



ESTRATTO

L'autore ha il diritto di stampare o diffondere copie di questo PDF esclusivamente per uso scientifico o didattico. Il Centro Studi Antoniani si riserva di mettere in vendita il PDF, oltre alla versione cartacea. L'autore ha diritto di pubblicare in internet il PDF originale allo scadere di 12 mesi.

The author has the right to print or distribute copies of this PDF exclusively for scientific or educational purposes. Centro Studi Antoniani reserves the right to sell the PDF, in addition to the paper version. The author has the right to publish the original PDF on the internet at the end of 12 months.

ASSOCIAZIONE CENTRO STUDI ANTONIANI

Piazza del Santo, 11 I-35123 PADOVA (ITALIA)

Tel. +39 049.860.3234 - Fax +39 049.82.25.989

e-mail: info@centrostudiantoniani.it

Sito Web: www.centrostudiantoniani.it

IL SANTO

RIVISTA FRANCESCA
DI STORIA DOTTRINA ARTE

QUADRIMESTRALE

LXI, 2021, fasc. 3

CENTRO STUDI ANTONIANI
BASILICA DEL SANTO - PADOVA

GILBERTO ARTIOLI - GIULIA RICCI *

**INDAGINI DIAGNOSTICHE INNOVATIVE
E NON INVASIVE
ALLA SCOPERTA DI UN AFFRESCO DI GIOTTO
A LUNGO DIMENTICATO**

1. LA PARETE AFFRESCATA OGGETTO DELLE INDAGINI

La sala capitolare è un grande ambiente di circa 200 mq situato al piano terra di un edificio che separa il chiostro del Capitolo a ovest, dal chio-

* Con i due autori hanno collaborato nelle ricerche: **Giovanna Baldissin Molli**, Dipartimento dei Beni Culturali (DBC), Università di Padova, 35139 Padova, Italia – **Michael Andrianakis**, MOLAB Greece, IESL-FORTH Foundation for Research and Technology Hellas, Heraklion, Crete, Grecia – **Ivana Angelini**, Centro CIRCe, Università di Padova, 35131 Padova, Italia, e Dipartimento dei Beni Culturali (DBC), Università di Padova, 35139 Padova, Italia – **Yotam Asscher**, IAA, Israel Antiquity Authority, Jerusalem 9777405, Israele – **Francesca Becherini**, CNR-ISP, 30172 Venezia Mestre, Italia – **Adriana Bernardi** CNR-ISAC, 35127 Padova, Italia – **Bernhard Blümich**, MOLAB Germany, RWTH Aachen University, Germania – **Gianluca Cadelano**, CNR-ISAC, 35127 Padova, Italia – **Antonina Chaban**, CNR-INOVA, 50125 Firenze, Italia – **Rita Deiana**, Dipartimento dei Beni Culturali (DBC), Università di Padova, 35139 Padova, Italia – **Stéphanie Duchêne**, MOLAB France, LRMH Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, 77420 Champs-sur-Marne, Francia – **David Giovannacci**, MOLAB France, LRMH Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, 77420 Champs-sur-Marne, Francia – **Fabio Marzaioli**, Laboratorio CIRCe., Dipartimento di Matematica e Fisica, Università della Campania “Luigi Vanvitelli”, 81020 Caserta, Italia – **Matteo Parisatto**, Centro CIRCe, Università di Padova, 35131 Padova, Italia, e GeoMEB Srls, 33086 Montebelluna, Pordenone, Italia – **Isabella Passariello**, Laboratorio CIRCe., Dipartimento di Matematica e Fisica, Università della Campania “Luigi Vanvitelli”, 81020 Caserta, Italia – **Christian Rehorn**, MOLAB Germany, RWTH Aachen University, Germania – **Giulia Ricci**, Centro CIRCe, Università di Padova, 35131 Padova, Italia, e Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova, 35131 Padova, Italia – **Michele Secco**, Centro CIRCe, Università di Padova, 35131 Padova, Italia, e Dipartimento dei Beni Culturali (DBC), Università di Padova, 35139 Padova, Italia – **Vivi Tornari**,

stro del Noviziato a est (Tav. 1). La parete orientale della stanza (Tav. 2) è composta principalmente da tre parti separate da una coppia di doppie finestre, in stile gotico, che furono sigillate probabilmente nel XVII secolo e ripristinate nel 1914. La storia architettonica della sala capitolare è ben descritta da Sartori (1983), Baggio (2013) e Di Giovanni (in questa sede), e la riscoperta degli affreschi originali nelle arcate laterali è riportata da Gonzati (1853). L'oggetto di indagine diagnostica è rappresentato dalla porzione centrale del muro compresa tra le finestre e decorata da una raffigurazione architettonica di un portale dipinta da Lorenzo Bedogni nel 1643 (Di Giovanni, in questa sede; Sartori 1983), nel quale a sinistra e a destra sono presenti alcuni resti degli affreschi sottostanti recuperati a partire dal 1914. La qualità e lo stile di questi due frammenti dipinti sono stati oggetto di dibattiti tra gli esperti, ma la maggior parte degli storici dell'arte concorda sul fatto che possono essere strettamente legati a Giotto o alla sua scuola, in accordo con i documenti storici (D'Arcais 1984; Romano 2011; Sgarbi et alii 2000; Spiazzi 2012) e le narrazioni di chi ha visitato la sala prima del 1537 (Michiel 1800). Per quanto riguarda il soggetto della scena raffigurata, in base ai resoconti originali e all'analisi dei resti visibili, non c'è dubbio che l'affresco fosse la rappresentazione di una crocifissione molto simile a quella ancora visibile nella chiesa del convento di Santa Croce a Villa Verucchio, a Rimini, per opera di un anonimo pittore del XIV secolo seguace di Giotto (Tav. 3) (Medica 2008). Colpisce, infatti, la somiglianza tra le parti visibili dell'affresco padovano e l'analoga rappresentazione riminese. Il dipinto di Giotto ha un significato notevole per comprendere l'iconografia dell'Ordine francescano a Padova poco prima della riunione del capitolo generale del 1310 (Romano 2011), e i rapporti del pittore con i mecenati locali, tra cui la famiglia Scrovegni, per i quali decorerà la famosa cappella degli Scrovegni a pochi anni di distanza.

Nel tentativo di mostrare il pieno potenziale delle moderne tecniche diagnostiche non invasive, il progetto di ricerca coordinato dal Centro CIR-Ce dell'Università di Padova è stato scientificamente e tecnicamente supportato dalla strumentazione e dal personale del laboratorio mobile avanzato (MOLAB). Il progetto aveva lo scopo di indagare sull'enigma rappresentato dalla presenza dell'affresco di Giotto mancante nella sala capitolare. Le principali domande a cui si sono riferite le indagini diagnostiche sono: la porzione invisibile dell'affresco originario di Giotto è ancora presente sotto l'intonaco barocco? La scienza può fornire aiuto nello sviluppo di strategie di restauro, monitoraggio e conservazione? Inoltre, la strategia di indagine adottata può essere generalmente applicata a future difficili campagne diagnostiche?

Gli obiettivi identificati possono essere riassunti come segue:

Greece, IESL-FORTH Foundation for Research and Technology Hellas, Heraklion 711 10, Crete, Grecia – Alfonso Zoleo, Dipartimento di Scienze Chimiche (DiSC), Università di Padova, 35131 Padova, Italia.

1. caratterizzare la struttura muraria dietro l'intonaco, al fine di comprenderne la struttura, la sua integrità e le possibili modifiche architettoniche nel tempo. Questo compito è stato svolto principalmente da tecniche geofisiche in macro-scala;
2. mappare l'omogeneità e la continuità dell'intonaco barocco superficiale, e sondare l'eventuale presenza dei sottostanti dipinti risalenti al 1300. Questo compito è stato svolto per mezzo di diverse sonde con diversa profondità di penetrazione, risoluzione spaziale e fisica, e sensibilità chimica; e infine
3. monitorare la situazione ambientale generale nella stanza in vista di un futuro piano di conservazione e gestione.

2. LE STRATEGIE DIAGNOSTICHE ADOTTATE

Lo studio ha quindi adottato una vasta gamma di tecniche combinate con le migliori sonde portatili disponibili oggi per un'indagine non invasiva di strutture e oggetti del patrimonio culturale. Oltre agli strumenti disponibili presso l'Università di Padova, alcune strumentazioni avanzate sono state utilizzate attraverso l'infrastruttura IPERION CH. Il monitoraggio ambientale è stato effettuato in collaborazione con il Centro ISAC del CNR. In particolare, le tecniche selezionate sono state le seguenti:

- la fluorescenza a raggi X portatile (p-XRF) e la spettroscopia di riflettanza a fibre ottiche (FORS) entrambe svolte dal centro CIRCe di UNIPD;
- la spettroscopia Raman, eseguita mediante la collaborazione con il centro CIBA di UNIPD;
- le indagini di radar penetrante (GPR) con antenne ad alta frequenza, eseguite dalla prof.ssa Rita Deiana del Centro CIBA di UNIPD;
- le indagini in riflettometria multispettrale nel campo del visibile, effettuate dalla prof.ssa Rita Deiana del Centro CIBA di UNIPD;
- la termografia stimolata a infrarossi (SIRT), imaging e spettroscopia TerraHertz (THz) effettuate dal centro MOLAB-France;
- la tecnica di interferometria olografica digitale (DHSPi), eseguita dal MOLAB-Greece;
- la risonanza magnetica nucleare (NMR-MOUSE), eseguita dal MOLAB-Germany;
- le datazioni al radiocarbonio (C^{14}) mediante AMS sono state effettuate presso il laboratorio C.I.R.C.E., Università della Campania "Luigi Vanvitelli";
- il monitoraggio microclimatico di temperatura e umidità effettuati nel periodo 2017-2018, eseguiti dal personale del CNR-ISAC.

Durante le campagne analitiche e diagnostiche, infatti, è stato anche effettuato un monitoraggio microclimatico per un periodo di oltre un anno, nonché delle misure specifiche dell'umidità capillare nei muri della sala capitolare. Questi dati sottolineano l'urgenza di un intervento conservativo, e saranno pubblicati separatamente.

3. I RISULTATI DELLE ANALISI DIAGNOSTICHE

Le superfici dipinte visibili, attribuite a Giotto ed evidenziate nella Tav. 2, sono state preliminarmente caratterizzate da imaging multispettrale, al fine di valutare qualitativamente la distribuzione dei principali pigmenti originali utilizzando algoritmi appositamente sviluppati (Asscher et alii 2019) (Tav. 4). Lo studio e l'identificazione dei pigmenti e della tecnica pittorica sono in questo caso importanti per poter operare confronti con la paletta conosciuta di Giotto e della sua scuola. Le immagini trattate vengono utilizzate per visualizzare le aree ritoccate da interventi successivi. Inoltre, aree specifiche sono state analizzate approfonditamente mediante spettroscopia XRF, FORS e Raman portatili.

La spettroscopia di riflettanza a fibre ottiche (FORS) è particolarmente indicata come tecnica portatile indirizzata all'identificazione di pigmenti, coloranti e prodotti di alterazione, presenti in tutte le superficie pittoriche policrome. La tecnica si basa sul principio dell'assorbimento selettivo della luce di una superficie dipinta rispetto alla sorgente, tuttavia gli spettri di riflettanza dei pigmenti nelle regioni UV-VIS sono caratterizzati da poche bande caratteristiche, e quindi per risolvere le eventuali ambiguità la tecnica FORS viene generalmente utilizzata complementariamente con la spettroscopia di fluorescenza di raggi-X (XRF) e la spettroscopia Raman per identificare con maggiore certezza la composizione molecolare e mineralogica dei pigmenti in esame (Corradini, de Ferri, and Pojana 2021; Leona and Winter 2001; Sbroscia et alii 2020; Tarquini et alii 2020).

Gli spettri di riflettanza FORS combinati con le analisi puntiformi XRF e Raman delle porzioni di dipinto originale della sala capitolare hanno consentito la determinazione sicura dei pigmenti utilizzati. Nell'area investigata (corrispondente all'immagine ingrandita in basso a destra della Tav. 2) l'identificazione dei pigmenti minerali (principalmente ocra = ematite per il rosso, azzurrite per il blu, malachite e celadonite per il verde, calcite per il bianco, goethite miscelata con ematite per il marrone) è conforme alla tavolozza utilizzata da Giotto agli inizi del 1300. Le porzioni ridipinte o ritoccate nel corso del 1800 sono identificabili da valori di riflettività notevolmente superiori e dalla presenza di lapislazzuli (il minerale lazurite), che viene sistematicamente segnalato come assente nella tavolozza giottesca. La matrice dei pigmenti e delle miscele rilevati è pienamente compatibile con le analisi riportate sui materiali utilizzati da Giotto nella cappella degli Scrovegni (Marabelli et alii 2005) e con le analisi effettuate da Stefano Volpin (2002) in occasione della proposta di intervento sui dipinti della sala capitolare (Emo Capodilista 2003).

Alcune aree – in particolare le stesure di colore blu, la veste rossa della figura di sapiente nel frammento a destra, e la composizione dell'aureola nella porzione a sinistra – sono state approfonditamente indagate mediante spettroscopia Raman portatile, la quale consente di individuare l'impronta digitale vibrazionale del materiale, al fine di poter identificare, per quanto possibile, le variazioni composizionali e ottenere una completa

caratterizzazione dello strato pittorico (Brooke et alii 2020; Guglielmi et alii 2020).

Nelle aree blu delle vesti dei sacerdoti (Tavv. 5b e 5d), sono stati identificati segnali riconducibili alla presenza di prodotti di alterazione superficiale e di efflorescenza, come solfato di calcio biidrato (gesso), ossalato di calcio e carbonato basico di piombo. In aggiunta alle fasi di alterazione, sia nella veste del sacerdote che nelle maniche di un soldato, risulta interessante la presenza del picco principale della lazurite ($a\ 548\text{ cm}^{-1}$), componente principale del lapislazzuli (sia naturale che sintetico). In corrispondenza delle tonalità più scure la lazurite è stata miscelata con nerofumo.

Le analisi delle aree rosse, in particolare quelle del manto del sapiente che espone la veste del Cristo e la sua veste stessa (Tav. 5c), non mostrano particolari differenze composizionali e presentano picchi caratteristici delle ocre rosse legati all'ematite. L'area è stata analizzata in dettaglio per definire con sicurezza l'assenza di ridipinture nell'insolita raffigurazione del sapiente con la mano totalmente nascosta dalla veste.

L'aureola, che compare al margine della porzione di minori dimensioni, a sinistra nella raffigurazione, è stata analizzata nei tre punti indicati nell'immagine della Tav. 5a. Gli spettri sono simili e presentano elevata fluorescenza e rumore, ma è stato comunque possibile identificare i picchi caratteristici del carbonato di calcio, il picco principale del solfato di calcio biidrato e infine le bande larghe e centrate a circa 1190 e 1290 cm^{-1} riconducibili alla presenza di una terra di Siena bruciata, utilizzata come bolo per la doratura in lamina d'oro.

L'indagine strutturale del muro dietro l'affresco centrale, sia macroscopica che microscopica, è stata effettuata mediante l'utilizzo di diverse tecniche diagnostiche, quali l'interferometria olografica digitale (DHSPI: Hatziannakis, Bernikola & Tornari 2012), la termografia infrarossa (SIRT: Tornari et alii 2016), il radar penetrante ad alta frequenza (GPR: Deiana 2020; Deiana 2021). Queste tecniche consentono di investigare le strutture architettoniche a varie profondità in modo non invasivo.

Le strumentazioni DHSPI e SIRT sono complementari (Tornari et alii 2017) e consentono di evidenziare, attraverso meccanismi di trasmittanza ed espansione termica, la risposta superficiale della struttura dopo una sollecitazione in temperatura. Il rilassamento termico della struttura evidenzia eventuali eterogeneità negli strati sottostanti l'intonaco dipinto. Specificamente, le frange di interferenza visualizzate mediante la tecnica DHSPI permettono di vedere direttamente la densità e la distribuzione spaziale di difetti presenti negli strati sottostanti a quelli visibili, e quindi la localizzazione diretta di discontinuità e fratture.

Il GPR invece utilizza la riflessione delle onde dalle superfici di discontinuità presenti all'interno delle strutture ed è comunemente utilizzato per indagare strutture architettoniche complesse in profondità. L'utilizzo di quest'ultima tecnica ha permesso di escludere la presenza di aperture nella porzione centrale dell'arcata, e quindi di un'eventuale rimozione

strutturale della parte centrale dell'affresco per interventi architettonici.

La parete dell'arcata sotto esame, includendo le porzioni visibili del dipinto originale, è stata investigata a fondo con le tecniche SIRT e DHSPI, come riportato nelle Tavv. 6 e 9. I risultati ottenuti mediante DHSPI sono mostrati in dettaglio nelle Tavv. 7 e 8, che mostrano diverse zone caratterizzate da un'alta densità di frange di interferenza. Un'estesa porzione di difetti è presente in tutta la fascia orizzontale che collega approssimativamente i soldati presenti in entrambe le porzioni visibili dell'affresco originale. Si tratta di una fascia che attraversa tutta l'arcata ed è composta da risarcimenti dopo la rimozione di una barra metallica di rinforzo, ancora presente nelle pareti laterali della sala capitolare. In quest'area si è avuta la rimozione totale dell'affresco dipinto sottostante, e anche le porzioni visibili dell'affresco interessate dall'intervento di rimozione sono state completamente ridipinte.

Le fessurazioni strutturali vengono identificate in DHSPI da allineamenti e discontinuità nelle frange di interferenza (linee e cerchi rossi in Tav. 7), mentre le zone con alta densità di frange possono essere caratteristiche di distacchi e vuoti fra gli strati sottostanti. In generale, densità omogenee di frange di interferenza indicano materiali e spessori degli strati confrontabili. Le anomalie del segnale riscontrate (zone grigie in Tav. 7) sono attribuite a difetti comunemente dovuti a distacchi e micro-fessurazioni presenti in aree di varie dimensioni.

I dati DHSPI sono stati integrati e completati da analisi puntuali mediante risonanza magnetica nucleare (NMR-MOUSE: B. Blümich et alii 1998; Bernhard Blümich et alii 2010; Brai, Camaiti, Casieri, De Luca & Fantazzini 2007; Haber, Blümich, Souvorova & Del Federico 2011), la quale evidenzia la penetrazione dell'acqua dalla superficie agli strati sottostanti. In diversi punti caratterizzati da anomalie di interferenza DHSPI, la tecnica NMR-MOUSE ha potuto evidenziare chiaramente i distacchi presenti fra l'intonaco superficiale e la struttura sottostante, a una profondità intorno a 5-6 mm (Tav. 10). Questo sembra essere lo spessore medio dell'intonaco seicentesco, almeno nella fascia centrale dell'arcata (punti 7-13 in Tav. 10).

Interessanti risultati sono stati ottenuti indagando due particolari aree della parete, entrambe con porzioni di affresco originali visibili: la prima, situata in alto a sinistra, include la testa di un cavallo e parte di un'aureola; la seconda, in basso a destra, include la parte inferiore delle vesti dei sapienti (Tav. 8). Le indagini di interferometria olografica indicano che l'affresco originale si estende sotto lo strato di intonaco seicentesco, poiché i risultati mostrano la stessa frequenza di formazione delle interferenze. In particolare, nell'area sopra la testa di cavallo in alto a sinistra (Tav. 8, 1a e 1b), sono evidenti frange di interferenza comparabili con quelle ottenute nella zona a sinistra dell'aureola (porzione visibile dell'affresco originale).

La DHSPI è stata utilizzata in combinazione con la termografia infrarossa stimolata (SIRT) e, come accennato precedentemente, con le indagini puntuali di risonanza magnetica nucleare (NMR-MOUSE).

La termografia infrarossa viene eseguita anch'essa senza contatto con la superficie in esame e viene generalmente utilizzata per un'analisi termofisica di varie tipologie di materiali per rilevare e caratterizzare vari tipi di difetti nascosti localizzati o estesi, specialmente delaminazioni e fratture, così è spesso impiegata nel campo del restauro e del consolidamento della pittura murale (Bodnar et alii 2012; Grinzato et alii 2002; Del Vescovo and Fregolent 2005). Nelle immagini termografiche le aree a maggior temperatura denotano l'utilizzo di materiali caratterizzati da maggiore inerzia termica. Anche il colore della superficie dipinta può influire sull'assorbimento della radiazione luminosa, infatti nelle immagini della Tav. 8, ottenute analizzando tre aree della parete della sala capitolare, sono ben visibili le forme delle colonne e dei capitelli. Inoltre, nelle immagini termografiche sono evidenti delle discontinuità termiche che indicano fratture e/o distacchi, ben definiti dal contrasto di temperatura. Queste discontinuità evidenziate dalla termografia sono in buon accordo con le strutture evidenziate dalle misure DHSPI, e confermate da analisi puntuali con NMR-MOUSE. Due esempi specifici sono utilizzati per mostrare le correlazioni fra le tre diverse tecniche (Tavv. 11 e 12). Il primo riguarda una porzione di affresco che comprende un'area di intonaco seicentesco e anche il sottostante strato trecentesco (Tav. 11). Il brusco cambio nella densità delle frange di interferenza misurate in DHSPI indica chiaramente sia la zona che è stata interessata dai risarcimenti seguiti alla rimozione della barra strutturale, che la zona con probabili rimanenze dell'affresco originale. Le analisi puntuali in NMR, effettuate sopra e sotto la fascia disturbata, indicano che il punto 13 è al centro di una zona che mostra continuità con lo strato sottostante, probabilmente un secondo strato affrescato, e un distacco più profondo (circa 7-8 mm). Il punto 12 invece è interessato da una frattura profonda, collegata con le anomale frange di interferenza e le strutture evidenziate in termografia.

Il secondo esempio riguarda una porzione di affresco presso uno dei capitelli della raffigurazione seicentesca (Tav. 12). I disturbi evidenziate dalle frange di interferenza misurati in DHSPI nella porzione inferiore e destra dell'area sono chiaramente collegati con le riprese e le ridipinture successive alla rimozione della barra metallica. Inoltre i diagrammi interferometrici mostrano chiaramente le criticità dovute alla presenza di una frattura verticale, ben visibile anche nelle immagini termografiche, la quale però interessa anche distacchi profondi tra gli strati di intonaco. I distacchi sono confermati puntualmente dalle analisi NMR, che mostrano situazioni molto simili in prossimità della frattura (punto 8) e in un'area meno disturbata (punto 9).

Facendo riferimento al dipinto raffigurante la crocifissione di Cristo situato nel convento di Santa Croce a Rimini, e confrontandolo con le porzioni scoperte del dipinto originale nella sala capitolare, si è potuto constatare come le proporzioni e la disposizione degli elementi dipinti siano quasi esattamente sovrapponibili (Tavv. 2, 3, 13). In base a queste assunzioni,

si è ipotizzata la localizzazione dell'aureola e del volto del Cristo al di sotto del fregio del timpano dell'affresco seicentesco raffigurante lo stemma francescano (Tav. 13, C). Allo scopo di indagare e verificare questa ipotesi, sono state eseguite in quest'area indagini di imaging penetrante mediante spettroscopia TeraHertz (Giovannacci et alii 2019; Dandolo & Jepsen 2016; Jackson et alii 2008; Krügener et alii 2020; Mittleman 2018).

La tecnica è stata calibrata sui materiali specifici che compongono l'intonaco della parete indagata mediante misure su un'area nota (Area A in Tav. 13), dove l'aureola del santo visibile nell'affresco scoperto prosegue sotto l'intonaco seicentesco ed è chiaramente visibile a una profondità inferiore al centimetro (Tav. 13, D). Il riflettore metallico composto di oro aiuta l'interpretazione del segnale e guida il riconoscimento della superficie del dipinto originale trecentesco. Nell'area del fregio del timpano (area C), in prossimità del simbolo francescano, le misure THz riportano evidenze di un riflettore molto simile a quello evidenziato nell'area A, e indicano la presenza possibile di un'aureola a circa 2 cm di profondità dalla superficie (Tav. 13, E). La maggiore profondità riscontrata è in accordo con i più spessi strati di intonaco osservati nella parte superiore della parete.

4. DATAZIONI AL RADIOCARBONIO

Al fine di verificare l'effettiva presenza dell'affresco giottesco in porzioni non visibili attualmente, ed eventualmente confermarne l'età, si è proceduto con il campionamento di intonaci in due punti, grazie ai saggi esplorativi effettuati dai ricercatori dell'ISCR durante la campagna diagnostica nell'estate 2019. Ciascun saggio mostra chiaramente due strati presenti fra la superficie e il substrato in laterizio (Tav. 14), uno più superficiale (strato 1), evidentemente corrispondente all'intonaco dell'affresco seicentesco, e uno sottostante (strato 2). Da ciascuno strato sono stati raccolti pochi grammi di materiale (3-5 g), i punti di campionamento sono indicati nella Tav. 14. Nonostante le ridotte quantità di materiale, si è proceduto con l'estrazione della frazione legante mediante separazione gravimetrica umida in modo da eliminare la componente dell'aggregato presente nell'impasto dell'intonaco ed evitare eventuali inquinanti carbonatici per la datazione. Il protocollo di separazione e caratterizzazione del legante ai fini della datazione è stato messo a punto dal gruppo di ricerca CIRCe ed è specifico per malte storiche (Ricci et alii 2019; Ricci et alii 2020). Le misure dei rapporti isotopici del C^{14} sono state effettuate dal centro C.I.R.C.E. di Caserta, tramite spettrometria ad accelerazione di massa (AMS) e in seguito convertite in età radiocarboniche calibrate.

I risultati ottenuti sono riportati nella Tav. 14 e mostrano che il campione prelevato più in superficie (campione 1A) risulta in un intervallo di date calibrate (1452-1632 AD, 95.4 % probabilità 2σ) compatibili con la datazione seicentesca dell'affresco. La larga distribuzione di probabilità è purtroppo dovuta al plateau presente nella curva di calibrazione in questo

periodo, e il lieve spostamento della datazione ottenuta verso epoche più antiche potrebbe essere dovuto a una minima contaminazione proveniente dallo strato più antico sottostante.

I campioni dello strato sottostante (campioni 2A e 2B) risultano in datazioni calibrate sicuramente precedenti all'ultima osservazione riportata per l'affresco giottesco (1537 AD: Michiel 1800). Il campione 2A mostra una data calibrata (1415-1450 AD, 95.4% probabilità 2σ) di poco più recente rispetto al campione 2B (1310-1361 AD, 59.7% 2σ ; 1386-1416 AD, 35.7% 2σ), ma entrambi riportano date statisticamente compatibili con il XIV secolo. Di nuovo, l'ampio intervallo di datazioni è dovuto alla lieve inversione della curva di calibrazione nel periodo 1350-1400, oltre alla possibile limitata contaminazione da parte dello strato seicentesco, che potrebbe aver leggermente spostato i risultati verso date più recenti.

5. CONCLUSIONI

Le indagini svolte nelle porzioni visibili dell'affresco originale, focalizzate principalmente sul riconoscimento dei pigmenti utilizzati, identifica una tavolozza del tutto coerente con quella utilizzata da Giotto e dalla sua scuola. Inoltre, le datazioni del legante prelevato nel livello più antico presente nella stratigrafia dell'intonaco indicano date calibrate compatibili con il XIV secolo, e confermano quindi indirettamente sia l'età delle porzioni dipinte tutt'ora visibili che la presenza di intonaco trecentesco sotto quello seicentesco.

Le indagini geognostiche effettuate in profondità sulla muratura hanno mostrato che non ci sono evidenze di aperture murali o di tamponamenti nella porzione centrale dell'arcata, che avrebbero portato alla rimozione dell'affresco originale. Le indagini di interferometria laser (DHSPI) e spettroscopia NMR hanno mostrato che le porzioni originali visibili si estendono in parte sotto l'affresco seicentesco e le immagini ottenute dalla spettroscopia TeraHerz nella zona centrale del dipinto indicano la presenza di strutture riflettenti compatibili con un'aureola con scanalature, del tutto analoghe a quelle misurate sull'aureola presente nella parte visibile dell'affresco. Assumendo come modello spaziale per la possibile distribuzione delle figure la crocifissione giottesca conservata nel convento di Santa Croce a Villa Verucchio (Rimini), la zona investigata dovrebbe essere riferita all'aureola della testa del Cristo in croce o a quella di qualche angelo, quindi ancora presente nella zona centrale del dipinto. Dall'insieme delle indagini si ritiene che con buona probabilità esistano ancora ampie porzioni dell'affresco giottesco da recuperare sotto lo strato superficiale.

RINGRAZIAMENTI

Il Centro CIRCe ha sostenuto finanziariamente le attività di ricerca. Il progetto EU IPERION CH (MOLAB access) ha fornito supporto tecnico e scientifico (4° ban-

do: progetto *Recupero di Giotto alla Basilica di Sant'Antonio, Padova*, acronimo: Giotto@SantAntonio). Ringraziamo la Veneranda Arca di S. Antonio, nella persona del presidente avvocato Emanuele Tessari il Centro Studi Antoniani nella persona di padre Luciano Bertazzo per l'autorizzazione a svolgere il progetto diagnostico nella sala capitolare. Il laboratorio LAiRA ha messo a disposizione per la mappatura dei dati la fotocomposizione ad alta risoluzione della parete est. Stefano Tuzzato e Luca Baggio hanno entusiasticamente stimolato le indagini e fornito le informazioni d'archivio. Fra Remo Scquizzato ha reso la logistica di tutto il gruppo di ricerca molto più semplice ed efficiente. Gilberto Urbinati ha gentilmente fornito l'immagine ad alta risoluzione dell'affresco di Villa Verucchio.

BIBLIOGRAFIA

- ASSCHER, Y. - I. ANGELINI - M. SECCO - M. PARISATTO - A. CHABAN - R. DEIANA - G. ARTIOLI 2019. *Combining Multispectral Images with X-Ray Fluorescence to Quantify the Distribution of Pigments in the Frigidarium of the Sarno Baths, Pompeii*, «Journal of Cultural Heritage», 40 (2019), pp. 317-323.
- BAGGIO, L. 2013. *Iconografia di Sant'Antonio al Santo di Padova nel XIII e XIV secolo. Spazi, funzioni, messaggi figurati, committenze*. Tesi di dottorato. Università di Padova. Dipartimento dei Beni Culturali. Ciclo XXVI.
- BLÜMICH, B. - P. BLÜMLER - G. EIDMANN - A. GUTHAUSEN - R. HAKEN - U. SCHMITZ - K. SAITO - G. ZIMMER 1998. *The NMR-MOUSE: Construction, Excitation, and Applications*, «Magnetic Resonance Imaging», 16 (1998), pp. 479-484.
- BLÜMICH, B. - A. HABER - F. CASANOVA - E. DEL FEDERICO - V. BOARDMAN - G. WAHL - A. STILLIANO - L. ISOLANI 2010. *Noninvasive Depth Profiling of Walls by Portable Nuclear Magnetic Resonance*, «Analytical and Bioanalytical Chemistry», n. 397 (7/2010), pp. 3117-3125.
- BODNAR, J.L. - J.C. CANDORÉ - J.L. NICOLAS - G. SZATANIK - V. DETALLE - J.M. VALLET 2012. *Stimulated Infrared Thermography Applied to Help Restoring Mural Paintings*, «NDT and E International», 49 (2012), pp. 40-46.
- BRAI, M. - M. CAMAITI - C. CASIERI - F. DE LUCA - P. FANTAZZINI 2007. *Nuclear Magnetic Resonance for Cultural Heritage*, «Magnetic Resonance Imaging», 25 (2007), pp. 461-465.
- BROOKE, C. - H. EDWARDS - P. VANDENABEELE - S. LYCKE - M. PEPPER 2020. *Raman Spectroscopic Analysis of an Early 20th Century English Painted Organ Case by Temple Moore*, «Heritage», 3 (4/2020), pp. 1148-1161.
- CORRADINI, M. - L. DE FERRI - G. POJANA 2021. *Fiber Optic Reflection Spectroscopy-Near-Infrared Characterization Study of Dry Pigments for Pictorial Retouching*, «Applied Spectroscopy», 75 (2021), pp. 445-461.
- D'ARCAIS, F. 1984. *La presenza di Giotto al Santo*, in *Le Pitture del Santo di Padova*, a cura di C. SEMENZATO, Neri Pozza, Vicenza 1984, pp. 3-13.
- DANDOLO, C.L.K. - P.U. JEPSSEN 2016. *Wall Painting Investigation by Means of Non-invasive Terahertz Time-Domain Imaging (THz-TDI): Inspection of Subsurface Structures Buried in Historical Plasters*, «Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves», 37 (2/2016), pp. 198-208 (<https://doi.org/10.1007/s10762-015-0218-9>).

- DEIANA, R. 2020. *Application of Non-invasive Measurements in the Recent Studies of the Scrovegni Chapel: Results and Considerations*, in *International Conference on Computational Science and Its Applications: ICCSA 2020*. 20th International Conference (Cagliari, July 1-4 2020): Proceedings, part 7., Springer, 2020, pp. 960-970.
- DEIANA, R. 2021. *Geophysics for Cultural Heritage*, in *NSG2021 2nd Conference on Geophysics for Infrastructure Planning, Monitoring and BIM* (August 29-September 2, 2021), European Association of Geoscientists & Engineers, 2021, pp. 1-5 (<https://doi.org/10.3997/2214-4609.202120200>)
- DEL VESCOVO, D. - A. FREGOLENT 2005. *Assessment of fresco detachments through a non-invasive acoustic method*, «Journal of Sound and Vibration», n. 284 (3-5/2005), pp. 1015-1031 (<https://doi.org/10.1016/j.jsv.2004.07.011>)
- DI GIOVANNI, S. 2021. *I dipinti murali giotteschi nella sala capitolare del complesso di S. Antonio a Padova: ricostruzione della vicenda conservativa*, [pubblicata in questo stesso fascicolo].
- EMO CAPODILISTA, M.E. 2003. *Dipinti murali giotteschi. sala capitolare e sottarco della cappella di Santa Caterina, Basilica del Santo a Padova. Proposta di intervento*, «CBC. Conservazione Beni Culturali, Roma».
- GIOVANNACCI, D. - H.C. CHEUNG - G.C. WALKER - J.W. BOWEN - D. MARTOS-LEVIF - D. BRISAUD - L. CRISTOFOL - Y. MÉLINGE 2019. *Time-domain imaging system in the terahertz range for immovable cultural heritage materials*, «Strain», 55 (2/2019), pe 12292.
- GONZATI, B. 1853. *La basilica di S. Antonio di Padova, coi tipi di Antonio Bianchi*, Padova 1852-1853.
- GRINZATO, E. - C. BRESSAN - S. MARINETTI - P.G. BISON - C. BONACINA 2002. *Monitoring of the Scrovegni Chapel by IR Thermography: Giotto at Infrared*, «Infrared Physics and Technology» 43 (3-5/2002), pp. 165-169.
- GUGLIELMI, V. - V. COMITE - M. ANDREOLI - F. DEMARTIN - C.A. LOMBARDI - P. FERMO 2020. *Pigments on Roman Wall Painting and Stucco Fragments from the Monte d'Oro Area (Rome): A Multi-Technique Approach*, «Applied Sciences (Switzerland)», 10 (2020), pp. 1-18.
- HABER, A. - B. BLÜMICH - D. SOUVOROVA - E. DEL FEDERICO 2011. *Ancient Roman Wall Paintings Mapped Nondestructively by Portable NMR*, «Analytical and Bioanalytical Chemistry», n. 401 (2011), 1441 (<https://doi.org/10.1007/s00216-011-5180-3>).
- HATZIGIANNAKIS, K. - E. BERNIKOLA - V. TORNARI 2012. *A New Portable Digital Holographic Speckle Pattern Interferometry (DHSPI) System for Structural Documentation of Artworks*, «Lacona IX», (2012), pp. 210-212.
- JACKSON, J.B. - M. MOUROU - J.F. WHITAKER - I.N. DULING - S.L. WILLIAMSON - M. MENU - G.A. MOUROU 2008. *Terahertz imaging for non-destructive evaluation of mural paintings*, «Optics Communications», n. 281 (4/2008), 527-532 (<https://doi.org/10.1016/j.optcom.2007.10.049>)
- KRÜGENER, K. - J. ORNIK - L.M. SCHNEIDER - A. JÄCKEL - C.L. KOCH-DANDOLO -, E. CASTRO-CAMUS - W. VÖL 2020. *Terahertz inspection of buildings and architectural art*, «Applied Sciences (Switzerland)», 10 (15/2020), 1-17 (<https://doi.org/10.3390/app10155166>)
- LEONA, M.-J. WINTER 2001. *Fiber Optics Reflectance Spectroscopy: A Unique Tool for the Investigation of Japanese Paintings*, «Studies in Conservation», 46 (3/2001), pp. 153-162.

- MARABELLI, M. - P. SANTOPADRE - M. IOELE - P.L. BIANCHETTI - A. CASTELLANO - R. CESAREO 2005. *La tecnica pittorica di Giotto nella cappella degli Scrovegni: studio dei materiali = Giotto's Painting Techniques in the Scrovegni Chapel: A Study of the Materials*, « Bollettino d'arte », volume speciale 2005, pp. 17-46.
- MEDICA, M. 2008. *L'insediamento francescano di Villa Verucchio. Note sulla provenienza del "dossale Corviseri" e su un modello giottesco per la Romagna, in Giovanni Baronzio e la pittura a Rimini nel Trecento*, a cura di DANIELA FERRARA, Silvana Editoriale, Cinisello Balsamo 2008, pp. 59-67.
- MICHIEL, M.A. 1800. *Notizia d'opere di disegno nella prima metà del secolo XVI esistenti in Padova, Cremona, Milano, Pavia, Bergamo, Crema e Venezia*. Bassano 1800.
- MITTLEMAN, D.M. 2018. *Twenty years of terahertz imaging*, « Optics express », 26 (8/2018), pp. 9417-9431.
- RICCI, G. - M. SECCO - F. MARZAIOLI - I. PASSARIELLO - F. TERRASI - G. ARTIOLI 2019. *New Strategies in Mortar Characterization and Radiocarbon Dating*, in *2019 IMEKO TC-4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage, MetroArchaeo 2019* (Florence, 4-6 december 2019), pp. 95-99.
- RICCI, G. - M. SECCO - F. MARZAIOLI - F. TERRASI - I. PASSARIELLO - A. ADDIS - P. LAMPUGNANI - G. ARTIOLI 2020. *The Cannero Castle (Italy): development of radiocarbon dating methodologies in the framework of the layered double hydroxide mortars*, « Radiocarbon », 62 (3/2020), pp. 617-631.
- ROMANO, S. 2011. *La sala capitolare del Santo di Padova: gli eventi del 1310*, « Il Santo », 51 (2011), pp. 417-430.
- SARTORI, A. 1983. *Archivio Sartori. Documenti di storia e arte francescana*, a cura di G. LUISETTO, I. Basilica e convento del Santo, Biblioteca Antoniana - Basilica del Santo, Padova 1983.
- SBROSCIA, M. - M. CESTELLI GUIDI - F. COLAO - S. FALZONE - C. GIOIA - P. GIOIA - C. MARCONI - D. MIRABILE GATTIA - E.M. LORETI - M. MARINELLI - M. MISSORI - F. PERSIA - L. PRONTI - M. ROMANI - A. SODO - G. VERONA-RINATI - M.A. RICCI - R. FANTONI 2020. *Multi-Analytical Non-Destructive Investigation of Pictorial Apparatuses of 'Villa Della Piscina' in Rome*, « Microchemical Journal », 153 (August 2019), 104450.
- SGARBI, V. - S. BORTOLAMI - G. RONCONI - R. FREMANTLE - G.L. MELLINI - C. BELLINATI - P. FRATTAROLI - S. SIENI - A. VERDI - G. BASILE - G. PINNA 2000. *Giotto e il suo tempo*, Motta, Milano 2000.
- SPIAZZI, A.M. 2012. *Padova da Giotto a Guariento. Considerazioni sulle tecniche delle pitture murali*, in *Tomaso da Modena. Pitture murali trecentesche restaurate nel Veneto orientale*. Atti della giornata di studio (Treviso, 22 aprile 2010), a cura di G. DELFINI FILIPPI - L. MAJOLI, Antiga, Crocetta del Montello (TV) 2012, pp. 105-113.
- TARQUINI, O. - L. PRONTI - E.G. LORENZETTI - A.C. FELICI 2020. *Pigment Identification on Campana Reliefs from the Palatine Hill and Colosseum Valley in Rome*, « Journal of Cultural Heritage », 43 (2020), pp. 294-302.
- TORNARI, V. - M. ANDRIANAKIS - K. HATZIGIANNAKIS - K. KOSMA - V. DETALLE - E. BOURGUIGNON - D. GIOVANNACCI - D. BRISSAUD 2016. *Complementarity of digital holographic speckle pattern interferometry and simulated infrared thermography for Cultural Heritage structural diagnostic research*, « International Journal Of Engineering Research and General Science », 2 (11/2016), pp. 129-141.
- TORNARI, V. - M. ANDRIANAKIS - K. HATZIGIANNAKIS - K. KOSMA - V. DETALLE - D. GIOVANNACCI 2017. *Combination of interferometry and thermography data for cultural herita-*

ge structural diagnostic research, in *Proc. SPIE 10331, Optics for Arts, Architecture, and Archaeology VI*, 103310R (24 July 2017); (<https://doi.org/10.1117/12.2272416>)

VOLPIN, S. 2002. *Affreschi della sala capitolare attribuiti a Giotto e scuola. Indagini microchimiche e stratigrafiche su campioni di pellicola pittorica*. Indagini Scientifiche per il Restauro, Padova.

SOMMARIO

Tra il XIV e il XVI secolo, artisti e viaggiatori, come Lorenzo Ghiberti e Giorgio Vasari, fanno riferimento alla presenza di un grande affresco dipinto da Giotto e dalla sua scuola nella grande sala capitolare, situata all'interno del complesso di Sant'Antonio di Padova. Apparentemente, l'ultima volta in cui è stato visto l'affresco giottesco risalirebbe al 1537, prima di essere poi coperto da una scialbatura. Dopo i ritrovamenti, nel corso dell'Ottocento, degli affreschi originari sulle fasce laterali della parete est e sulle pareti nord e sud, a partire dal 1914 furono rinvenuti due frammenti di una Crocifissione nella fascia centrale della parete est, visibili ancora oggi, per cui l'affresco giottesco potrebbe trovarsi ancora parzialmente sotto la Finta architettura dipinta da Lorenzo Bedogni nel 1643. Nonostante la sorprendente scoperta, indagini approfondite e moderne non sono mai state effettuate per confermare l'esistenza dell'affresco originario. In questo contesto, nell'ambito del progetto Europeo IPERION CH¹, sono state proposte e coordinate dal Centro CIRCe di UNIPD nel periodo 2016-2020 diverse indagini per verificare la possibile presenza del dipinto giottesco sotto la copertura seicentesca, e per definire lo stato di conservazione degli intonaci e dei dipinti della sala capitolare. La strategia multi-disciplinare utilizzata comprende anche tecniche innovative portatili e penetranti, quali l'interferometria laser (DHSPi), le immagini in spettroscopia TeraHertz (THz), la termografia infrarossa stimolata (SIRT), il radar penetrante (GPR), le quali hanno permesso di estendere lo studio all'interno degli strati dell'affresco. I dati ottenuti mostrano che non c'è alcuna evidenza di aperture o discontinuità all'interno della muratura che possano indicare passaggi o rimodulazioni architettoniche; inoltre lo stato di conservazione degli affreschi e delle murature è stato valutato, gli strati sottostanti sono stati datati, ed è stato possibile definire che in base ai dati diagnostici è probabile che estese porzioni intatte degli affreschi originali giotteschi siano ancora presenti in attesa di essere riscoperti.

Parole chiave: Sala capitolare; Giotto; Crocifissione; Tecniche diagnostiche non invasive; Datazione al radiocarbonio.

¹ I progetti IPERION CH (www.iperionch.eu) hanno l'obiettivo di promuovere e supportare la ricerca di alta qualità applicata alla conoscenza, alla conservazione e alla valorizzazione dei beni culturali. Vengono messi a disposizione laboratori con strumentazioni d'avanguardia non invasive e portatili, che nel loro insieme rappresentano un unicum in Italia e in Europa, secondo un approccio altamente integrato, per analisi non invasive, puntuali, di digitalizzazione, in grado di fornire una conoscenza dettagliata della composizione chimica dei materiali e la determinazione delle micro e/o macro strutture tridimensionali dell'opera in esame.

ABSTRACT

Several direct accounts of travellers and artists, including Lorenzo Ghiberti and Giorgio Vasari, reported during the XIV and XVI centuries the presence of a large fresco painted by Giotto and his school in the sala capitolare (the Chapter Room of the Franciscan order) within the Sant'Antonio historical and religious complex, Padova, Italy. The fresco was apparently last seen in 1537 and then successively covered. Following the mid-1800 recovery of the original frescoes on the side arches of the East wall and on the North and South walls, starting from 1914 two fragments of a Crucifixion, (still visible) were discovered in the central portion of East wall, so that the original fresco by Giotto could still be present below the architectural representation painted by Lorenzo Bedogni in 1643. Despite the important discovery, surprisingly no in-depth modern exploration has been attempted to confirm the existence of the whole painting. As part of a two-year IPERION CH' project, innovative and non-invasive diagnostic investigations were proposed and carried out by the CIRCe Centre of UNIPD in the period 2016-2020 in order to verify the possible presence of the entire Giotto's painting no longer visible to naked eyes, and to assess the state of conservation of the frescoes and plasters present in the sala capitolare. The multi-analytical approach involved the use of portable and penetrating complementary techniques, such as laser interferometry (DHSPi), Terahertz imaging, and stimulated infrared thermography (SIRT), which allowed for investigations into the plaster layers. The data obtained show that there is no evidence of openings or gaps in the wall that could suggest the removal of the original fresco in order to place eventual doors, windows, or architectural passages; in addition, it was possible to evaluate the state of conservation of the frescos and walls, and to verify on the basis of diagnostic data that likely there are large intact portions of the original Giotto frescoes to be recovered.

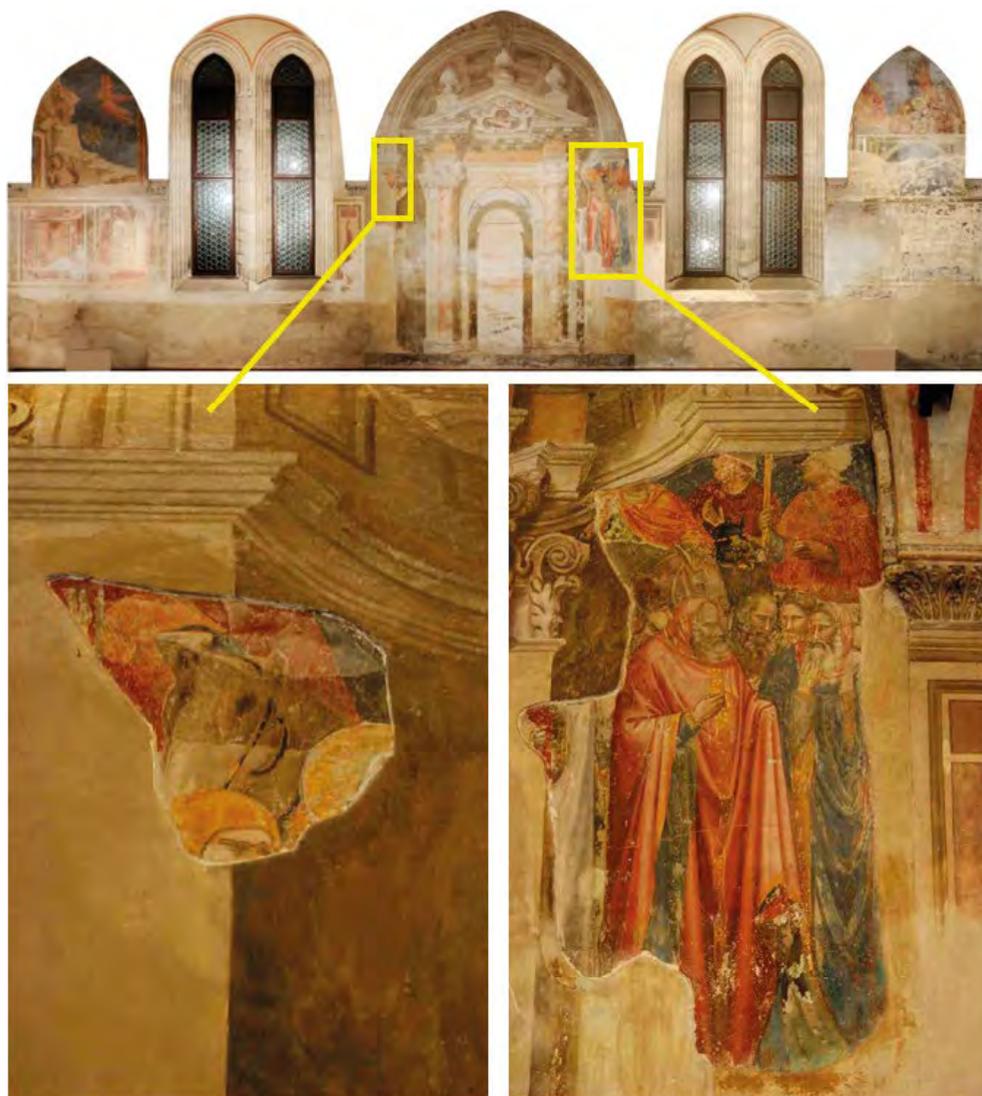
Keywords: Sala capitolare; Giotto; Crucifixion; Non-invasive diagnostic techniques; Radiocarbon dating.

Gilberto Artioli
Centro CIRCe - Dipartimento di Geoscienze
Università degli Studi di Padova
gilberto.artioli@unipd.it

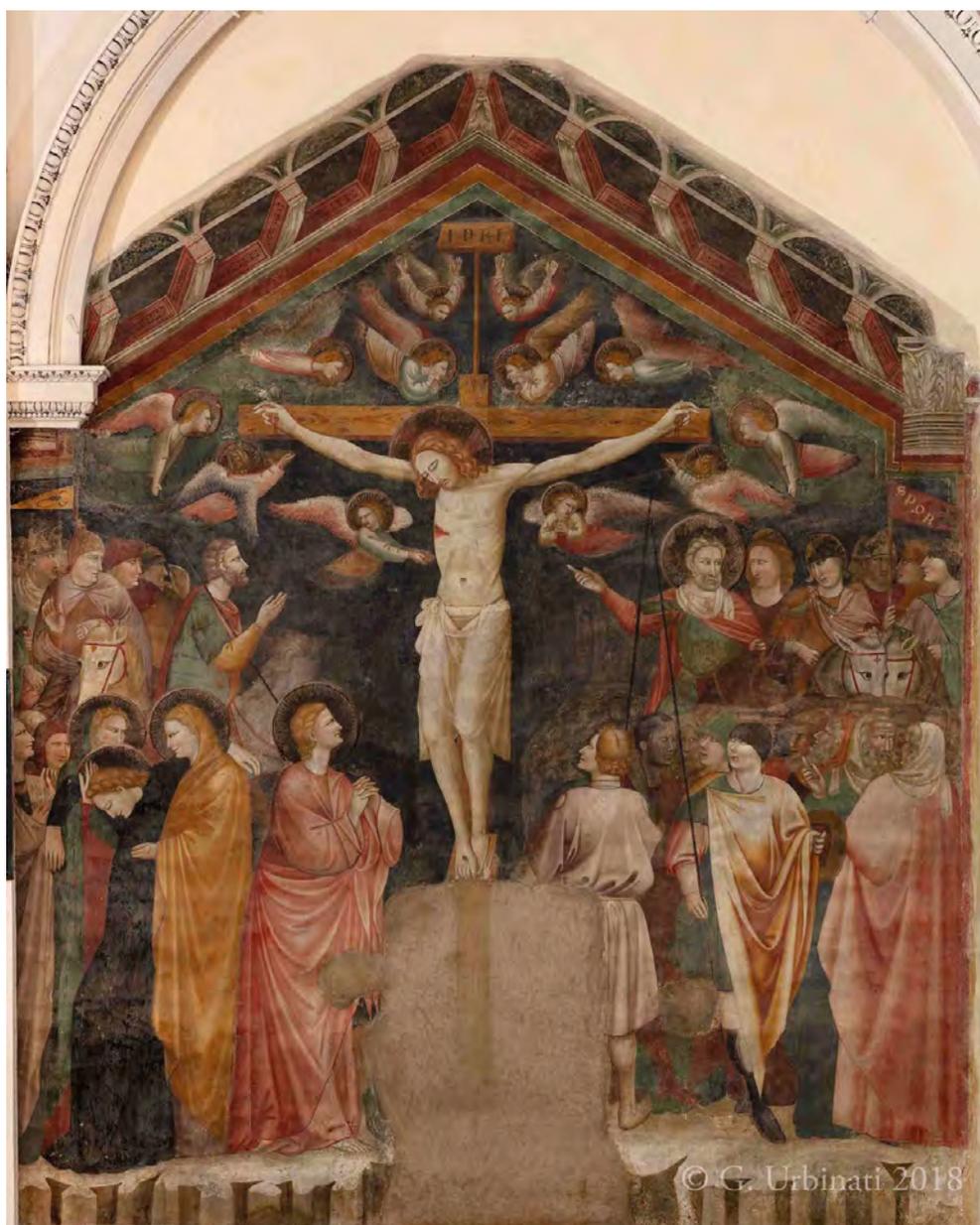
Giulia Ricci
Centro CIRCe - Dipartimento di Geoscienze
Università degli Studi di Padova
giulia.ricci@unipd.it.



Tav. 1: Il complesso storico e religioso che circonda la basilica di Sant'Antonio a Padova. L'edificio che racchiude la sala del Capitolo è contrassegnato dalla freccia rossa.



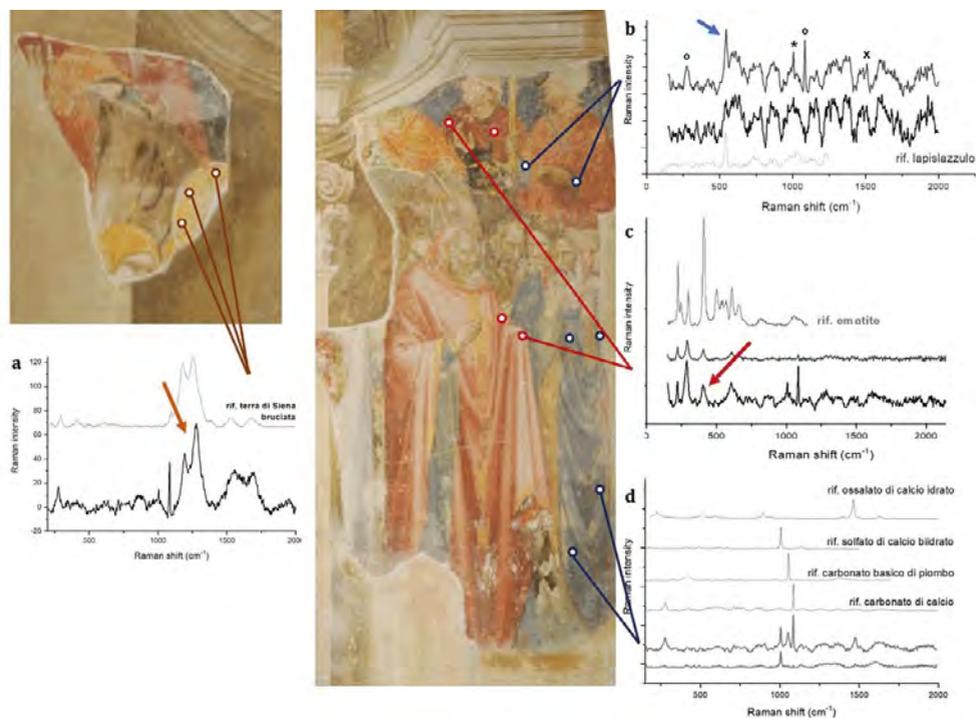
Tav. 2: Composizione fotografica della parete est della sala del Capitolo (immagine in alto; cortesia laboratorio LAiRA).
Le due parti affioranti dell'affresco originale sono ingrandite in basso.



Tav. 3: Scena della *Crocifissione* presente nel convento francescano di Santa Croce, Villa Verucchio, Rimini (immagine per gentile concessione di Gilberto Urbinati). I personaggi vicino ai cavalli nelle parti sinistra e destra della scena sono sorprendentemente simili a quelli affioranti nella sala del Capitolo, mostrando l'aspetto probabile della rappresentazione di Giotto.



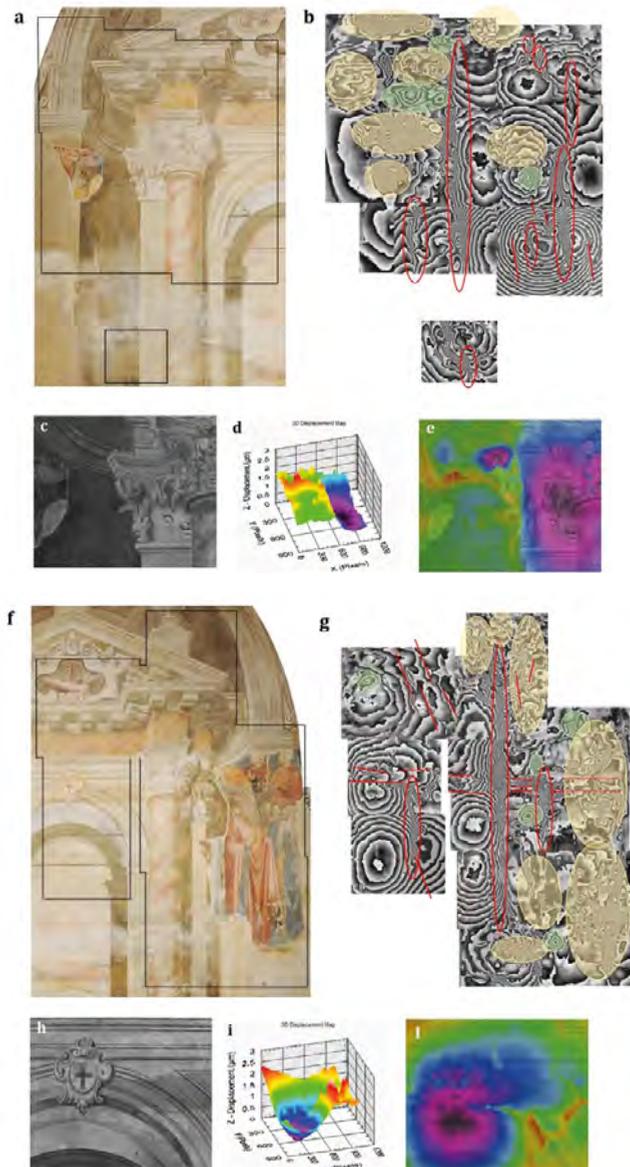
Tav. 4: Distribuzione di alcuni dei pigmenti nell'area investigata ottenuta dal trattamento delle immagini multispettrali: (a) immagine visibile, (b) azzurrite, (c) ematite e (d) lazurite (o lapislazzuli).



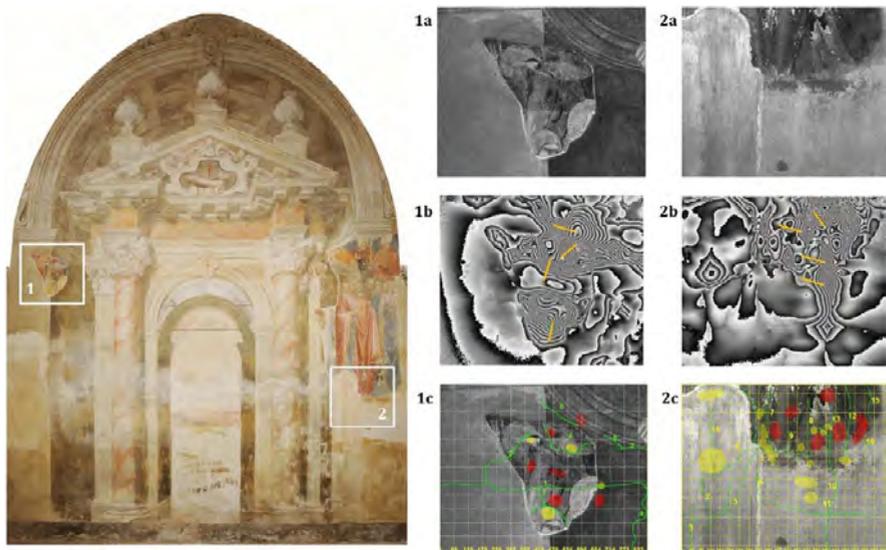
Tav. 5: Porzioni dell'affresco originale con indicati i punti di analisi e i relativi spettri Raman dell'aureola di un santo (a), dei punti blu (b) e rossi (c) delle vesti dei sapienti e dei soldati.



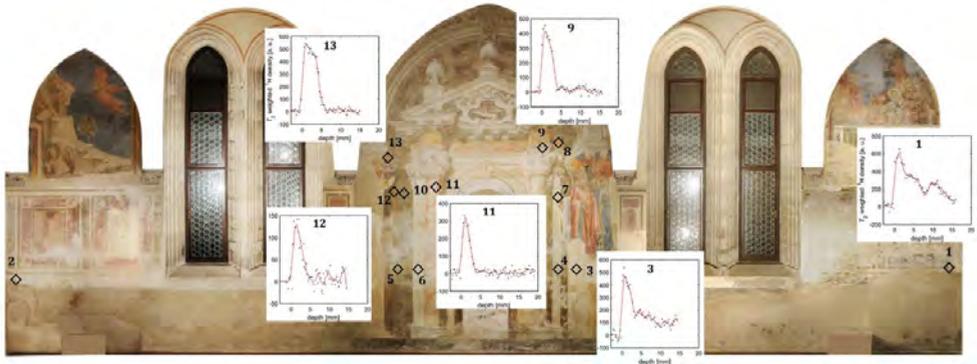
Tav. 6: Composizione degli interferogrammi acquisiti mediante DHSPI sovrapposte all'immagine della parete della sala del Capitolino. La linea centrale segna approssimativamente la zona di estrazione della barra metallica di rinforzo ancora presente nelle altre pareti.



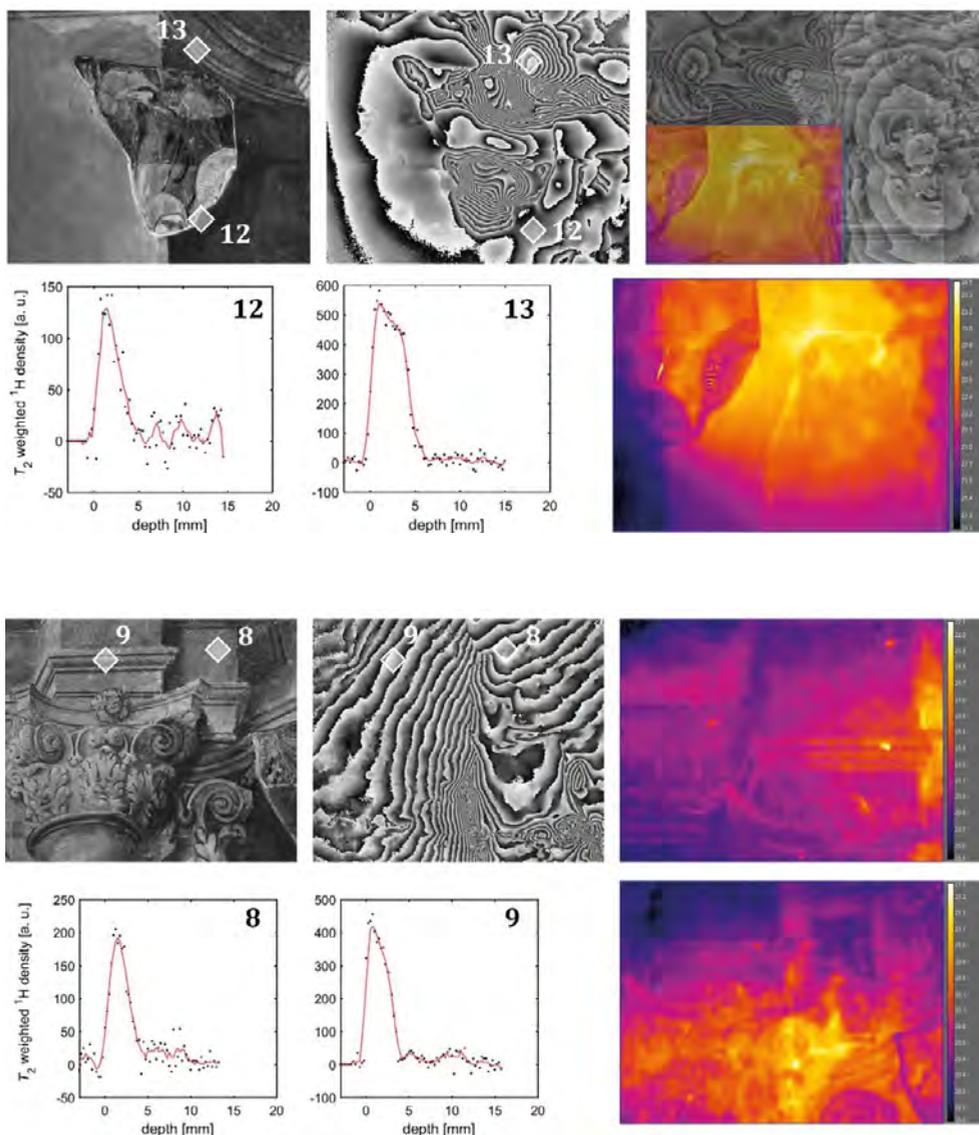
Tav. 7: Immagini relative al lato sinistro (a-b) e destro (f-g) della parete indagata. Negli interferogrammi: i cerchi rossi indicano aree estese di fessure, distacchi e vuoti; le linee rosse evidenziano fessurazioni unidimensionali e la loro propagazione; i cerchi in verde indicano probabili distacchi fra l'intonaco superficiale e quello sottostante; i cerchi grigi delimitano frequenze spaziali insolite rispetto al resto della struttura. In basso, alcuni particolari del lato sinistro (c) e destro (h) con le deformazioni 3D (d, i) e 2D (e, l) indicanti la posizioni dei punti di criticità.



- Tav. 8:** Confronto tra i risultati ottenuti da due aree (riquadro 1 e 2 in bianco, a sinistra) mostrandoci una frequenza spaziale simile. A destra vengono riportate (a) le immagini in scala di grigio raccolte dal sistema DHSPI e (b) le relative immagini con le frange di interferenza a densità simile (linee arancioni). Infine, in c vengono riportate le mappature delle fratture e dei vuoti ricavati dall'elaborazione dei dati di interferenza. I cerchi rossi indicano distacchi vicini la superficie, quelli gialli indicano distacchi più profondi.
- Tav. 9:** Le aree indagate dalla termografia SIRT sono riportate in bianco nell'immagine della parete della sala del Capitolo. Ai lati, vengono riportate le immagini estratte dalla termocamera dopo un tempo di circa 3-5 minuti. Le temperature vanno da circa 20 a 24.5 °C (scala in falsi colori riportata a destra delle immagini termografiche).



Tav. 10: Panoramica dei punti esaminati con il sensore NMR. Sono stati acquisiti profili di profondità fino 15 mm per approfondire e indagare la stratigrafia del muro. Vengono riportati, inoltre, alcuni dei profili acquisiti in funzione del tempo di rilassamento (T2) e la profondità in millimetri.

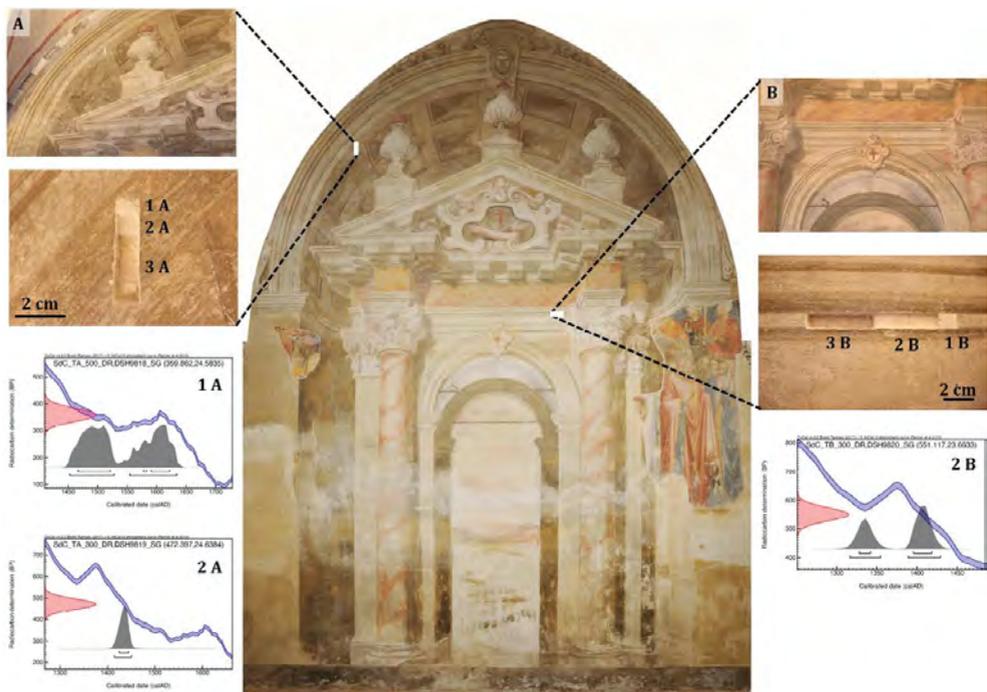


Tav. 11: Risultati combinati delle tecniche DHSPI, SIRT e NMR su una zona con affreschi trecenteschi visibili. I dettagli sono discussi nel testo.

Tav. 12: Risultati combinati delle tecniche DHSPI, SIRT e NMR su una zona con solo affresco seicentesco visibile. I dettagli sono discussi nel testo.



Tav. 13: Confronto tra le aree visibili del dipinto giottesco della sala del Capitolo (A, B) e quelle corrispondenti nel dipinto riminese. Le aree A e C sono state indagate mediante THz imaging. (D) stratigrafia THz dell'area nascosta dell'aureola presente nell'area A. (E) stratigrafia THz dell'area in prossimità del fregio centrale (area C), che mostra il profilo di un'aureola posizionata circa 2 cm sotto la superficie.



Tav. 14: Aree e punti di campionamento degli intonaci appartenenti allo strato superficiale (1A, 1B) e allo strato sottostante (2A, 2B). Il saggio è stato effettuato fino al substrato di laterizio (3A, 3B). Le datazioni con il metodo del radiocarbonio sono state effettuate sui campioni 1A, 2A, e 2B.