

# KAPADOKYA BÖLGESİ BİZANS DÖNEMİ KAYA KİLİSELERİ DUVAR RESİMLERİNDE TİCARİ VE TİCARİ-OLMAYAN ENJEKSİYON HARÇLARININ PERFORMANS PROBLEMLERİ ÜZERİNE ANALİTİK BİR DEĞERLENDİRME

HANDE GÜNÖZÜ  
Araş. Gör. Dr., İstanbul Üniversitesi,  
Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü  
Sanat Tarihi Anabilim Dalı  
handegunozu@gmail.com

## ÖZ<sup>1</sup>

Kapadokya bölgesinde 1973 yılından günümüze dek, duvar resmi koruma çalışmaları devam etmekte; birçok ticari ve ticari-olmayan enjeksiyon harcı kullanılmış ve kullanılmaktadır fakat bu enjeksiyon harçlarının, özellik ve performans açısından dezavantajları bulunmaktadır. Kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçları ile yapılan uygulama geri dönüşümsüzdür. Bu sebeple kullanılan harcın kimyasal, fiziksel özellikleri, orijinal malzemeyle uyumu ve performansı önem arz etmektedir.

Bu çalışma; geçmiş dönemde Kapadokya bölgesinde, Bizans Dönemi duvar resimlerinin korunmasında kullanılan ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçlarında karşılaşılan uygulama ve performans problemlerinin nedenlerini laboratuvar ortamında gerçekleştirilen performans analizleri ve testleriyle ortaya koyarak, henüz koruma çalışması yapılmamış İhlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konsolidasyonunda kullanılmak üzere “ideal” enjeksiyon harcı üretiminin gerekliliğini açığa çıkartmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Bizans dönemi duvar resimleri, Kapadokya, İhlara Vadisi, duvar resmi konservasyonu, malzeme bilimi, kireç bağlayıcılı duvar resimleri, kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçları, enjeksiyon harçları performans testleri.

<sup>1</sup> Bu çalışma, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Anabilim Dalı, Koruma Yenileme Restorasyon Bilim Dal'ında Prof. Dr. Ufuk Kocabaş danışmanlığında 2014 yılında hazırlanmış olan *Kapadokya Bölgesi Bizans Dönemi Duvar Resmi Sıvalarının Korunmasında Kullanılan Enjeksiyon Harçlarının Araştırılması ve Geliştirilmesi* başlıklı doktora tezimin bir bölümünden alınmıştır. Bu doktora tezi projesi Getty Konservasyon Enstitüsü Bilim Bölümü (Amerika Birleşik Devleti-Los Angeles) tarafından desteklenmiş ve Türk-Amerikan İlmî Araştırmalar Derneği (ARIT) İlse Hanfmann, George Hanfmann ve Machteld J. Mellink Bursları tarafından Nisan 2012 tarihinde ödüle layık görülmüştür.

## **AN ANALITIC OVERVIEW OF PERFORMANS PROBLEMS FOR COMMERCIAL AND NON-COMMERCIAL INJECTION GROUTS AT CAPPODOCCIA REGION ROCK CUT CHURCES LIME BASED BYZANTIUM WALL PAINTINGS**

### **ABSTRACT**

Since the year 1973 the work to conserve the wall paintings in Cappadocia region has been in progress and in this process various types of commercial and non-commercial injection grouts have been used and are being used. The commercial and non-commercial injection grouts that are presently used in the conservation of wall paintings may have some disadvantages both in terms of their properties as well as performances.

Injection grouts are irreversible for this reason, it is required to take care in regards to the chemical, physical properties of the grout used as well as its performance and consistency with the original material. This study aim to reveal the grouting and performans problems by means of performans analyses and tests of the injection grouts used in the conservation of wall paintings from Byzantine Era in Cappadocia region and therefore the ideal injection grouts that can be evaluate for to be used in grouting of the lime based wall paintings in the Rock Cut Churches of Ihlara Valley that have not yet been included within the scope of conservation efforts.

**Key Words:** Byzantium wall paintings, Cappodoccia, Ihlara Valley, wall paintings conservation, material sicence, lime-based wall paintings, lime-based injection grouts, injection grouts performans analyses.

Kapadokya Bölgesi Göreme Açık Hava Müzesi'nde Bizans Dönemi kaya kiliselerinde duvar resmi konservasyon çalışmaları; 1971 yılında Türkiye Cumhuriyeti Hükümetinin, **ICCROM**<sup>2</sup> Genel Kurulu'na başvurması sonucu başlatılmıştır (Schwartzbaum, 1986: 52).

Proje ile Göreme Vadisi'nde yer alan duvar resmi bulunan erken dönem Bizans Kiliseleri'nin restorasyon-konservasyonu ve ülkemizde görev yapan konservatörlerden oluşturulan ekibin spesifik olarak bu duvar resimleri üzerinde uzmanlaştırılmasını hedef almış ve gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında ilk olarak Tokalı Kilise Konservasyon projesi 1973 yılında başlatılmış ve 1980 yılında konservasyonu tamamlanmıştır. Tokalı Kilise de konservasyon projesi gerçekleştirilirken; Elmalı Kilise, Kılıçlar Kilisesi ve Karanlık Kilisede konservasyon çalışmaları eşzamanlı yürütülmüştür. Bu konservasyon projesinde sıva ve taşıyıcı katmanı arasında kullanılan harç, kayıtlara kalsiyum kazeinat enjeksiyon harcı olarak geçmiştir. Kalsiyum kazeinat maddesi, katkı olarak kullanıldığından dolayı harca adını vermiştir. Kalsiyum kazeinat enjeksiyon harcı raporlar doğrultusunda 1973-1980 yıllarına Tokalı Kilise, 1978-1978 yıllarında Kılıçlar Kilisesi kurtarma projesinde ve 1978-1980 yılları arasında Karanlık Kilisede sıva ve taşıyıcı arasındaki boşluklara uygulanmıştır. Kazein harcı dışında **ICCROM** enjeksiyon harcı yerel malzeme ile hazırlanarak yapısal enjeksiyon olarak kullanılmıştır. Kalsiyum kazeinat adı verilen harç bu çalışmada analiz sonuç kodlamasına göre "**C1**" olarak adlandırılmıştır. Bu enjeksiyon harcının yapımında kullanılan malzemeler ve hazırlanışı T.C Kültür Bakanlığı Tokalı Kilise raporunda geçtiği biçimiyle tabloda belirtilmiştir (Tablo 16).

Göreme projesiyle ilgili yapılan diğer bir yayımda ise;

*"Sıva tabakasının birleştirilmesinde; kalsiyum kazeinat, kireç ve kazein %10'luk Polivinil asetat emülsiyonu karışımıyla enjekte edilmiştir."* şeklinde geçmektedir (Schwartzbaum, 1986: 55). Yayımda malzemeleri miktarları belirtilmemiştir. Bu sebepten dolayı Kültür Bakanlığı'nın raporlarında miktar ve uygulama şekli ayrıntılı olarak anlatıldığından harcın hazırlanması ve test edilmesinde tabloda belirtilen miktar ve üretim biçimi dikkate alınmıştır (Tablo 16). Sadece bu kaynakta bahsi geçen Polivinil Asetat'ın ismi "**Vinavil**" olarak geçmektedir. Döneminde malzeme, İtalya'dan temin edilmiş ve firma adı kayıtlara geçmemiştir. Enjeksiyon harcının üretiminde kullanılan her malzeme ve miktarı; harcın performans analiz sonuçlarını etkilemektedir. Bu sebeple ürüne ulaşılmaya çalışılmış; İtalya'da ve Avrupa'da günümüzde PVA üretimi yapan ve Vinavil adıyla satan firmalarla bağlantıya geçilmiş ve malzemenin Vinavil 59 isimli CTS firmasının ürettiği vinil asetat homopolimer dispersiyonu olduğu sonucuna varılmıştır. 1970 ve 1980'li yıllarda Vinavil 59 vinil asetat homopolimer dispersiyonu konservasyonda yaygın olarak kullanılmaktadır.

CTS firmasının ürettiği Vinavil 59, Getty Konservasyon Laboratuvarı Bilim Bölümü Malzeme Referans bölümünden temin edilmiştir. Bu malzeme 1970'li yıllardan günümüze zamanla bozulma riski göz önüne alınarak kullanılmamıştır. Bu malzemenin yerine benzer kimyasal içerikli ve aynı dönemlerde kullanılan fakat günümüzde üretimi devam eden Jade

<sup>2</sup> ICCROM: International Center for Conservation of Rome

403 Adhesive isimli A.B.D. Talas firması tarafından temin edilen ve teknik bilgide modifiye edilmiş polivinil asetat emülsiyonu olarak tanımlanan malzeme kullanılmıştır.

Enjeksiyon harcının yapımında kullanılan kaymak kireç 1970-1980'li yıllarda bölgeden temin edildiğinden aynı malzemenin temini imkânsızdır. Bu malzeme yerine, U.S. Heritage Group firması tarafından üretilen kaymak kireç kullanılmıştır. Kalsiyum kazeinat ise Kremer Pigment Inc. Firmasından temin edilmiştir (Tablo 17).

### **KAZEİN ENJEKSİYON HARCİ (C1) PERFORMANS TESTLERİ**

Kazein Enjeksiyon Harcı (C1) performans testleri 2012 yılında GCI Bilim bölümü Laboratuvarı'nda Beril Bicer Şimşir ve Prof. Dr. Giacomo Chiari gözetiminde tarafımdan gerçekleştirilmiştir.

Performans analizlerinin gerçekleştirilmesinde doğru enformasyon sağlamak için, ticari olmayan enjeksiyon harçlarının hazırlanmasında, test edilen malzeme ile orijinal malzemenin performans farkı riski azaltılarak standartlaşması sağlanmalıdır. Ticari olmayan enjeksiyon harçlarının üretiminde enjeksiyon harcının hazırlanmasında;

- Orijinal enjeksiyon harcının yapımında kullanılan malzemeler temin edilmeli ve aynı miktarlarda kullanılmalı.
- Hazırlanma prosedürü aynı adımlarla uygulanmalı (karıştırma hızı, süzme aşaması v.b.).
- Malzemenin ağırlıkça (w%) miktarları hesaplanarak harcın standartlaşması sağlanmalıdır. C1 enjeksiyon harcının %H<sub>2</sub>O miktarını saptamak için T.L.C. kullanılmıştır. T.L.C. analizi GCI Bilim Bölümü'nden Kimya Mühendisi Dr. Michael Schilling tarafından gerçekleştirilmiştir ve %59 H<sub>2</sub>O miktarı sonucu alınmıştır (Grafik 1). C1 enjeksiyon harcı performans testlerinde kullanılmak üzere, yukarıda ki hususlar göz önüne alınarak standartlaştırılması sağlanmıştır (Tablo: 18).

### **TİCARİ ENJEKSİYON HARÇLARI PERFORMANS TESTLERİ**

Duvar resimlerinin korunması açısından ticari enjeksiyon harçları değerlendirildiğinde bir çok üretici firmanın kimyasal içerik ve performans özellikleri hakkında yeterince enformasyon sağlamadığı görülmekte bu da enjeksiyon harçlarının kullanımında sakınca doğurmaktadır (Tablo 11-12). Konservasyonda kullanılan malzemelerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi konservasyon malzemesi seçiminde en önemli kriterdir. Ticari enjeksiyon harçlarının içeriğindeki malzemelerin miktarları ticari kaygılarla açıklanmayabilir fakat ürünün kimyasal ve fiziksel özellikleri ve dizaynında kullanılan malzemelerin ileride istenmeyen bir etkiye yol açıp açmayacağını belirlemek ancak bu özelliklerin bilinmesiyle mümkündür. Tarihi duvar resimlerinde kullanılan enjeksiyon harçlarının, malzeme enformasyonu standardının sağlanması ve her firmanın buna uygun şekilde veri sağlaması gerekmektedir. Her duvar resmi ve bozulma biçimi ünik olduğundan, malzeme enformasyonun standartlaşması, korumada kullanılacak malzemeyi ve etkilerini belirlemek açısından yararlı olacaktır. Üretici firma; enjeksiyon harçlarının, orijinal eserde bozulmaya yol açıp açmayacağına dair bilgi edinmemizi sağlayacak yeterli veri sağlamıyorsa bu malzemeler göz ardı edilmeli ya da yeni yapılacak test ve analizlerle enformasyon edinilmelidir.

Harçların test edilmesinde üretici firma tarafından tavsiye edilen miktar kullanılmıştır. Üretici firma tarafından kullanılacak su miktarı belirtilmemişse genleşme ayırışma testiyle FB %4 ya da <FB %4 referans alınarak su miktarı belirlenmiştir. Üretici firmalar ağırlıkları %v (hacimce) vermektedir. Hacimce alınan ölçümlerin hataya yol açmaması için %v, %w (ağırlıkça) çevrilerek standartlaşması sağlanmıştır (Tablo 1). Herculaneum Projesi kapsamında test edilen ticari enjeksiyon harçları ve performans testi sonuçları tablolar halinde gösterilmiştir (Tablo 2-9). Bresciani Malta 6001 ve Tecno Edile Ledan serisine ait harçlar Göreme Açık Hava Müzesi Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin korunmasında kullanıldığından çalışma için performans sonuçları referans oluşturduğundan ayrıntılı olarak incelenmiştir (Tablo 20-21-22).

2008-2009 yıllarında stajyer olarak görev aldığım, GCI Bilim ve Saha Projelerinin Bölümlerinin ortaklaşa yürüttüğü, Mimari Yüzeylerde Kullanılan Enjeksiyon Harçlarının Araştırılması ve Geliştirilmesi Projesi ve GCI Bilim Bölümü Herculaneum Projesi kapsamında; günümüzde kullanılan ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçları için performans analizlerinin modifikasyonu ve performans analizleri, GCI laboratuvarlarında yukarıda belirtilen projeler kapsamında gerçekleştirilmiştir. Toplam olarak 11 adet ticari enjeksiyon harcının performans testleri yayımlanmıştır (Şimşir, Rainer: 2014).

Kapadokya, Göreme Açık Hava Müzesi Karanlık, Tokalı ve Elmalı Kiliseleri'nde yapılan duvar resmi koruma çalışmalarında, 1999-2003 yılları arasında Brescianni Firması'nın ürettiği Malta 6001 ve Tecno Edile Firması'nın ürettiği Ledan serisinden enjeksiyon harçlarının kullanıldığı fakat yeterli performans alınamadığı için %40-%50'lik Primal AC 33 enjeksiyonu yapıldığı, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Restorasyon Merkez Laboratuvarı Müdürlüğü raporlarında belirtilmektedir. Primal enjeksiyonu uygulanmasının nedeni, ticari harçlar ile sıva-sıva ve sıva-duvar arası katmanlarda enjekte edilebilirlik sağlanamamasıdır.

Primal AC 33 emülsiyonu bir enjeksiyon harcı (dolgu malzemesi) değildir, duvar resimlerinin konsolidasyonunda adezyon arttırıcı ajan olarak kullanılmaktadır. Taşıyıcı-sıva ve sıva-sıva arası boşluklarda enjeksiyon harcı yerine kullanımı kısmi ve geçici adezyon sağlamanın ötesine geçememektedir ve dolgu malzemesi olmadığından enjeksiyon harçları sınıfında bir malzeme olarak değerlendirilemez. Bu çalışma kapsamında kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarının performansları ve modifikasyonu incelendiğinden Primal AC 33 emülsiyonu bu kapsama alınmamıştır. Primal AC 33 emülsiyonunun enjeksiyon harcı ya da onarım harçları içerisinde adezyon arttırıcı katkı maddeleri sınıfında değerlendirilmesi mümkündür.

### **Malta 6001 (Art. 31051) Firma Enformasyonu**

Malta 6001 enjeksiyon harcı İtalya' da bulunan **Bresciani, Materials and Equipments for the Restoration and Conservation Firması** tarafından üretilen ve 20 yılı aşkın süredir duvar resmi konservasyonunda Avrupa ülkeleri ve İtalya'da rağbet gören bir enjeksiyon harcıdır.

Üretici firmadan temin edilen teknik data'da (Bresciani TDS ver. 1/09. Malta 6001) ürününe dair enformasyon şöyledir;

Malta 6001; fresko yüzeyi ve taş eserlerin üzerindeki boya tabakasının mukavemetinin artırılmasında kullanılan en fazla 5 mm ölçülerindeki çatlak ve boşlukların konsolidasyonunda kullanılması önerilen enjeksiyon harcıdır (Tablo 11). Malta 6001 enjeksiyon harcının firma tarafından verilen bilgilerinde; önceden sıvı absorbe edilmesine gerek kalmadan mükemmel akışkanlık, kimyasal ve fiziksel özellikleri hidrolik kireçlere benzer, düşük mekanik stabiliteye sahip, tozmayan, hacmi plastik halde ve duvar tarafından tamamen absorbe edildiğinde değişmeyen özelliklerde enjeksiyon harcıdır. Teknik datada Malta 6001'in kimyasal içeriği şu şekilde tanımlanmıştır; *major ve minor maddeler; kimyasal olarak stabil kimyasal bağlayıcı ajan komponentleri, az miktar tuz, silika, mikro dolgu, akışkanlık arttırıcı, su azaltıcı*. Bu malzemelerin içeriklerine dair bilgi verilmemiştir. Malta 6001 enjeksiyon harcı üretici firma tarafından, kireç içerikli bağlayıcı ajan olarak tanımlanmaktadır. Uygulanma aşamasında fresko için 10kg/8L ve sıva altı aplikasyonlar için 10 kg/12L şeklinde 6-8 dakika (700 rev/min) karıştırılması önerilmektedir. <5°C ile >35 °C' de çalışılması önerilmemektedir. Firma tarafından teknik data da yeralan analiz sonucu bilgileri, tabloda gösterilmiştir (Tablo 19).

### **Malta 6001 (Art. 31051) Enjeksiyon Harcı Performans Testi Sonuçları**

GCI Bilim Bölümü, Herculeneum Projesi kapsamında İtalyan firmaları tarafından üretilen 11 adet kireç-bağlayıcı enjeksiyon harcının performansını test edilmiştir. 2008-2009 yılları arasında enjeksiyon harçlarının test edilmesinde, şahsen görev aldığım projeni sonuçları 2014 yılında yayımlanmıştır (Şimşir, Rainer, 2014).

Herculaneum Projesi kapsamında Bresciani Firması Malta 6001 enjeksiyon harcının performansının değerlendirilmesinde, genleşme ve ayrışma testi, enjekte edilebilirlik, rötire, yarmada çekme dayanımı, çözülebilir tuz miktarı, su emme kapasitesi, su buharı geçirgenliği testleri yapılmıştır. Performans özelliklerinin anlaşılması ve spesifik uygulamalar için enjeksiyon harçlarının özelliklerin tanımlanmasında ise tamamlayıcı testlerden kuru ve ıslak ağırlık testi, bağlanma dayanıklılığı testi ve sülfat direnç testi yapılmıştır (Tablo 20).

### **Tecno Edile Ledan Enjeksiyon Harçları**

Ledan serisi İtalya'nın Toscana ilinde bulunan Tecno Edile firması tarafından üretilmiştir. Ledan serisine ait iki enjeksiyon harcının performans testleri GCI bilim bölümü tarafından gerçekleştirilmiştir (Tablo 21-22).

### **Kazein Harcı (C1), Brescianni/Malta 6001, Tecno Edile/ Ledan Serisi Enjeksiyon Harçlarının Performans Testleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Göreme Açık Hava Müzesi Kaya Kiliseleri Duvar Resimlerinin konservasyonunda kullanılan Kazein Harcı (C1), Brescianni Malta 6001, Tecno Edile Ledan serisi enjeksiyon harçlarının performansları sıvı, prizlenme ve katı halde incelenmiştir (Tablo 20-21-22-23). Göreme Açık Hava Müzesi'nde bulunan Bizans Dönemi kireç bağlayıcı duvar

resimleri ile Ihlara Vadisi Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı resimleri yapım tekniği ve bozulma parametreleri açısından son derece benzerlik göstermektedir. Bu harçların performans testi enformasyonu; avantaj ve dezavantajların saptanması ve elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle, uzun vadeli koruma için Ihlara Vadisi Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde "ideal" enjeksiyon harcının dizayn edilmesi aşamasında limitlerin belirlenmesinde, bu çalışmanın ilk adımını oluşturması bakımından son derece önemlidir.

### **Sıvı Halde: Kazein Harcı (C1), Malta 6001, Ledan Serisi Performans Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Enjeksiyon harcının sıvı hali; belirtilen ya da belirlenen miktarlarda tüm enjeksiyon harcı malzemesinin (kuru ya da sıvı halde) belirlenen ya da belirtilen karıştırma hızı ve yöntemiyle karıştırıldıktan sonra süzme işleminin yapılarak harcın kullanıma hazır hale getirildiği haldir. Enjeksiyon harcı sıvı halde iken karıştırma hızı ile açığa çıkan ısının enjeksiyon harcının performansına etki edip etmediğinin anlaşılması için sıvı-termometresiyle ölçülmesi ve not edilmesi önemlidir. Bu enjeksiyon harçlarının performans test sonuçları ve GCI kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçları performans testi limitleri için bkz (Tablo 20-21-22-23-10).

Anti-Sedimentasyon Genleşme ve Ayrışma Testi; sıvı halde enjeksiyon harçlarında ayrılan su miktarının belirlenmesinin yanı sıra segregasyon ve genleşme miktarının belirlenmesi amacıyla uygulanan testtir. Doğru miktar ve malzeme kullanarak formüle edilmiş bir enjeksiyon harcı ayrışma, segregasyon ve genleşmeye uğramamalıdır. Final ayrışma miktarı (**%FB**) **%0.4**'ü geçmemelidir. Ayrışma ya da segregasyon harcın performans özelliklerini olumsuz olarak etkiler ve enjektörün tıkanmasına yol açarak enjeksiyon işlemini zorlaştırır. Genleşme ise uygulandığı alanda yarattığı basınç nedeniyle mukavemeti etkileyerek ayrılma ve kopmalara neden olabilir. Genleşme miktarının (**CE%**) ise **0.5%**'ten fazla olduğu durumlarda duvar resmi sıva katmanlarında mikro ya da makro lokal kayıplara neden olabileceğinden kullanımları önerilmemektedir (Şimşir, Rainer, 2014:9).

Kazein Enjeksiyon Harcı (C1) ve Ledan Ital B2 ve Ledan TB1 ICR enjeksiyon harçlarının F.B%. 0.0 ve CE% 0.0'dır (Tablo 23-21-22). Bresciani Malta 6001 enjeksiyon harcı F.B. % 0.1, **CE% 1.6'dır** (Tablo 20). Bresciani Malta 6001 harcı %CE miktarı öngörülen limitin üzerinde olduğundan kullanımı mukavemeti düşük ve bozulmaya uğramış sıva katmanlarında fiziksel bozulmaları tetikleyerek kopma, ayrılma mikro ve makro çatlaklarda ilerleme gibi sonuçlara neden olabileceği gibi bu bozulmaların oluşmasına da neden olabilir. Ayrıca yarattığı basınç ile sıva katmanını iterek şişmesine ve yüzey alanının genişlemesine neden olarak ince sıva ve boya katmanlarında ki flaking, tozuma gibi fiziksel bozulmaları tetikleyecektir.

Enjekte edilebilirlik testi (basınç altında) enjeksiyon harcının enjektörden geçerek, dahili mikro çatlak ve boşlukları kapiler doldurabilme potansiyelini ölçmekte kullanılır. Tarihi eserlerde sıva özellikleri ve bozulma durumu ünük olduğundan, enjekte edilebilirlik

performans değerlendirmesi kriterleri enjeksiyon harcının uygulandığı alanın özelliklerine göre belirlenmelidir.

Genel konservasyon uygulamalarında tavsiye edilen enjekte edilebilirlik limitleri; **T/D (traverten kırığı dolu kolon), F (feasible): T/W (su absorbe edilmiş traverten kırığı dolu kolon) E (easy): B/D (tuğla kırığı dolu kolon) >D<sub>100</sub> (difficult/ kolonda enjeksiyon harcı seviyesi 100 mm ve >100mm): B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) F**, olarak kabul edilmektedir (Tablo 10).

C1 harcının enjekte edilebilirlik test sonuçları, dört testte de kolay enjekte edilebilir (E) sonucunu vermiştir (Grafik 2-3-4-5). C1 harcının enjekte edilebilirlik grafiğine bakıldığında T/W E<sup>58</sup>'dir (Grafik 3). Bu veri su absorbe edilmiş traverten kırığı dolu kolon içerisinden geçip, mezürü 1ml doldurma hızınının 58 saniye olduğunu göstermektedir. T/D E<sup>131</sup>, bu veri traverten kırığı dolu kolon içerisinden geçip, mezürü 02 dakika 11 saniyede doldurduğu; B/W E<sup>77</sup> ise, su absorbe edilmiş tuğla kırığı kolon içerisinden harcın geçip, mezürü 1ml doldurma hızınının 01 dakika 17 saniye olduğu ve B/D E<sup>718</sup> tuğla kırığı dolu kolon içerisinden harcın geçip 1ml mezürü doldurma hızınının 11 dakika 58 saniye olduğunu göstermektedir (Grafik 2-3-4). GCI bilim bölümünde günümüze dek yapılan ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçları enjekte edilebilirlik (basınç altında) testleri sonuçları ile karşılaştırıldığında, dört testte birden bu denli kolay enjekte edilebilirlik sonucuna ulaşan harç bulunmamaktadır. TC verileri kontrol edildiğinde **WWL% 59** sonucu, su miktarının harcın toplam ağırlığına oranla çok yüksek olduğunu göstermektedir (Grafik 1).

Enjekte edilebilirliğin bu denli "kolay" oluşu sıvı miktarınının toplam ağırlığa oranla fazla oluşu, harcın içerisindeki katkı maddeleri sebebiyle segregasyona uğramaması ve kazeinin süper-plastikleştirici özelliği ile viskoziteyi düşürmesi nedeniyledir. Diğer performans sonuçlarıyla karşılaştırıldığında bu maddelerin doğru oranda kullanılmaması nedeniyle harcın performansına olan olumsuz etkisi değerlendirilecektir.

Malta 6001 enjekte edilebilirlik sonuçları ise şöyledir; T/D (traverten kırığı dolu kolon), D<sub>140</sub>: T/W (su absorbe edilmiş traverten kırığı dolu kolon) D<sub>200</sub>: **B/D** (tuğla kırığı dolu kolon) **D<sub>50</sub>**: B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) F., enjekte edilebilirlik limitlerinin altında kalan tek sonuç B/D **D<sub>50</sub>**'dir (Tablo 20).

Ledan ITAL B2 enjeksiyon harcının enjekte edilebilirlik performans sonuçları ise: T/D (traverten kırığı dolu kolon), E: T/W (su absorbe edilmiş traverten kırığı dolu kolon) E: B/D (tuğla kırığı dolu kolon) E: B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) E, Enjekte edilebilirlik limitlerinin altında kalan sonuç bulunmamakla beraber, harcın enjekte edilebilirlik performansı oldukça iyidir (Tablo 21).

Ledan TB1-ICR enjekte edilebilirlik test verileri ise: T/D (traverten kırığı dolu kolon), E: T/W (su absorbe edilmiş, traverten kırığı dolu kolon) E: B/D (tuğla kırığı dolu kolon) D<sub>125</sub>: B/W (su absorbe edilmiş, tuğla kırığı dolu kolon) E'dir. Enjekte edilebilirlik limitlerinin altında kalan sonuç bulunmamaktadır (Tablo 23).



## Prizlenme Halinde Kazein Harcı (C1), Brescianni/ Malta 6001, Tecno Edile/ Ledan Serisi Enjeksiyon Harçlarının Performans Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Prizlenme halinde ve kuruma aşamasında enjeksiyon harçlarının hacim değişimi Rötire Testi (Rötire%-S) ile ölçülmektedir. Test günümüze dek **shrinkage, rötire büzülme, çekme** testi gibi isimlerle adlandırılmıştır fakat bu test hacim değişimini ölçmeye dayalı bir testtir ve enjeksiyon harcının hacminin azalma miktarı, hacminin fazlalaşma (genleşme) miktarı ya da hacminin stabilitesine dair veri sağlar. Bu sebeple test bu çalışmada **hacimsel değişim** testi olarak adlandırılmıştır ( $\%H^{D}$ ) Test edilecek enjeksiyon harcı plastik standart kalıplarda ve aynı miktarlarda kurutulularak ilk kuruma hacmi alınır. Final hacmi ise; örneğin, atmosfer basıncında ve kerosene içerisine daldırılarak ağırlıklarının alınması ve bu ağırlıkların arasındaki farkın hesaplanmasıyla oluşturulur. Hacimsel değişim yüzdesi ise ( $\%H^{D}$ ) ilk ve son hacim arasındaki fark hesaplanarak elde edilir.

Enjeksiyon harçlarında prizlenme süresi ve kuruma aşamasında hacminin stabil olması duvar resmi tabakaları arasında adezyon sağlanması ve mikro-makro çatlak ve boşluklarda tam dolgu işleminin tamamlanmasıyla sürekli mukavemet oluşması açısından önemlidir. Bu test ile ayrıca su miktarının ve katkı maddelerinin enjeksiyon harcının stabilitesine etki edip etmediğine dair veri elde etmemizi sağlar. Bu metod ile ölçülen hacimsel değişimin  $\%H^{D-4}$  ya da bu miktardan az olması tercih edilir.

Kazein Harcı (C1)'in  $\%H^{D-57.70}$ 'tir.  $\%57,70$  oranında bir hacimsel küçülme enjeksiyon harçlarında kabul edilen limitin ( $\%H^{D-4}$ ) çok yüksek oranda üstündedir (Tablo 10-23). Kazein harcı mikro-makro çatlak ve boşluklarda ve sıva-duvar, sıva-sıva katmanları arasında dolgu ve adezyon sağlayarak sürekli mukavemet sağlamadığından, enjeksiyon harcı olarak kullanımı önerilmemektedir. Kazein harcının (C1) toplam miktarına oranla su miktarının fazlalığı kuruma aşamasında hacmin küçülmesine neden olmuştur. Kazein harcı (C1) modifikasyonu sonrasında yeniden değerlendirmeye alınabilir. Kazein harcının (C1) duvar resmi koruma malzemesi olarak uygulanması önerilmemektedir.

Brescianni Malta 6001 enjeksiyon harcının  $\%H^{D-3}$ 'tür, Ledan Ital B2  $\%H^{D-1.8}$ , Ledan TB1 ICR  $\%H^{D-2.7}$ 'dir. Malta 6001, Ledan Ital B2 ve Ledan TB1 ICR enjeksiyon harçları kabul edilen hacim değişimi limitlerine ( $\%H^{D-4}$ ) uygundur fakat Malta 6001 harcının  $\%CE$  değeri 1.6'dır,  $\%CE$  değeri ıslak halde ölçülmektedir, prizlenme ve kuruma halinde harcın hacmi stabil hale gelmektedir (Tablo 10-20-21-22). Malta 6001 harcını sıvı halde enjekte edildiğinde ve perküsyon testi ya da herhangi bir görüntüleme metodu ile harcın duvarın boşluklarını doldurma durumunu kontrol etme aşamasında harç boşluklara dolmuş görünecek fakat kuruma sonrası hacmi stabil hale dönerek boşluk içerisinde hacmi küçülecektir. Hacimsel olarak sıvı, prizlenme ve katı-kuru halde enjeksiyon harçlarının değişime uğramaması gereklidir. Malta 6001 harcının hacimsel küçülme değerleri limitlerin altında olmasına rağmen, prizlenme halinde genleşmeye uğradığından ve uygulama aşaması ve sonrasında birçok olumsuzluğa sebep olabileceğinden kullanımı önerilmemektedir.

### **Katı/ Kuru Halde Kazein Harcı (C1), Brescianni /Malta 6001, Tecno Edile/ Ledan Serisi Enjeksiyon Harçlarının Performans Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Katı halde uygulanan performans testlerinde ilk sırayı basınç dayanımı testleri almaktadır. Enjeksiyon harçlarının mekanik direncini ölçmede, basınç dayanımı testi yaygın olarak uygulanmasına rağmen yarmada çekme dayanımı ve kesme mukavemeti, basınç dayanımından önemlidir (Şimşir, Rainer, 2014: 12). Onarımda kullanılan enjeksiyon harçlarının mukavemetinin orijinal malzemede gerilme yaratmaması için mukavemetinin orijinal malzeme ile aynı ya da daha az olması gereklidir.

Kazein harcının (C1) % $H^D-57.70$  olması ve bu sebeple kuruma esnasında, toplam hacminin yarısından fazlasını kaybederek büzülmesi sebebiyle katı halde yapılacak testler için masif örnek oluşturmak mümkün olmamıştır. Bu sebeple kazein harcının (C1) yarmada çekme dayanımı testi ve diğer tüm masif örnek gerektiren performans testleri iptal edilerek "**F**" (**failure**) olarak kaydedilmiştir (Tablo 23).

Genel uygulamalarda enjeksiyon harçlarının yarmada çekme dayanımının iki aylık testlerde **0.30-0.60 MPa** arasında olması ve iki yıllık testlerde **1.5 MPa**'ı geçmemesi gereklidir (Tablo 10). Malta 6001 enjeksiyon harcının yarmada çekme dayanımı, iki aylık testlerde (0.63 MPa), Ledan ITAL B2 (0.38 MPa), Ledan TB1-ICR'nin ise iki aylık test sonucu (0.59MPa), iki yıllık test sonucu ise (1.02 MPa'dir.). Ledan ITAL B2 ve TB1-ICR' nin referanslara uygun olmasına karşın Malta 6001 kabul edilen limitin çok azda olsa üstündedir, iki yıllık yarmada çekme dayanımı testlerinin yapılarak limitin üzerinde artış olup olmayacağı kontrol edilmelidir (Tablo 20-21-22).

Duvar resimlerinin korunmasında kullanılan enjeksiyon harçlarında çözünebilir tuz miktarı, bozulmaya yol açarak orijinal malzemeye zarar vermemesi için mümkün olduğunca az olmalıdır. Enjeksiyon harçlarında çözünebilir tuz miktarı limitleri; **Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> iyonları 5 meq/100 g ya da bu miktardan az: Cl<sup>-</sup> ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> anyonları için 1 meq/100g'dan az: Ca<sup>2+</sup> katyonları için 100 meq/ 100 g'dan az olmalıdır** (Tablo 10). Malta 6001 ve Ledan ITAL B2 ve TB1-ICR enjeksiyon harçları bu limitleri karşılamamaktadır (Tablo 10-20-21-22).

Katı halde enjeksiyon harçlarının su emme kapasitesi; enjekte edildiği alanda orijinal malzeme ile denk ve uyumlu davranabilmelidir. Su, nem ve bunların neden olduğu tuz hareketleri gibi bozulmaları en aza indirmek için enjeksiyon harcının su emme kapasitesinin düşük olması önemlidir. Su emme kapasitesi testinde limitleri sıva katmanlarının su emme kapasitesi değerleri belirler fakat taşıyıcının su emme kapasitesi son derece önemlidir. Referans değer belirlenirken, taşıyıcı ve sıva katmanları değerlendirilip maksimum su emme miktarına göre, referans belirlenmelidir. Kapadokya Bölgesi'nde şu ana dek yapılan çalışmalarda, taşıyıcı duvar haricinde su emme kapasitesi testleri sonuçlarına dair enformasyon yayımlanmamıştır. Bu nedenle su emme kapasitesi referans değerleri (limitleri) belirlenmemiştir. Su emme kapasitesi için gerekli olan örnek miktarı temin etmek neredeyse boyanmamış hiç boş yüzey alanı bulunmayan Kapadokya Bölgesi Bizans dönemi duvar resimlerinde koruyucu bir yaklaşım değildir. Ayrıca kaba sıva tabakası düzgün bir profil oluşturmadığından ve kohezyon kaybı

olduğundan su emme kapasitesi testini gerçekleştirmek ve sağlıklı enformasyon sağlamak zordur. Bu nedenle GCI tarafından tavsiye edilen limitler referans alınmıştır (Simşir, Rainer, 2014: 9) limitlere göre, su emme kapasitesi "A" ile gösterilir ve  $A=0.055 \text{ g.cm}^{-2}.s^{-1/2}$  ile  $0.085 \text{ g.cm}^{-2}.s^{-1/2}$  arası değer kuru-katı halde enjeksiyon harçlarında olması gereken limittir (Tablo 10). Malta 6001 enjeksiyon harcı  $A=0.015 \text{ g.cm}^{-2}.s^{-1/2}$ , Ledan ITAL B2  $A=0.039 \text{ g.cm}^{-2}.s^{-1/2}$ , Ledan TB1 ICR  $A=0.048 \text{ g.cm}^{-2}.s^{-1/2}$ 'tür (Tablo 20-21-22). Bu enjeksiyon harçlarının üçü de kabul edilen su emme kapasitesi limitleri dahilindedir.

Enjeksiyon harçlarının su buharı geçirgen olmalıdır. Su buharı geçirgenliği çözünebilir tuzların ara katmanlarda kristalize olmasını engelleyerek nem ve tuzların taşınması yoluyla oluşabilecek bozulmaların engellenmesini sağlar. Orijinal materyal ile enjeksiyon harcının su buharı geçirgenliğinin uyumlu olması ise katmanları arasında su buharının bariyer yaratmasını engeller. Su buharı geçirgenliğinde (WVP) limit **WVP=9.0E-05 g.Pa<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>'ye eşit ya da WVP=9.0E-05 g.Pa<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup> 'den büyüktür**. Malta 6001 enjeksiyon harcı **WVP= 6.0 E-05 g.Pa<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>**, **Ledan ITAL B2 WVP=1.1E-04 g.Pa<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>** ve **Ledan TB1 ICR WVP=7.6E-05 g.Pa<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>'dir** (Tablo 10). Üç harcında WVP değerleri, kabul edilen limit dâhilinde değildir (Tablo 20-21-22).

Enjeksiyon harçları uygulandıkları alanın ağırlığını arttırmalar; bu sebeple sıvı-halde ağırlıkları mukavemeti düşük alanlarda kopma, ayrılma ve çatlaklarda ilerlemeye yol açabilir. Zamanın getirdiği bozulmalarla mukavemeti düşük olan duvar resimlerinin konservasyonu için enjeksiyon harcı dizayn edilirken; mümkün olduğunca hafif (**light weight**) malzemelerin seçimi son derece önemlidir. Bir enjeksiyon harcının hafif olması performans kriterlerinde, ilk sıraları diğer önemli bileşenlerle paylaşır. Enjeksiyon harçlarında genel sıvı hal ağırlık limiti,  $\rho_{\text{wet}}=1.14-1.89 \text{ g.cm}^{-3}$  arası olarak kabul edilmektedir (Tablo 10). Islak ağırlık  $\rho_{\text{wet}} (\text{g.cm}^{-3})$  olarak gösterilir. Kazein Harcı (C1)  $\rho_{\text{wet}} = 1.18 \text{ g.cm}^{-3}$ ; Malta 6001  $\rho_{\text{wet}} = 1.63 \text{ g.cm}^{-3}$ ; Ledan ITAL B2  $\rho_{\text{wet}}=1.14 \text{ g.cm}^{-3}$ , Ledan TB1 ICR  $\rho_{\text{wet}} = 1.36 \text{ g.cm}^{-3}$ ' tür. Bazı performans testi sonuçları dair enformasyonu olan Ledan SM 02  $\rho_{\text{wet}} = 1.24 \text{ g.cm}^{-3}$ 'tür. Bu enjeksiyon harçları, hafif enjeksiyon harcı limitleri dahilindedir. **Kazein (C1) harcı**, Herculaneum Projesi için GCI da performans testleri gerçekleştirilen ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçları ıslak ağırlığı verileriyle karşılaştırıldığında **ıslak ağırlığı en düşük** harç konumundadır (Tablo 23).

Enjeksiyon harçlarının bağlanma dayanımı tavan tonozlardaki geniş sıva katmanı ayrılmasında, tavan ve tonozlarda harcın bağlanma oluşturabilmesine dair veri sağladığından önemli bir parametredir. Tarihi duvar resimlerinde, bağlanma dayanımı taşıyıcı ve sıva katmanlarının basınç dayanımından yüksek olmamalıdır. Orijinal sıva katmanlarının ağırlık ve yarmada çekme dayanımı verilerinin karşılaştırılmasıyla, bağlanma dayanımı limitleri oluşturulmaktadır. İlk yapılan çalışmada 6 aylık testlerde bağlanma dayanımı limitleri **100-350 kPa** arası olarak belirlenmiştir (Tablo 10). Kazein harcı (C1) altı aylık bağlanma dayanımı testleri enjeksiyon harcı %57.70 oranında rötreye yaparak hiç bağlanma oluşturmaması nedeniyle yapılmamıştır. Analiz kayıtlarında kazein harcının bağlanma dayanımı **"F" (failure)** olarak geçmiştir (Tablo 23). **Malta 6001** harcının bağlanma dayanımı **52 kPa**: Ledan ITAL B2 345 kPa: **Ledan TB1 ICR 817 kPa** ve **Ledan SM 02 85 kPa**'dır (Tablo 20-21-22). Bu enjeksiyon harçları içerisinde referans

limitlere dahil olan Ledan ITAL B2'dir. Kapadokya bölgesinde duvar resmi sıvalarına ait basınç dayanımı verilerine dair yayın bulunmamaktadır. Basınç dayanımı testleri için örnek almak tarihi dokuya zarar vereceğinden konservasyon etikleri ile uyuşmamaktadır. Mukavemet verileri ölçülmediği halde gözlemlere dayanarak mukavemetin çok düşük olduğu göz önünde bulundurulursa yüksek bağlanma dayanıklılığı verisine sahip enjeksiyon harçlarının kullanılması önerilmemektedir. Herculaneum duvar resmi sıvaları Göreme duvar resmi sıvaları karşılaştırıldığında dönem ve yapım tekniği nedeniyle Herculaneum harçlarının mukavemetinin daha yüksek olması beklenmektedir. Herculaneum harçlarının basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı verilerine göre **100-350 kPa** bağlanma dayanımı limiti belirlenmiştir. Bu veri dikkate alınarak Göreme de kullanılan enjeksiyon harçlarının bu limitin aşağısında olması gerektiği öngörülmektedir.

Sülfata Dayanım Testi sonuçlarına göre ise, Ledan TB1 ICR 25 devir dayanım göstermiş olup ağırlık kaybı %90'dır. Malta 6001 ve Ledan SM 02 13 devirden önce kürlenme esnasında başarısız olmuştur (Tablo 20-21). Ledan ITAL B2 ise 4 devir dayanım göstermiştir. Sülfat dayanım testinde ağırlık kaybı ne kadar yüksekse bozulma o oranda yüksek olacaktır. Ledan TB1 ICR asidik tip sülfat atağından, en fazla etkilenen enjeksiyon harcıdır. Bu tür etki diğer test edilen enjeksiyon harçlarında **F** olarak geçer ve yüzeyde genleşme, çatlak oluşturma değil yumuşama, soyulma şeklinde kendini gösterir (Tablo 22).

## SONUÇ

GCI tarafından standart ve standartlara uygun bir şekilde test edilen 11 farklı enjeksiyon harcının performans özelliklerine bakıldığında bir çok dezavantajları bulunmasına rağmen duvar resmi uygulaması bozulma ile paralel ilerlediğinden; bozulma ve orijinal malzemenin kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre uygun olanlar kullanılabilir. Bu çalışma İhlara Vadisi Kaya Kiliseleri Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin Konservasyonunda kullanılacak enjeksiyon harçlarını kapsadığından; ticari-enjeksiyon harçları bu yapılarda korumaya, performans sonuçlarıyla uygun ya da uygun olmayan olarak değerlendirilmektedir.

Günümüze kadar Kapadokya'da tutulan konservasyon raporlarında ve bölgede çalışan konservatörlerle yapılan istişarelerde, Kazein Harcı ve Malta 6001 harcı dışında kullanılan kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarından, enjekte edilebilirlik performansı alamadıklarını belirtmişlerdir. Bu iki harcın performans özelliklerine bakıldığında enjekte edilebilirliği ve su tutma kapasiteleri yüksektir. Bir enjeksiyon harcı yüksek su tutma kapasitesine sahip ise taşıyıcının sıvı absorbe etme durumuna en yüksek direnci göstererek daha ileri noktalara akacaktır. Yoğun malzemelerde kütlece su emme potansiyeli ile porozite değerlerinin birbirine yakın olması, bu malzemelerin içinde mevcut olan gözeneklerin neredeyse tamamının suyla dolduğunu göstermektedir (Özdemir, 2002: 23). İhlara Vadisi Kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde belirlenen üç pilot yapıda sıva tabakalarının porozite değerleri %P (m) 16.38-41.13 arasında değişmektedir (Tablo 28). Hacimce porozite değerleri ise %P (V) 32.43-50.14 arasında değişmektedir. Taşıyıcı duvar ignimbirit ise su içerisinde kohezyonunu kaybettiğinden %P değerleri

ölçülememiştir ve "F"<sup>3</sup> olarak kayıtlara geçmiştir. Fakat taşıyıcı duvar ignimbiritin su içerisinde kohezyonunu kaybetmesi enjeksiyon harçlarının uygulanma zorluğu için çok önemli bir veridir. Taşıyıcı duvar ve sıva katmanları yüksek absorvatiftir ve taşıyıcının su ile kısmen de olsa kohezyon kaybetme özelliği vardır. Enjeksiyon harcından segregasyon yoluyla ayrılan H<sub>2</sub>O taşıyıcıda, kohezyona yol açmakta ve kohezyon nedeniyle ignimbiritten ayrılan maddeler enjeksiyon kanalını tıkamaktadır. Bunların yanı sıra enjeksiyon harcı öncesi yapılan su-alkol karışımı ile duvarın suya doyurulması işlemi ignimbiritte kohezyona yol açarak kopan mikro parçaların yerçekimi kuvveti yönünde birikmesine yol açacaktır. Bu nedenle İhlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde enjeksiyon harcı uygulamadan önce su absorbe etme işlemi yapılmamalıdır. Kullanılacak enjeksiyon harcının %CE ve %FE oranlarının "0" olması ve hiç segregasyona uğramaması gereklidir, su tutma kapasitesi "0" olmalıdır.

Şu ana dek uygulanan harçlar içerisinde kolaylıkla enjekte edilebilen harç kazein harcıdır (C1), bu enjeksiyon harcının su tutma kapasitesi %97.30 ve %FB oranının "0.0" dır. Ledan ITAL B2 ve Ledan TB1 ICR %FB 0.0 Malta 6001 %FB 0.1'dir (Tablo 23-21-22-20). Bu da Kapadokya Kaya Kiliselerinde su tutma kapasitesi yüksek olan enjeksiyon harçlarının enjekte edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır fakat enjekte edilebilirlik bir enjeksiyon harcını belirlemede "uygulamanın yapılabilir olması" ilkesi gereği ilk sırada tercih edilse de uzun vadeli ve etkin koruma için enjeksiyon harcının diğer performans özellikleri de uygun olmalıdır. Kazein Harcı (C1) enjekte edilebilir olması ve su tutma kapasitesinin uygun normlarda olmasına karşın hacimsel küçülmesi **)]%H<sup>D</sup>-57.70)** %57.70'tir ve bu değer enjeksiyon harçlarının kabul edilen Hacimsel küçülme limitlerin **(%H<sup>D</sup>-4) <%4** çok üzerindedir (Tablo 23-10). Enjeksiyon harçlarında prizlenme süresi ve kuruma aşamasında hacminin stabil olması duvar resmi tabakaları arasında adezyon sağlanması ve mikro-makro çatlak ve boşluklarda tam dolgu işleminin tamamlanmasıyla sürekli mukavemet oluşması açısından gereklidir.

Kazein Harcının (C1) prizlenme ve katı hal performans analizleri, harcın çok fazla hacimsel küçülmeye uğraması nedeniyle örnek oluşturma işlemini dahi gerçekleştirememiş ve kayıtlara "F" olarak geçmiştir (Tablo 23). Kazein Harcı (C1), prizlenme süresi ve kuruma aşamasında hacminin stabil olmaması nedeniyle duvar resmi tabakaları arasında, adezyon sağlanamamasına yol açarak ve mikro-makro çatlak ve boşluklarda dolgu işlemini gerçekleştiremeyerek, limitler dahilinde mukavemet sağlayamadığından kullanımı önerilmemektedir.

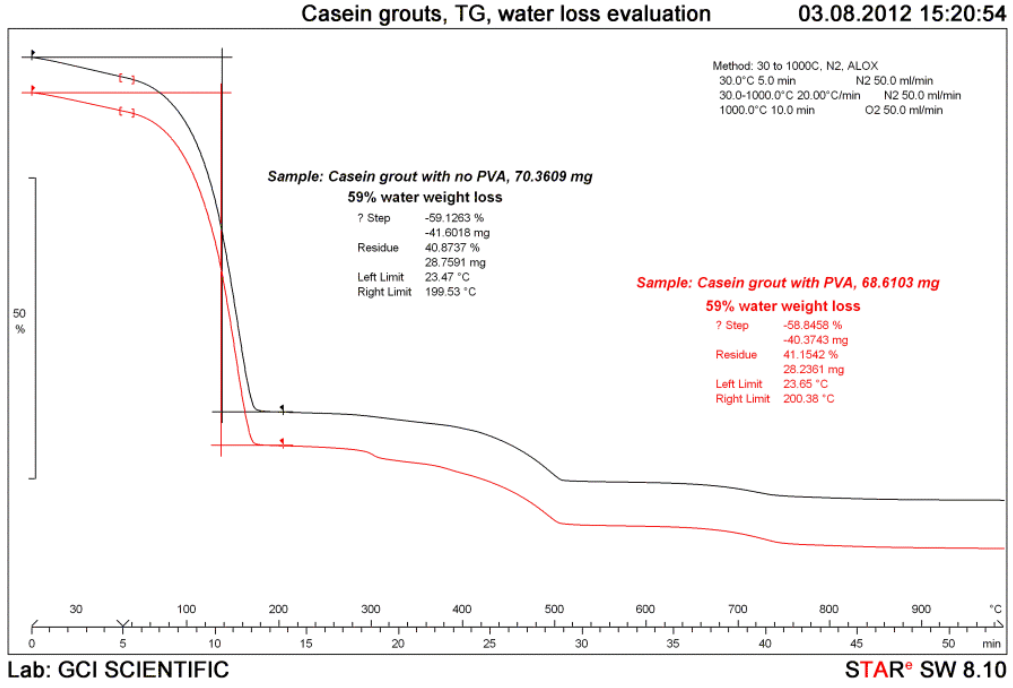
Performans sonuçları açıklanan ticari enjeksiyon harçları içerisinde performans özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, CTS firmasının ürettiği PLM I tüm zorunlu testleri kabul edilen limitler dahilinde geçmiştir (Tablo 9-10). Yardımcı testlerden Sülfat Direnci Testi sonuçları ise **25 (-60%)'** tir ve buda asidik tip sülfat atağından etkilenebileceğini ortaya koymaktadır, asidik tip sülfat atağı enjeksiyon harcının yüzeyinin yumuşaması ve pul pul dökülmesine yol açarak mukavemetini kaybetmesine neden olur.

<sup>3</sup> "F": Failure: Analiz ve testlerde örnek hazırlama prosedürü tamamlanamayan ya da analiz esnasında doğru enformasyon alınmasını engelleyebilecek miktarda bozulmaya uğrayan enjeksiyon harcı örneği.

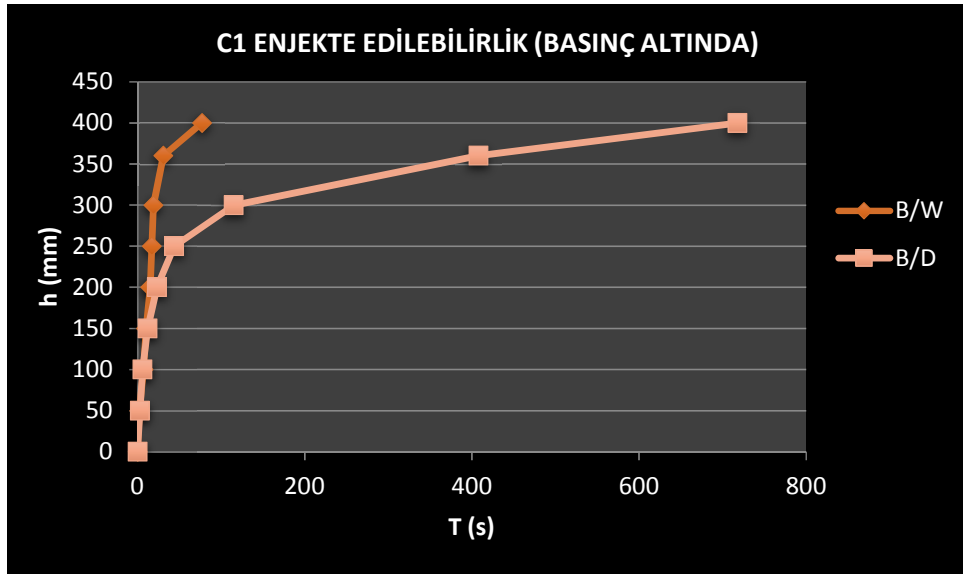
Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde yapılan ESEM-EDX, XRD-XRF ve FTIR analizlerinde sıva tabakalarında gypsum  $\text{Ca}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_2$  dedekte edilmiştir. Bu durum duvar resminin sülfat atağına uğradığının göstergesi olabileceği gibi harcın içerisine karıştırılmış ya da kontaminasyon olabilir. Sülfat direnci olmayan PLM I enjeksiyon harcının bünyesinde sülfat bulunan bir duvar resmine uygulanması malzemenin bozularak mukavemetini kaybetmesi riskini taşıdığından Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı  $\text{Ca}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_2$  detekte edilmiş, duvar resimlerinde uygulanması önerilmemektedir. Ledan TB1 ICR enjeksiyon harcı da sülfat atağına direnci olmayan 25 (-90%) enjeksiyon harcı grubundadır.

Ticari Enjeksiyon Haçları içerisinde Ihlara Vadisi Duvar Resimlerinin konservasyonunda enjeksiyon harçlarının uygulanabilir olma birincil performans kriterlerine PLM I dışında yaklaşan diğer harçlar ise Ledan ITAL SM2, Ledan TB1 ICR, Malta 6001'dir. Su buharı geçirgenliğinde (WVP) limiti  $\text{WVP}=9.0\text{E}-05 \text{ g.Pa}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{m}^{-1}$ 'ye eşit ya da  $\text{WVP}=9.0\text{E}-05 \text{ g.Pa}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{m}^{-1}$  'den büyüktür. Malta 6001 enjeksiyon harcı  $\text{WVP}= 6.0 \text{ E}-05 \text{ g.Pa}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{m}^{-1}$ , Ledan TB1 ICR  $\text{WVP}=7.6\text{E}-05 \text{ g.Pa}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{m}^{-1}$  'dir. İki harcında WVP değerleri, kabul edilen limit dâhilinde değildir. Bunların dışında Malta 6001 ( $\text{Na}^+ 6$ ) Ledan TB1 ICR ( $\text{Na}^+ 6, \text{SO}_4^{2-} 9$ ) ve Ledan ITAL B2 ( $\text{Na}^+ 26, \text{SO}_4^{2-} 6$ ) enjeksiyon harçlarının çözünebilir tuz limitleri yüksektir. Bescianni Malta 6001 enjeksiyon harcının ise CE %1.6 'dır, prizlenme halinde genleşmeye uğramaktadır. Prizlenme halinde genleşmeye uğrayan bir harcın enjeksiyon aşamasında kontrolü çok zordur ve sıvı-prizlenme ya da katı halde genleşmeye uğraması harcın uygulanabilirliğinde bir dezavantajdır. Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinde uygulanabilir kriterlerini yaklaşan fakat dezavantajları bulunan harçlar içerisinde PLM I A 0.069 ( $\text{g.cm}^{-2}.\text{s}^{-0.5}$ ) dışında su emme kapasitesi limitlerine uygun harç bulunmamaktadır. Bir enjeksiyon harcının çözünebilir tuzlar barındırmasının yanı sıra, su emme kapasitesi sonuçlarının çakışması ileride taşıyıcı ve sıva katmanlarda nem ve su yoluyla ortaya çıkabilecek tuzlanma probleminin bir göstergesidir.

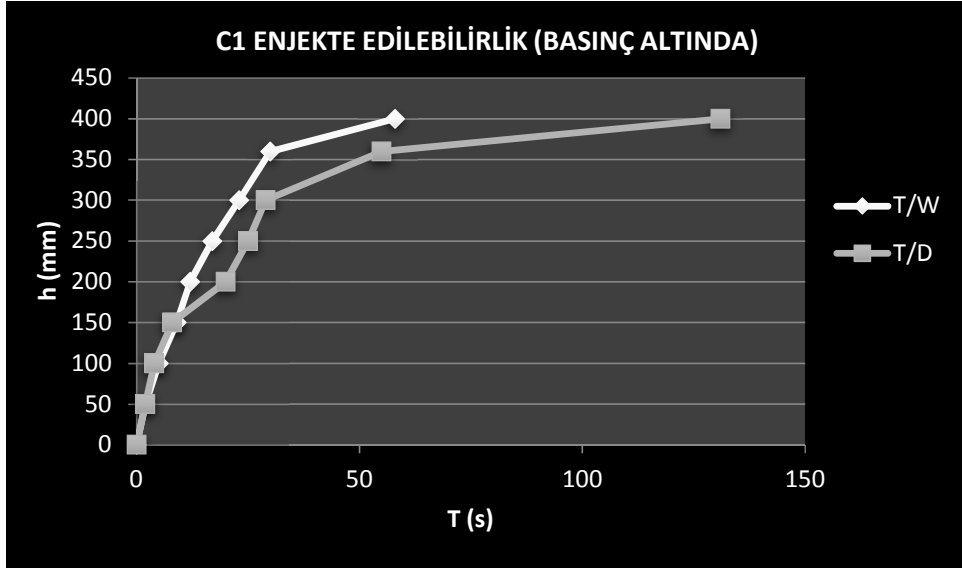
Tüm sonuçlar bir araya getirildiğinde ticari harçlar içerisinde Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılabilecek performans özelliklerine en yakın olan enjeksiyon harcı CTS firmasının ürettiği PLM I 'dır fakat sülfat dayanımı testlerini geçemediğinden ve orijinal malzeme sülfat barındırdığından kullanımı uygun görülmemiştir. Bu da her tarihi duvar resmi ve bozulma prosesinin ünik olduğu ve orijinal materyale uygun ve uzun süreli koruma sağlayabilecek enjeksiyon harçlarının idealize edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.



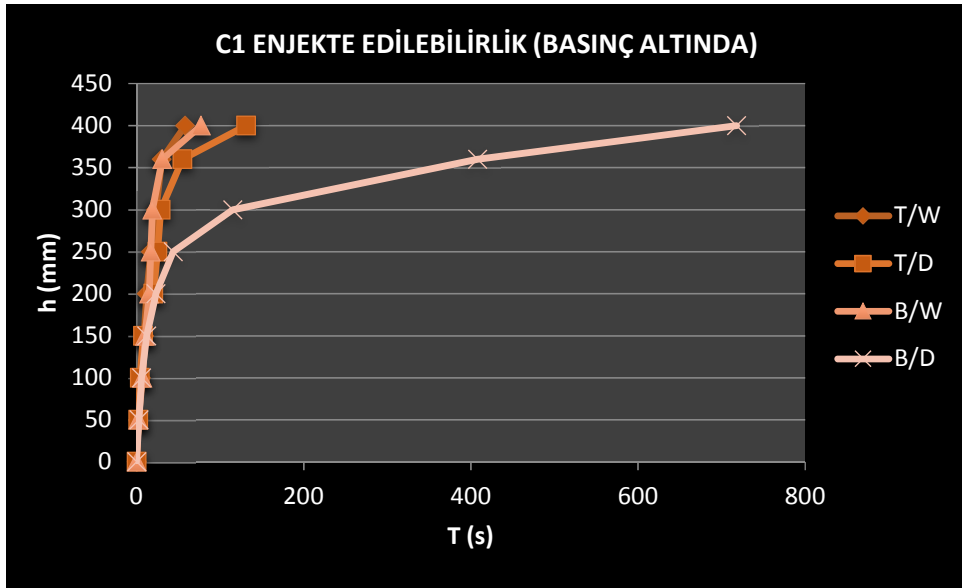
Grafik 1: Kazein Harcı (C1) TC Verileri.



Grafik 2: Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) B/W, B/D

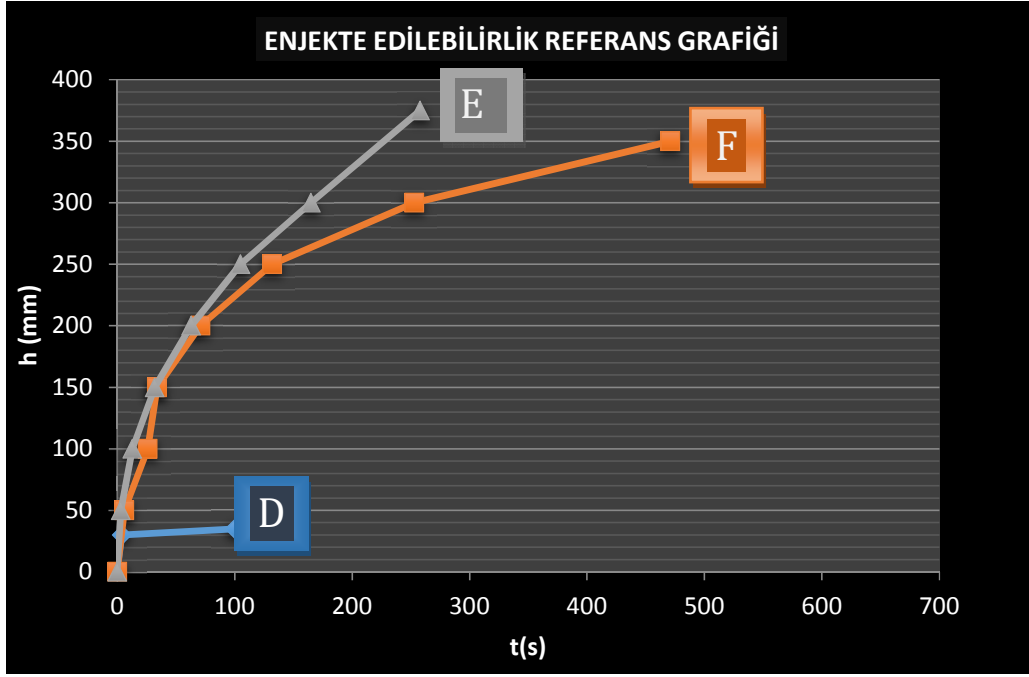


**Grafik 3:** Kazein Harcı (C1) Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) T/W,T/D



**Grafik 4:** Kazein Harcı (C1) Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) B/W, B/D-T/W, T/D Karşılaştırma Grafiği





**Grafik 5:** Enjekte Edilebilirlik Testi (Basınç Altında) Referans Limitleri Grafiği.

**TABLO 1: GCI TİCARİ ENJEKSİYON HARÇLARI TERKİPLERİ**

(w%)		
ENJEKSİYON HARCİ	KURU MALZEME(g)	SU (g)
Bresciani Malta 6001	100	64
Bresciani Malta 6002	100	94
Ledan ITAL B2	100	180
Ledan TB1-ICR	100	79
LEIT	100	90
LEIT 01	100	120
MAPE-Antique F21	100	125
MAPE-Antique I	100	123
PLM A	100	79
PLM AL	100	100
PLM I	100	66

TABLO 9: GCI								
PLM I PERFORMANS TEST SONUÇLARI								
%CE	%FB	%H <sup>±D</sup>	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK					
0.0	0.0	-2.6	Kolon Adı (Klasifikasyon)					
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)		
2 AYLIK	2 YILLIK							
0.42	1.06		E	E	D <sub>100</sub>	E		
A (g.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-0.5</sup> )	WVP (g.Pa <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> )		ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)					
0.069	9.3E-05		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
			3	1	64	0	0	5
DANSİTE (g.cm <sup>-3</sup> )			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)		SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F) / (%WL)			
Sıvı Halde	Katı Halde		271		25 (-60%)			
1.58	1.13							

TABLO 10: GCI KİREÇ BAĞLAYICILI								
ENJEKSİYON HARÇLARI İÇİN PERFORMANS TESTİ LİMİTLERİ								
%CE	%FB	%H <sup>±D</sup>	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK					
<0.5	<0.4	<-4.0	Kolon Adı (Klasifikasyon)					
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)		
2 AYLIK	2 YILLIK							
0.30-0.60	<1.5		F	E	>D <sub>100</sub>	F		
A (g.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-0.5</sup> )	WVP (g.Pa <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> )		ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)					
0.055-0.085	>9.0E-05		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
			<5	<5	<100	<1	<1	<5
DANSİTE (g.cm <sup>-3</sup> )			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)		SÜLFAT DAYANIMI			
Sıvı Halde	Katı Halde		100-350		-			
-	-							

TABLO 11: TİCARİ ENJEKSİYON HARÇLARI ÜRETİCİ FİRMA ENFORMASYONU-1

ENJEKSİYON HARCİ	ÜRETİCİ FİRMA	ÜRÜN İÇERİĞİ	KULLANIM ALANLARI
<b>Bresciani Malta 6001</b>	Bresciani, İtalya	Düşük tuz içerikli hidrolik bağlayıcı Silika Akışkanlaştırıcı, su azaltıcı ve hava sürükleyici ajanlar.	Sıva, boyalı sıva, seramik ve taş stabilizasyonunda büyük boşlukların doldurulması.
<b>Bresciani Malta 6002</b>	Bresciani, İtalya	Düşük tuz içerikli hidrolik bağlayıcı Silika Akışkanlaştırıcı, su azaltıcı ve hava sürükleyici ajanlar	Tonozlarda bulunan fresko ve mozaiklerin stabilizasyonu Büyük boşlukların doldurulması(3-4cm) Hafif ve düşük mekanik dayanımlı enjeksiyon harcı.
<b>Ledan ITAL B2</b>	Tecno Edile Toscana, İtalya	Doğal kireç ve hidrolik bağlayıcılar Puzolan Perlit Akışkanlaştırıcı, su azaltıcı ve hava sürükleyici ajanlar	Çatlak ve büyük boşlukların doldurulması
<b>Ledan TB1-ICR</b>	Tecno Edile Toscana, İtalya	Doğal kireç ve hidrolik bağlayıcılar, İnert silika, Kayağan taşı Puzolan Akışkanlaştırıcı, su azaltıcı ve hava sürükleyici ajanlar	Kohezyon kaybı olan yüzeylerin ön-konsolidasyonu, Duvar resmi taşıyıcısının sıva tabakasıyla birleştirilmesi
<b>LEIT</b>	Phase, İtalya	Düşük tuz içerikli hidrolik bağlayıcı Silika Kayağan taşı Puzolan Akışkanlaştırıcı, su azaltıcı ve hava sürükleyici ajanlar	Fresko sıvasının taşıyıcıyla birleştirilmesi.

TABLO 12: TİCARİ ENJEKSİYON HARÇLARI ÜRETİCİ FİRMA ENFORMASYONU-2

ENJEKSİYON HARCİ	ÜRETİCİ FİRMA	ÜRÜN İÇERİĞİ	KULLANIM ALANLARI
MAPE- Antique F21	MAPEI, İtalya	Puzalonik reaksiyona giren hidrolik bağlayıcılar Dolgu Su Azaltıcı Özel Katkılar	Tuğla tuf ve taş çatlak stabilizasyonu duvarlarda bulunan boşlukların enjeksiyonu.
MAPE- Antique I	MAPEI, İtalya	Çimento barındırmayan kireç ve eko-puzolan hidrolik bağlayıcı Doğal ultra-ince kum Özel katkıları	Mimari elemanların stabilizasyonu
PLM A	CTS, İtalya	Düşük tuz içerikli doğal kireç İnert materyaller ve reoloji düzenleyiciler	Taşıyıcıdan ayrılmış fresko ve duvar resmi stabilizasyonu
PLM AL	CTS, İtalya	Düşük tuz içerikli doğal kireç Düşük özgül ağırlıklı inert materyaller Reoloji düzenleyiciler	Freskoların stabilizasyonu tonozlarda bulunan duvar resimleri Atan ağırlıklı olmayan duvardan ayrılmış her türlü sıva
PLM I	CTS, İtalya	Düşük tuz içerikli doğal kireç İnert materyaller Katkı maddeleri	Taşıyıcıdan ayrılmış duvar resmi sıva katmanlarının stabilizasyonu

**TABLO 16: T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI GÖREME AÇIK HAVA MÜZESİ DUVAR RESMİ KONSERVASYON PROJESİ RAPORLARINA GÖRE KALSİYUM KAZEİNAT HARCİ TERKİBİ HAZIRLANIŞI (C1)**

MALZEMELER	AĞIRLIK (g)	TEMİN EDİLEN FİRMA	HAZIRLANIŞI
Kazein	100 g	Yerel	100 g kazein 12 saat suya doyurulur, kalan su akıtılır
Söndürülmüş Kireç (Kireç Kaymağı)	900 g	Yerel (bölgede ki kireç kuyularından ve arazide açılan kireç kuyusundan temin edilmiş)	Kazeine 900g sönmüş kireç eklenir ve karıştırılır, 12 saat bekletilir. Tülbentten süzülür. 100 g (PVA) Vinavil eklenir.
Polivinil Asetat	100 g	Vinavil-Firma Belirtilmemiş.	Manuel olarak karıştırılır

**TABLO 17: KAZEİN ENJEKSİYON HARCİ (C1) MALZEMELERİNİN TEMİN EDİLDİĞİ FİRMALAR**

MALZEMELER	TEMİN EDİLEN FİRMA	TEMİN EDİLEN FİRMA/LINK
Kazein	KREMER PIGMENTE	<a href="http://shop.kremerpigments.com/en/mediums--binders-und-glues/water-soluble-binders/mediums-und-natural-gums/casein-63200:.html">http://shop.kremerpigments.com/en/mediums--binders-und-glues/water-soluble-binders/mediums-und-natural-gums/casein-63200:.html</a>
Söndürülmüş Kireç (Kireç Kaymağı)	U.S. HERİTAGE GROUP	<a href="http://usheritage.com/contact-us/">http://usheritage.com/contact-us/</a>
Jade 403 Polivinil Asetat	TALAS	<a href="http://talasonline.com/">http://talasonline.com/</a>

TABLO 18: KALSİYUM KAZEİNAT HARCİ (C1) HAZIRLANIŞI

Malzemeler	Ağırlık (g)	Temin Edilen Firma	Hazırlanışı
Kazein	11.11g	Kremer Pigmente	11.11 g Kazein 12 saat suya doyurulur, kalan su akıtılır. Kazeine 100g sönmüş kireç eklenir ve karıştırılır 12 saat bekletilir. Tülbentten süzülür. 11.11 g (PVA) Jade Adhesive 403 eklenir. Manuel olarak karıştırılır.
Söndürülmüş Kireç (Kireç Kaymağı)	100g	U.S. HeritageGroup	
Polivinil Asetat (JadeAdhesive 403)	11.11g	Talas	
Distile Su	34.26g	G.C.L.	

TABLO 19: BRESCIANI MATERIALS AND EQUIPMENTS FOR THE RESTORATION AND CONSERVATION FİRMASI MALTA 6001 (ART. 31051) ANALİZ SONUÇLARI

MEKANİK DAYANIM	
Basınç Dayanımı	120 kg/cm <sup>2</sup>
Eğilme Mukavemeti	41 kg/cm <sup>2</sup>
Çekme Dayanımı	11 kg/cm <sup>2</sup>
KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI	
SiO <sub>2</sub>	50.3%
CaO	44.2%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.4%
Kızdırma Kaybı	2.1%
Diğerleri	1.0%
ÇÖZÜNEBİLİR TUZLAR	
Na <sub>2</sub> O	Yok
K <sub>2</sub> O	Yok
Cl	0.1%
SO <sub>4</sub>	Yok
DİĞER ENFORMASYON	
Su Karışım	80-120%
Hacimce Ağırlığı v/w	1.2
Porozite	6.1%
Çalışma Zamanı	40'

TABLO 20: GCI HERCULENEUM PROJESİ BRESCIANI MALTA 6001 TEST SONUÇLARI							
Bresciani Malta 6001			Bresciani Malta 6001 Su Miktarı				
Kuru Karışım Miktarı (g)			(g)				
100g			64g				
%CE	%FB	%H <sup>D±</sup>	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK				
1.6	0.1	-3.0	Kolon Adı (Klasifikasyon)				
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)	
2 AYLIK		2 YILLIK					
0.63		-	D <sub>140</sub>	D <sub>200</sub>	D <sub>50</sub>	F	
A	WVP	ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI					
(g.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-0.5</sup> )	(g.Pa <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> )	(Meg/100g)					
0.015	6.0E-0.5	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
		6	3	119	0	0	3
DANSİTE (g.cm <sup>-3</sup> )		BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)			SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F )/ (%WL)		
Sıvı Halde	Katı Halde	52			F		
1.63	1.21						

TABLO 21: GCI HERCULENEUM PROJESİ TECNO EDİLE LEDAN ITAL B2 PERFORMANS TEST SONUÇLARI							
Tecno Edile Ledan Ital B2			Tecno Edile Ledan Ital B2 Su Miktarı				
Kuru Karışım Miktarı (g)			(g)				
100g			180g				
%CE	%FB	%H <sup>D±</sup>	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK				
0.0	0.0	-1.8	Kolon Adı (Klasifikasyon)				
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)	
2 AYLIK		2 YILLIK					
0.38		-	E	E	E	E	
A	WVP	ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI					
(g.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-0.5</sup> )	(g.Pa <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> )	(Meg/100g)					
0.039	1.1E-0.4	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
		26	4	90	0	0	6
DANSİTE (g.cm <sup>-3</sup> )		BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)			SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F )/ (%WL)		
Sıvı Halde	Katı Halde	345			4		
1.14	0.59						

TABLO 22: GCI HERCULENEUM PROJESİ TECNO EDİLE LEDAN TB1 ICR PERFORMANS TEST SONUÇLARI								
Tecno Edile Ledan TB1 ICR			Tecno Edile Ledan TB1 ICR Su Miktarı (g)					
100g			64g					
%CE	%FB	%H <sup>D±</sup>	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK					
0.0	0.0	-2.7	Kolon Adı (Klasifikasyon)					
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı		
2 AYLIK	2 YILLIK			(Su Absorbe Edilmiş)		(Su Absorbe Edilmiş)		
0.59	1.02		E	E	D <sub>125</sub>	E		
A	WVP		ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)					
(g.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-0.5</sup> )	(g.Pa <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> )		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
0.048	7.6E-0.5		6	1	21	0	0	9
DANSİTE (g.cm <sup>-3</sup> )			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)		SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F) / (%WL)			
Sıvı Halde	Katı Halde		817		F			
1.36	1.0.96							



TABLO 23. KAZEİN HARCİ (C1) PERFORMANS TEST SONUÇLARI

%CE	%FB	%H±	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK			
0.0	0.0	-57,70	Kolon Adı (Klasifikasyon)			
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)
2 AYLIK	2 YILLIK					
F	F		E	E	E	E
DANSİTE (g.cm <sup>-3</sup> )			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)			
Sıvı Halde		Katı Halde	F			
1.18		1.12				

F: Failure, hacimsel küçülme dolayısıyla örnek oluşturma aşaması başarısız olan testler.

TABLO 28: IHLARA VADİSİ KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESMİ SIVALARI POROZİTE TAYİNİ SONUÇLARI

ÖRNEK	HACİMCE SU EMME	KÜTLECE SU EMME	GÖRÜNÜR YOĞUNLUK
	% P (V)	% P (m)	Δh (g/cm <sup>3</sup> )
SNG3A	32.43	20.97	1.55
SNG3B	28.31	16.38	1.73
SNG4	29.56	17.70	1.67
SNG5	50.14	41.13	1.22
SNG7	45.21	36.22	1.25
DK3	49.35	40.23	1.23
DK4	36.47	23.68	1.54
DK5	39.37	27.20	1.45
DK6	43.63	31.78	1.37
BHT1	46.60	37.50	1.24
BHT2A	46.92	37.10	1.26

## KAYNAKLAR

- American Society for Testing Materials. 1992 ASTM C294-92 (R1991) Standard Descriptive Nomenclature of Constituents of Natural Mineral Aggregates. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing Materials. 1996 ASTM C1180-96 Standard Terminology of Mortar and Grout for Unit Masonry. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing Materials. 2008 ASTM C476-08 Standard Specification for Grout for Masonry Philadelphia: ASTM.
- Asp, Misa. 2001. "Tests of Injectable Mortars in Laboratory and Field: Conservation of Mural Paintings", *National Heritage Board*, Ulf Lindborg, Stockholm, 39-44.
- Baglioni, P., L. Dei, F. Piqué, G. Sarti, E. Ferroni. 1997. "New Autogenous Lime-Based Grouts Used in the Conservation of Lime-Based Wall Paintings", *Studies in Conservation*, 42 (1): 43-54.
- Baldi, Pio., Tharros Oristano, Sardinia. 1981. "Preservation of the Punic Ditch: Methodological Consideration, Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings = Mortiers, ciments et coulis utilisés dans la conservation des bâtiments historiques", *Symposium*, 3-6.11.1981, Rome: ICCROM, 249-53.
- Ballantyne, Anne. "Stabilising the Substrate: Grouting: the Options; Anne Ballantyne's Contribution on 28th October 1995", *Conservation News* 60: 43-45.
- Bicer-Şimşir B., Griffin I., Palazzo-Bertholon B., Rainer L. 2009. "Lime-Based Injection Grouts for the Conservation of Architectural Surfaces", *Reviews in Conservation* 10: 3-17
- Bicer-Şimşir., Rainer Leslie. 2013. *Evaluation of Lime Based Hydraulic Injection Grouts for the Conservation of Architectural Surfaces: A Manuel of Laboratory and Field Test Methods*, The Getty Conservation Institute, CA, U.S.A.
- Bicer-Şimşir B., Rainer Leslie. 2014. *Evaluation of Injection Grouts for the Conservation of Wall Paintings and Plasters in Herculaneum*, The Getty Conservation Institute, CA, U.S.A.
- Binda, Luigia, Mario Berra, Giulia Baronio, Alberto Fontana. 1990. "Repair of Masonries by Injection Technique: Effectiveness, Bond and Durability Problems. in Structural Conservation of Stone Masonry", *International Technical Conference*, Athens, 31.X.-3.XI.1989 = *Conservation structurelle de la maçonnerie en pierre: Conférence internationale technique*, 31.X.-3.XI.1989, Athènes,. Rome: ICCROM, 431-441
- Bryagin, D. E. 1975. "Some Experiments on Strengthening of Ancient Wall Painting Supports With Lime-Casein Solution", *ICOM Committee for Conservation 4th Triennial Meeting: Venice*, October 1975, Vol. 1, 75-1/12-1 to 75-1/12-9, Paris: International Council of Museums, 13-16
- Carturan, Giovanni, Gian Domenico Sorarù, Fabiano Vulcan. 1993. *Relazione Tecnica Sulle Malte PLM-A, PLM-AL, PLM-I, PLM-M, PLM-SM e Sul Legante Per Stuccature PLM-S Della Ditta C.T.S. s.a.s Altavilla Vicentina (VI). Technical Report*, Università Degli Studi de Trento, Dipartimento di Ingegneria dei Materiali.
- Ferragni, D., M. Forti, J. Malliet, J. M. Teutonico, G. Torraca. 1983. "In-situ Consolidation of Wall and Floor Mosaics by Means of Injection Grouting Techniques", *Mosaics: Conservation In-Situ, Aquileia*, Rome: ICCROM., 3: 83-101.

Henriques, Fernando, Elena Charola: "Comparative Study of Standard Test Procedures for Mortars": *Proceedings of the 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, 30 Sept.- 4 October 1996, Berlin, ed. J. Riederer, III: 1521-1528, Berlin, Germany: Möller Druck und Verlag.

Özdemir, Adnan. 2002. "Bazı Yapı Malzemelerin Kapiler Su Emme Potansiyelleri, Capillary Water Absorption Potentials of Some Building Materials": *Selçuk Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya; Jeoloji Mühendisliği*, 26 (1): 19

Karaveziroglou, M. 1986. "Traditional Mortars Grouts: Anasteloseis Vyzantinon Kai Metavyzantinon Mnemeion", *Praktika Tou Diethnous Symposiou Thessalonikes*, 11-13 Dek. 1985 = *Restoration of Byzantine and Post-Byzantine Monuments: Proceedings of the International Symposium of Thessaloniki*, 11-13 December 1985, Thessalonike, ed. P. Astrinidou, 403-14.

Karaveziroglou, M. 1986. "Traditional Mortars Grouts: Anasteloseis Vyzantinon Kai Metavyzantinon Mnemeion", *Praktika Tou Diethnous Symposiou Thessalonikes*, 11-13 Dek. 1985 = *Restoration of Byzantine and Post-Byzantine Monuments: Proceedings of the International Symposium of Thessaloniki*, 11-13 December 1985, Thessalonike, ed. P. Astrinidou, 403-414.

Zajadacz, Karina, Stefan Simon. 2006. "Grouting of Architectural Surfaces: The Challenge of Testing. Theory And Practice in Conservation", *International Seminar*, 1<sup>st</sup>, ed. J. Delgado Rodrigues, and J. Manuel Mimoso, Lisbon: National Laboratory of Civil Engineering, 509-17.