevrimde parçalanmış; aynı örneklerin yüzeyindeki koyu kahverengi bölümlerin içi önce boşalmış, sonra parçalanmıştır. Tuz kristallenmesi etkilerine dayanıklılık deneyinden sonra, tekrar edilen



Şekil 8. Tuz deneyinin fiziksel özelliklere etkisi

su emme, ultrases hızı ve mekanik özellik deneylerinin sonucunda elde edilen değişim oranları (TEI) Şekil 8 ve 9'da toplu olarak gös-



Şekil 9. Tuz deneyinin mekanik özelliklere etkisi

terilmiştir. Tuz kristallenmesine dayanıklılık deneyi, kimyasalların etkinlik faktörlerine en çok tesir eden deney olmuştur.

## 4. Genel Değerlendirme ve Sonuç

Konservasyon çalışmaları, Eminönü'ndeki Ahi Çelebi Camii'nden alınan od taşı örnekleri üzerinde yapılmıştır. Yapıdan alınan bozuk taşlar üzerinde, yalnızca su itici, emülsiyon ve solüsyon tipi kimyasalların kullanılması durumunda oluşan etkiler araştırılmış ve dayanıklılık özellikleri irdelenmiştir.

Bu çalışmada, silikatlı volkanik tüf türü taşların konservasyonunda, R. Rossi Manaresi (1993), L. A. Useche (1990) gibi birçok uzman tarafından silikat esaslı taşlarda kullanılması önerilen silan/siloksan esaslı ürünler tercih edilmiştir. E. De Witte'nin bir çalışmasında (De Witte, 1993) belirttiği, tüflerin konservasyonunda sağlamaştırıcı yerine tek başına su itici kullanımının daha faydalı olacağı görüşünün irdelenmek amacıyla, su itici ürünlerin tek başına uygulandığı örnekler de hazırlanmıştır.

Konservasyon çalışmaları için yapıdan alınan od taşları, en az altışar örnek olmak üzere; birinci grup kimyasal sürülmeyen, diğer iki grup farklı kimyasallar uygulananlar olmak üzere toplamda üç grupta hazırlanmıştır.

Konservasyon uygulamalarının taşların fiziksel özelliklerine olan etkilerini araştırmak için yapılan su emme davranışına ilişkin tüm deneyler, aynı örnekler üzerinde kimyasal sürülmeden önce ve sonra

Ahi Çelebi Camii'nden alınan bozuk od taşı örnekleri üzerinde, yalnızca su itici, emülsiyon ve solüsyon tipi kimyasalların kullanılması durumunda oluşan etkiler araştırılmış ve dayanıklılık özellikleri irdelenmiştir.

tekrarlanmış olduğundan, kendi aralarında değişim yüzdeleri hesaplanabilmektedir.

F. Zezza ve N. Garcia Pascua (Zezza ve Pascua, 1996), kimyasal uygulamaların fiziksel özelliklere etkisi hakkında yaptıkları bir çalışmada, silan-siloksan esaslı ürünlerin taşın birim hacim kütlelerini %1,1-2,2 oranında arttırdığını, su emme değerlerini ise %80-90 azalttığını bulmuşlardır. Bu sonuçlar, elinizdeki çalışmada elde edilen verilerle paralellik göstermektedir.

Konservasyon uygulamalarının uzun dönem atmosfer koşullarındaki performansları hakkında bilgi sahibi olabilmek için, laboratuvar ortamında tek parametrelilik deneyleri yapılmıştır. Eskitme deneyleri, sonuçların karşılaştırılabilmesi için yaklaşık 30 çevrim olacak şekilde düzenlenmiştir. Sonuçta en

yıkıcı eskitme deneyi tuz kristallenmesi ile donma-çözülme etkilerine dayanıklılık deneyleri olmuştur. İslanma-kuruma etkilerine dayanıklılık deneyi ise, diğer eskitme deneyleri arasında, malzemeye en az zarar verici olanıdır.

Ağırlık değişimleri, donma-çözülme etkilerine dayanıklılık deneyi sırasında da çok farklılık göstermemiştir. Kimyasal sürülmeyen örneklerin su emme oranı, eskitme deneyi sonunda AC örneklerinde %15 artmıştır. Bu artışın, ıslanma-kuruma deneyinde bulunan artıştan fazla olması, donan suyun taşın bünyesinde oluşturduğu iç gerilmeler ile açıklanabilir. Su emme deneyinde kimyasal sürülen örneklerin koruma özellikleri çok değişmiştir. Özellikle tek başına WR2 sürülenler en çok etkilenen grup olmuştur. A. E. Charola'nın (Charola, 2001) bir çalışmasında belirttiği gibi, emülsiyon tipi su iticiler solvent esaslı olanlara göre daha düşük performans göstermiştir. Eskitme deneyi sonunda yapılan ultrases hızı ölçümleri ise, daha farklı sonuçlar vermiştir.

İslanma-kuruma ve donma-çözülme etkilerine dayanıklılık deneyleri sonucunda, kimyasal sürülmeyen örneklerde su emme değerlerinde belirgin bir değişiklik olmaması, örneklerin bu deneylerden hiç etkilenmediğini düşün-

dürtse de, ultrases hızı değerleri oldukça farklı bulunmuştur. Bu örneklerin az oranda su emmesi, suda yer değiştiren ve şişen kil parçacıklarının boşluklara girerek tıkanması sonucunda olmuştur. Kimyasal sürülenlere göre daha yavaş kurdukları için de ağırlık değişimleri belirgin olmamaktadır.

Tuz kristallenmesine dayanıklılık deneyi, en yıkıcı eskitme deneyi olmuştur. Bu sonuç, taşın iç yapısına giren tuzun, kristallenme sonucu çok büyük iç gerilmelere yol açtığını ve dolayısıyla kimyasal sürülme-

emme kapasitesi fazla olan örneklerde daha etkili olduğunu göstermiştir. Kimyasal sürülme örnekler 15. çevrim sonunda parçalanmıştır. En başarılı sonuçlar, yalnızca WR1 sürülen örneklerde bulunmuştur. Tuz deneyinden çıkan örneklerin ultrases değerlerinde fazla bir fark görülmesine, kil hareketlerinin ve tuzun, örneklerin iç yapısında kristalleşerek doldurmaya yol açmasının neden olduğu düşünülmektedir.

Konservasyon çalışmalarının genel bir sonucu olarak, WR1 uygulaması, gerek fiziksel özel-

liklerin geliştirmesi bakımından, gerekse eskitme deneylerine karşı performansın korunması açısından en başarılı uygulamadır. En çok performans kaybı ise, WR2 uygulanan örneklerde olmuştur. Sonuç olarak, solvent esaslı su iticiler daha iyi penetre oldukları ve silikatlı içyapıyla daha iyi uyuşarak makro boşlukların bir kısmını doldurduklarından; su, nem veya tuz gibi faktörlerden daha az etkilenmiş, dolayısıyla yapılan tüm deneylerde başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

## 5. Öneriler

Bu makalede, od taşı cinsi volkanik tüflerin koruma çalışmalarında farklı tipte su iticilerin kullanımı ve etkileri, laboratuvar ortamında yapılan tek parametrelili deneyler ile irdelenmiştir. Ancak bundan başka, çok parametrelili olan atmosfer koşullarına

dayanıklılık deneylerinin de yapılmasında yarar vardır. Ancak, atmosfer ortamında yapılacak uygulamanın en az beş sene takip edilmesi gereklidir. Od taşında yapılan konservasyon uygulamasının, volkanik tüfler için bir örnek çalışma olması bakımından

yarar sağlayacağı görülmektedir. Konservasyon uygulamalarının başarısının; önce taşın cinsine, daha sonra da korumada kullanılacak ürünlerin türüne, uygulama tekniğine, penetrasyon kabiliyetine ve dayanıklılığına bağlı olduğu unutulmamalıdır.

## KAYNAKLAR

- 1- Acun Özgünler S., 2007. *Tarihi Yapılarda Kullanılan Volkanik Tüflerin Konservasyonu Üzerine Bir Araştırma: Od Taşı Örneği*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- 2- Acun, S., Güleç, A. Ersen, A., 2003, "Efficacy of the Consolidants and the Water Repellents for the Conservation of Şirinçavuş Volcanic Tuff", *Proceedings of the Industrial Minerals and Building Stones, International Symposium, September 15-18, 2003, İstanbul, Türkiye*, s. 363-370.
- 3- ASTM E-96, 2005, *Standard Test Methods for Water Vapour Transmission of Materials*, American Standards Institute, ABD.
- 4- ASTM E-2167, 2001, *Standard Guide for Selection and Use of Stone Consolidants*, American Standards Institute, ABD.
- 5- ASTM D-5313, 1992. *Standard Test Methods for Wetting-Drying Cycles of Building Materials*, American Standards Institute, ABD.
- 6- Bianchetti, P. L., Lombardi, G., Marini, S., Meucci C., 1990, "The volcanic rocks of the monuments of the Forum and Palatine (Roma): Characterizations, alterations, and results of chemical treatments", *Proceedings of the International Meeting on Lavas and Volcanic Tuffs, October 25-31, 1990, Easter Island-Şili*, yay. haz. Charola, A. E., Koestler, R. J., Lombardi, G., International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property, Roma, s. 83-105.
- 7- Charola, A. E., 2001, "Water Repellents and Other Protective Treatments: A Critical Review", *Proceedings of the Third International Conference on Surface Technology with Water Repellent Agents, September 25-26, 2001, Hannover*, yay. haz. Littmann, K., Charola, A. E., Aedificatio Publishers, s. 3-19.
- 8- De Clercq, H., De Witte, E., 2001, "Effectiveness of Commercial Silicon Based Water Repellents at Different Application Conditions", *Proceedings of the Third International Conference on Surface Technology with Water Repellent Agents, September 25-26, 2001, Hannover*, yay. haz. Littmann, K., Charola, A. E., Aedificatio Publishers, s. 179-190.
- 9- De Witte, E., 1995, "Conservation of the Göreme Rock", *Proceedings of the International Seminar on the Safeguard of the Rock-hewn Churches of the Göreme Valley, September 5-10, 1993, Ürgüp-Türkiye*, ICCROM, Roma, s. 109-204.

- 10- Ersen, A., Acun Özgünler, S., 2006, "A Research About Consolidation of Natural Stones Used in the Facades of Dolmabahçe Palace", *150 Years Old International Symposium, November 23-26, 2006, İstanbul*, s. 157-169.
- 11- Hilbert, G., Wendler, E., 1996, "Influence of Different Consolidating Agents on the Water Vapour Diffusion Properties of Selected Stones" *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, September 30-October 4, 1996*, Berlin, yay. haz. J. Riederer, Moller Druck und Verlag, s. 1345-1349.
- 12- Hristova, J. and Todorov, V., 1996, "Consolidation Effect of Wacker Silicones on the Properties of Sandy Limestone", *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, September 30-October 4, 1996*, Berlin, yay. haz. J. Riederer, Moller Druck und Verlag, s. 1195-1199.
- 13- Lukaszewicz, J. W., 1990, "The Application of Silicone Products in the Conservation of Volcanic Tuffs", *Proceedings of the International Meeting on Lavas and Volcanic Tuffs, October 25-31, 1990*, Easter Island, Şili, yay. haz. Charola, A. E., Koestler, R. J., Lombardi, G., International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property, Roma, s. 191-202.
- 14- Rossi Manaresi R., (1993). "Stone Protection from Antiquity to the Beginning of the Industrial Revolution", *Journal of Science and Technology for Cultural Heritage*, sayı 2, s. 149-159.
- 15- TS EN-1925, 2000, *Doğal Taşlar, Deney Metotları, Kılcal Etkiye Bağlı Su Emme Katsayısının Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 16- TS EN-1926, 2000, *Doğal Taşlar, Deney Metotları, Basınç Dayanımı Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 17- TS EN-1936, 2001, *Doğal Taşlar, Deney Metotları, Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 18- TS EN-12370, 2001, *Doğal Taşlar, Deney Metotları, Tuz Kristallenmesine Direncin Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 19- TS EN-12371, 2003, *Doğal Taşlar, Deney Metotları, Dona Dayanım Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 20- TS EN-12372, 200, *Doğal Taşlar, Deney Metotları, Tek Eksenli Yük Altında Eğilme Dayanımı Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 21- TS EN-14579, 2006, *Doğal Taşlar, Deney Metotları, Ses Hızının İlerlemesinin Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 22- Wendler, E., 1997, "New Materials and Approaches for the Conservation of Stone", *Proceedings of the International Workshop on Saving our Architectural Heritage, The Conservation of Historic Stone Structures, March 3-8, 1996*, yay. haz. Baer, N. S., Snethlage, R., Wiley & Sons, Chichester, s. 181-196.
- 23- Useche L. A., (1990). "Studies for the consolidation of the facade of the church of Santo Domingo, Popayan, Colombia", *Proceedings, International Meeting on Lavas and Volcanic Tuffs, October 25-31, 1990*, Easter Island, Şili, yay. haz. Charola, A. E., Koestler, R. J., Lombardi, G., International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property, Roma, Easter Island-Şili, s. 165-172.
- 24- Wendler, E., Klemm, D.D., Snethlage, R., Baker, 1991, "Consolidation and Hydrophobic Treatment of Natural Stone", *Proceedings of the International Congress on Durability of Building Materials and Components, November 7-9, 1990*, Brighton, yay. haz. Nixon, J. P., Majumdar, A. J., Davies, A.H., Chapman & Hall, Londra, s. 203-212.
- 25- Zezza, F., Garcia Pascua, N., 1996, "Experimental Physico-chemical Methods for the Identification of Previous Intervention in Porous Stone", *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, September 30-October 4, 1996*, Berlin, yay. haz. J. Riederer, Moller Druck und Verlag, s. 801-817.