

## Sommario

1. ADAMO: diagnosi di un territorio, tra conservazione attiva, applicazioni tecnologiche e sviluppo sostenibile	2
2. Indagini multi-analitiche non distruttive dell'apparato pittorico della Villa della Piscina a Centocelle	4
3. Imaging IR per lo studio dell'icona di S. Maria in Cosmedin	6
4. Approccio multianalitico per lo studio dei fenomeni di degrado legati a oggetti di rame dorato del XVI-XVII secolo rinvenuti nel Tevere	8
5. Caratterizzazione degli effetti dell'irraggiamento con raggi X sul collagene di manufatti artistici mediante tecniche di microscopia avanzata	10
6. Il cantiere di restauro della Basilica di S. Nicola in Carcere: intervento di diagnostica non invasiva sui materiali dell'affresco e sugli agenti biotici responsabili del biodegrado	12
7. Indagini diagnostiche sui dipinti e sui busti di marmo antichi di Palazzo Chigi ad Ariccia	14
8. Modellistica matematica del danneggiamento chimico di superfici lapidee e degli effetti del consolidamento	16
9. Studio della tecnica di produzione e dei prodotti di degrado di cuoi dorati e dipinti provenienti da Palazzo Chigi di Ariccia	18
10. Verifica della stabilità di materiali innovativi per il restauro: il caso dei Tattoo Wall®	20
11. Rilievi delle infiltrazioni di umidità nell'abside della chiesa di San Nicola in Carcere durante i lavori di restauro	22
12. Attacchi biologici negli ambienti ipogei di Roma: il caso studio delle catacombe dei Santi Marcellino e Pietro	24
13. Uomini e ambienti del nostro passato come beni culturali. Casi-studio di bioarcheologia nel Lazio	26
14. Spettroscopia Raman Amplificata da Superfici per il rilevamento di coloranti antichi: un caso di studio e nuovi protocolli	28



## ADAMO: diagnosi di un territorio, tra conservazione attiva, applicazioni tecnologiche e sviluppo sostenibile

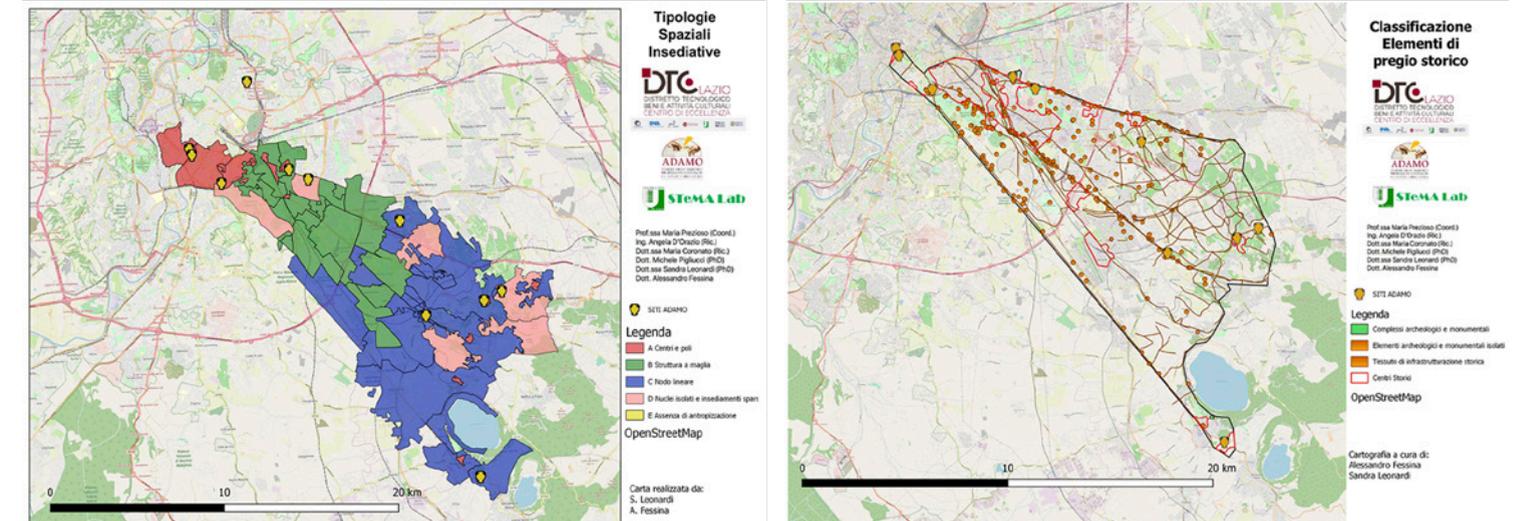
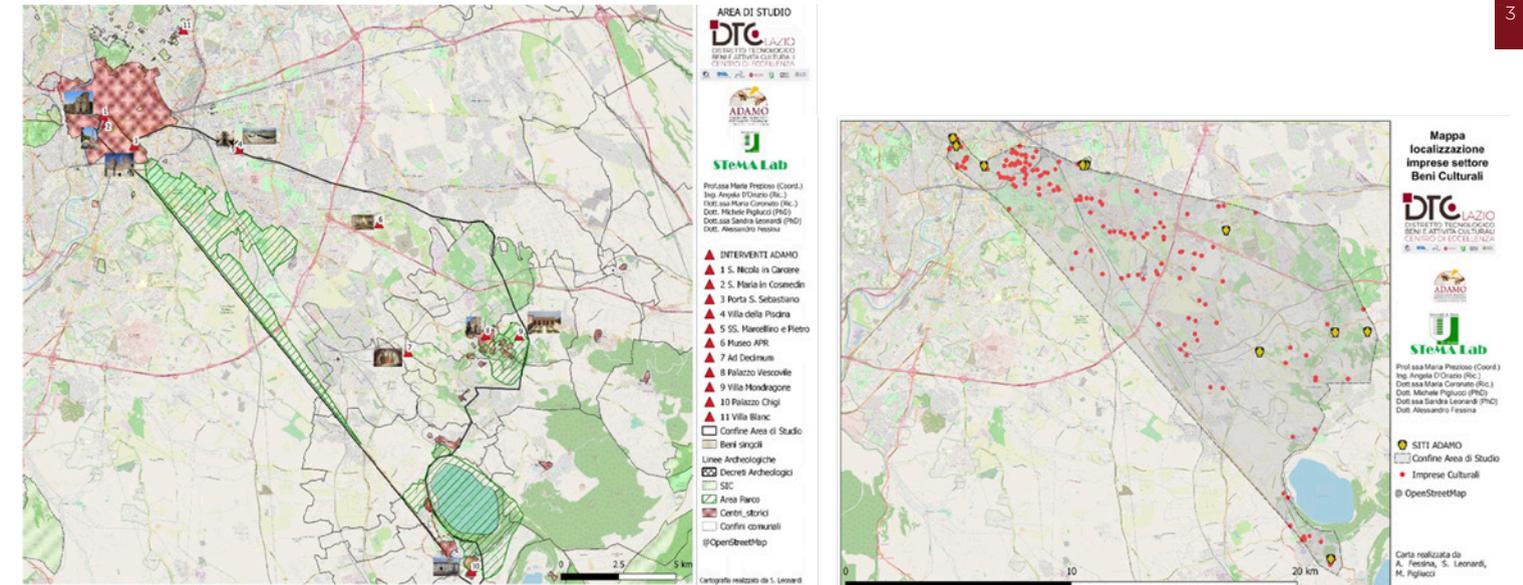
Alessandro Fessina, Sandra Leonardi, Michele Pigliucci, Maria Prezioso (Università di Roma "Tor Vergata")

Attraverso l'utilizzo della metodologia STeMA è stata individuata l'area entro la quale identificare i Beni Culturali a cui applicare tecniche e tecnologie innovative per il progetto Diagnostica e Monitoraggio per la conservazione, il restauro e la valorizzazione di beni culturali (ADAMO).

Scopo del lavoro è la predisposizione di uno scenario strategico di piano per la valorizzazione attiva del patrimonio culturale presente nell'area.

### Metodologia STeM Approach

- Costruzione del Quadro o Albero ambientale/territoriale, dove la conoscenza complessa è composta da 2 sub-sistemi (naturale ed economico-antropizzato) e 11 componenti;
- Trasformazione del Valore Territoriale Iniziale in carrying capacity, cioè in domanda di sviluppo;
- Costruzione del Quadro Programmatico, insieme di norme vigenti (europee, nazionali, regionali), offerte progettuali (policies, programmi, progetti), disponibilità finanziarie, vincoli, ecc;
- Redazione del Quadro Progettuale, insieme di azioni ed effetti legati a specifiche offerte progettuali mutate dal Quadro ambientale e da quello programmatico;
- Trasformazione dei tre Quadri in tre matrici che forniscono la base della Valutazione Territoriale Strategica (VTS) per la determinazione simulata del Valore Territoriale Finale e della coerenza tra domanda e offerta.



## Indagini multi-analitiche non distruttive dell'apparato pittorico della Villa della Piscina a Centocelle

Marco Sbroscia<sup>a</sup>, M. Cestelli Guidi<sup>b</sup>, F. Colao<sup>c</sup>, S. Falzone<sup>d</sup>, C. Gioia<sup>d</sup>, P. Gioia<sup>e</sup>, V. Lazic<sup>c</sup>, C. Marconi<sup>f,g</sup>, D. Mirabile Gattia<sup>h</sup>, E.M. Loreti<sup>e</sup>, M. Marinelli<sup>i</sup>, M. Missorì<sup>f</sup>, F. Persia<sup>j</sup>, L. Pronti<sup>b</sup>, M. Romani<sup>b</sup>, A. Sodo<sup>a</sup>, M. Vadrucchi<sup>c</sup>, G. Verona Rinati<sup>i</sup>, M.A. Ricci<sup>a</sup> and R. Fantoni<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Università degli Studi Roma Tre; <sup>b</sup>INFN-Frascati; <sup>c</sup>ENEA-Frascati; <sup>d</sup>Ricercatrice indipendente; <sup>e</sup>Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali; <sup>f</sup>Isc-CNR; <sup>g</sup>Università La Sapienza; <sup>h</sup>ENEA-Casaccia; <sup>i</sup>INFN-Tor Vergata

### Il sito

La Villa della Piscina è un grande complesso edilizio portato alla luce dalle indagini archeologiche preventive condotte dalla Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali di Roma tra il 1996 e il 1999 nel pianoro di Centocelle. La villa, le cui vicende edilizie si datano tra la media età repubblicana e il IV sec. d.C., in età imperiale, si caratterizzava per impianti che denotavano un notevole lusso: una grande piscina-vivaio per i pesci, situata a ridosso del limite nord-orientale del vasto giardino, e una piscina calda impiantata in un vano delle terme che occupavano la parte sud-orientale del complesso. In queste due aree si concentravano i materiali pittorici, rinvenuti tutti in stato frammentario e in giacitura secondaria, all'interno dei depositi di oblitterazione connessi alle trasformazioni edilizie della Villa.

### Indagini archeometriche

- L'approccio multi-analitico utilizzato in questo lavoro ha fornito dettagliate informazioni sui materiali impiegati ed ha gettando luce sulla tecnica esecutiva.
- Abbiamo evidenziato l'utilizzo di una tavolozza tipica per i dipinti romani, congruente con la datazione storica ed omogenea
- L'uso combinato di spettroscopia ed imaging ha evidenziato una maggior complessità realizzativa laddove i motivi decorativi risultano più raffinati, ad esempio l'utilizzo di grani di blu egizio diluiti nelle terre per dare brillantezza o per virarne la tonalità. È stato evidenziato inoltre l'utilizzo di una tecnica mista a fresco e a secco.
- Ipotesi di provenienza: per le terre rosse e gialle ipotizziamo approvvigionamento dalla cava del Monte Amiata (presenza di As nelle campiture ocra), per le terre verdi da Verona (osservata correlazione Cr/Fe), per il cinabro riteniamo poco probabile la stessa provenienza delle ocre (assenza di correlazione As/Fe), ipotizzando approvvigionamento dalla cava di Almadèn.
- L'impiego di sorgenti coerenti (LIF) e non coerenti di luce UV ha permesso di evidenziare la presenza di interventi di conservazione di queste opere.

Gruppo	Colore della campitura	Materiale
1	Bianco Rosso acceso Rosso scuro Giallo Blu Verde Nero	Calcite Cinabro Ematite e Magnetite (*) Goetite Blu Egizio Celadonite, Malachite Nero Fumo
2	Bianco Rosso acceso Rosso scuro Giallo Blu Verde Grigio Nero	Calcite e Dolomite Cinabro Ematite e Magnetite Goetite Blu Egizio Celadonite (*) Ocra Rossa e gialla, Blu Egizio e Nero Fumo Nero Fumo
3	Bianco Rosso acceso Rosso scuro Giallo Blu Verde Grigio Viola	Calcite e Dolomite (*) Cinabro Ematite e Magnetite Goetite (*) Blu Egizio Celadonite (*) Ocra gialla e Blu Egizio in miscela Ocra Rossa e gialla, Blu Egizio, Nero Fumo e Cinabro Cinabro, Blu Egizio e Celadonite
4	Bianco Rosso scuro Giallo Verde	Calcite Ematite e Magnetite Goetite Celadonite
5	Rosso scuro Giallo Blu/Verde	Ematite, Magnetite e Nero Fumo Ematite, Magnetite e Celadonite Goetite e Celadonite Blu Egizio e probabile Verde Egizio

Tabella 1: Tabella riassuntiva della tavolozza pittorica identificata per i diversi gruppi di frammenti.

### SETUP SPERIMENTALE

Analisi elementare: XRF, PIXE, EDS



Fasi cristalline: XRD



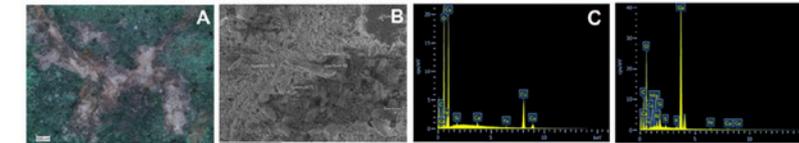
Analisi molecolare e compound: FORS, FT-IR e Raman

Morfologia: Microscopia ottica ed elettronica (SEM), LIBS (stratigrafia)

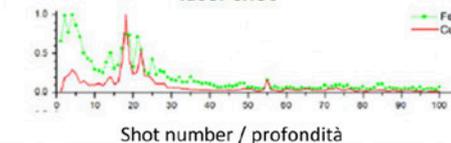
Analisi di fluorescenza: UV-digital camera e LIF



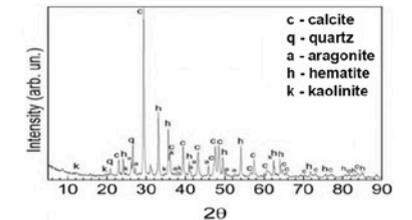
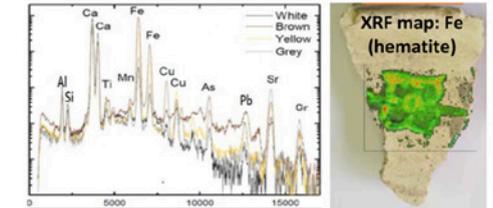
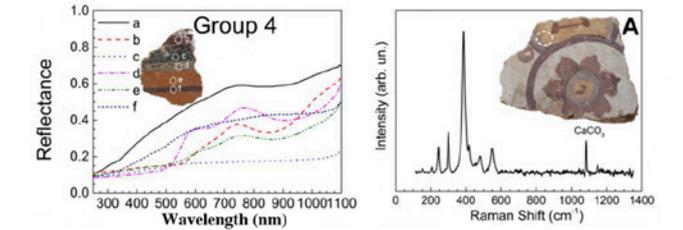
### INDAGINE MORFOLOGICA - TECNICA DI ESECUZIONE



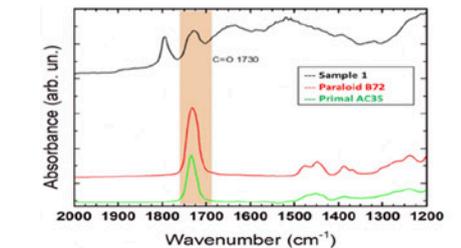
2 overlapped painted layers,  
1° layer collapsed at the 20th  
laser shot



### ANALISI ELEMENTALE E MOLECOLARE DEI PIGMENTI



### STUDIO DI TRATTAMENTI SUPERFICIALI



## Imaging IR per lo studio dell'icona di S. Maria in Cosmedin

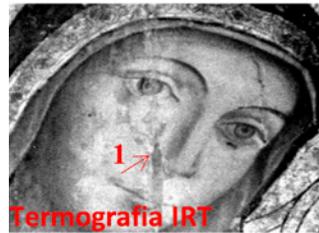
Ceccarelli S.<sup>1</sup>, Cicero C.<sup>1</sup>, Felici A.C.<sup>2</sup>, Mercuri F.<sup>1</sup>, Nuzzo M.<sup>3</sup>, Orazi N.<sup>1</sup>, Paoloni S.<sup>1</sup>, Zammit U.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Università degli Studi di Roma Tor Vergata, <sup>2</sup>Università degli Studi di Roma "La Sapienza", <sup>3</sup>Ministero per i Beni e le attività Culturali

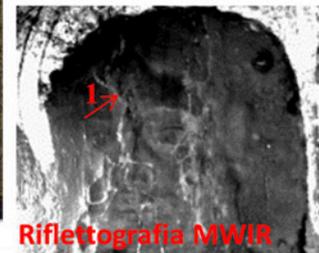
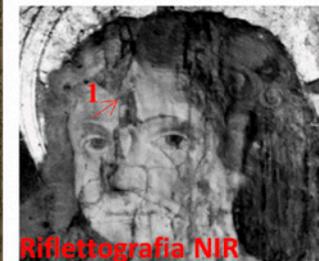
### L'opera

- Madonna Theotókos, Olio su tavola con fondo d'oro (datazione riconducibile al XV sec. con molti ritocchi e restauri).

#### la Madonna



#### il Bambino



### Scopi

Caratterizzazione dello stato di conservazione dell'opera e recupero degli elementi grafici e pittorici sotto dello strato visibile.

### Tecniche diagnostiche

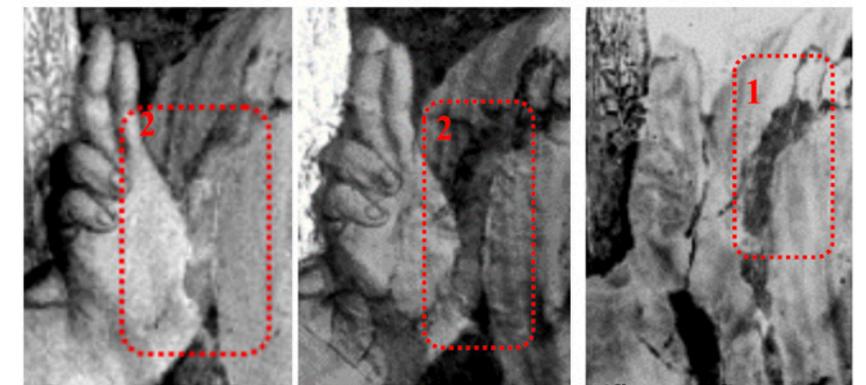
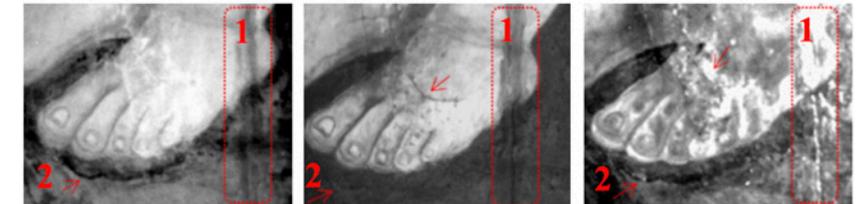
- Riflettografia NIR
- Riflettografia MIRR
- Termografia IRT

### Risultati

- Termografia IR impulsata : caratterizzazione delle disomogeneità e dei danni strutturali nel supporto ligneo (giunture e distacchi **1**), rivelazione di pentimenti (capelli, piedi e mano Bambino **2**)
- Riflettografia NIR: individuazione di danni ramificati sub-superficiali non visibili ad occhio nudo, recupero di tratti di disegno preparatorio e pentimenti (volto Madonna, mano e piedi Bambino **2**)
- Riflettografia MWIR: mappatura dei difetti strutturali del supporto ligneo (**1**), rivelazione di variazioni nell'apparato pittorico (capelli, mano e piedi Bambino, volto Madonna **2**).

Si ringrazia il Reverendo Padre Chihade Abboud ( Rettore della Basilica di Santa Maria in Cosmedin) e la restauratrice Francesca Matera

#### il Bambino



Termografia IRT

Riflettografia NIR

Riflettografia MWIR

## Approccio multianalitico per lo studio dei fenomeni di degrado legati a oggetti di rame dorato del XVI-XVII secolo rinvenuti nel Tevere

Valerio Graziani, Morena Iorio, Cristina Riccucci, Gabriella Di Carlo, Paolo Branchini, Luca Tortora  
Task 5.2: Sviluppo e validazione di materiali e metodi per la conservazione di bronzi antichi (task leader: Luca Tortora)

### Obiettivi

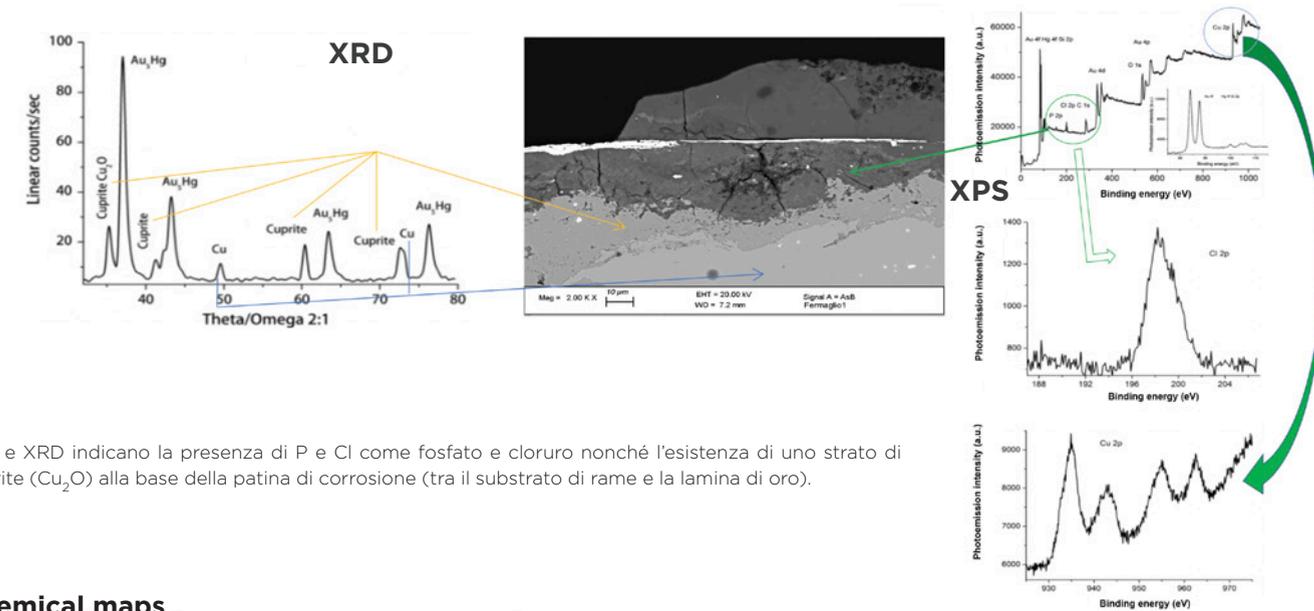
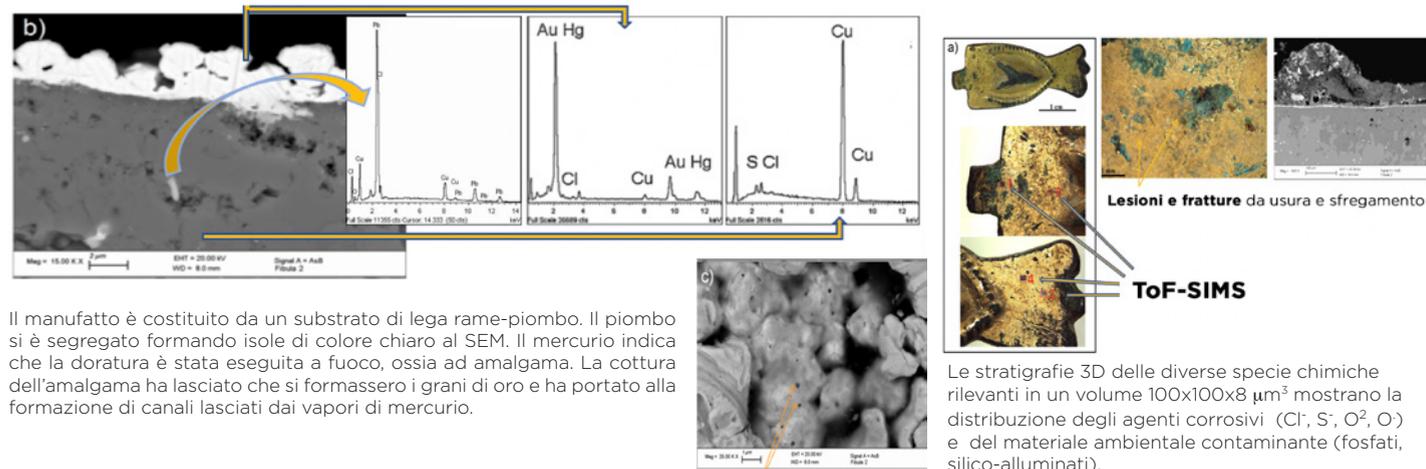
- Analisi ToF-SIMS, SEM-EDS, XRD, XPS per determinare la composizione del manufatto, dei composti di degrado e la stratigrafia della patina superficiale di corrosione.
- Applicazione di coatings attivi di chitosano per la conservazione di manufatti metallici.

### Risultati

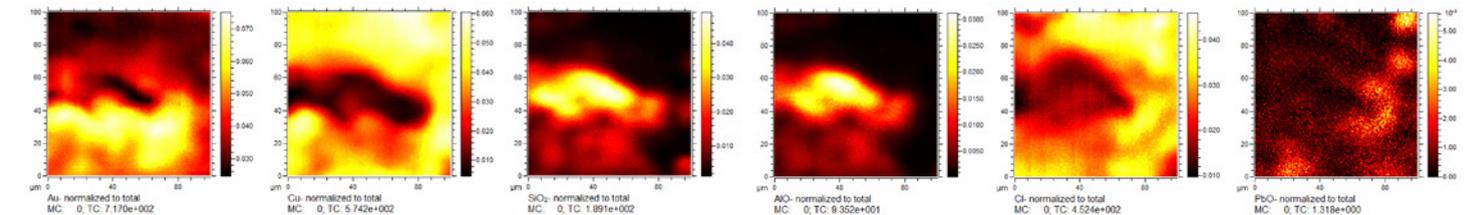
La superficie del manufatto è stata studiata al SEM. Sezioni lucide sono state studiate con SEM-EDS, XPS e XRD. Analisi ToF-SIMS sono state condotte localmente sul manufatto intero.

La penetrazione degli agenti aggressivi avviene attraverso due vie strutturali di accesso: micro lesioni occasionali della lamina dorata; nanocanali dovuti all'evaporazione del mercurio durante la doratura ad amalgama (visibili al SEM). Le informazioni raccolte, sia elementari che molecolari, hanno consentito la comprensione dei fenomeni di corrosione avvenuti al di sotto della copertura dorata e potenzialmente ancora riattivabili (corrosione ciclica o "tumore" del bronzo). È stata ottenuta una stratigrafia 3D accurata attraverso depth profiles e renders di ogni specie chimica rilevante con il ToF-SIMS, senza alcuna necessità di prelievo e sezionamento.

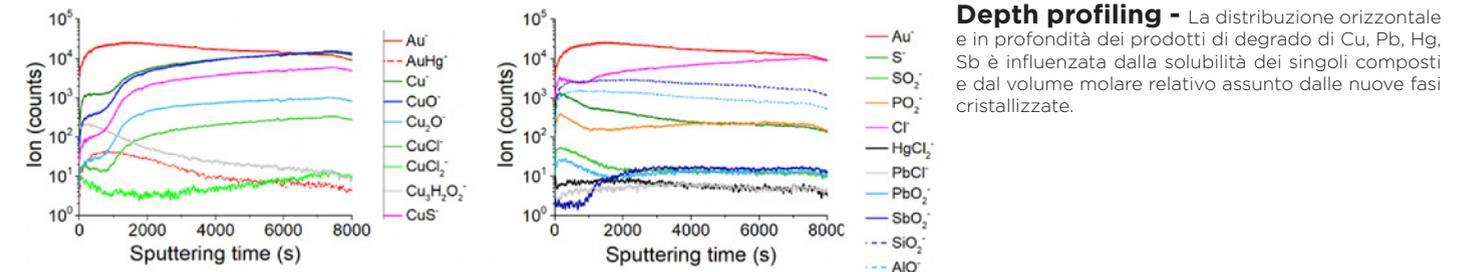
### SEM-EDS



### Chemical maps



Le mappe chimiche ottenute a livello della superficie mostrano nel dettaglio che la fessura ha dimensioni  $90 \times 20 \mu\text{m}^2$ .



## Caratterizzazione degli effetti dell'irraggiamento con raggi X sul collagene di manufatti artistici mediante tecniche di microscopia avanzata

C. Cicero<sup>a, b</sup>, G. De Bellis<sup>a, b</sup>, M. Vadrucchi<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Center for Nanotechnology applied to Engineering (CNIS), <sup>b</sup> Sapienza University of Rome, <sup>c</sup> ENEA (FSN-TECFIS-APAM)

**La pergamena e il cuoio nei beni culturali** - I manufatti a base di collagene come la pergamena e il cuoio, sono stati in passato frequentemente utilizzati come supporti scrittori, coperte librerie o parati. Tra questi si trovano anche prodotti di grande interesse storico artistico. Per la loro natura, possono essere soggetti a bio-deterioramento causato da vari microrganismi. I loro effetti sono spesso riconoscibili in alterazioni strutturali, variazioni di colore e perfino distacchi degli strati superficiali del supporto.

**Trattamento di disinfezione** - Al fine di inibire la crescita microbiologica è stato utilizzato un fascio di raggi X ad alta energia prodotto dalla sorgente REX (Removable Electrons to X rays). Il REX si basa su un acceleratore lineare di elettroni a 5 MeV in banda S, dotato di un convertitore di raggi X. La strumentazione può emettere radiazioni con intensità e fluensa modulabili per uno specifico scopo ed eseguire simultaneamente la dosimetria. Per questo lavoro è stato utilizzato un convertitore di tungsteno appositamente progettato per fornire una distribuzione uniforme dei raggi X su ampie aree di trattamento.



**Tecniche diagnostiche** - Al fine di caratterizzare gli effetti dell'irraggiamento sul collagene di pergamena e cuoio sono state impiegate due diverse tecniche di microscopia.

L'analisi microscopica è stata eseguita utilizzando un Microscopio elettronico a scansione a emissione di campo (FE-SEM) disponibile presso il laboratorio di Nanoscienze e Nanotecnologie della Sapienza su campioni di pergamena e cuoio rivestiti con un coating di Cr di 30 nm.

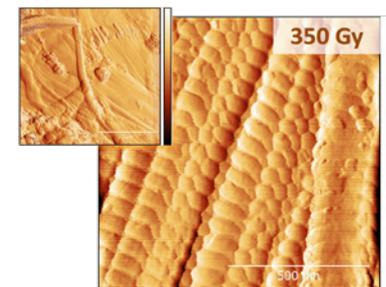
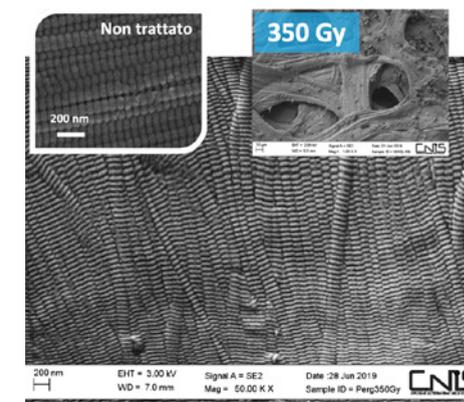
La quantificazione del danno superficiale è stata effettuata mediante Microscopi a Forza Atomica (AFM) Bruker utilizzando la modalità operativa cosiddetta "tapping". Gli strumenti sono stati equipaggiati con punte Bruker, con frequenza di risonanza di circa 300 kHz. Le acquisizioni sono state fatte su aree che vanno da 1 Qm a 10 Qm con una velocità di scansione di circa 0,5/1 Hz sul lato cosiddetto "carne" del foglio membranaceo. La possibilità di effettuare analisi su campioni senza la necessità di un particolare trattamento rendono la tecnica particolarmente utile nel campo della diagnostica per i beni culturali.

## Pergamena

Dalle immagini SEM ottenute sul campione irraggiato con una dose di 1000 Gy, risulta chiaramente visibile come la struttura fibrillare ordinata, tipica di questi campioni, sia fortemente danneggiata. Le fibrille mostrano dimensioni alterate, frammentazione, biforcazioni, aree di srotolamento parziale e gelatinizzazione, caratteristiche disomogeneità che rivelano gli effetti del deterioramento indotto dalla radiazione.

## Analisi SEM

Le immagini SEM, ottenute sul campione non trattato (lato carne) a basso ingrandimento, mostrano la tipica rete fibrillare ordinata caratteristica di una pergamena in buono stato di conservazione. Le fibrille, raggruppate in fasci, non mostrano alcuna discontinuità o aree gelatinizzate ed è chiaramente visibile, ad alti ingrandimenti, la tipica struttura periodica della fibrilla. Una struttura fibrillare ordinata e ben conservata è chiaramente riconoscibile nel campione irraggiato a 350 Gy per il quale è identificabile un networking fibrillare del tutto simile a quello del campione non trattato.



## Analisi AFM

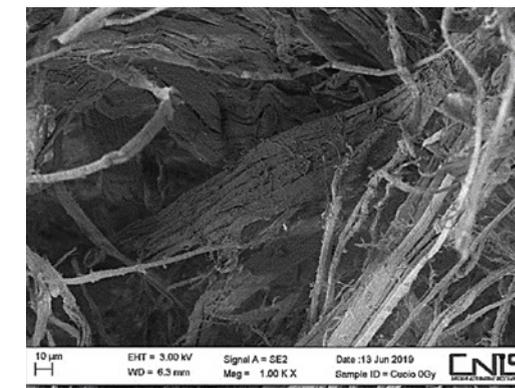
Le immagini topografiche registrate tramite AFM mostrano le condizioni di conservazione della struttura fibrillare del collagene dopo essere stata trattata con i raggi X. In particolare risulta visibile come la tipica periodicità anulare lungo la fibrilla, il cosiddetto periodo D, venga mantenuta fino a dosi di irraggiamento di 350 Gy.



## Cuoio - Analisi SEM

Le micrografie SEM del campione non irraggiato mostrano una rete di fibre intatte del collagene. Sulla superficie dello stesso possono essere riconosciuti fasci di fibre lunghi e ordinati che rivelano discrete condizioni di conservazione del manufatto. Lievi differenze sono visibili nel campione trattato con una dose di 1000 Gy dove si riconoscono alcune fibre con una struttura deteriorata. Alla dose di 5000 Gy è visibile invece una morfologia superficiale deteriorata con la totale assenza della tipica rete fibrillare e la presenza di aree di gelatinizzazione con il tipico aspetto di "fusione" delle fibre.

a sinistra : Frammento di cuoio decorato utilizzato come parato nelle stanze di Palazzo Chigi ad Ariccia (Roma)



## Il cantiere di restauro della Basilica di S. Nicola in Carcere: intervento di diagnostica non invasiva sui materiali dell'affresco e sugli agenti biotici responsabili del biodegrado

M. Romani<sup>1</sup>, A. Grotoli<sup>2</sup>, A. Acconci<sup>3</sup>, M. Beccaccioli<sup>2</sup>, G. Bonifazi<sup>2</sup>, G. Capobianco<sup>2</sup>, M. Ciaffi<sup>4</sup>, M. Cestelli-Guidi<sup>1</sup>, F. Colao<sup>4</sup>, R. Fantoni<sup>4</sup>, A. C. Felici<sup>2</sup>, M. Francucci<sup>4</sup>, M. Guarneri<sup>4</sup>, M. Mangano<sup>6</sup>, M. Marinelli<sup>5</sup>, L. Pronti<sup>1</sup>, A. Puiu<sup>4</sup>, D. Uccelletti<sup>2</sup>, M. Reverberi<sup>2</sup>, M. L. Santarelli<sup>2</sup>, C. Seccaroni<sup>4</sup>, S. Serranti<sup>2</sup>, A. Tognacci<sup>4</sup>, M. Vendittelli<sup>2</sup>, G. Verona-Rinati<sup>5</sup>

Il lavoro è stato svolto in collaborazione tra i ricercatori di <sup>1</sup>INFN-LNF, <sup>2</sup>Università La Sapienza di Roma, <sup>4</sup>ENEA, <sup>5</sup>INFN-RM2, la <sup>3</sup>Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Roma e la ditta di restauro <sup>6</sup>EURESARTE s.r.l., Restauro e conservazione di opere d'arte.

### Identificazione dei materiali pittorici dell'affresco di Vincenzo Pasqualoni.

Uno studio multidisciplinare per l'identificazione dei materiali pittorici (pigmenti, leganti e consolidanti) dell'affresco absidale della Basilica di S. Nicola in Carcere a Roma, uno dei siti del progetto ADAMO.

L'identificazione dei materiali è stata ottenuta mediante l'uso di tecniche spettroscopiche complementari, quali: Riflettanza UV-VIS-NIR, Imaging Multispettrale, XRF, Raman, spettroscopia di fluorescenza risolta in tempo (TG-LIF), e spettroscopia FT-IR.

Realizzazione del modello 3D ad alta risoluzione ottenuto attraverso il sistema RGB-ITIR.

### Identificazione degli agenti biotici responsabili del biodegrado

Identificazione delle specie batteriche trovate mediante sequenziamento con tecnologia Oxford Nanopore Technology di frammenti di PCR. Una pipeline bioinformatica, in grado di effettuare un'analisi tassonomica mediante BLAST, è stata sviluppata al fine di identificare, per ogni singola read, la specie appartenente e quindi caratterizzare il microbioma presente nel campione analizzato. Nel grafico a torta sono rappresentate le percentuali delle sette specie più abbondanti trovate.

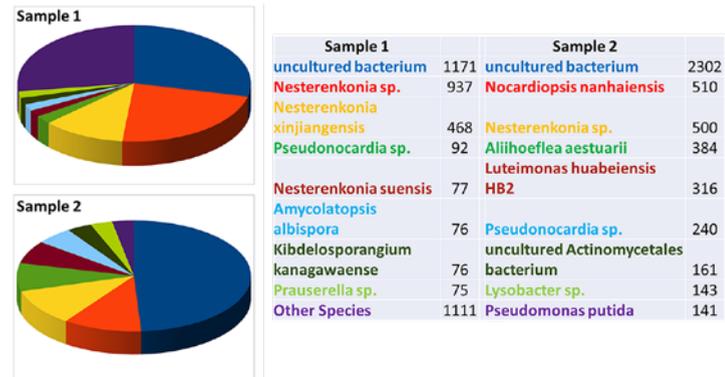


Grafico a torta (pie chart rappresentante le specie batteriche, divise in abbondanza per numero di reads) trovate mediante la pipeline ALISIA in due campioni prelevati dalla parte dell'ipogeo di San Nicola in carcere.



Rappresentazione del modello 3D ad alta risoluzione ottenuto mediante il sistema RGB-ITR realizzato dall'ENEA di Frascati.



Esempio delle aree d'analisi scelte sull'affresco absidale di Vincenzo Pasqualoni



Riflettografia infrarossa di un particolare dell'affresco absidale analizzato

## Indagini diagnostiche sui dipinti e sui busti di marmo antichi di Palazzo Chigi ad Ariccia

M. F. Caso<sup>1</sup>, L. Pronti<sup>2</sup>, L. Caneve<sup>1</sup>, S. Ceccarelli<sup>3</sup>, M. Cestelli Guidi<sup>1</sup>, M. Colapietro<sup>4</sup>, M. Marinelli<sup>5</sup>, F. Mercuri<sup>3</sup>, N. Orazi<sup>3</sup>, S. Paoloni<sup>3</sup>, A. Pifferi<sup>4</sup>, A. Puiu<sup>1</sup>, G. Verona Rinati<sup>5</sup>, M. Romani<sup>2</sup>, V. Spizzichino<sup>1</sup>, O. Tarquini<sup>4</sup>, U. Zammit<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ENEA, <sup>2</sup>INFN-LNF, <sup>3</sup>RM2, <sup>4</sup>IC-CNR, <sup>5</sup>INFN-RM2

### Le opere analizzate e i metodi di indagine

**I Busti** - Tre busti cardinalizi di marmo grigio della scuola del Bernini (1) analizzati con Raman e fluorescenza indotta da laser (1<sup>A</sup> rapporti delle intensità di emissione 376/480), con i sistemi Forlab e puntuale.

**Esito delle analisi** - Integrando i dati di fluorescenza e Raman e per confronto con campioni di riferimento sono stati individuati cera d'api, un olio vegetale (lino o papavero) sull'intera superficie e un pigmento nero responsabile dell'effetto chiaroscuro. In corrispondenza di alcune aree i risultati ottenuti sembrerebbero anche suggerire la presenza di protettivi acrilici (1<sup>A</sup>).



**Le Tele** - Due tele secentesche: "Ebrezza di Noè" di Andrea Sacchi (2) e "Ritratto di Mario dei Fiori" di Mario Nuzzi/Giovanni Maria Morandi (3), su cui si sono ricercati eventuali pentimenti e individuati i pigmenti con misure di: riflettografia nell'infrarosso (NIR, SWIR, MWIR), termografia, XRF e Radiografia.

**Esito delle analisi** - L'«Ebbrezza di Noè» di Andrea Sacchi ha mostrato diversi pentimenti che riguardano le posizioni dei volti, le posizioni degli arti dei personaggi. In Figura 2 è mostrato un dettaglio del dipinto «Ebbrezza di Noè» (a sinistra) e riflettografia NIR (a destra). Dove è possibile apprezzare un pentimento/ripensamento dell'artista. Nello specifico la freccia rossa indica un pentimento relativo alla posizione del braccio di Noè. Per quanto riguarda il ritratto di Mario dei Fiori, le indagini diagnostiche hanno messo in evidenza la presenza di pentimenti in alcune aree dello sfondo e nella capigliatura. A titolo esemplificativo in Figura 3 è mostrato un dettaglio del dipinto, dove nel riquadro rosso è possibile osservare un dettaglio sulla tecnica di esecuzione del fiore.



Figura 2: Dettaglio del dipinto «Ebbrezza di Noè» (a sinistra) e riflettografia NIR (a destra). La freccia rossa indica un pentimento relativo alla posizione del braccio di Noè.



Figura 3: Dettaglio del dipinto «Ritratto di Mario dei Fiori» (a sinistra) e riflettografia NIR (a destra). Il riquadro rosso mette in evidenza un dettaglio sulla tecnica di esecuzione del fiore.

## Modellistica matematica del danneggiamento chimico di superfici lapidee e del trattamento con inibitori di cristallizzazione

G. Bretti, R. Natalini (Istituto per le Applicazioni del Calcolo-CNR), M. P. Bracciale, M.L. Santarelli, M. Sharbaf (Dipartimento di Ingegneria Chimica Materiali Ambiente e CISTeC-Centro di Ricerca Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico-Architettonico, Sapienza)

### Inibitori di cristallizzazione: come spiegare dati sperimentali attraverso modelli matematici

In questo lavoro viene proposto un modello matematico monodimensionale per descrivere il processo di cristallizzazione di sali disciolti in acqua all'interno di un mezzo poroso (in questo caso il mattone). Partendo da tale modello è stato sviluppato un simulatore numerico che consente di descrivere gli effetti della penetrazione del sale all'interno dei mezzi porosi e di prevedere gli effetti dell'applicazione di inibitori di cristallizzazione. Una delle tecniche più usate dagli specialisti per ridurre gli effetti della cristallizzazione è il trattamento dei mattoni con inibitori della cristallizzazione, si vedano le immagini in Figura 1. In particolare, l'effetto dell'inibitore è di ridurre la pressione associata alla crescita del cristallo mantenendola sotto il modulo di rottura del mattone e inibisce la subflorescenza, trasportando i cristalli verso l'esterno. Il modello prevede due parametri fondamentali: il coefficiente di cristallizzazione salina  $K_s$  ed il volume specifico dei cristalli. Il valore di tali parametri è stato determinato attraverso la calibrazione del modello su dati sperimentali sia nel caso del mattone trattato con un tipo di inibitore (TRATTATO - PC) che nel caso del mattone non trattato (NON TRATTATO - NT), si vedano le immagini dell'esperimento riportate in Figura 2 (a sinistra).

Le equazioni del modello sono le seguenti:

$$\partial_t \theta = \partial_z \left( \left( \frac{n}{n_0} \right)^2 \partial_z B \left( \frac{\theta}{n} \right) \right) - K_T \theta \mathcal{H}_\epsilon(\theta) \quad \text{trasporto di acqua}$$

$$\partial_t(\theta c) = \partial_z \left( c \left( \frac{n}{n_0} \right)^2 \partial_z B \left( \frac{\theta}{n} \right) + \theta D \partial_z c \right) - \partial_t(c_s) \quad \text{trasporto/diffusione dei sali disciolti}$$

$$\partial_t(c_s) = K_s c (n - \theta)^2 + \bar{K}(c - \bar{c})_+ \theta \quad \text{formazione di cristalli}$$

$$n = n_0 - \gamma c_s \quad \text{riduzione della porosità}$$

### Risultato:

	Non trattato	Trattato
$K_s$	$4.1 \cdot 10^{-5} s^{-1}$	$6 \cdot 10^{-5} s^{-1}$
$\gamma$	$0.6 \text{ cm}^3 g^{-1}$	$0.53 \text{ cm}^3 g^{-1}$

**Conclusioni:** il modello matematico descrive le principali caratteristiche dell'azione dell'inibitore: favorire l'efflorescenza e ridurre il volume occupato dai cristalli di sale. Come ci si aspetta, la velocità di cristallizzazione risulta più alta nei mattoni trattati, il che comporta per il materiale trattato la formazione di una maggiore quantità di cristalli (si osservino le immagini in Fig.2 (a destra)), ma di volume inferiore, come descritto dai parametri riportati nella Tabella qui sopra.



Fig. 1: sala di Apollo a Castel S. Angelo. Presenza di sali (a sinistra), trattamento sulla decorazione rossa.

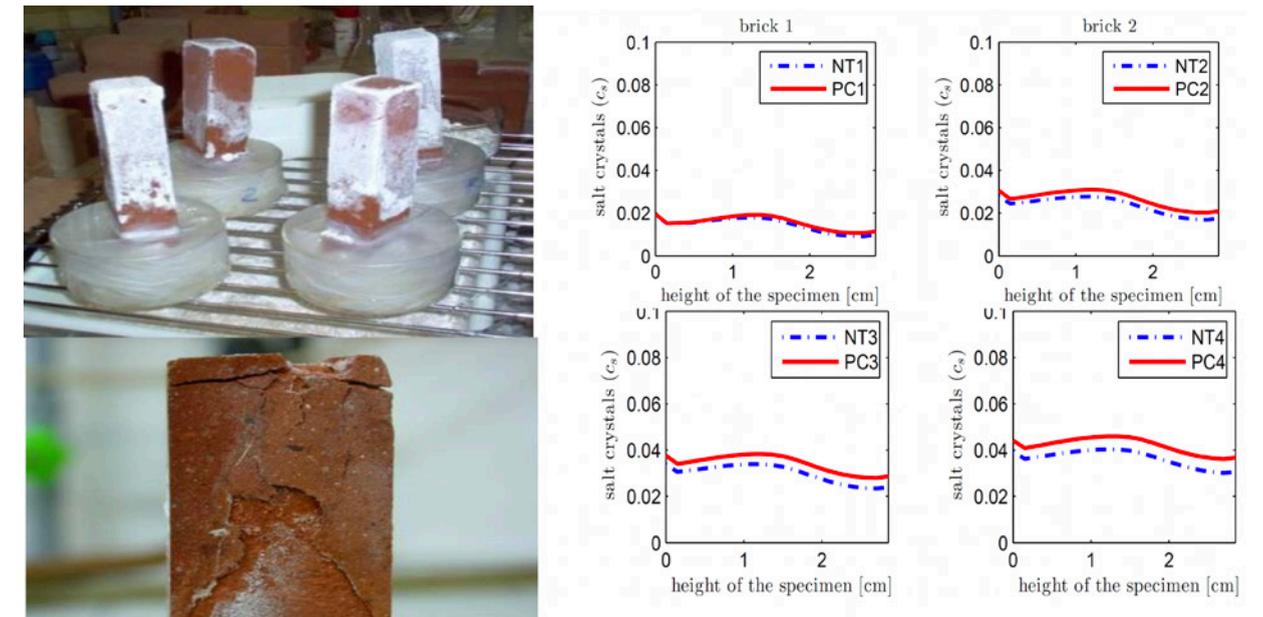


Fig. 2: A sinistra (in alto) esperimento in laboratorio su mattone comune trattato e non trattato immerso in soluzione salina e diviso in 4 pezzi; (in basso) segni di danneggiamento causati dalla cristallizzazione. A destra: grafici ottenuti col simulatore basato sul modello matematico che descrive la concentrazione di cristalli di sali sui quattro mattoncini trattati e non trattati.

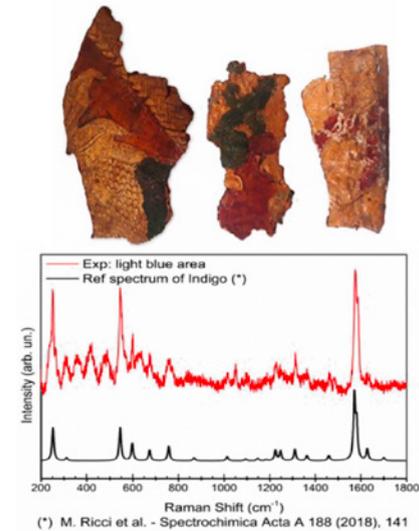
## Studio della tecnica di produzione e dei prodotti di degrado di cuoi dorati e dipinti provenienti da Palazzo Chigi di Ariccia

Nell'ambito del progetto ADAMO sono stati studiati diversi frammenti di parati in cuoio dorato e dipinto del XVII secolo provenienti da Palazzo Chigi di Ariccia ( mediante un approccio multianalitico prevalentemente non invasivo. Lo studio ha permesso di ottenere informazioni sui materiali costitutivi (supporto in cuoio, foglia d'argento, vernice dorata e strati dipinti) sulla tecnica di produzione e sullo presenza di prodotti di degrado. Le informazioni ottenute sono di grande importanza per pianificare futuri interventi di restauro e conservazione.

### Spettroscopia Raman

M. Sbroscia A. Sodo M. Ricci  
Università degli Studi "RomaTre"

Materiale: supporto in cuoio

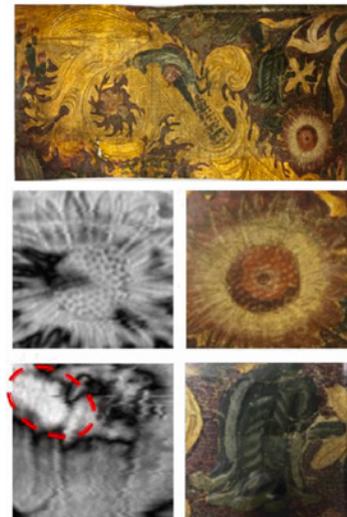


Le analisi hanno confermato la presenza di argento e indaco (aree blu).

### THz imaging

E.Giovenale  
ENEA

Materiale: foglia d'argento

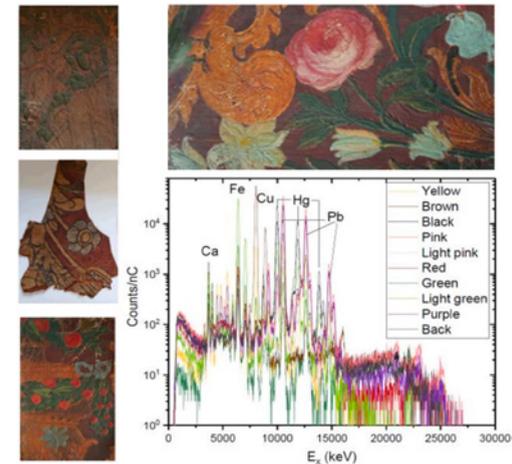


Layer subsuperficiale : strato di doratura ricoperto con uno strato pittorico.

### Spettroscopia PIXE

M. Vadrucchi (ENEA), M. Chiari, B. Sorrentino (INFN)

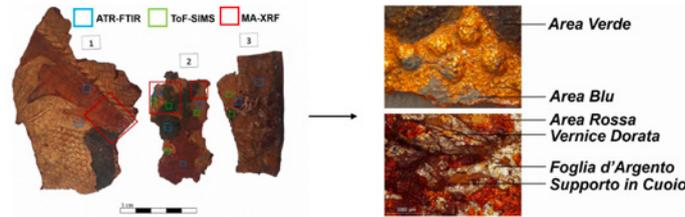
Materiale: vernice dorata e strati dipinti



Decorazioni floreali: pigmenti a base di Hg, Pb, Cu e Fe

## Microscopie e altre tecniche spettroscopiche

M. Iorio, V. Graziani, S.Lins, S. Ridolfi, P. Branchini, A. Fabbri, G.Ingo, G. Di Carlo e L.Tortora



**Supporto in cuoio e foglia d'argento:** ioni  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{CaOH}^+$ ,  $\text{FeSO}_4^-$  e  $\text{FeSO}_5\text{H}^-$  (processo di conciatura), ioni  $\text{Ag}^+$  e cluster di ossidi, cloruri e solfuri d'argento (prodotti di degrado), ioni  $\text{CN}^-$ ,  $\text{P}^-$ ,  $\text{CNO}^-$ ,  $\text{PO}^-$ ,  $\text{PO}_2^-$  e  $\text{PO}_3^-$  (prodotti proteici).

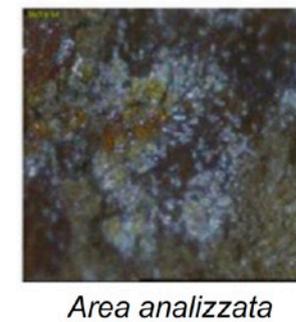
**Vernice dorata:**  $\text{Pb}^+$  e  $\text{PbOH}^+$  (siccativo e/o pigmento inorganico), acidi grassi (olio di lino e aloe).

**Area blu:**  $\text{Pb}^+$  ossidi e idrossidi di  $\text{Pb}$ ,  $\text{C}_{16}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O}_2$ ,  $\text{C}_{16}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O}^+$  (indaco su biacca), acidi grassi saponi di piombo (prodotti di degrado), colofonia.

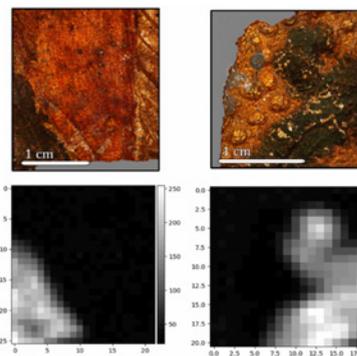
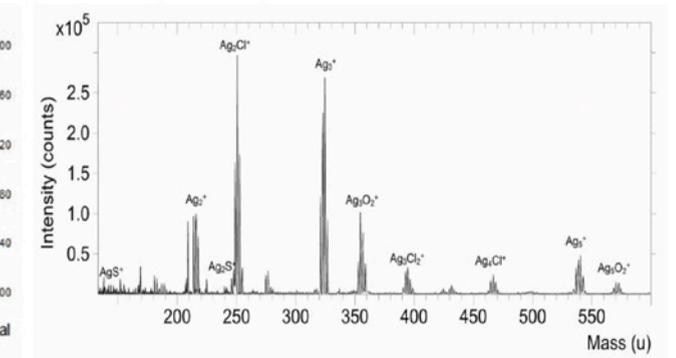
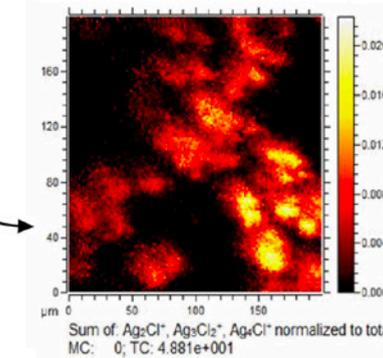
**Area verdi:**  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{CHO}_2^-$ ,  $\text{CuOH}^-$  (pigmento verde a base di rame).

**Area rosse:** composizione simile alle aree corrispondenti alla vernice dorata.

### ToF SIMS



Area analizzata



### MA-XRF

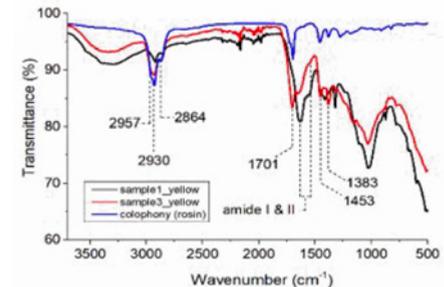
**Supporto in cuoio:** Ca e Fe

**Vernice dorata:** Pb

**Area blu:** Pb

**Area verdi:** Cu

### ATR-FTIR



**Vernice dorata:** oli, proteine, colofonia.

**Area blu:** biacca, proteine.

**Area verdi:** verdigris ossalati di rame (prodotti di degrado).

**Area rosse:** composizione simile alle aree corrispondenti alla vernice dorata.

# Verifica della stabilità di materiali innovativi per il restauro: il caso dei Tattoo Wall®

Claudia Pelosi, Luca Lanteri, Giorgia Agresti, Antonella Veneri - Università degli Studi della Tuscia, Dipartimento DEIM  
Giuseppe Bonifazi, Silvia Serranti, Giuseppe Capobianco - Sapienza Università di Roma, Dipartimento DICMA

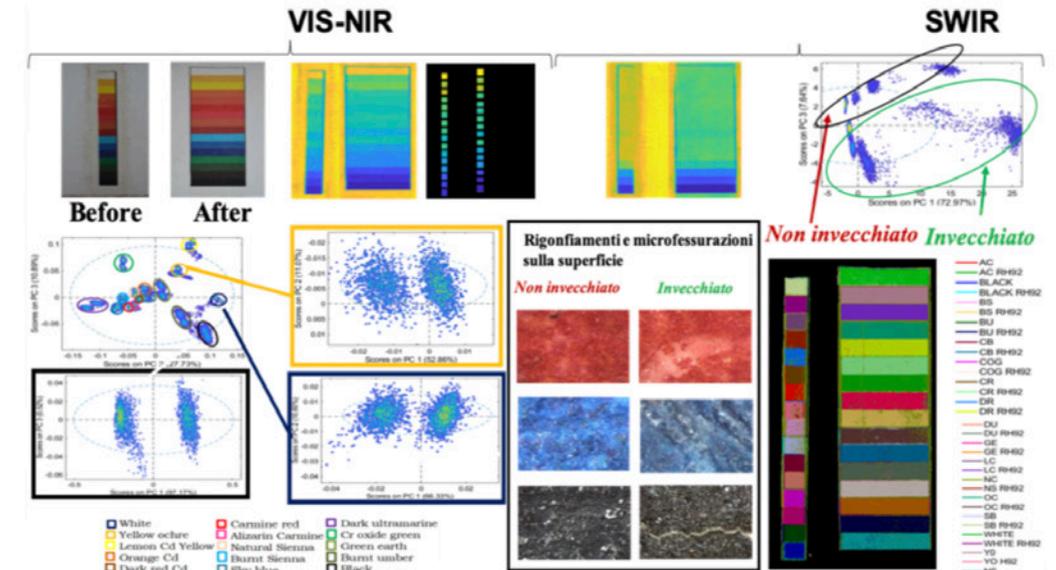
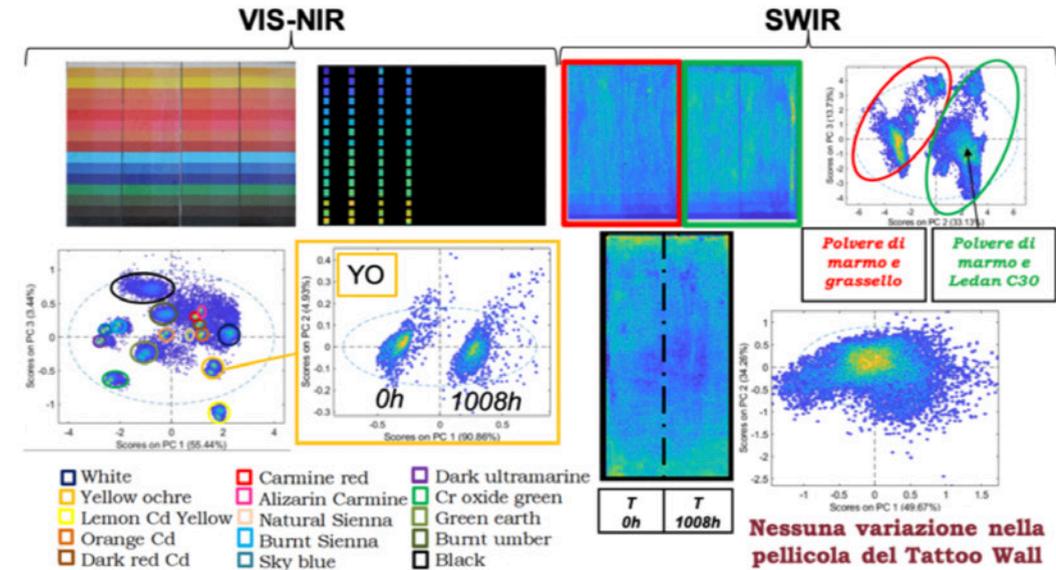
## Materiali e metodi

- Realizzazione di alcuni campioni con supporti e malte differenti e applicazione della stampa realizzata dalla Graphic Report.
- Applicazione di differenti protettivi e nanoprotettivi.
- Un provino è stato invecchiato per un totale di 1008 ore in Solar Box a 55 °C e 550 W/m<sup>2</sup>, filtro UV a 280 nm. Un altro provino è stato invecchiato ad UR controllata e pari a 92% per due anni (96 settimane).
- Prima e dopo l'invecchiamento artificiale in Solar Box e in camera ad elevata umidità relativa, è stato misurato il colore ed è stata eseguita l'acquisizione tramite HSI.



## Risultati

Dalle elaborazioni dei dati relativi al colore e all'iperspettrale, è stato riscontrato che i Tattoo Wall, soprattutto quelli invecchiati ad elevata umidità relativa, risultano abbastanza stabili. In alcuni casi, sono state evidenziate alcune fessurazioni e rigonfiamenti. Nel caso del provino invecchiato in Solar Box, tutti i colori subiscono variazione tranne il bianco e il nero. Nello SWIR si osservano delle differenze legate alle diverse malte del supporto. Tuttavia, esaminando individualmente i diversi colori, non sembrano esserci variazioni tra il campione invecchiato e quello non invecchiato. Questo risultato sembrerebbe indicare che il primer e il protettivo non variano in maniera significativa a seguito dell'invecchiamento in Solar Box.



# Rilievi delle infiltrazioni di umidità nell'abside della chiesa di San Nicola in Carcere durante i lavori di restauro

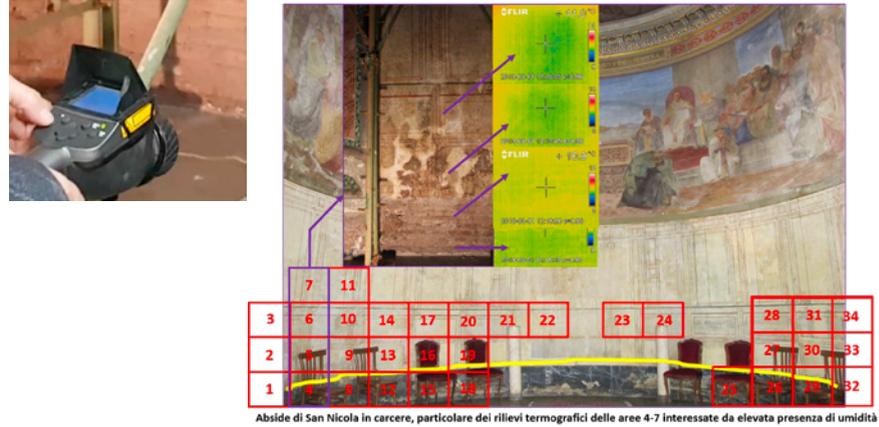
P. Calicchia, F. Colao, S. De Simone, D. Capitani, V. Di Tullio, L. Luvidi, F. Prestileo, M. Romani, A. Tati, N. Proietti

## Il Sito

Nell'ambito del Progetto ADAMO è stata condotta una campagna di misure per la valutazione di infiltrazioni di umidità nell'abside di S.Nicola in Carcere utilizzando un approccio multidisciplinare con tecniche non invasive. Le indagini impiegate in questo studio sono state: termografia IR, NMR portatile, indagini acustiche, termografia sonora, misure TG-LIF (fluorescenza indotta da Laser).

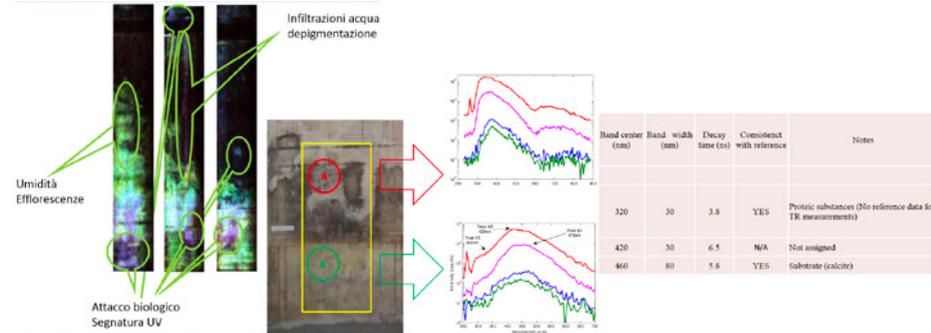
## Termografia ad Infrarossi

La termografia a infrarossi (IRT) è stata utilizzata per mappare sulle superfici del catino absidale la distribuzione dell'umidità superficiale e confermare o identificare aree con contenuto d'acqua anomalo che può dar luogo a fenomeni di degrado.



## Analisi di biodegrado

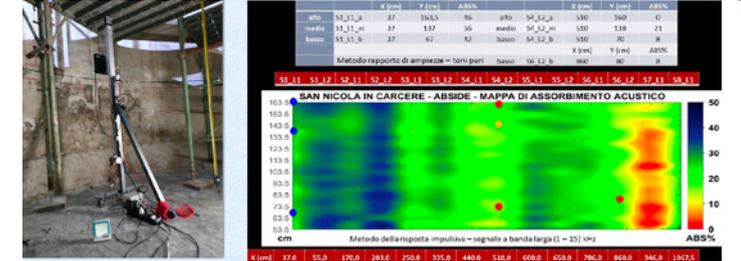
Misure TG-LIF con identificazione di attacco biologico, infiltrazioni d'acqua e efflorescenze saline. La tecnologia diagnostica utilizzata è basata sulla misura delle caratteristiche spettrali e temporali della autofluorescenza indotta da laser che consente la determinazione sia dei materiali usati che la detezione precoce di deterioramento per cause biologiche e non biologiche.



## Misure di assorbimento acustico in riflessione

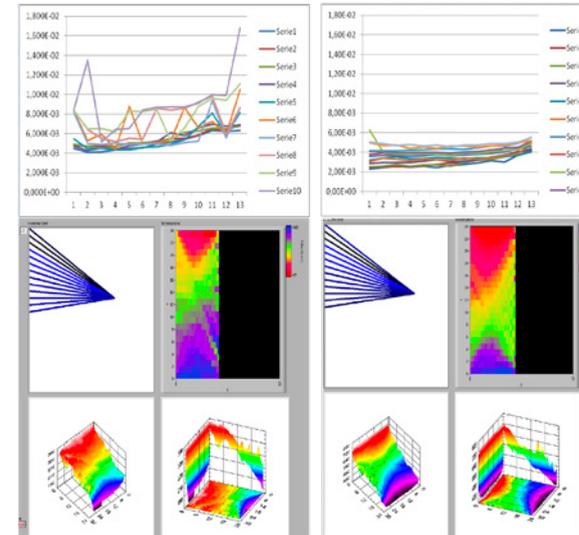
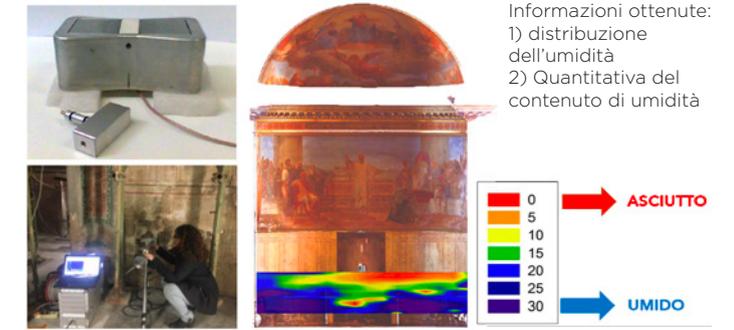
Il sistema di controllo e acquisizione rileva il segnale dell'onda sonora diretta e dell'onda riflessa dalla superficie e lo elabora per estrarre l'informazione sull'assorbimento acustico.

- muratura umida valori di assorbimento acustico ABS% elevato;
- zone asciutte valori di assorbimento acustico ABS% bassi.



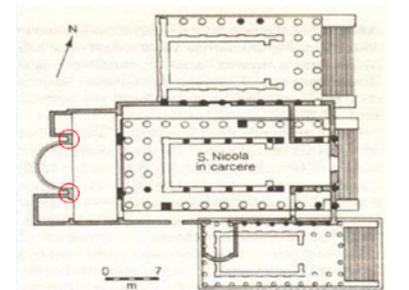
## Analisi con Risonanza Magnetica Portatile

- La distribuzione dell'umidità è risultata maggiore ai lati dell'abside mentre il livello dell'umidità cala nella parte centrale. Buon accordo con le misure termografiche
- I livelli di umidità rilevati sono piuttosto elevati raggiungendo nelle zone identificate con il colore blu livelli di umidità paragonabili alla saturazione della muratura.



## Termografia sonora

Tempi di transito in sec delle onde soniche alle diverse altezze in cm dei pilastri. Il pilastro di sx ha tempi più alti di quello di dx ed è quindi maggiormente degradato. In viola velocità maggiori, In rosso velocità minori.



Alle indagini diagnostiche presso il sito di S. Nicola in Carcere hanno preso parte ricercatori di ENEA, INFN, CNR, attraverso una collaborazione con la Dott.ssa Acconci (Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Roma) e il restauratore Marco Mangano (EURESARTE s.r.l., Restauro e conservazione di opere d'arte) che ha curato l'intervento di restauro.

# Attacchi biologici negli ambienti ipogei di Roma: il caso studio delle catacombe dei Santi Marcellino e Pietro

Laura Bruno<sup>a</sup>, Lorenza Rugnini<sup>a</sup>, Antonella Canini<sup>a</sup>, Valeria Spizzichino<sup>b</sup>, Luisa Caneve<sup>b</sup>, Neil Ellwood<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> Laboratorio di Biologia delle Alghe, Dipartimento di Biologia, <sup>c</sup> Università degli Studi di Roma Tor Vergata.

<sup>b</sup> ENEA - Laboratorio di Diagnostica e Metrologia, Centro di Ricerche di Frascati.

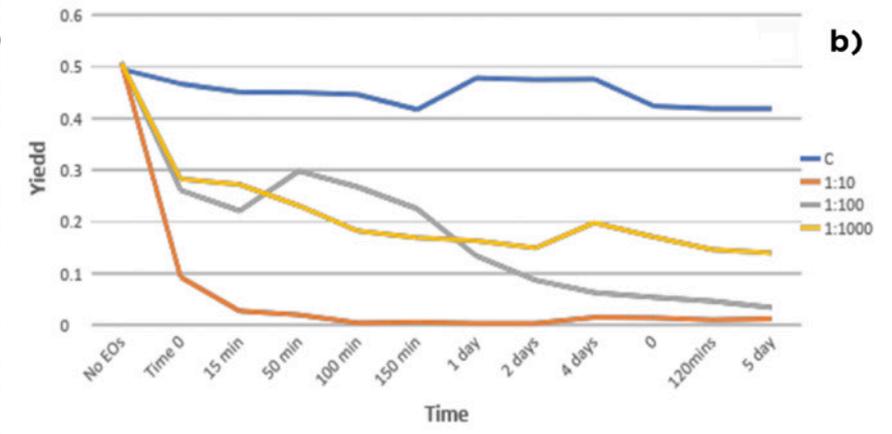
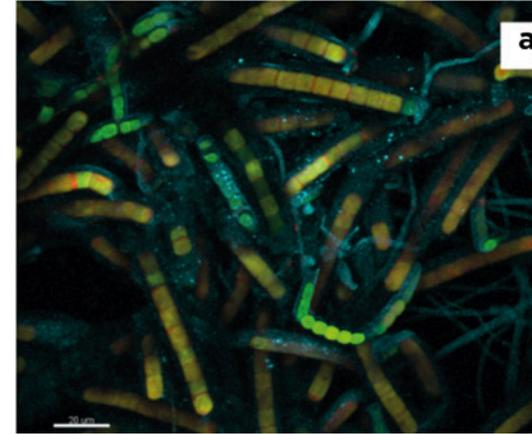
<sup>c</sup> Dipartimento di Scienze, Università di Roma Tre.

La caratterizzazione dei microorganismi fototrofi che crescono sulle superfici in pietra delle Catacombe dei Santi Marcellino e Pietro è stata effettuata per studiare la comunità presente in questo sito e la somiglianza con altre catacombe romane precedentemente studiate. Inoltre, sono state testate nuove strategie non invasive per ridurre la crescita di questi biofilm, mediante l'impiego di biocidi naturali.

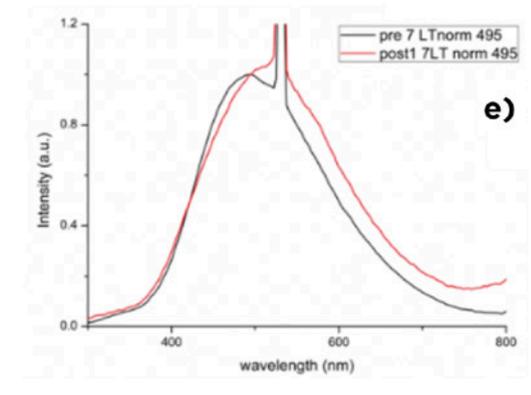
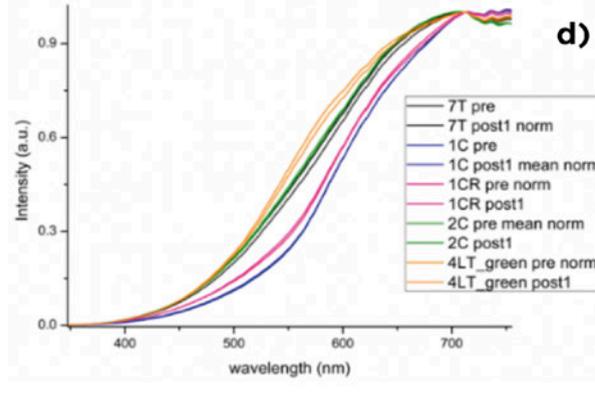
**Microorganismi** - I microorganismi fototrofi sono stati studiati mediante osservazione con microscopia ottica e confocale a scansione laser a partire da campioni raccolti in situ con metodi non invasivi (metodo del nastro adesivo, MAT).

**Biocidi** - Come biocidi naturali sono stati impiegati due oli essenziali (estratti da Lavanda angustifolia e Thymus vulgaris) e il loro effetto sull'attività fotosintetica dei biofilm è stato valutato tramite PAM (Pulse Amplitude Modulation).

**Diagnostiche dopo il trattamento** - Misure di fluorescenza indotta dal laser (LIF) e di riflettanza sono state utilizzate su un reperto affrescato per valutare ogni eventuale cambiamento chimico e scolorimento che può verificarsi dopo l'applicazione degli oli essenziali. Le concentrazioni di oli essenziali testate hanno indotto una riduzione dell'attività fotosintetica nel biofilm oggetto di studio subito dopo l'applicazione dei biocidi, rimasta stabile nel tempo. Inoltre, con il prototipo LIF non sono state osservate alterazioni chimiche o modifiche del colore sul substrato affrescato.



a) Immagine al microscopio confocale di uno dei campioni prelevati in situ. I microorganismi individuati sono i cianobatteri Scytonema julianum, caratterizzato da guaine calcaree; b) Andamento dell'attività fotosintetica dopo l'applicazione di soluzioni di olio essenziale

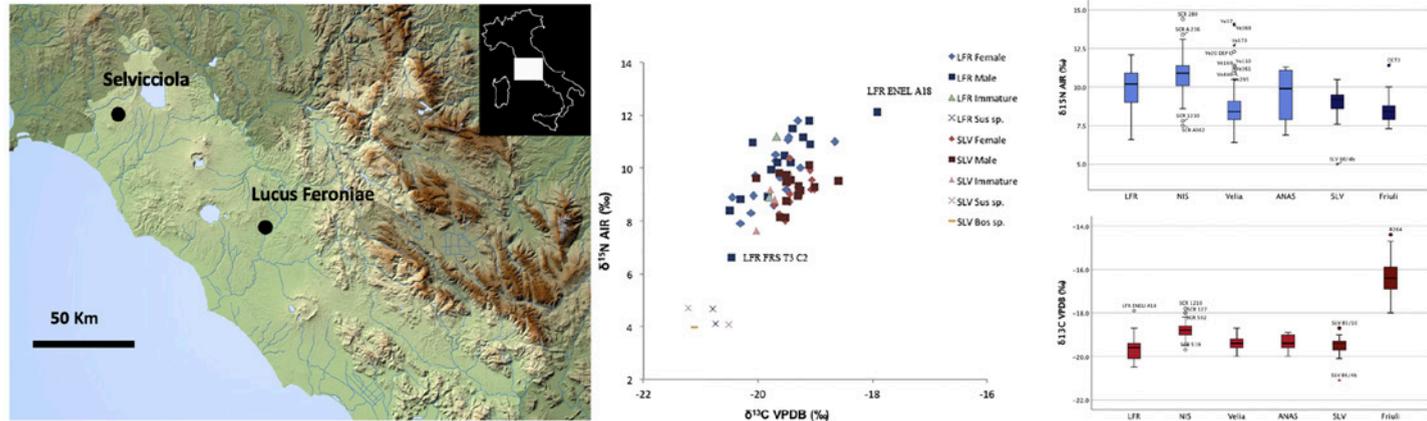


c) Reperto affrescato usato per test e misure LIF e di riflettanza, d) Spettri di riflettanza prima e dopo applicazione in diverse aree del reperto, e) Spettri LIF prima e dopo applicazione in una delle aree del reperto.

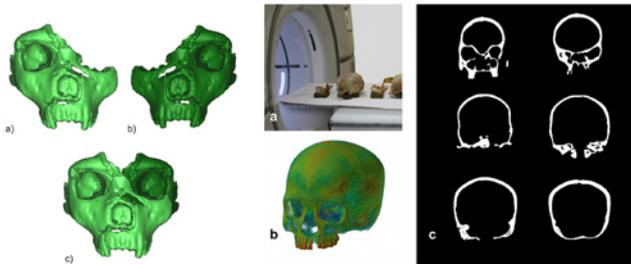
# Uomini e ambienti del nostro passato come beni culturali. Casi-studio di bioarcheologia nel Lazio

**Antropologia** Mary Anne Tafuri, Costantino Buzi, Fabio Di Vincenzo, Ileana Micarelli, Giorgio Manzi

## Isotopi stabili su collagene umano - I siti di Lucus Feroniae (RM) e Selvicciola (VT)



## Antropologia virtuale: TC e morfometria geometrica - Saccopastore (RM)



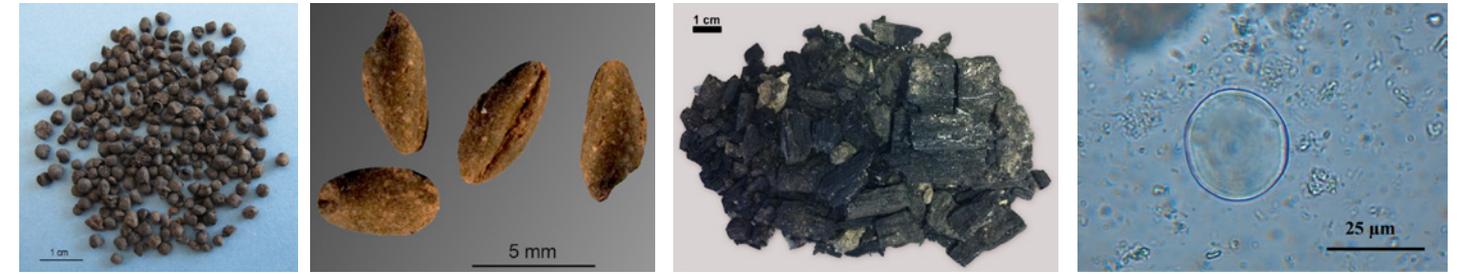
## Biologia scheletrica - Apertura della fossa settata dell'omero dell'inumata nel sito di Boccone del Povero, conservata al Museo APR (Tor Vergata)



Il Dipartimento di Biologia Ambientale della Sapienza, Università di Roma offre una varietà di competenze per la ricostruzione della storia dell'uomo e dell'ambiente attraverso lo studio dei resti ossei e vegetali. Sono qui presentati alcuni esempi di indagini, svolte e in corso, diversificate secondo le competenze del gruppo di ricerca. Il gruppo di ricerca ha studiato decine di siti laziali dal Paleolitico al Rinascimento.

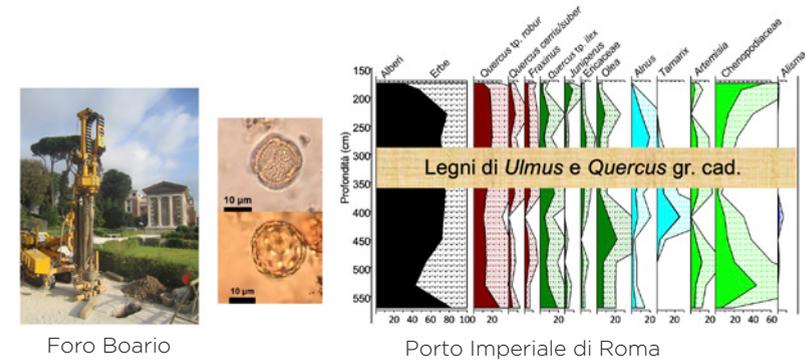
## Paleobotanica

### Analisi di macroresti vegetali - esempi dalla città di Roma

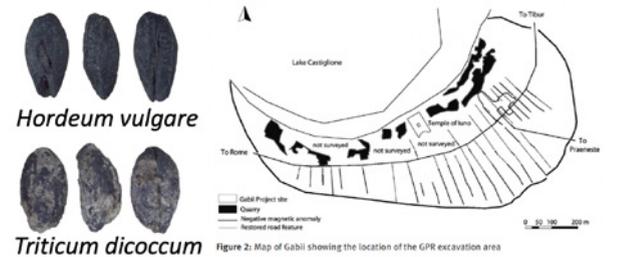


Quadrato di Torre Spaccata, legumi; Via Cinquefrondi, carioidi; Complesso dei Santi Quattro Coronati, frammenti lignei; Esempi di granuli di amido ritrovati nel calcolo dentale antico di resti conservati all'APR

### Analisi polliniche



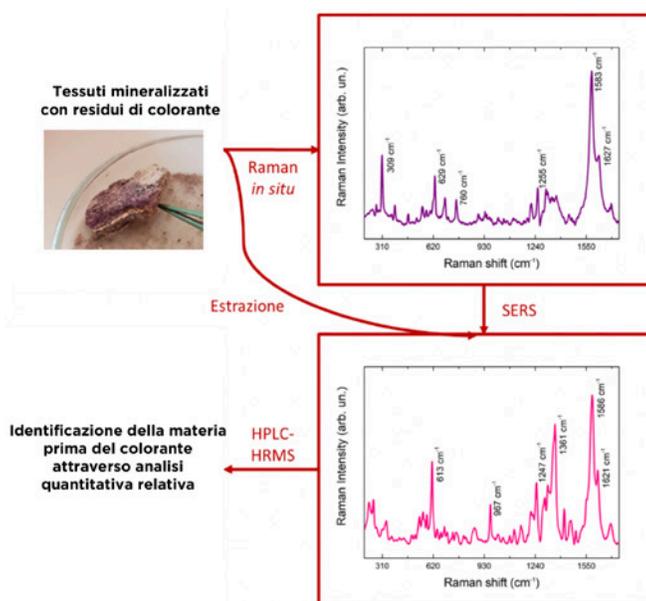
### Analisi degli isotopi stabili su resti vegetali - Gabii



# Spettroscopia Raman Amplificata da Superfici per il rilevamento di coloranti antichi: un caso di studio e nuovi protocolli

Alessandro Ciccola<sup>a,b</sup>, Ilaria Serafini<sup>b</sup>, Francesca Ripanti<sup>a</sup>, Francesca Coletti<sup>c</sup>, Marco Galli<sup>c</sup>, Flaminia Vincenti<sup>b</sup>, Roberta Curini<sup>b</sup>, Alessandro Nucara<sup>a</sup>, Paolo Postorino<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Dipartimento di Fisica, <sup>b</sup>Dipartimento di Chimica, <sup>c</sup>Dipartimento di Scienze Archeologiche - Sapienza Università di Roma



- Analisi Raman in situ → segnali di coloranti indigoidi; intensa fluorescenza
- SERS dell'estratto in DMF → riconoscimento della Porpora di Tiro; segnali di componenti molecolari non brominati
- Analisi HPLC-HRMS → contenuto maggioritario di componenti non brominati

- Colloide: Ag ridotto con  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  → minori background da agente riducente
- Approccio 1: SERS on fiber → riproducibilità e discriminazione di coloranti di stessa classe
- Approccio 2: SERS dell'estratto ( $\text{NH}_3$  mild extraction) → influenza della soluzione estraente sulla stabilità del colloide.

## Porpora dalle ceneri:

Nella cornice del Grande Progetto di Ricerca Sapienza "Cultura tessile a Pompei", studi multianalitici sono stati dedicati alla caratterizzazione di preziosi tessuti mineralizzati con residui di colorante.

## Un database SERS per ADAMO:

Dati i notevoli risultati in termini di applicabilità e riproducibilità del protocollo SERS utilizzato nel caso studio, è stata promossa, nell'ambito del progetto ADAMO del DTC, la costruzione di un database SERS per l'identificazione di coloranti naturali da matrici tessili.

## Prospettive:

- individuazione di tecniche estrattive ad hoc per analisi SERS in liquido
- implementazione del database con estensione delle matrici e dei metodi di estrazione

