

# KAPADOKYA BÖLGESİ, IHLARA VADİSİ (PERISTREMA) BİZANS DÖNEMİ BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ, SAINT GEORGE (KIRKDAMALTI) KİLİSESİ VE DİREKLİ KİLİSE DUVAR RESİMLERİNİN TAŞIYICI (SIVA-DUVAR) KARAKTERİZASYONU

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

## ÖZ<sup>1</sup>

Bu çalışmada Kapadokya Bölgesi Ihlara Vadisi Bizans Dönemi Saint George (Kırkdamaltı), Bahattin Samanlığı ve Direkli Kiliseleri duvar resmi ve taşıyıcılarından alınan örnekler üzerinde; ESEM-EDX (Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX 80 mm<sup>2</sup> Xray Detector/ INCA software), XRD ( X Ray Diffraction/ X Işınımı Kırınımı), XRF (X Ray Fluorescence/ X-Işınları Floresans Spektrumu) (XRD-XRF INXITU /DUETTO), FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) aletli analiz metotları ve Asitle Muamele, Kızdırma Kaybı, Jeolojik İnceleme (ince ve çapraz kesit) test metotları kullanılarak; Ihlara Vadisi Saint George, Bahattin Samanlığı ve Direkli Kilisesinde duvar resmi taşıyıcısı ve sıva tabakalarının statigrafisi ve karakterizasyonunu belirlenerek duvar resimlerinin sıva-duvar taşıyıcı karakterizasyonu açığa çıkartılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Saint George (Kırkdamaltı) Kilisesi, Bahattin Samanlığı Kilisesi, Direkli Kilise, kireç bağlayıcılı sıvalar, duvar resmi.

<sup>1</sup> Bu çalışma, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Anabilim Dalı, Koruma Yenileme Restorasyon Bilim Dalı'nda 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 tezinin bir bölümünden alınmıştır. Bu doktora tezi projesi Getty Konservasyon Enstitüsü Bilim Bölümü (Amerika Birleşik Devleti-Los Angeles) tarafından desteklenmiş ve Türk-Amerikan İlmi Araştırmalar Derneği (ARIT) Ilse Hanfmann, George Hanfmann ve Machteld J. Mellink Bursları tarafından Nisan 2012 tarihinde ödüle layık görülmüştür.

## **THE CHARACTERIZATION OF WALL PAINTINGS OF BYZANTINE PERIOD ROCK-CUT CHURCHES IN CAPPODOCCIA REGION AT PERISTREMA, IHLARA VALLEY: BAHATTIN SAMANLIĞI, SAINT GEORGE (KIRDAMALTI) AND DIREKLI CHURCHES**

### **ABSTRACT**

This study investigates the characterization of wall paintings of Bahattin Samanlığı, Saint George (Kirkdamalti) and Direkli churches which are Byzantine period rock-cut structures in Cappodoccia region at Peristrema, İhlara valley. In order to reveal the features of the paintings, the stratigraphy and the composition of the carriers and plaster layers are analyzed through ESEM-EDX (Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX 80 mm<sup>2</sup> Xray Detector/ INCA software), X Ray Diffraction, X Ray Fluorescence, XRD-XRF INXITU /DUETTO, Fourier Transform Infrared Spectroscopy instrumental methods along with calcination, acidic treatment and layer chromatography methods.

**Keywords:** Saint George (Kirkdamalti) Church, Bahattin Samanlığı Church, Direkli Church, lime based plasters, wall paintings.

## GİRİŞ

Ihlara Vadisi Saint George, Bahattin Samanlığı ve Direkli Kilisesinde duvar resmi taşıyıcısı ve sıva tabakalarının statigrafisi ve karakterizasyonunun belirlenmesinde; ESEM-EDX (**Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX 80 mm<sup>2</sup> Xray Detector/ INCA software**), XRD (X Ray Diffraction/ X Işınımı Kırınımı), XRF (X Ray Fluorescence/ X-Işınları Floresans Spektrumu) (**XRD-XRF INXITU /DUETTO**), FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) aletli analiz metotları ve Asitle Muamele, Kızdırma Kaybı, Jeolojik İnceleme (ince ve çapraz kesit) test metotları kullanılmıştır. Aletli analizlerinin tamamı GCI Bilim Bölümü Laboratuvarları'nda 2012 yılında gerçekleştirilmiştir. Örnek ve yöntemlerin belirlenmesinde GCI Bilim Bölümü Başkanı Prof. Dr. Giacomo Chiari başkanlık etmiştir. XRD-XRF analizleri Prof. Dr. Giacomo Chiari ile ESEM-EDX analizleri 2012 yılında GCI Bilim Bölümü Genel Müdürü Dr. David Carson ve FTIR analizleri GCI Bilim Bölümü Asistan Bilim İnsanı Dr. Lee Lym ile gerçekleştirilmiştir. Diğer analizler ise İstanbul Üniversitesi Taşınabilir Kültür Varlıkları Kimya Laboratuvarı'nda 2011 yılında Doç. Dr. Ahmet Güleç gözetiminde gerçekleştirilmiştir. Sıva tabakasındaki organik bağlayıcının araştırılması FTIR ve spot test yöntemleri kullanılmıştır.

### SIVA ANALİZLERİ GERÇEKLEŞTİRİLEN KİLİSELERİN KISA TARİHÇESİ

**Bahattin Samanlığı Kilisesi:** Kapadokya'nın Ihlara Vadisi Belisırma mevkiinde kayaya oyulmuş kilise, tek nefli bazilikal planlı tiptedir. Kilisenin apsisi doğusunda, girişi ise güneyinde yer almaktadır. Dikdörtgen planlı naos kısmı beşik tonoz ile örtülüdür ve duvarlar kemerli nişlerle hareketlendirilmiştir. Kilisenin içi duvar resimleri ile süslenmiştir. Duvar resimlerinde; İsa'nın Kudüs'e girişi, İsa'nın çarmıha gerilişi, Pantokrator İsa, İsa'nın mezara konulması ve melek Mikael gibi sahneler yer almaktadır. Kilisenin, muhtemelen 11. yüzyılın ilk yarısında inşa edildiği düşünülmektedir (Restle 1967 I: 41-42, 177-178; Restle 1967 III: fig. LXI, 517-520) (Fig.1).



**Fig. 1** Bahattin Samanlığı Kilisesi apsisi (Hande Günözü).

**Saint George Kilisesi (Kırkdamaltı Kilisesi):** Kapadokya'nın Ihlara Vadisi Belisırma mevkiinde kayaya oyulmuş kilise, tek nefli bazilikal planlı tiptedir. Asimetrik naos mekânının doğusunda büyük apsis bölümü ile kuzeyinde giriş yer almaktadır. Naos mekânının duvarlarında kemerli arcosolium nişleri ile altta mezar odası yer almaktadır. Naosun üzeri düz tonozludur. Kilisenin içi duvar resimleri ile süslüdür. Duvar resimlerinde; İsa'nın göğe yükselişi, İsa'nın çarmıha gerilişi, İsa'nın değişime uğraması, Aziz Geogre ve başışçılar gibi sahneler betimlenmiştir. Kilisenin kitabesinde, kilisenin Aziz Geogre'a adandığı, başışçılar ile kilisenin tarihi hakkında bilgiler bulunmaktadır. Kitabeye göre kilise İmparator II. Andronikos ve Sultan II. Mesud zamanlarında yapılmıştır. Yapının muhtemelen 1282-1304 ya da 1283-1295 tarihleri arasında inşa edildiği düşünülmektedir (Restle 1967 I: 66, 176-177; Restle 1967 III: fig. LX, 510-516; Kostof 1989: 275) (Fig. 2-4).



**Fig. 2** Saint George Kilisesi (Hande Günözü)



**Fig. 3** Saint George Kilisesi (Hande Günözü).



**Fig.4** Saint George Kilisesi Pantokrator İsa, (Hande Günözü).

**Direkli Kilise:** Kapadokya'nın Ihlara Vadisi Belısırma mevkiinde kayaya oyulmuş kilise, sütunlu kapalı yunan haçı planlı tiptedir. Doğusundaki ana apsisin kuzeyinde ikinci bir ufak apsis ile yine ana apsisin güneyinde bir paraklesion mekânı yer almaktadır. Kilisenin girişi kuzey yönündendir. Dörtgen planlı naos kısmının merkezi, dört sütunun desteklediği kubbe ile örtülüdür. İçi duvar resimleri ile süslü olup ana apsis ile kuzey apsisde birer kitabe yer almaktadır. Bu kilisedeki duvar resimleri muhtemelen iki ressam tarafından farklı dönemlerde yapılmıştır. Resimlerde, diesis ve kilise babaları gibi sahneler yer almaktadır. Kitabelerden kilisenin İmparator II. Basil ve VIII. Konstantin zamanlarında yapıldığı anlaşılmaktadır. Yapı araştırmacılara göre muhtemelen 976-1025 ya da 979-1025 tarihleri arasında inşa edilmiştir. Ayrıca kitabede Isaak isimli bağışçıdan bahsedilmektedir (Restle 1967 I:178-179; Restle 1967 III: fig. LXII, 520-521; Kostof 1989: 271) (Fig. 5-7).



**Fig. 5** Direkli Kilise (Hande Günözü).



**Fig. 6-7** Direkli Kilise Apsis (H. Günözü).

## ANALİZLERDE KULLANILAN ÖRNEKLER

Ihlara Vadisi Yapılarından alınan örnekler; Bahattin Samanlığı Kilisesi için BHT-örnek no, Saint George Kilisesi için SNG-örnek no ve Direkli Kilise için DK-örnek no şeklinde numaralandırılmıştır ve farklı sıva katmanları ayrılarak, A-B şeklinde gösterilmiştir. Yapılardan alınan örneklerden yapılacak analizler için miktarın yetersiz geldiği ve kütle halinde olmayanlar işleme alınmamıştır. Sıva ve taşıyıcı karakterizasyonunun belirlenmesinde yapılacak analizler için yeterli özelliklere sahip olan örnekler tabloda gösterilerek ayırt edilmesi sağlanmıştır (Tablo 1).

TABLO 1: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE/BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ/SAINT GEORGE KIRDAMALTI KİLİSESİ ÖRNEK TANIMLAMALARI					
ÖRNEK NO	ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER	YÜKSEKLİĞİ (h) cm/ m	SIVA TABAKALARI	SIVA KALINLIĞI (mm/cm)	
				Minimum	Maksimum
DK2	Batı Duvar	1.30 m	1. Katman /sıva 2. Katman/ badana	1.4 mm	6 mm
DK4	Güney Doğu Sütün	1.20 m	1. Katman /sıva 2. Katman/ badana	3 mm	6 mm
DK5	Prothesis (Kuzey Hücre)	70 cm	1 Katman sıva.	3 mm	5 mm
DK6	Diakonikon (Güney Hücre)	3 m	1. Katman /sıva 2. Katman /badana	3 mm	5 mm
BHT1	Apsis	1.50 m	1 Katman sıva.	1.5 mm	5 mm
BHT2A	Apsis (Kuzey Doğu)	1.50 m	BHT-2/ 2. Katman sıva.	3 mm	5 mm
BHT 2B	Apsis (Kuzey Doğu)	1.50 m	BHT-2/ 1 Katman Taşıyıcı Duvar	5 mm	8 mm
BHT4	Giriş (Güney Batı)	1.60 m	1 Katman Sıva	1 mm	3 mm
SNG3	Batı Duvar (Sol Niş)	50 cm	1 Katman Sıva	1.2 cm	1.3 cm
SNG4	Batı Duvar (Orta Niş)	Kotta	1 Katman Sıva	5 mm	6 mm
SNG5	Kuzey Duvar (Sol Niş)	50 cm	1 Katman Sıva	2 mm	5 mm
SNG7	Kuzey Duvar	50 cm	1 Katman Sıva	2 mm	9 mm
Dere Kumu	Dere kumu örnekleri, Ihlara Vadisi içinden geçen Melendiz Çayı, Saint George kilisesi paralelinden alınmıştır.				

Ihlara Vadisi Saint George, Bahattin Samanlığı ve Direkli Kilisesinde duvar resmi taşıyıcısı ve sıva tabakalarının statigrafisi ve karakterizasyonunun belirlenmesinde; ESEM-EDX (**Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX 80 mm<sup>2</sup> Xray Detector/ INCA software**), XRD ( X Ray Diffraction/ X Işınımı Kırınımı), XRF (X Ray Fluorescence/ X-Işınları Floresans Spektrumu) (**XRD-XRF INXITU /DUETTO**), FTIR (Fourier Transform Infrared

Spectroscopy) aletli analiz metotları kullanılarak karakterizasyonu açığa çıkarılan örnekler ve kullanılan analiz metodu, tablolar halinde gösterilmiştir (Tablo 2-4).

**TABLO 2: IHLARA VADİSİ BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ SIVA KARAKTERİZASYONU ALETLİ ANALİZ SINIFLANDIRMA TABLOSU**

ÖRNEK NO	TANIM	STATİGRAFİ		GERÇEKLEŞTİRİLEN ALETLİ ANALİZLER		
		İNCE KESİT	ÇAPRAZ KESİT	XRD	XRF	ESEM/EDX.
BHT 1P	Masif siva örneği	√	√	√	√	√
BHT 2P	Masif siva örneği	√	√	√	√	√
BHT 3P	Toz halde siva örneği	√	TH	√	√	TH
BHT 4P	Masif siva örneği	√	√	√	√	N/N
BHT 5P	Masif siva örneği	√	√	√	√	√
BHT 6P	Masif siva örneği	√	√	√	√	N/N
BHT 7P	Masif siva örneği.	√	√	√	√	N/N
BHT 8P	Masif siva örneği	√	√ x2	√	√	√
BHT 9P	Masif siva örneği	√	√	√	√	√
BHT 10-P	Masif siva örneği	√	√	√	√	√
BHT 11P	Masif siva örneği kısmi toz halde	√	√	√	√	N/N
BHT 12P	Masif siva örneği.	√	√	√	√	N/N

√:Yapıldı, N/N:Yapılmadı TH: Örnek toz halde √ x2: İki kez yapıldı

**TABLO 3: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE SIVA KARAKTERİZASYONU ALETLİ ANALİZ SINIFLANDIRMA TABLOSU**

ÖRNEK NO	TANIM	STATİGRAFİ		GERÇEKLEŞTİRİLEN ALETLİ ANALİZLER		
		İNCE KESİT	ÇAPRAZ KESİT	XRD	XRF	ESEM/EDX.
DK 1P	Masif siva örneği kısmi toz halde	√	√	N/N	N/N	√
DK 2P	Masif siva örneği kısmi toz halde	√	√	N/N	N/N	√
DK 3P	Masif siva örneği kısmi toz halde	√	√	N/N	N/N	√
DK 4P	Masif siva örneği	√	√	N/N	N/N	√
DK 5P	Masif siva örneği.	√	√	N/N	N/N	√
DK 6P	Masif siva örneği	√	√	N/N	N/N	√
DK 7P	Masif siva örneği kısmi toz halde	√	√	N/N	N/N	√
DK 8P	Masif siva örneği	√	√	N/N	N/N	√
DK 9P	Masif siva örneği	√	√	N/N	N/N	√
DK 10P	Masif siva örneği	√	√	N/N	N/N	√
DK 11P	Masif siva örneği	T	T	N/N	N/N	T
DK 12P	Toz halde.	T	T	N/N	N/N	T

√:yapıldı, N/N:Yapılmadı TH: Örnek toz halde

**TABLO 4: IHLARA VADİSİ SAINT GEORGE KİLİSESİ SIVA KARAKTERİZASYONU ALETLİ ANALİZ SINIFLANDIRMA TABLOSU**

ÖRNEK NO	TANIM	STATİGRAFI		GERÇEKLEŞTİRİLEN ALETLİ ANALİZLER		
		İNCE KESİT	ÇAPRAZ KESİT	XRD	XRF	ESEM/EDX.
SNG 1P	Masif sıva örneği	N/N	√	N/N	N/N	√
SNG 2P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	N/N
SNG 3P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
SNG 4P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
SNG 5P	Masif sıva örneği.	√	√	N/N	N/N	√
SNG 6P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
SNG 7P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
SNG 8P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
SNG 9P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
SNG 10P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	N/N
SNG 11P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
SNG 12P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
SNG 13P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
SNG 14P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
SNG 15P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
SNG 16P	Masif sıva örneği	√	√	N/N	N/N	√
TAŞIYICI DUVAR	Masif taşıyıcı duvar örneği	√	√	N/N	N/N	√

√:yapıldı, N/N:Yapılmadı TH: Örnek toz halde

### KIZDIRMA KAYBI TAYİNİ VE ASİTLE REAKSİYONA GİRMİYEN AGREGALARIN ANALİZ SONUÇLARI

Ihlara Vadisi Direkli Kilise, Bahattin Samanlığı Kilisesi ve Saint George Kilisesi Kızdırma Kaybı Tayini ve Asitle Reaksiyona girmeyen agregaların analiz verilerinin karşılaştırmalı sonucu şu şekildedir;

Direkli Kilise duvar resmi sıva örneklerinin %CaCO<sub>3</sub> oranı; % 61, 78-69, 64 arasındadır. İçerikte büyükten küçüğe doğru belirlenen agregalar; feldspat, volkanik kayaç parçaları, siyah cüruf, kuvarz, muskovit, biyotit ve mikroklindir Genel agrega tanımı köşeli, 1mm elek altı krem beyaz renkli feldspat ağırlıklı volkanik kayaç parçaları olup, ortalama %5-7 oranında saman katkı içermektedir. Direkli Kilise sıva örneklerinin içerikleri birbirleriyle benzer özellikte olup DK-5 ve DK-6 2500 µ'luk elekten geçen agregalar bulundurmaktadır. Asitte kalan miktarının %16,11-21,44 arasında değişmesi ve %CaCO<sub>3</sub> oranının % 61, 78-69, 64 arasında olması HCL asitte kaybolan agrega ya da katkı maddeleri olduğunu düşündürmektedir (Tablo 5-6).



TABLO 5: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE/BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ/SAINT GEORGE (KIRDAMALTI) KİLİSESİ TAŞIYICI DUVAR/ DERE KUMU/ DUVAR RESMİ SIVASI ÖRNEKLERİ AŞITLE REAKSİYONA GİRMEYEN AGREGALARIN ANALİZ SONUÇLARI				
ÖRNEK NO	İÇERİKTE GÖRÜLEN AGREGALAR	AGREGA TİPİ	KATKI	SONUÇ
DK2	F-VK-SC-Q-M-B-MC	Köşeli	Saman	(%5-7) saman, 1mm elek altı krem beyaz renkli feldspat ağırlıklı VK
DK4	F-VK-SC-Q-M-B-MC	Köşeli	Saman	(%5-7) saman, 1mm elek altı krem beyaz renkli feldspat ağırlıklı VK
DK6	F-VK-SC-Q-M-B-MC	Köşeli	Saman	(%5-7) saman, 1mm elek altı krem beyaz renkli feldspat ağırlıklı VK
BHT1	F-VK-Q-SC-B-M	Köşeli	Saman	(%35-40) saman, 1mm elek altı devetüğü renkli feldspat ağırlıklı VK
BHT2A	F-VK-Q-SC-B-M	Köşeli	Saman	(%35-40) saman, 1mm elek altı devetüğü renkli feldspat ağırlıklı VK
BHT 2B	F-Q-VK-SC-B-MK-MC	Köşeli	Taşıyıcı Duvar	Parçacıklar kuvars ve feldspat ağırlıklı olup 8mm elek altıdır
BHT4	F-VK-Q-SC-B-M	Köşeli	Kıtık	(%35-40) saman, 1mm elek altı devetüğü feldspat ağırlıklı VK
SNG3	VK-Q-F-SC-B	Köşeli	N/N**	2 mm elek altı açık devetüğü renkli VK
SNG4	VK-Q-F-SC-B	Köşeli	Saman	(%2-3) Saman, 2 mm elek altı açık devetüğü renkli VK
SNG5	VK-Q-F-FeO-SC-B-M-MC	Köşeli	Saman	(%3-5) Saman,(%5-10) kil ilaveli, kalanı 2mm elek altı gri renkli (tüf) VK
SNG7	VK-Q-F-SC-B	Köşeli	Saman	(%2-3) Saman, 1mm elek altı devetüğü renkli VK
DKM-W***	VK-Q-F-M-B	Köşeli-Az Köşeli	-	8mm elek altı tüfik ve diğer nitelikli VK.
DKM-A****	VK-F-Q-M-B	Köşeli -Az Köşeli	-	8mm elek altı tüfik ve diğer nitelikli VK.

\* VK: Volkanik kayaç parçası. Q: Kuvartz. F: Feldspat. SC: Siyah cüruf.  
M: Muskovit.MC:Mikroklin B: Bijyotit FeO Demir oksit  
\*\*N/N: Yok-non  
\*\*\*\*DKM-A:%10 HCL Asit ile muamele edilmiş dere kumu.  
\*\*\*DKM-W: Ihlara vadi içi dere kumu. Saf su ile muamele edilmiş.

TABLO 6: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE /BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ VE SAINT GEORGE KLİSESİ KIZDIRMA TAŞIYICI DUVAR / DUVAR RESMİ SIVALARI KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI													
ÖRNEK	%NEM	%550C°	%CaCO <sub>3</sub>	Asitte %Kalan	Asitte %Kayıp	Boyut Dağılımı ( Elekte Kalan % )							
						5000µ	2500µ	1000µ	500µ	250µ	125µ	63µ	<63 µ
DK2	0.93	6.35	67.04	16.11	83.89	0.00	0.00	6.56	13.57	18.16	19.91	18.60	23.19
DK4	0.77	5.31	69.64	19.40	80.60	0.00	2.10	5.08	13.31	22.59	21.19	16.46	19.26
DK5	1.55	8.19	61.78	21.44	78.56	0.00	0.72	7.97	15.22	21.74	20.58	17.54	16.23
DK6	0.62	6.94	66.37	19.81	80.19	0.00	0.00	5.71	11.42	18.26	19.63	16.89	28.08
BHT1	0.62	4.77	77.37	9.57	90.43	0.00	0.00	26.00	0.33	19.67	20.33	19.33	14.33
BHT2A	1.17	5.11	70.28	6.72	93.28	0.00	0.59	6.47	15.88	20.00	21.76	19.41	15.88
BHT2B	0.67	3.24	1.83	96.70	3.30	0.99	3.96	13.62	11.84	15.15	18.06	22.41	13.96
BHT4	1.23	6.56	80.83	25.97	74.03	0.57	0.57	8.43	13.79	17.43	20.11	20.31	18.77
SNG3	0.94	2.61	63.17	19.18	80.82	0.00	0.13	13.89	19.49	36.18	15.35	8.28	6.68
SNG4	3.09	4.34	59.46	26.01	73.99	0.00	0.00	27.08	16.22	14.94	15.84	12.77	13.15
SNG5	1.20	4.89	45.60	37.65	62.35	0.00	0.09	8.18	9.88	11.57	19.47	20.51	30.29
SNG7	1.32	10.05	43.01	25.22	74.78	0.00	0.00	3.36	7.55	14.69	23.78	26.29	24.34

Bahattin Samanlığı Kilisesi kızdırma kaybı tayini sonuçlarına göre %CaCO<sub>3</sub> oranı % 80, 83-70, 29 arasındadır. BHT-2 örneği iki katmanlı olup A-B olarak katmanlarına göre ayrılmıştır. BHT-2A siva BHT 2B örneği ise taşıyıcı duvar katmanı içermektedir ve bu sebeple %CaCO<sub>3</sub> oranı 1,83'tür. Asitte kalan %96,60 olup 8mm elek altı kuvarz ve feldspat ağırlıklıdır. Taşıyıcının içeriğinde görölen agregalar köşeli olup büyükten küçüğe doğru feldspat, kuvarz, volkanik kayaç parçaları-siyah cüruf, biyotit -muskovit ve microclinedir. **Bu veri kilisenin iç kısmının oyulması sırasında çıkan ignimbiritin öğütölüp 1-2,5 mm elekten geçirilerek kullanıldığını akla getirmektedir.** Siva içeriğinde büyükten küçüğe doğru belirlenen agregalar; feldspat, volkanik kayaç parçaları, kuvarz, biyotit ve muskovittir. Genel agrega tanımı köşeli, 1mm elek altı deve tüyü renkli feldspat ağırlıklı volkanik kayaç parçalarıdır ve ortalama %35-40 oranında saman katkı içermektedir. Bahattin Samanlığı duvar resmi siva örneklerinin içerikleri birbirleriyle benzer özellikte olup BHT-4 örneği 5000 µ'luk elekten geçen BHT-2A ise 2500 µ'luk elekten geçen agregalar ihtiva etmektedir (Tablo 5-6).

Saint George (Kırkdamaltı) Kilisesi'nin ise SNG-5 örneği içerik olarak farklıdır ve ayrıca değerlendirilecektir. Diğer örnekler benzer içerikte olup %CaCO<sub>3</sub> oranı 43,01-63,17 arasındadır. İçerikte büyükten küçüğe doğru belirlenen agregalar; volkanik kayaç parçaları, kuvarz, feldspat siyah cüruf, biyotittir. Genel agrega tanımı köşeli, 2mm elek altı açık deve tüyü renkli volkanik kayaç parçaları olup, ortalama %2-3 oranında saman katkı içermektedir. SNG-3 örneğinde organik katkı maddesi, saman, bulunmamaktadır. SNG-5 örneği ise analiz sonuçlarına göre diğer siva örneklerinden farklılık göstermektedir; %CaCO<sub>3</sub> oranı 45.60'tır ve agregaları köşelidir ve volkanik kayaç parçaları, kuvarz, feldspat, demir oksit, siyah cüruf, biyotitt, muscovit ve microcline gözlemlenmiştir. Demir oksitin varlığı kontaminasyondan kaynaklı olabileceği gibi, katkı ya da bağlayıcı olarak kil kullanıldığını düşündürmektedir. %5-10 arasında kil içerdiği düşünölen sıvada katkı maddesi olarak %3-5 saman içermektedir (Tablo 5-6).

### POROZİTE TAYİNİ SONUÇLARI

Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı pilot yapıları duvar resmi sıvalarında; **% P(V) 28.31-50.14** arasında değişmekte olup ortalama Saint George Kilisesi siva örneklerinde (SNG) % P(V) 37.13; Direkli Kilise siva örneklerinde (DK) % P(V) 42.20 ve Bahattin Samanlığı siva örneklerinde (BHT) % P(V) 46.76' dır (Tablo 7).

Taşıyıcının %P(V) değerleri su ile reaksiyona girerek dağıldığından bu metot ile tayin edilememiştir. Ürküp tufünün porozitesinin %41.3 olduğu göz önünde bulundurulursa sıvaların %P(V) değerlerinin bu rakama çok yakın olması duvar resmi ustalarının taşıyıcı duvarın özelliklerine uygun malzeme seçimi ve tekniği ile taşıyıcı ile siva arasında uyumluluk prensibini gözettiğini düşündürmektedir. Oldukça yüksek porozite değerlerine sahip taşıyıcı ve siva tabakalarının enjeksiyon harcı dizayn edilirken yüksek porozite özelliği tüm performans etki edebilecek olması göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüze kadar benzer özelliklere sahip duvar resimlerinde Kapadokya'da yapılan enjeksiyon uygulamalarında enjeksiyon harçlarının uygulanma zorluğunun başlıca nedenlerinden biri yüksek gözenekliliğe sahip ve doğru orantılı olarak hacimce su emme kapasitesi yüksek ve

su ile ayrılmaya uğrayan taşıyıcı duvar ve su emme kapasitesi taşıyıcı ile yakın değerlerde fakat su ile ayrılmaya uğramayan sıva tabakasının segregasyona uğrayan ve su tutma kapasitesi yüksek olmayan enjeksiyon harçlarının fazla su miktarının hızlıca duvar ve sıva tarafından absorbe edilerek enjeksiyon kanalını tıkaması nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Bunun yanı sıra taşıyıcı ve sıva arasındaki boşluklarda yapılan enjeksiyonlarda da taşıyıcının su ile ayrılarak enjeksiyon kanalını tıkama olasılığı göz ardı edilmemelidir. TLC verilerine dayanarak, içeriğindeki su miktarı % 59. olan Kazein Harcının (C1) Göreme Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde enjekte edilebilir olması; Kazein Harcının (C1) segregasyona uğramaması ve su tutma kapasitesinin "0" değerinde olması ile açıklanabilir. Bu veriler orijinal malzemenin porozite değerleri yükseldikçe su tutma kapasitesi düşük ve segregasyona uğrayan kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçların uygulanabilirliğinin azaldığını ortaya koymaktadır.

TABLO 7: IHLARA VADİSİ KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESMİ SIVALARI POROZİTE TAYİNİ SONUÇLARI			
ÖRNEK	HACİMCE SU EMME % P (V)	KÜTLECE SU EMME % P (m)	GÖRÜNÜR YOĞUNLUK $\Delta h$ (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

### HARİTALANDIRMA/MİKRO YAPI ANALİZLERİ (ESEM-EDX, XRD/XRF, FTIR) SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Ihlara Vadisi Saint George, Bahattin Samanlığı ve Direkli Kilisesinde duvar resmi sıva tabakası ve taşıyıcının karakterizasyonunun belirlenmesinde: ESEM-EDX (**Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX80mm<sup>2</sup> Xray Detector/ INCA software**), XRD ( X Ray Diffraction/ X Işınımı Kırınımı), XRF (X Ray Fluorescence/ X-Işınları Floresans Spektrumu), XRD-XRF VE FTIR aletli analiz metotları ve Asitle Muamele, Kızdırma Kaybı, Jeolojik İnceleme (ince ve çapraz kesit) test metotları kullanılmıştır. Aletli analizlerinin tamamı GCI Bilim Bölümü Laboratuvarları'nda, 2012 yılında aşağıda adı geçen bilim adamlarıyla beraber tarafımdan gerçekleştirilmiştir. Örnek ve yöntemlerin belirlenmesinde GCI Bilim Bölümü Başkanı Prof.Dr. Chicamo Chiari başkanlık etmiştir XRD-XRF analizleri Prof.Dr. Giacomo Chiari ile, ESEM-EDX analizleri 2012 yılında GCI Bilim Bölümü Genel Müdürü Dr. David Carson ve FTIR analizleri GCI Bilim Bölümü Asistan Bilim İnsanı Dr. Lee Lym ile

gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada asıl amaç sıva stratigrafisinin ve stratigrafi de görülen kimyasal içeriğin, haritalanarak belirlenmesidir. Çalışmanın ilk aşaması ESEM-EDX ile stratigrafik haritalandırma ve noktasal spektrum taramalardır. Genel kimyasal yapısı belirlenen örneklerden ayrıntılı alt element gruplarını görmek istediğimiz örnekler daha ayrıntılı olarak XRD-XRF ile incelenmiş ve organik içerik araştırmasında FTIR kullanılmıştır. Bahattin Samanlığı Kilisesi sıva örneklerinden on iki adet, Direkli Kilise'den on iki adet ve Saint George Kilisesi'nden toplam on altı adet sıva ve bir adet taşıyıcı duvar örneği üzerinde çalışılmıştır. Bunların dışında İhlara Vadisi çevre kaynaklardan alınan iki adet örnek üzerinde kimyasal içerik araştırması yapılmıştır (Tablo1-4).

ESEM-EDX analizlerinin gerçekleştirilme aşamalarında izlenen yöntem şöyledir: Bu analizler Getty Konservasyon Enstitüsü (GCI) Bilim Bölümü Laboratuvarı'nda, GCI Bilim Bölümü Laboratuvarı Müdürü Kimya Mühendisi Dr. David Carson ile yapılmıştır ve ESEM-EDX (**Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX80mm<sup>2</sup> Xray Detector**) INCA software ile kullanılmıştır. ESEM-EDX analizlerinde veri tabanını oluşturan software programı oldukça önemlidir.

İhlara Vadisi Direkli Kilise, Bahattin Samanlığı ve Saint George Kilisesinden alınan mikro boyutta örneklerin stratigrafik veri sağlayan çapraz kesitleri hazırlanmıştır. Çapraz kesitlerin hazırlanma aşamaları şöyledir; epoksi reçinenin reaksiyonu sırasında açığa çıkan ısıdan etkilenmeyecek kalıplara dikey olarak yerleştirilmiş örnekler, yüksek poroziteye sahip olduklarından, epoksi içerisinde sıva halde reçinenin kaldırma kuvvetinden etkilenmemeleri için çift taraflı bantla kalıbın iç alt yüzeyine sabitlenmiş, ardından epoksi reçineye gömülmüş ve desikatörde sıva örnekleri vakumlanarak gözeneklerin içerisindeki havanın boşalması sağlanmıştır. Epoksi reçinenin 12 saatlik polimerleşme sürecinden sonra örnekler kalıplardan çıkarılmış ve stratigrafi sağlayan üst yüzeyleri parlatılmıştır.

ESEM-EDX ile haritalandırma sıva tabakasının stratigrafisinin belirlenmesi ile ayrıca gözenek boşluk dağılımı, tuz içeriği, genel kimyasal yapı hakkında ayrıntılı veri sağlamaktadır. ESEM EDX ile haritalandırma yapılan örneklerde ardından bağlayıcı, agrega ve kimyasal yapısının belirlenmesi için spektrumlar belirlenerek ayrıntılı data alınmıştır. Çevre kaynaklardan alınan bağlayıcı ya da agrega olarak kullanılması muhtemel olan örneklerin ESEM-EDX ile kimyasal yapıları açığa çıkartılmıştır.

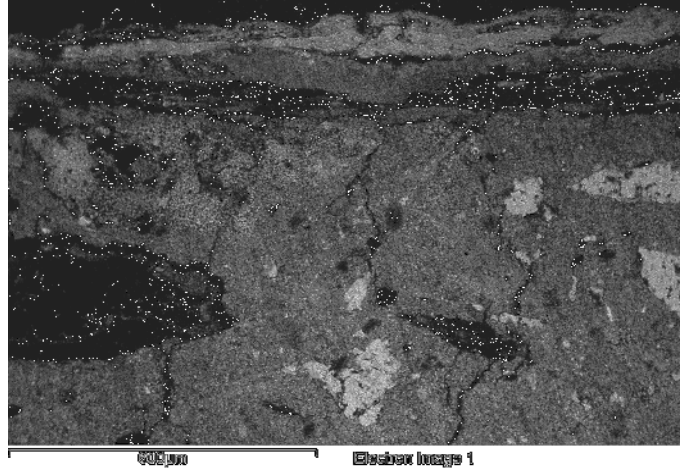
ESEM-EDX analizinin ilk aşamasında polarizan mikroskop görüntü transfer sistemiyle örneklerin stratigrafik fotoğrafları alınmıştır, stratigrafik haritalandırma ve spektrumların alınacağı noktanın belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Kimyasal mikro yapı ve haritalandırma işlemleri, stratigrafik görüntüleme ESEM-EDX ile haritalandırma ile kimyasal genel yapının açığa çıkarılması ve noktasal spektrumların alınması ve tüm verilerin yorumlanması aşamalarıyla gerçekleştirilmiştir. ESEM EDX, FTIR, XRD-XRD analizinden elde edilen veriler, her yapı için ayrı yorumlanmıştır.

Bahattin Samanlığı Kilisesinden toplam 12 adet örnek üzerinde çalışılmıştır (Tablo 2). ESEM-EDX taraması yapılan tüm Bahattin Samanlığı Kilisesi sıva örneklerin bağlayıcısı kireçtir. Tüm örnekler birbirleriyle benzerlik göstermekte olup BHT-9P ve BHT-2P örneği

üç katmandan oluşmaktadır. Katmanlar sıva-boya-gypsum'dan oluşmaktadır (Mikroskop İmaj 1)(Elektron İmaj 1).



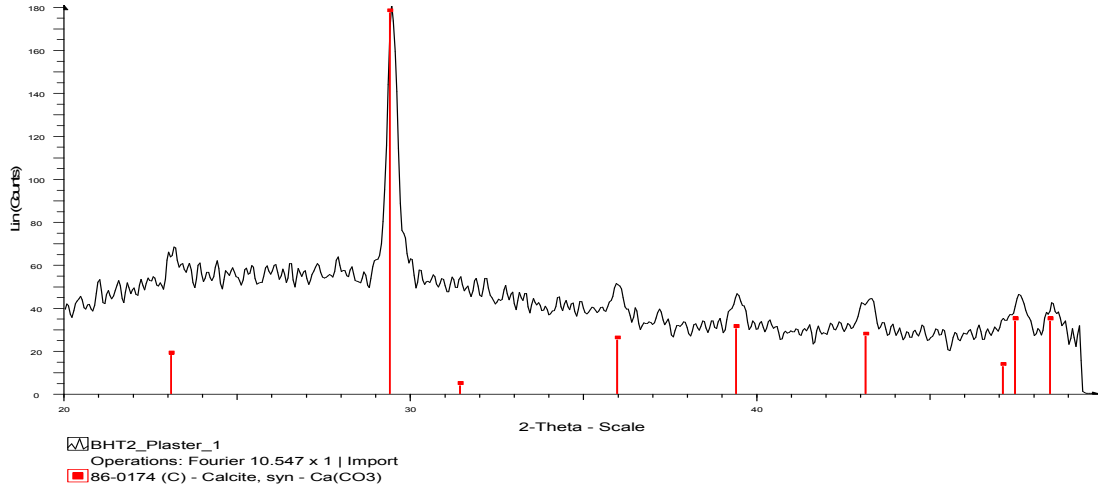
**Mikroskop İmaj 1: BHT 9P**



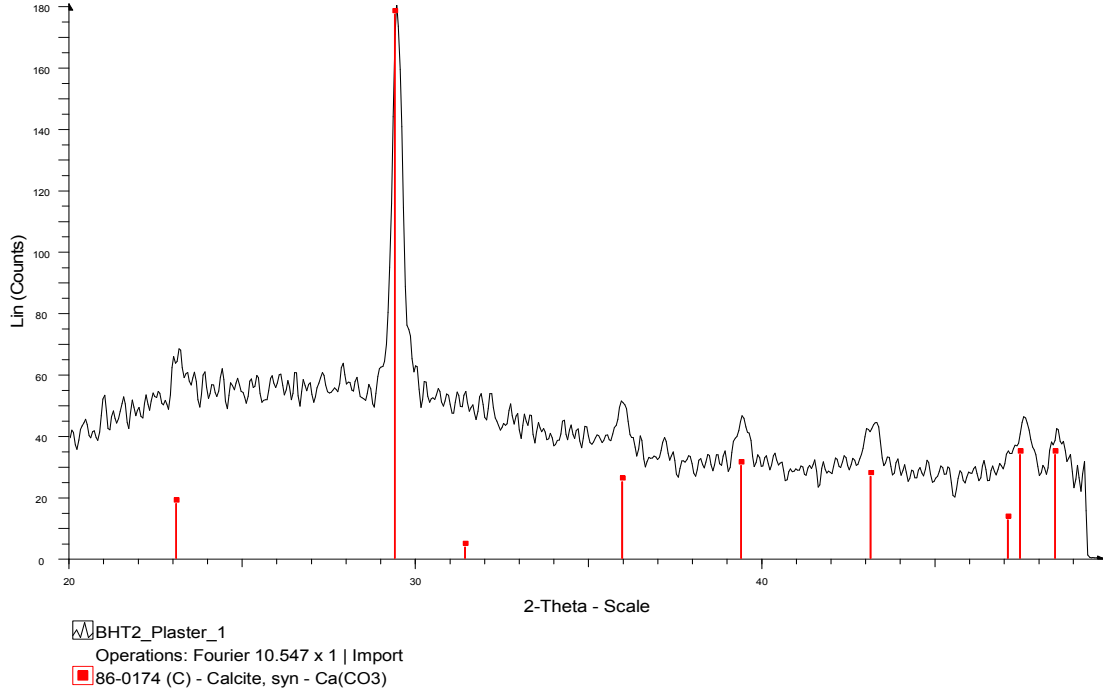
**Elektron İmaj 1: BHT 9P**

BHT-9P örneğinde ilk aşamada  $SO_4^{2-}$ , BHT-2P  $SKa^1$  olabileceği yorumlanmış ve gypsum'un bir katman mı yoksa tuz kontaminasyonu mu olabileceğine dair araştırma için XRD-XRF metotlarına başvurulmuştur. Örnekler toz haline getirilerek XRD ve XRF analizleri gerçekleştirilmiştir.

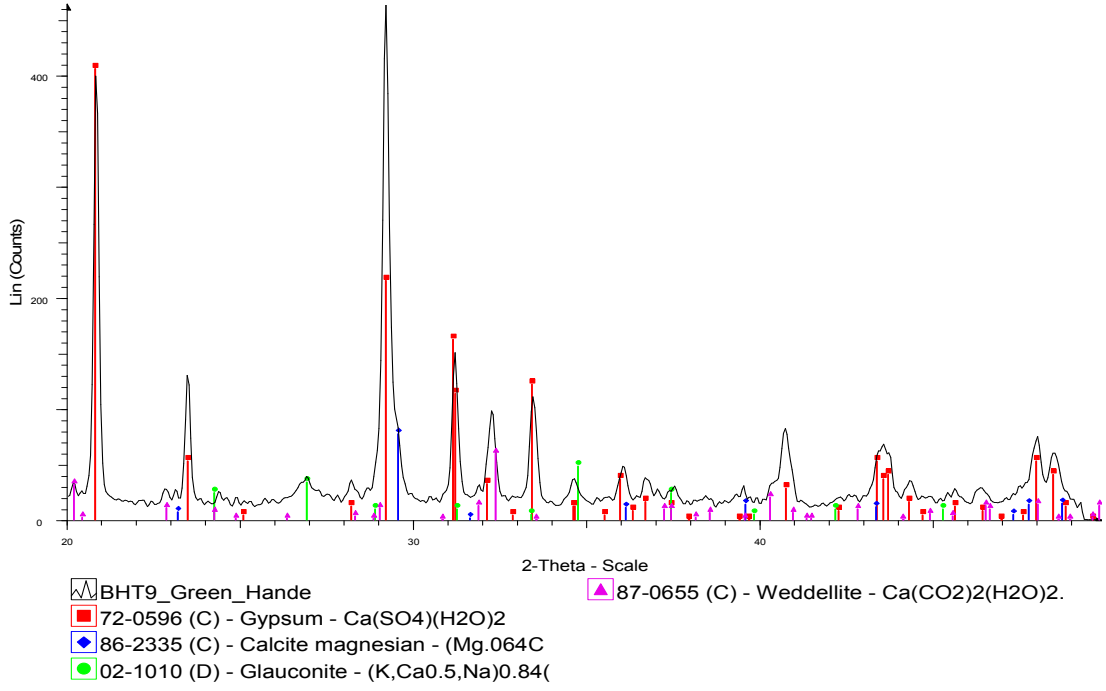
ESEM-EDX, XRF-XRD sonuçları bir araya getirildiğinde; BHT-2P örneği pure kalsit olup ( $CaCO_3$ );(Şekil 1) kireç taşı bağlayıcı içeren kireç sıva (intanacco) ve neredeyse tamamı pure gypsumdan ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) olan yüzey katmanı (intonachino) tabakasından oluşmaktadır. (Şekil 2-6)



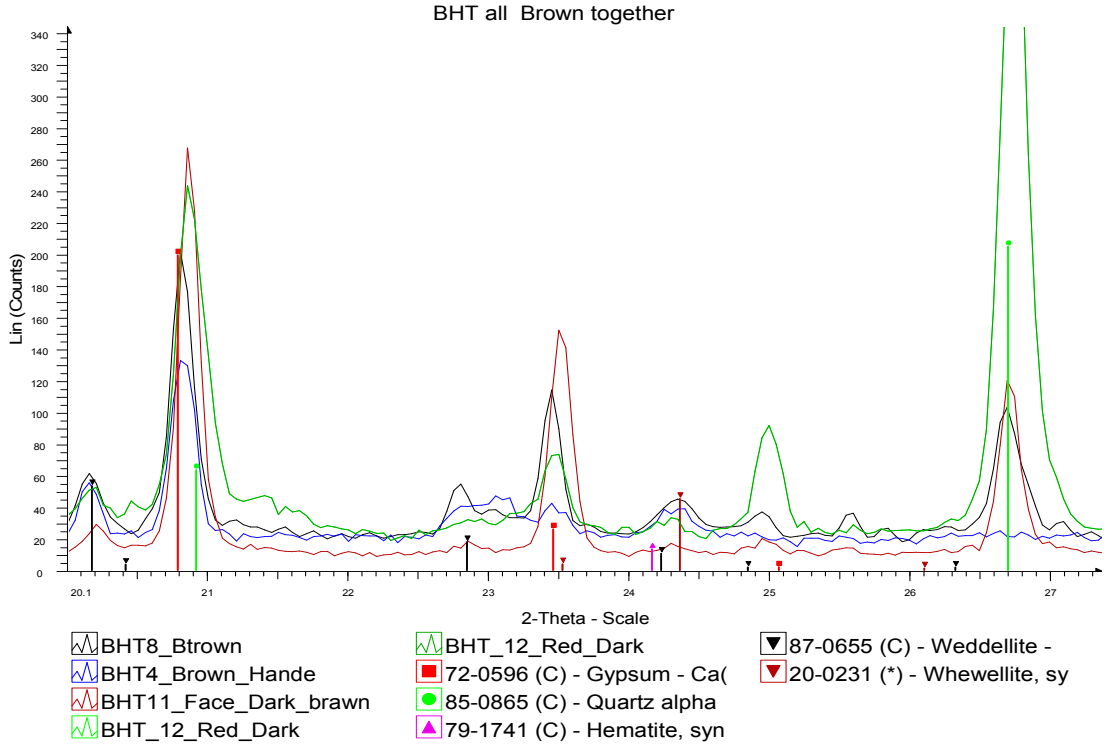
**Şekil 1:** BHT-2P, XRD-XRF /Pure kalsit Ca (CO<sub>3</sub>) dedekte edilmiştir.



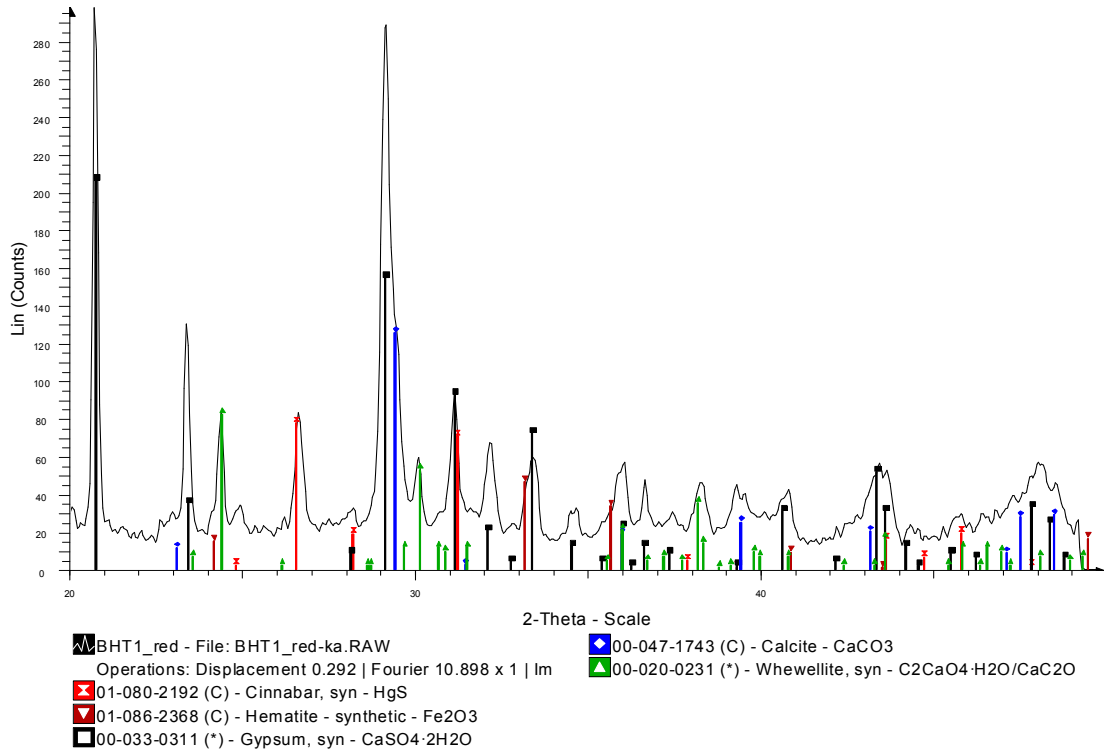
**Şekil 2:** BHT-2P Örneği gypsum CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O dedekte edilmiştir.



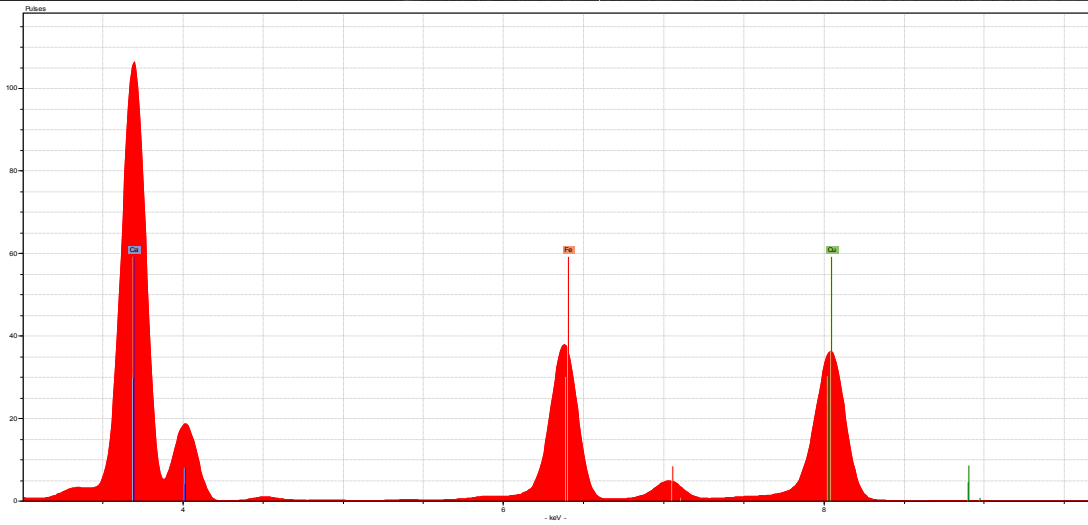
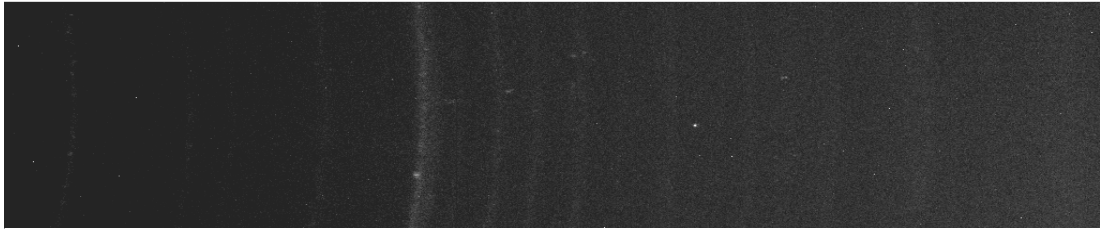
**Şekil 3:** BHT-9P Gypsum'un kalsite göre dominant olduğu görünüyor.



**Şekil 4:** Karşılaştırmalı BHT-P örneklerinde gypsum  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dedekte edildi.



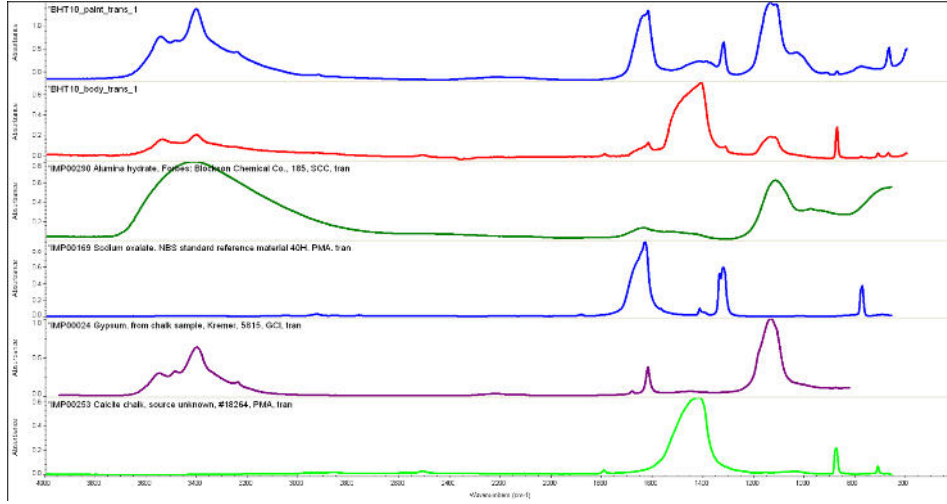
Şekil 5: XRF BHT 1P Gypsum CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O boya içerisinde dedekte edildi.



Şekil 6: BHT 1P XRF/ boya içerisinde gypsum partikülleri.

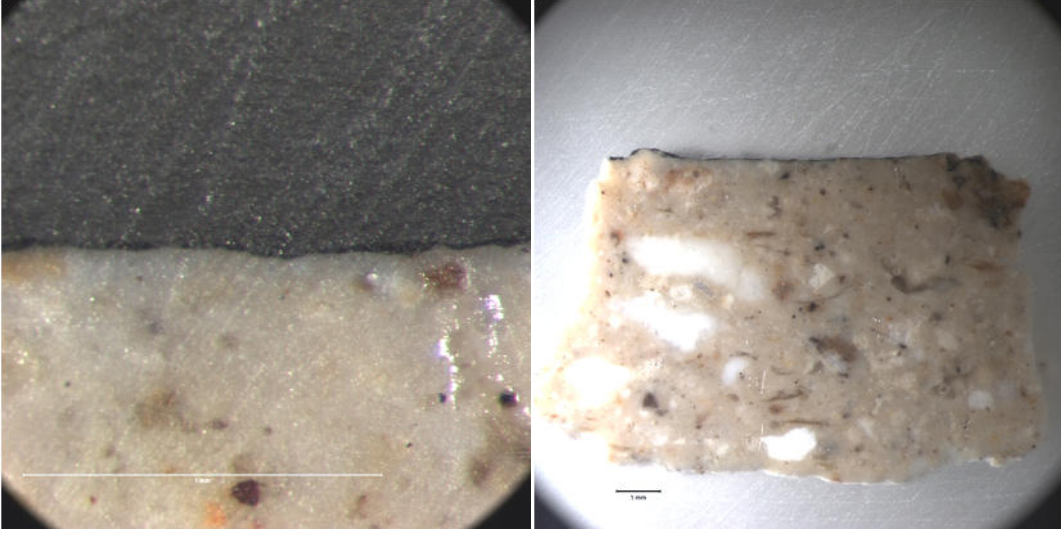


Genel olarak tüm sonuçlar bir araya getirildiğinde Bahattin Samanlığı Kilisesi duvar resmi sıvaları  $\text{CaCO}_3$  (bağlayıcı ve agrega olarak) içermekte ve bu tabakanın üzerinde yüzey tabakası olarak gypsum bulundurmaktadır. Gypsum bazı örneklerde kontaminasyon gibi görülmesine rağmen genel kanı boya altı yüzey düzeltici katman olarak uygulandığıdır. BHT-10P örneğine FTIR analizi yapılmış ve alüminyum hidrat, sodyum oksalat, gypsum ve kalsit detekte edilmiştir. Sodyum oksalat pegmatitte bulunur. Ihlara vadisi ve civarında pegmatit yoğun olarak bulunmaktadır.(şekil 7)

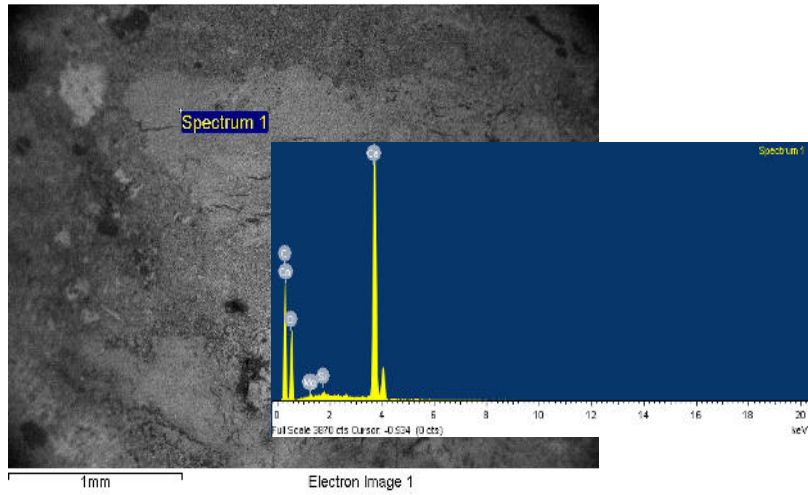


**şekil 7:** FTIR/ BHT10P kalsiyum karbonat, gypsum, sodyum oksalat dedekte edildi.

Direkli Kilise'den alınan, toplam 12 adet sıva örneği ile çalışılmıştır (Tablo 3). Analiz sonuçları incelendiğinde tüm örneklerin sonuçları benzerlik göstermekte olup, sıva tabakasında kireç ve silika detekte edilmiştir. Kirecin bağlayıcıdan ve kireç taşı kırığından, silikanın ise silikatlı agregalardan kaynaklandığı düşünölmektedir. Direkli kilise sıva örneklerinden DK-1P'de az miktarda P (fosfat) pure gypsumla karışık halde bulunmuştur. Fosfat sıvada kullanılan kazein kaynaklı olabilir. DK-2P örneğinde beyaz kireç taşı agregalar net biçimde görölebilmektedir. (Mikroskop İmaj 2-3)(Elektron İmaj 2) DK-2P, DK-4P örneğinde yüzeyde gypsum detekte edilmiştir fakat DK-5P, DK-7P, DK-8P örneğinde boya tabakasıyla karışık halde görölmektedir.



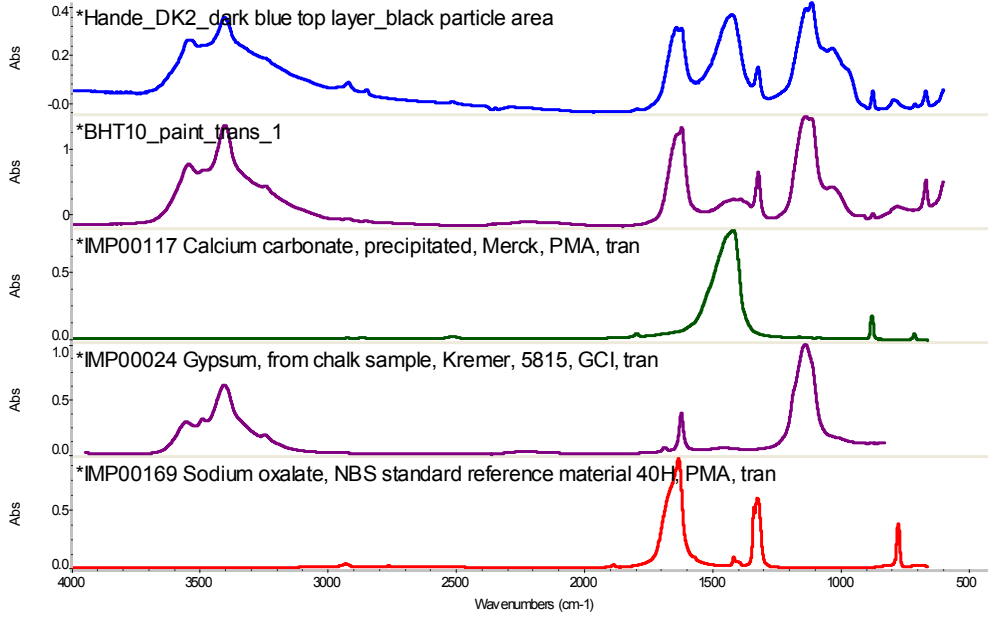
**Mikroskop İmaj 2-3: DK 2P.**



**Elektron İmaj 2: DK 2P, Kireç taşı agrega; spektrum 1.**

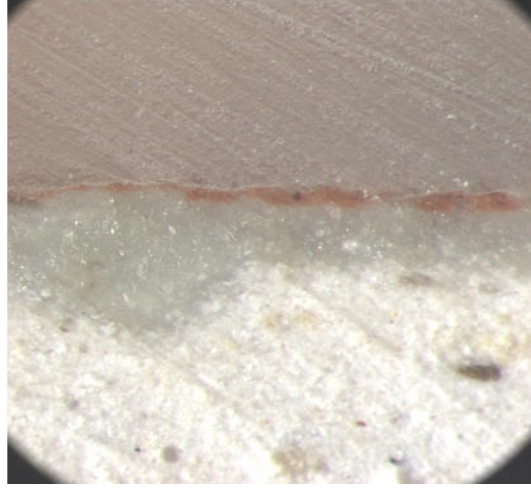
BHT örneklerinin bazılarında da durum aynıdır bu örneklerde gypsum renk açıcı olarak beyaz renk gibi kullanılmış olabilir. Beyaz renk olarak kullanılan boya örneğinden alınan spektrumlarda, pure gypsum sonucu görülmektedir. Bazı örneklerde düzgün bir katman halinde badana tabakası gibi bazılarında ise boya ile karışık partiküller halinde pure gypsum bulunması duvar resminde kısmen pürüzsüz yüzey elde etmek kısmen ise hem boya rengini açıp hem de daha tok bir boya elde etmek için kullanılmış olması ihtimal dâhilindedir. DK1 örneğinde gypsum ile karışık olarak fosfat bulunması gypsum ve kazein karışımı kullanıldığını düşündürmekte olup bu konu tüm vadide alınan farklı örneklerin analiz edilmesi ve karşılaştırılması ile sağlıklı bir şekilde ortaya koyulabilir. Tüm veriler bir araya getirildiğinde Direkli Kilise sıva örnekleri bir kat kireç bağlayıcılı kireç taşı kırığı ve silikatlı agrega içeren ince sıva (intanacco) ve lokal alanlarda yüzey uygulaması ve bazı örneklerde renk açıcı olarak kazein katkı olması muhtemel gypsum içermektedir. DK 2P

örneğinin FTIR analizi yapılmış ve kalsiyum karbonat, gypsum, sodyum oksalat dedekte edilmiştir. Sodyum oksalat pegmatitte bulunur. Ihlara vadisi ve civarında pegmatit yoğun olarak bulunmaktadır (Şekil 8).

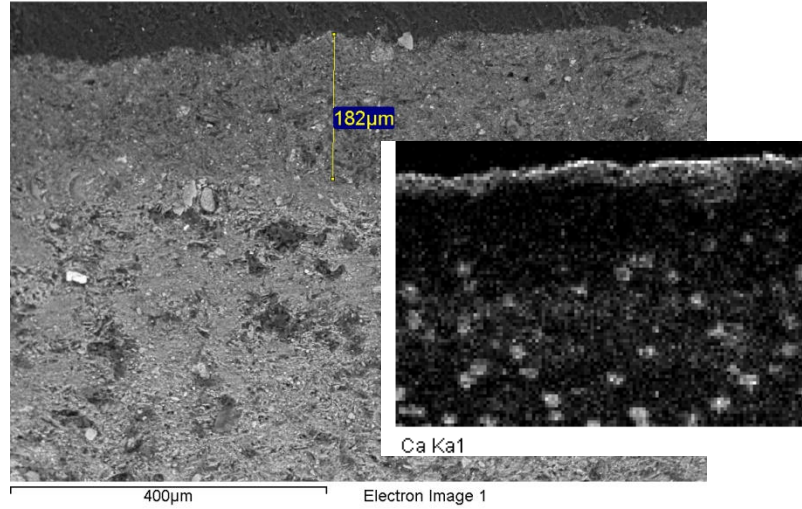


**Şekil 8:** FTIR/ DK 2P Kalsiyum karbonat, gypsum, sodyum oksalat dedekte edildi.

Saint George (Kırkdamaltı) kilisesinde ise toplamda 16 sıva örneği ve 1 adet boya örneği ile çalışılmıştır (Tablo 4). Saint George Kilisesinin SNG-14P örneği haricinde diğer örnekleri birbirleriyle benzer özelliktedir. SNG-14 örneğindeki farklı yapı nedeniyle karşılaştırmalı sonuç almak için bir çapraz kesit daha oluşturulmuş ve bu örnekler SNG-14A ve SNG 14B olarak ayrılmıştır. SNG-14P örneği dışındaki örnekler kireç bağlayıcıdır ve silika, alüminyum feldspat ve demir dedekte edilmiştir. Silika, alüminyum ve feldspat ve demirin tüfik agrega kaynaklı olduğu düşünülmektedir. SNG-14A örneğinde ise üç tabaka görülmektedir. Altan yukarıya doğru, 1. katmandan önce görülen taşa bağlanma fazı ya da tuz kristalizasyonu; 1.katman sıva  $Ca_2CO_3$  deniz kabuğu agrega görülebilmektedir. 2. katmanda ise büyük miktarda pure  $Ca_2CO_3$  ve alüminyum silikat bulunmaktadır. 2. katmanın badana olduğu ilk aşamada düşünülmüştür. 3. tabaka ise boya katmanından oluşmuştur.

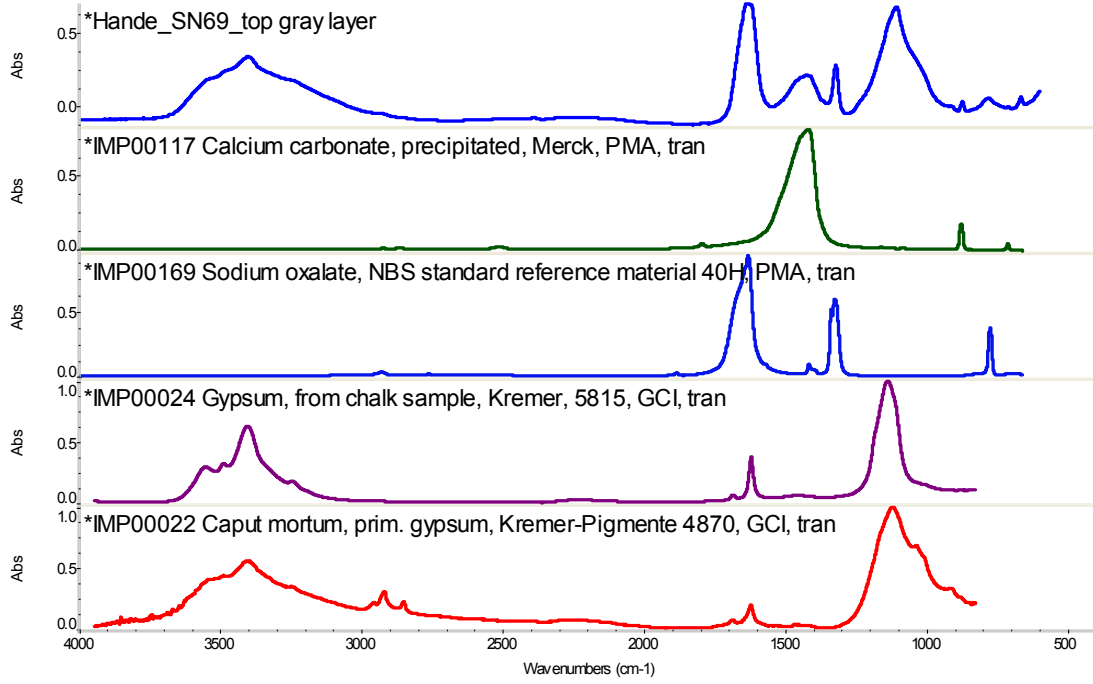


**Mikroskop İmaj 4: SNG14**



**Elektron İmaj 3: SNG 14B**

SNG 14A örneğinin devamı olan SNG14B örneği de üç tabakalıdır. (Mikroskop İmaj 4) (Elektron İmaj 3) Alttan üste doğru birinci katman gibi görünen -1. seviyede kireç suyunu taşıyıcı duvarın absorbe etmesiyle az miktarda  $\text{Ca}_2\text{CO}_3$  tufik agregalarla birlikte görülmektedir bu sıva tabakasıyla karıştırılmamalıdır. 1. katman az miktarda  $\text{Ca}_2\text{CO}_3$  dedekte edilen bol feldspat ve kuvarz içeren sıva katmanı olup 2. katman SNG14 A örneğiyle aynı şekilde bir kat pure  $\text{Ca}_2\text{CO}_3$  badana yüzey düzelme tabakası (intonaccino), 3. katman gypsum ve boya tabakası olarak görülmektedir. (Elektron İmaj 3) Tüm veriler bir araya getirildiğinde kireç bağlayıcılı silikatlı ve tufik agregaya içeren sıva ve boya tabakasından oluşan iki katmanlı bazı bölgelerde iki kat uygulanmış sıva ve üç tabakalı yüzey düzeltme sıvası içeren sıva olarak analizleri yapılan örnekler içerisinde iki ayrı grupta toplamak mümkündür (Şekil 9).



**Şekil 9:** FTIR/ SNG 9P Kalsiyum Karbonat, Gypsum, Sodyum Oksalat ,Caput Mortum dedekte edildi.

SNG-9P örneğinin FTIR analizi yapılmış ve kalsiyum karbonat, sodyum oksalat, gypsum ve caput mortum detekte edilmiştir. Sodyum oksalat pegmatitte bulunur. İhlara vadisi ve civarında pegmatit yoğun olarak bulunmaktadır. Kaput mortum; hematite, demir oksit kaynaklı olmalıdır (Şekil 9).

## KAYNAKLAR

- Barker, A. P., N. H. Brett, J. H. Sharp. 1987. "Influence of Organic Additives on the Morphology and X-Ray Diffraction Line Profiles of Synthetic Calcium Hydroxide", *Journal of Materials Science*, 22: 3253-60.
- Gibbons, Pat.1997. *Pozzolans for Lime Mortars. Building Conservation Directory, Vol. 1: Stone Masonry*, 5th ed., John Ashurst, Nicola Ashurst, 25-26. Tisbury, Wiltshire, England: Cathedral Communications.
- Gulyaz, E. Murat 2010. *Dünya Mirasında Kapadokya*, I. Baskı, İstanbul
- Güleç, Ahmet 1997. "Tarihi Yapılarda Koruma: Kimyasal Sağlamlaştırıcılar ve Koruyucular", *Yapı*, 185.
- Güleç, Ahmet .1992. *Bazı Tarihi Anıt Harç ve Sıvalarının İncelenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Anabilim Dalı.
- Goins, Elizabeth. 2004. *A Standard Method for The Analysis of Historic Cementitious Materials*. NCPTT.
- Herodotos. 1991. *Herodot Tarihi*, çev. Müntekim Ökmen, İstanbul: Remzi Kitapevi.
- 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*, ed. J. Riederer, III:1521-28. Berlin: Möller Druck und Verlag.
- Holmström, Ingmar, "Mortars, Cements and Grouts for Conservation and Repair: Some Urgent Needs of Research", *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*, 19-24.
- Karaveziroglou, M., J. Papayianni, G. Penelis. 1998. "Mortars and Grouts in Restoration of Roman and Byzantine Monuments", *Compatible Materials for the Protection of European Cultural Heritage*, ed. Guido Biscontin, Antonia I. Moropoulou, Mustafa Erdick, Jose Delgado Rodrigues, 2:219-45, PACT, Athens: Technical Chamber of Commerce., 56: 45-219
- Kostof, Spiro 1989. *Caves of God, Cappadocia and Its Churches*, New York-Oxford: Oxford University Press,
- Lea, F. M. 1970. *The Chemistry of Cement and Concrete*, 3rd ed., London: Edward Arnold.
- Livesey, Paul. 2002. "Succeeding with Hydraulic Lime Mortars", *Journal of Architectural Conservation*, 8(2): 23-37.
- Restle, Marcell. 1967. *Byzantine Wall Painting in Asia Minor*, I-III, Recklinghausen: Verlag AurelBongers,
- Zajadacz, Karina, Stefan Simon. 2006. "Grouting of Architectural Surfaces: The Challenge of Testing", *Theory and Practice in Conservation: International Seminar*, ed. J. Delgado Rodrigues and J. Manuel Mimoso, Lisbon: National Laboratory of Civil Engineering, 509-517.