

Makalenin Türü:	Başvuru Tarihi:	Kabul Tarihi:
Derleme Makale	22/11/2024	05/10/2024

## TARİHİ TAŞLARIN SAĞLAMLAŞTIRILMASINDA NANO TEKNOLOJİ: NANO KİREÇ ÖRNEĞİ

Evin CANER<sup>1</sup>

### Özet

Tarihi taşların korunması üzerine yapılan çalışmalar, 19. yüzyıla kadar uzanmakta, ancak etkili yöntemler halen geliştirilmeye çalışılmaktadır. Koruma çalışmalarında, taşın fiziksel, kimyasal ve estetik özelliklerini bozmadan dayanıklılığı artırmak temel hedeflerdir. Minimum müdahale, uyumlu malzeme kullanımı ve tekrar uygulanabilirlik bu çalışmalarda temel ilkeleri oluşturmaktadır. Günümüzde koruma çalışmalarında nano malzemelerin kullanımı dikkat çekmektedir. Özellikle nano kireç (nanolime), kalkerli taşlar (kireçtaşı, mermer vb), kireç harç ve sıvalarının sağlamaştırılması ve onarılmasında umut verici sonuçlar vermektedir. Geleneksel ve yeni geliştirilen yöntemlerin birlikte kullanımı, tarihi taşların uzun vadeli korunması için gereklidir. Nano malzemeler kültürel mirasın sürdürülebilir korunmasında önemli bir potansiyele sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Nano kireç, tarihi anıtlar, taş, koruma, sağlamaştırma.

### Nanotechnology in the Consolidation of Historical Stones: The Case of Nanolime

#### Abstract

Studies on the preservation of historical stones date back to the 19th century, but effective methods are still being developed. In conservation efforts, the primary goal is to enhance durability without compromising the physical, chemical, and aesthetic properties of the stone. The main principles in these efforts include minimal intervention, the use of compatible materials, and repeatability. Today, the use of nanomaterials in conservation treatments is attracting attention. In particular, nanolime (nano-lime) has shown promising results in consolidating and repairing calcareous stones (such as limestone and marble) as well as lime mortars and plasters. The combined

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, [canere@ankara.edu.tr](mailto:canere@ankara.edu.tr), ORCID ID:0000-0003-0499-7517

*use of traditional and newly developed methods is essential for the long-term preservation of historical stones. Nanomaterials hold significant potential for the sustainable preservation of cultural heritage.*

**Keywords:** Nanolime, historic monuments, stone, conservation, consolidation.

## 1. Giriş

### 1.1 Tarihi Taşları Koruma Kriterleri

Tarihi yapı malzemeleri ve özellikle taş koruma üzerine yapılan çalışmalar 19. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Ancak taşların başarılı bir şekilde korunmasına yönelik etkili yöntemler oldukça yenidir. Taş koruma alanında çözülmesi gereken birçok sorun bulunmaktadır. Taş korumanın önemli meseleleri, 1993 yılında Paris'te düzenlenen *Uluslararası Taş ve Diğer Malzemelerin Korunması Kongresi* kararlarında (Thiel, 1993) etraflıca sunulmuştur.

Bu kongrede, teşhis çalışmalarının yanı sıra ölçülebilir parametrelerle değerlendirilebilecek ve izlenebilecek koruma yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Tabasso, 1993; Sasse, 1993; Charola, 1993). Kararlarda, teknik standartlar ve yönergeler üzerinde gelecekte yapılacak çalışmaların, bilgi alışverişinin, uzmanlaşmış eğitim ve konservasyon bilimcilerinin eğitiminin gerekliliğine dikkat çekilmiştir (Thiel, 1993).

Bilim ve teknolojideki ilerlemeler, konservasyon biliminin ve taş koruma araştırmalarının yürütülme süreçlerine önemli katkılar sağlamıştır. Diğer disiplinlerinden elde edilen bilgiler, taş koruma araştırmalarına çeşitli şekillerde katkıda bulunmuştur. Bir konservasyon bilimcisi, taş korumanın disiplinler arası yönünün farkında olmalı ve kendi alanına son bilimsel ve teknolojik gelişmeleri entegre edebilmelidir. Konservasyon bilimcilerinin sayısındaki artış, konservasyon biliminde istenen ilerlemeleri gerçekleştirmek anlamında büyük önem taşımaktadır (Price, 1996).

Anıtların bakımı, onarımı ve korunmasındaki birçok gelişme, bilimsel araştırmalar ve bunların, restorasyon mimarları, konservatörler, arkeologlar ve sanat tarihçileri gibi uzmanların deneyimleriyle bütünleşmesinden kaynaklanmaktadır (Tennent, 1994; Price, 1996).

Anıt ve malzeme düzeyinde teşhis, taş korumanın önemli bir adımıdır, ancak bu adım uzun süre ihmal edilmiştir. Geçmişte taş koruma uygulamaları, herhangi bir teşhis çalışması yapılmadan seçilmiş ve yapılmıştır. Neredeyse her durumda bu yöntemler taşta zarar vermiş ya da bozulmayı kontrol altına almada etkisiz olmuştur (Clark ve Ashurst, 1972; Torraca, 1976).

Teşhis çalışmaları, malzemenin bozulma durumunun ve buna etki eden faktörlerin değerlendirilmesini içerir. Taşın bozulma durumuna yakından bakmak, bozulmanın kaynağı, çeşidi ve dağılımını belirlemek önemlidir. Bu amaçlar için bazı tahribatsız analiz yöntemleri (örneğin ultrasonik hız ölçümleri ve nicel kızılötesi termografi) geliştirilmektedir (Caner-Saltık vd., 2011; Tavukçuoğlu vd., 2011).

## 1.2 Koruma Uygulamaları ve İlkeleri

Koruma uygulamalarının amacı, bozulma mekanizmasını kontrol altına almak ve taşın fiziksel, fizikomekanik ve kimyasal özelliklerini iyileştirerek estetik ve görsel özelliklerine zarar vermeden taşın hayatta kalmasını desteklemektir. Bu hedefler yalnızca teşhis çalışmalarının sonuçlarıyla elde edilebilir.

Koruma çalışmaları, geniş ölçekte bozulma kaynaklarının kontrolü ve ortadan kaldırılmasına yönelik işlemler ile bozulmuş malzemeye uygulanan tedavileri içerir. Günümüzde minimum müdahale ilkesi ve hem taş hem de çevre için zararlı olabilecek malzemelerin kullanımının sınırlandırılmasının gerekliliği konusunda artan bir farkındalık vardır. (Price, 1996).

Taş koruma bağlamında geri dönüşlülük, daha idealist bir kavramdır. Uygulamada genellikle tedavi geri dönüşsüzdür, ancak ihmal sonucu oluşan bozulma da geri döndürülemez. Bu ikilem, önleyici korumanın önemini vurgular; ancak bazı durumlarda önleyici koruma yeterli olmayabilir. Bu bağlamda her vaka dikkatle değerlendirilerek en uygun tedavi seçilmelidir (Price, 1996).

Koruma müdahalelerinin yeniden uygulanabilirlik, uyumluluk ve dayanıklılık niteliklerine sahip olması beklenmektedir. Günümüzde, yoğun bir geri dönüşlülük isteği yerine yöntemlerin uyumluluk ve yeniden uygulanabilirlik özelliklerinin öne çıkması gerektiği konusunda genel bir fikir birliği vardır.

Birçok taş koruma yönteminin istenmeyen sonuçlara sebep olması, araştırmaları yeni malzemeler ve taşın korunmasına yönelik farklı yöntemler geliştirmeye yöneltmiştir. Yeni koruma yöntemlerinin geliştirilmesi ve yapılan müdahalelerin uzun vadede performanslarının değerlendirilmesi üzerine çalışmalara ihtiyaç vardır (Tennent, 1994; Sasse ve Snethlage, 1997; Price, 1996).

Açıktaki kalan taş, ister bir arkeolojik alanda ister bir anıtta olsun, atmosferik koşullara maruz kalır. Zaman içerisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler taşın mikro yapısında, dış yüzeylerden iç kısımlara doğru ilerleyerek; gözeneklilikte artış, mekanik özelliklerde azalma, kimyasal bileşimde farklılaşma gibi önemli değişimlere yol açar. Bu değişimler, aynı zamanda renk değişikliği, pul pul ayrılmalar, çatlak oluşumu, taneler ve/veya parçalar halinde ayrılma, malzeme kaybı, patlamalar gibi gözle görülür etkilerle kendini gösterir (Fitzner vd., 1995).

Günümüzde tarihi taşlar için kullanılan koruma ve muhafaza yöntemleri tatmin edici değildir. Yeni yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Kullanılacak uygun yöntemlere karar verebilmek için taşın bozulma durumu iyi bir şekilde tanımlanmalıdır.

Tarihi taşların korunmasında fiziksel, kimyasal ve mekanik uyumluluk önemli bir gerekliliktir (Teutonico vd., 1997; Sasse ve Snethlage, 1997; Wendler, 1997). Ancak, geçmişte kullanılan organik malzemeler, örneğin akrilik ve epoksi reçineleri, taşla uyumsuzluk, estetik değişimler ve dayanıklılık sorunları gibi olumsuz sonuçlar doğurmuştur. Bunun yerine, inorganik malzemeler, özellikle kireç bazlı sağlamaçlılar, uzun vadede daha iyi sonuçlar

vermektedir. Fakat, uygulama sıklığının fazla olması ve her zaman beklenen düzeyde etkinlik göstermemesi bu malzemelerin kullanılmasında karşılaşılan zorluklardandır.

## 2. Nano Kireç Kullanımı

Zayıf taşların konsolidasyon işlemleri sırasında uyumluluk, en iyi şekilde taşın orijinal yapısına benzer bir yapı oluşturularak sağlanabilir. Bu, tarihi malzemenin orijinal yapısına benzer bir yapı oluşturularak uyumluluk ve dayanıklılık sağlanmasını amaçlayan, konservasyon biliminde yeni yaklaşımlardan biridir.

Uzun yıllar önce (1970'ler ve 1980'ler Prof. Robert Baker) bazı önemli projelerde (Örn. Wells Katedrali Batı Cephesi) taşları sağlamlaştırmak için kireç ile ıslatma uygulanmıştır (D'Armada ve Hirst, 2012). Geleneksel bir yöntem olan sağlamlaştırma işlemlerinde kireç suyu kullanımı etkileri açısından en tartışmalı olandır. Price (Price ve Ross 1988), kireç suyu ile sağlamlaştırma işlemlerinin etkisinin kayda değer olmadığını çünkü kireçli suyun taşın yüzeyinde biriktiğini ve malzemenin içine ulaşabilen parçacıkların çok az olduğunu belirtmiştir. Diğer yandan başka bir çalışmada (Brajer ve Kalsbeek, 1999) kireç suyu uygulamasının uzun ve kesintisiz olma durumunda etkili olabileceği ortaya konmuştur. Ancak böyle bir uygulama kalsiyum hidroksitin sudaki çözünürlüğünün (1.7 g/L, 20°C) düşük olması sebebi ile çok uzun süreli ve meşakkatlidir. Ayrıca malzemeye nüfuzu az ve malzemenin çok uzun süreli uygulama sebebi ile yüksek bazik ortama maruz kalması başka problemlere yol açabilmektedir. 2000' de CSGI grubu (Giorgi ve Ambrossi, 2000) alkol içerisinde stabil dispersiyonlar hazırlamışlardır. 2001'de aynı grup çeşitli yöntemlerle dispersiyon içerisindeki kalsiyum hidroksit parçacıklarını 1-2µm'ye (60°C) kadar küçültmeyi başarmışlardır. Kalsiyum hidroksit tanelerini 30-60 nm boyutuna küçültebilmek ise ancak yüksek sıcaklıklarda mümkün olmuştur (Salvador ve Dei, 2001). Ancak bu metot hem oldukça uzun süreli ve dispersiyon içinde az miktarda nano boyutta parçacığın elde edildiği bir metottur. Aynı yıl Ambrossi ve diğerleri (2001) kalsiyum klorürün sodyum hidroksit ile (90 °C) reaksiyonundan ±300nm boyutunda tanelerden oluşmuş kalsiyum hidroksit koloidal dispersiyonunu hazırlamayı başarmışlardır. Ancak bu metotta, nano kireç taneleri elde edilmesi sırasında ortaya çıkan NaCl'nin uzaklaştırılması ve düşük miktarda nano tane üretimi sorun teşkil etmiştir. 2003 de başka bir çalışmada (Nanni ve Dei, 2003) 2-10nm boyutunda Ca(OH)<sub>2</sub> parçacıkları yağ içerisinde mikro emülsiyon olarak elde edilmiş ancak nano parçacık üretiminin çok uzun sürmesi bu metodu da kullanışlı olmaktan çıkarmıştır. Daha sonraları araştırmacılar bu metotları geliştirmek için birçok çalışma yapmışlardır. 2010 da Roy ve Bhattacharya nano kireci kalsiyum alkol içinde nitrat tetrahidratı [Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O] hidrolize ederek (175°C) elde etmiştir. 2012 de ki bir çalışmada hem üretim zamanı hem de tane boyutu 50nm'nin altına yüzey aktif madde (Triton X-100) eklenerek düşürülmüştür (Daniele ve Taglieri 2012). 2016 da oda sıcaklığında sulu ortamda kalsiyum nitratdihidrat kullanılarak saflaştırmaya gerek olmayan 250 nm boyutunda nano parçacıklar üretilmiştir (Samanta vd., 2016).

Farklı metotlar kullanılarak son yıllarda nano boyutlu  $\text{Ca(OH)}_2$  üretme çabaları devam etmektedir ve iyi sonuçlar alınmaktadır (Liu vd., 2010; Taglieri vd., 2015).

Değişik metotlarla elde edilmiş nano kirecin karbonatlaşması ve kristalleşmesi, bozulmuş kireçtaşının gözenekleri ve kapillerlerinde gerçekleşmelidir. Bu, kalsiyum hidroksit ve/veya kalsiyum karbonatın nano taneli çözeltileriyle yapılan işlemlerle sağlanabilir. Ancak bu yöntemin başarısı, özellikle taşın matrisi düşük gözeneklilik gösterdiğinde, uygulanan kalsiyum hidroksit (kireç) parçacıklarının ortalama boyutuna bağlıdır (Smith vd., 2000; Cölfen, 2003; Tiano vd., 2006).

$\text{Ca(OH)}_2$ 'in nano taneli çözeltileri, su, etanol ve propil alkol gibi çözücüler kullanılarak hazırlanmıştır. Ancak bu çözeltilerin uzun süre kararlı kalmasını sağlayacak konsantrasyonlar elde edilememiştir (Smith vd., 2000; Cölfen, 2003; Tiano vd., 2006; Lopez-Arce vd., 2010). Kireçtaşı gözenek yapısının içinde nano  $\text{Ca(OH)}_2$ 'in karbonatlaşması çözülmesi gereken bir diğer zorluk olmuştur.

2003'te bir araştırma grubu (Ziegenbalg, 2003) bir nano kireç hazırlamış ve patentini alarak Calosil adını vermişlerdir. Bu malzeme aynı yıl ticari olarak satılmaya başlanmıştır IBZ-Salzchemie GmbH&Co. KG). 2006 da Nanorestore (CSGI) isimli benzer bir ürün pazarda yerini almıştır.

Bu ürünlerin piyasa çıkması ile birlikte, Avrupalı araştırmacılar bu ürünlerin özellikleri ve sağlamlaştırma işlerindeki etkinliklerini araştırmaya başlamışlardır. Bu kapsamda 3 önemli EU projesi yapılmıştır. Bunlar STONECORE (2008-2011), NANOMATCH (2011-2014) ve NanoforART (2012-2015)'tir. Bu projeler, bu teknolojinin anlaşılması, çeşitli nano kireç dispersiyonlarının hazırlanması ve de farklı uygulama yöntemlerinin geliştirilmesine büyük katkı sağlamıştır.

Nano kireç, özellikle duvar resimleri, kireçtaşları, kireç harçları gibi birçok kalkerli malzemede çeşitli bozulmalar sebebi ile ayrışan/ayrışmaya başlayan tanelerin birbirleri ile tekrar bağlantılı hale gelerek yapışmasını sağlamak amacı ile kullanılmaktadır.

Alkol içinde nano kireç ise hem malzemenin derinliklerine kadar nüfuz etmesi hem tek seferde büyük miktarlarda kirecin malzemeye emdirilebilmesi hem de daha hızlı karbonatlaşarak sağlam bir yapı oluşturabilmesi nedeni ile son derece verimli bir sağlamlaştırıcıdır (Ambrossi vd., 2001; Caner ve Caner-Saltık, 2018).

Nano kireç taşla etkileşime geçerek içine yayılır ve taşın yüzeyinde ince bir kalsit tabakası oluşturur. Bu süreç, taşın estetik bütünlüğünü korurken, dayanıklılığını artırır. Ancak, nano kirecin etkili olabilmesi için bazı kriterler bulunmaktadır. İlk olarak, uygulama yapılan taşın yapısı ve bozulma şekli göz önünde bulundurulmalıdır. Nano kireç, özellikle yüzeysel ayrışmalar, aşınmalar, ince çatlaklar, pul pul dökülmeler vb. bozulmalarda etkilidir. Ancak, taşın iç yapısındaki büyük boşluklar veya ciddi çatlaklar gibi bozulmalarda, nano kirecin etkinliği sınırlı olabilir.

Nano kirecin konsolidasyondaki başarısı taşın derinliklerine ne kadar nüfuz edebildiği ile doğru orantılıdır. Alkol bazlı çözücüler, nano kireç parçacıklarının taşın içine derinlemesine işlemelerini sağlar. Bununla birlikte, alkolün buharlaşma hızı, uygulama esnasında dikkatle kontrol edilmelidir. Ayrıca, karbonatlaşma sürecinin tamamlanabilmesi için uygun nem koşullarının sağlanması ve bazı durumlarda CO<sub>2</sub> gazı desteği gerekli olabilir.

Nano kireç, klasik kireçli sağlamlaştırıcılara göre daha derinlere girebilmesi ve hızlı karbonatlaşma süreçleri ile farklılaşmaktadır ama her taş türü için uygun olmayabilir. Özellikle silikat bazlı taşlarda, nano kireç ile yapılan konsolidasyonun etkinliği yeterli olmayabilir. Nano kireç, genellikle kireçtaşı ve kireç harçları gibi kalkerli malzemelerde daha başarılı sonuçlar verirken, silikat taşlarda kısıtlı etki gösterir. Bu nedenle, her taş türü için uygun bir sağlamlaştırıcı seçmek, başarılı bir koruma ve onarım süreci için kritik öneme sahiptir.

### **Sonuç**

Tarihi anıtların korunmasında hem geleneksel hem de modern yöntemlerin bir arada kullanılması büyük önem taşır. Nano kireç, taş koruma alanında, kalsiyumlu malzemelerin korunması için etkili bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Ancak, her durumda ve her taş türü için uygun olmayabilir. Nano kirecin kullanımı, taşın bozulma türüne, ortam koşullarına ve amaçlanan koruma düzeyine bağlı olarak değerlendirilmelidir. Nano kireç, özellikle taşın yüzeysel bozulmalarını onarmada ve estetik bütünlüğü sağlamakta etkin olabilir, ancak daha derin ve ciddi bozulmalar için diğer koruma yöntemleri ile kullanılmalıdır. Bu açıardan değerlendirildiğinde, tarihi yapıların korunmasında nano teknolojinin sunduğu imkanlardan faydalanmak, kültürel mirası korumanın gelecekteki başarılarında önemli bir yere sahip olabilir.

### **Kaynakça**

- Ambrosi M., Dei L., Giorgi R., vd. (2001). Colloidal particles of Ca(OH)<sub>2</sub>: Properties and applications to restoration of frescoes, *Langmuir*, 17(14), 4251–4255.
- Brajer, I., ve Kalsbeek, N. (1999). Limewater absorption and calcite crystal formation on a limewater-impregnated secco wall painting. *Studies in Conservation*, 44(3), 145–156. <https://doi.org/10.1179/sic.1999.44.3.145>
- Caner, E. ve Caner-Saltık E.N. (2018). A practical method for preparing Ca (OH) 2 nanodispersions for the consolidation of archaeological calcareous stones. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 18(3), 63-70.
- Caner Saltık E. N., Güney B. A., Akoğlu K. G., Caner E., Ergenç D., Dincer A. Ş. (2011). *Development Of Repair Mortars For The Ruined Stone Towers İn Perge Archaeological Park Site, Proceedings Of The International Symposium Conservation Of Stone İn Parks. Gardens and Cemeteries, Paris, 257-266.*

- Charola, A.E., (1993). *General report on prevention and treatment: Cleaning, biocides and mortars, Congres International sur la Conservation de la Pierre et autres Materiaux*, ACTES, UNESCO.
- Clarke, B.L. ve Ashurst, J. (1972). *Stone preservation experiments*, Building Research Establishment.
- Cölfen, H., (2003). Precipitation of carbonates: recent progress in controlled production of complex shapes. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 8, 23-31.
- Daniele, V., Taglieri, G. (2012). Synthesis of Ca(OH)<sub>2</sub> nanoparticles with the addition of Triton X-100. Protective treatments on natural stones: Preliminary results. *Journal of Cultural Heritage*, 13(1), 40–46.
- D'Armada, C., ve Hirst, B. (2012). Lime and its use in stone consolidation. *Journal of Architectural Conservation*, 18(1), 35-47.
- Fitzner, B., Heinrichs, K., Kownatzki, R. (1995). *Weathering Forms-Classification and Mapping“*, in: *Verwitterungsformen-Klassifizierung und Kartierung Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung I, Förderprojekt des Bundes Ministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie*, Verlag Ernst & Sohn, Berlin.
- Giorgi, R., ve Ambrossi, F. (2000). The application of nanotechnology in the preservation of cultural heritage. *Journal of Building Materials Science*, 25(3), 312-324.
- Liu T., Zhu Y., Zhang X., vd. (2010). Synthesis and characterization of calcium hydroxide nanoparticles by hydrogen plasma-metal reaction method. *Materials Letters*, 64(23), 2575–2577.
- López-Arce P., Gómez-Villalba L.S., Pinho L., vd. (2010). Influence of porosity and relative humidity on consolidation of dolostone with calcium hydroxide nanoparticles: Effectiveness assessment with non-destructive techniques. *Materials Characterization*, 61(2), 168–184.
- Nanni, A., Dei, L., (2003). Ca(OH)<sub>2</sub> nanoparticles from W/O microemulsions. *Langmuir*, 19(13), 933–938.
- Price C. A., Ross K., (1988). A further appraisal of the 'lime technique' for limestone consolidation, using a radioactive tracer. *Studies in Conservation*, 33(4), 178–186.
- Price, C. A. (1996). *Stone conservation: an overview of current research*. Getty Conservation Institute.
- Roy, A., Bhattacharya, J. (2010). Synthesis of Ca(OH)<sub>2</sub> nanoparticles by wet chemical method. *Micro & Nano Letters*, 5, 131-134.
- Salvadori, B., Dei, L. (2001). Synthesis of Ca(OH)<sub>2</sub> nanoparticles from diols. *Langmuir*, 17(8), 2371–2374.

- Samanta A., Chanda D. K., Sekhar-Das P., vd. (2016). Synthesis of nano calcium hydroxide in aqueous medium. *Journal American Ceramic Society*, 795(37004), 787–795.
- Sasse, H.R. ve Snethlage, R. (1997). *Methods for the Evaluation of Stone Conservation Treatments, Saving our Architectural Heritage*, N.R. Baer & R. Snethlage (Eds.), John Wiley&Sons.
- Sasse, H.R., (1993). *Care of monuments and quality assurance system : Incompatible or indispensable, Congres International sur la Conservation de la Pierre et autres Materiaux*, ACTES, UNESCO Paris.
- Smith, L.B., Palocz, G.T., Hansma, K.P., Levine, P.R. (2000). Discerning nature’s mechanisms for making complex biocomposite crystals, *Journal of Crystal Growth*, 211, 116-121.
- Tabasso, M., (1993). *Materials for Stone Conservation. UNESCO, Congrès International sur la Conservation de la Pierre et Autres Matériaux*, Paris, 54-58.
- Taglieri G., Daniele V., Del Re G. vd. (2015). A new and original method to produce Ca(OH)<sub>2</sub> nanoparticles by using an anion exchange resin. *Advances in Nanoparticles*, 4, 17–24.
- Tavukçuoğlu, A. Caner-Saltık E. N., Akoğlu K. G., Caner E., Işıklıoğlu M. (2011). *In situ Examination of Nemrut Dağ Sandstone and Limestone Statues by NDT Methods, Proceedings of the International Symposium Conservation of stone in Parks, Gardens and Cemeteries*, Paris, 204-213.
- Tennent, N. H., (1994). *The Role of the Conservation Scientist in Enhancing the Practice of Preventive Conservation and the Conservation Treatment of Artifacts*, in: “Durability and Change: The Science, Responsibility and Cost of Sustaining Cultural heritage”.W. E. Krumbein., P. Brimbelcombe, D. E. Cosgrove., S. Staniforth (Eds.), John Wiley & Sons.
- Teutonico, J.M. (rapporteur), Charola, A.E., De Witte, E., Grassegger, G., Koestler, R.J., Tabasso, M.L., Sasse, H.R., Snethlage, R. (1997). *Group Report: How can we ensure the responsible and effective use of treatments (cleaning, consolidation, protection)?* in N.S. Baer and R. Snethlage (eds), *Saving Our Architectural Heritage: The Conservation of Historic Stone Structures*, Dahlem Workshop Report ES20, Chichester. Wiley.
- Thiel, M.J. (Ed) (1993). *International Congress on the Conservation of Stone and Other Materials, Acts*. Unesco-Rilem.
- Tiano, P., Cantisani, E., Sutherland, I., Paget, J.M. (2006). Biomediated reinforcement of weathered calcareous stones, *Journal of Cultural Heritage*, 7, 49-55.
- Torraca, G. (1976). Treatments of Stone in Monuments : A review of principles and processes, in: *The Conservation of Stone, Proceedings of the International Symposium*, Bologna, Ed.R. Rossi-Manaresi.
- Wendler, E. (1997). New materials and Approaches for the conservation of stone, *Saving Our Cultural Heritage*, Ed. By Baer and Snethlage, Berlin, 181-196.

Ziegenbalg, G., (2003). Verfahren zur verfestigenden Behandlung von mineralischen anorganischen Baustoffen, Patent number: DE:10327514