IL FUTURO DEL PATRIMONIO STORICO E CULTURALE
Riflessioni a confronto
Facoltà di Architettura Sapienza Università di Roma - Aula Magna – Piazza Borghese 9 - Roma 7 Novembre 2025

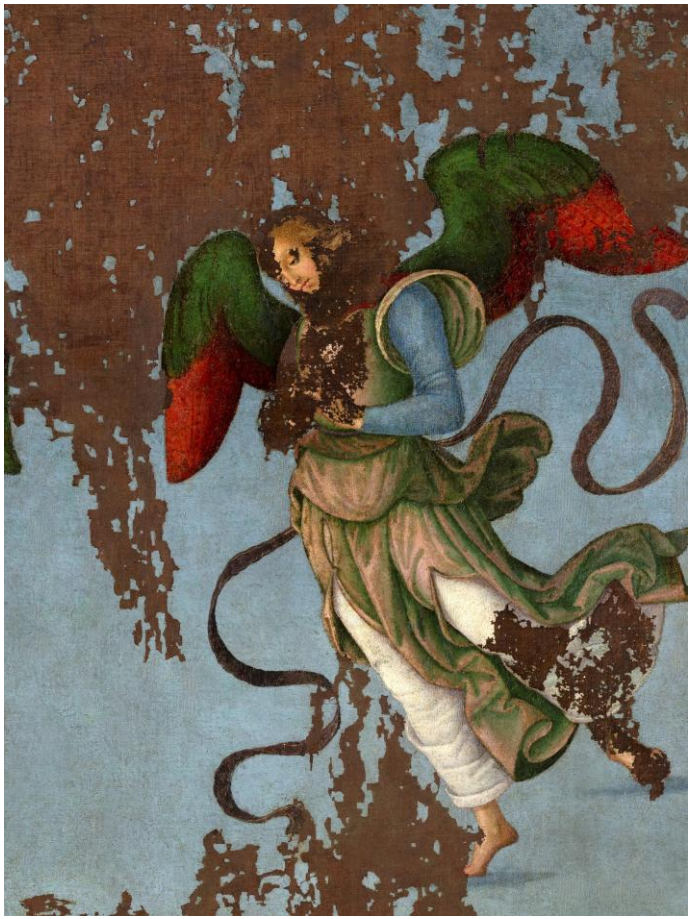
Le ricerche in corso nell'Istituto Centrale per il Restauro nell'ambito della transizione tecnologica applicata al patrimonio storico e culturale

Luigi Oliva

ISTITUTO CENTRALE PER IL RESTAURO

A. B. A. C. O.
Ambiente Benessere Architettura Cultura Opportunità

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



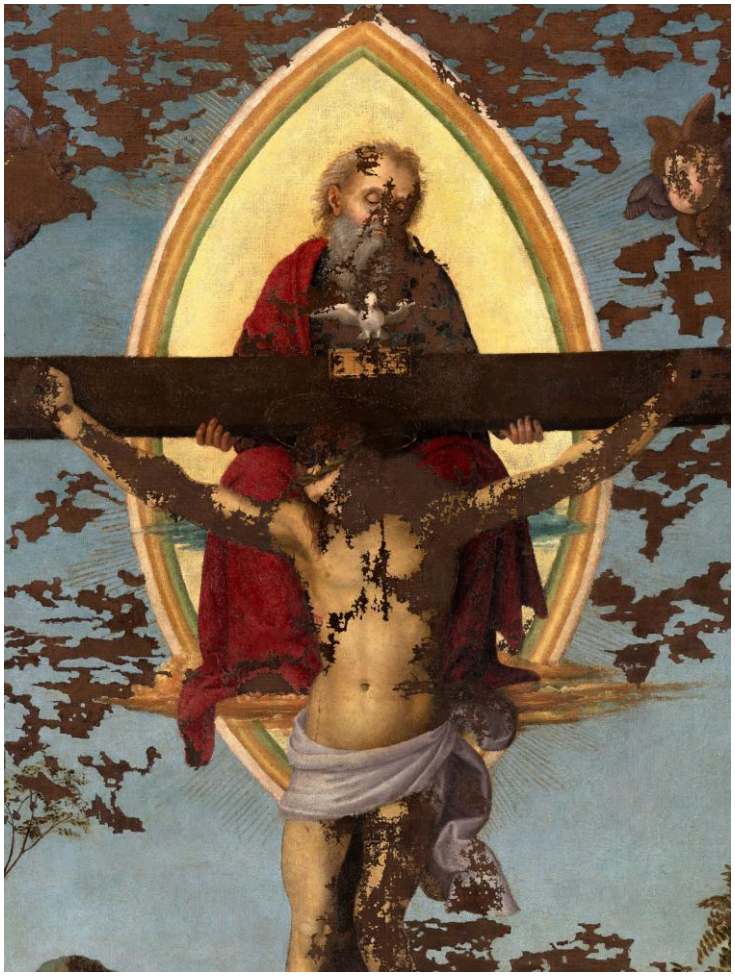
Collaborazione tra: ICR, Università degli studi di Teramo, dipartimento di ricerca Metarte

Approccio: il *deep learning* migliora l'interpretazione stratigrafica e rende più efficiente l'analisi comparativa dei materiali, senza la necessità di campionamento.

Obiettivo: creare un sistema di **fruizione avanzata (Realtà Virtuale/Aumentata)** che ricostruisca l'immagine pittorica attenuando il disturbo percettivo delle lacune, senza intervenire fisicamente sull'opera.

ISTITUTO CENTRALE PER IL RESTAURO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI TERAMO



I dipinti su tela, come lo Stendardo della SS. Trinità di Raffaello (1499-1502) di Città di Castello, presentano spesso estese lacune pittoriche.

•**Autenticità:** tali lacune sono essenziali per garantire l'autenticità e il rispetto per l'opera, poiché denunciano la sua storia conservativa (uso liturgico processionale).

•**Disturbo Visivo:** nonostante ciò, le aree vuote diventano spesso elementi visivi predominanti, generando un grave disturbo percettivo che distorce la visione complessiva e riduce l'efficacia espressiva e narrativa del dipinto.

•**Percezione errata:** nel caso dello Stendardo, il disturbo inverte il rapporto di subordinazione tra l'immagine e la lacuna.

Fasi del progetto

1. Analisi Colorimetrica: Vengono registrati e analizzati i dati colorimetrici delle aree di colore adiacenti alle lacune (in colorimetria Lab con precisione dE2000 <2 e riflettanza spettrale in 13 bande), individuando variazioni cromatiche non percepibili a occhio nudo.

2. Previsione Cromatica: I dati sono elaborati tramite un modello matematico-statistico di previsione. Questo modello, basato su algoritmi di *machine learning* e analisi dei pattern cromatici, individua le cromie che garantiscono un adattamento armonico per ogni lacuna.

3. Integrazione Ottica Virtuale: Il colore previsto viene sovrapposto alle lacune nell'immagine digitale, integrando le regole ottiche di assimilazione cromatica con le tecniche di computer vision per creare un'illusione ottica che alteri la percezione locale del colore da parte del cervello.

Contesto:Grave stato lacunoso (uso processionale, separazione delle tele nel 1628) con lacune non reintegrabili

Obiettivo: mitigare l'interferenza visiva delle lacune senza toccare la materia, con resa digitale basata su illusioni ottiche controllate

Transizione digitale:
dati diagnostici
↓
modello percettivo
↓
fruizione AR

PIPELINE DIGITALE

Lavoro digitale di segmentazione delle lacune, sulla base di immagini HD e IR

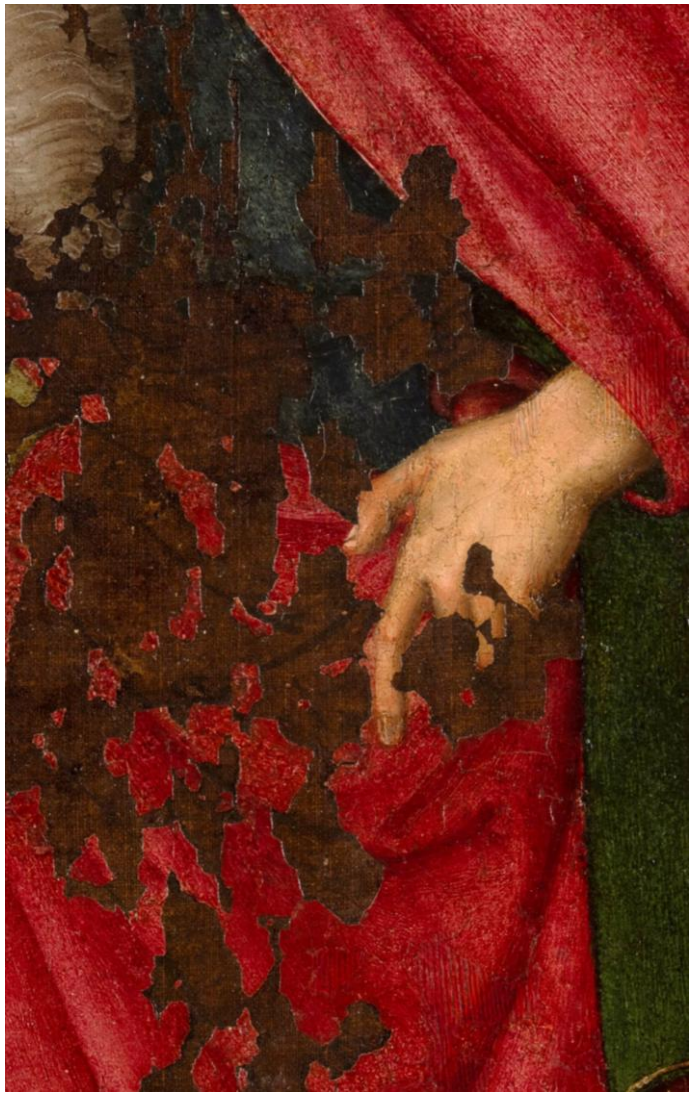


Immagine in alta definizione

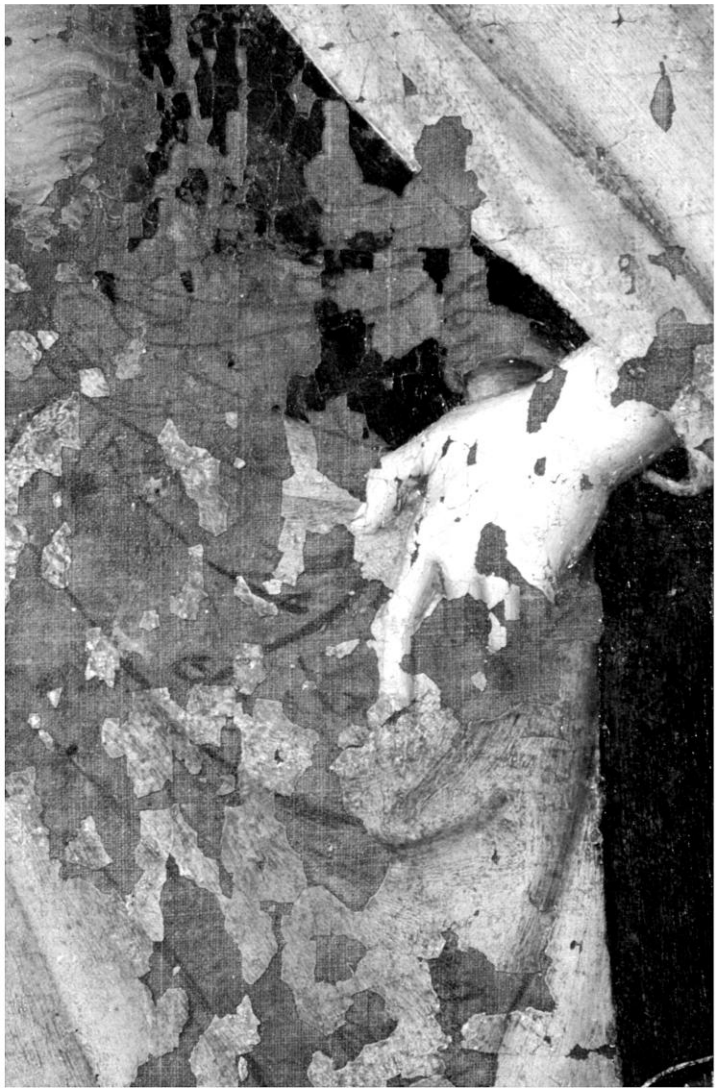
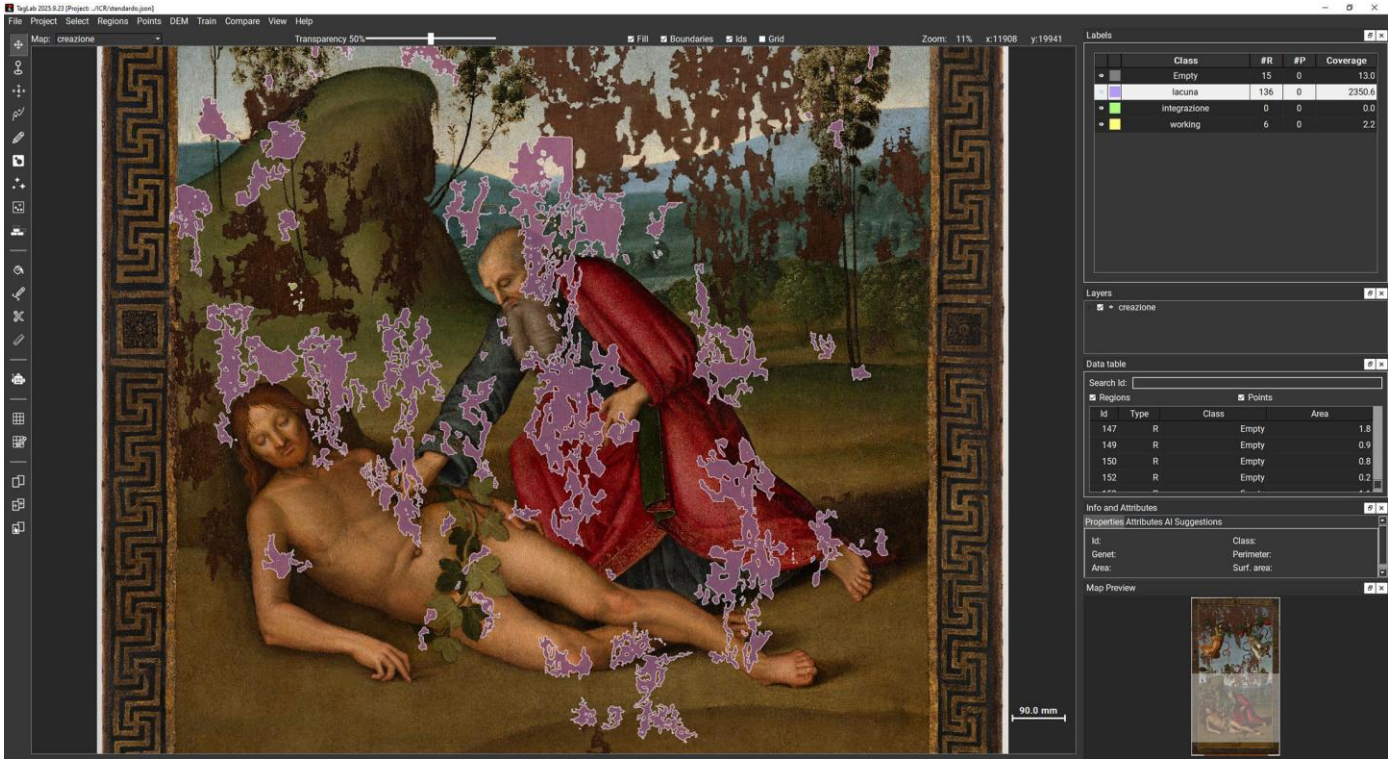


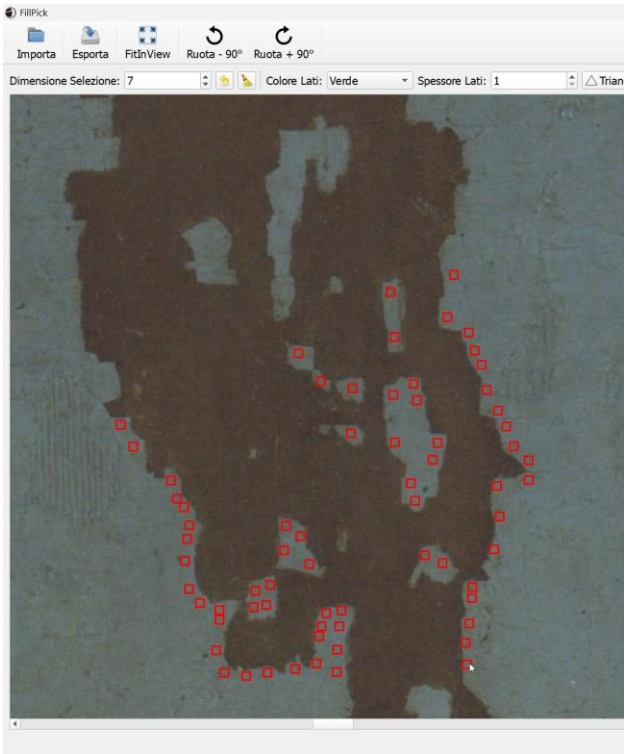
Immagine in riflettografia infrarossa

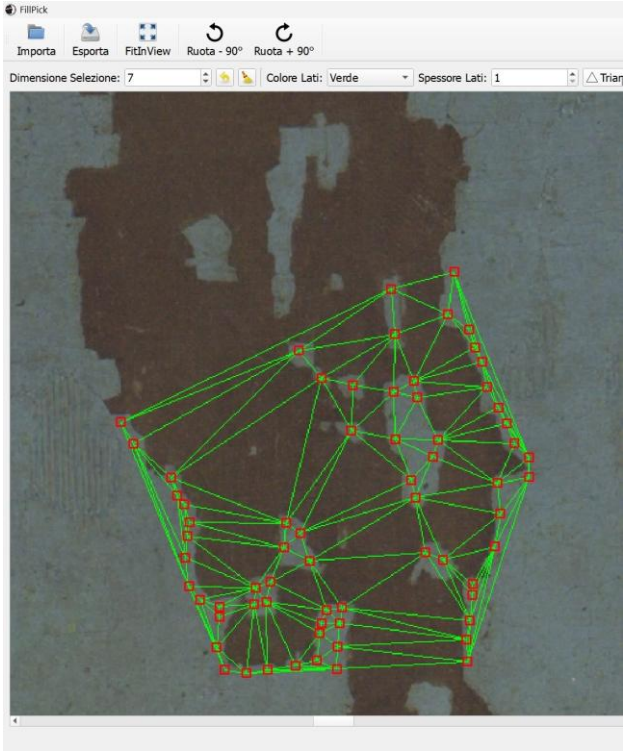
PIPELINE DIGITALE

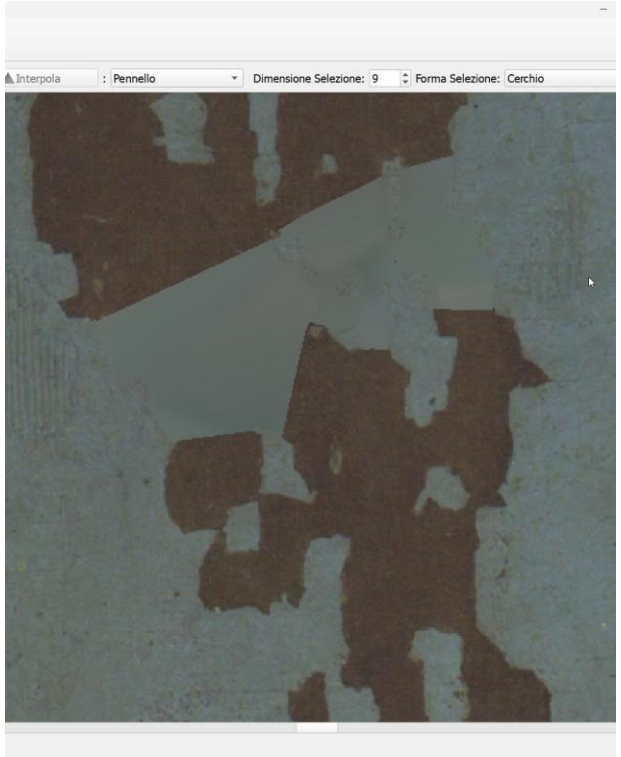
Lavoro digitale di segmentazione delle lacune, con supporto di AI su dataset mirato



PIPELINE DIGITALE





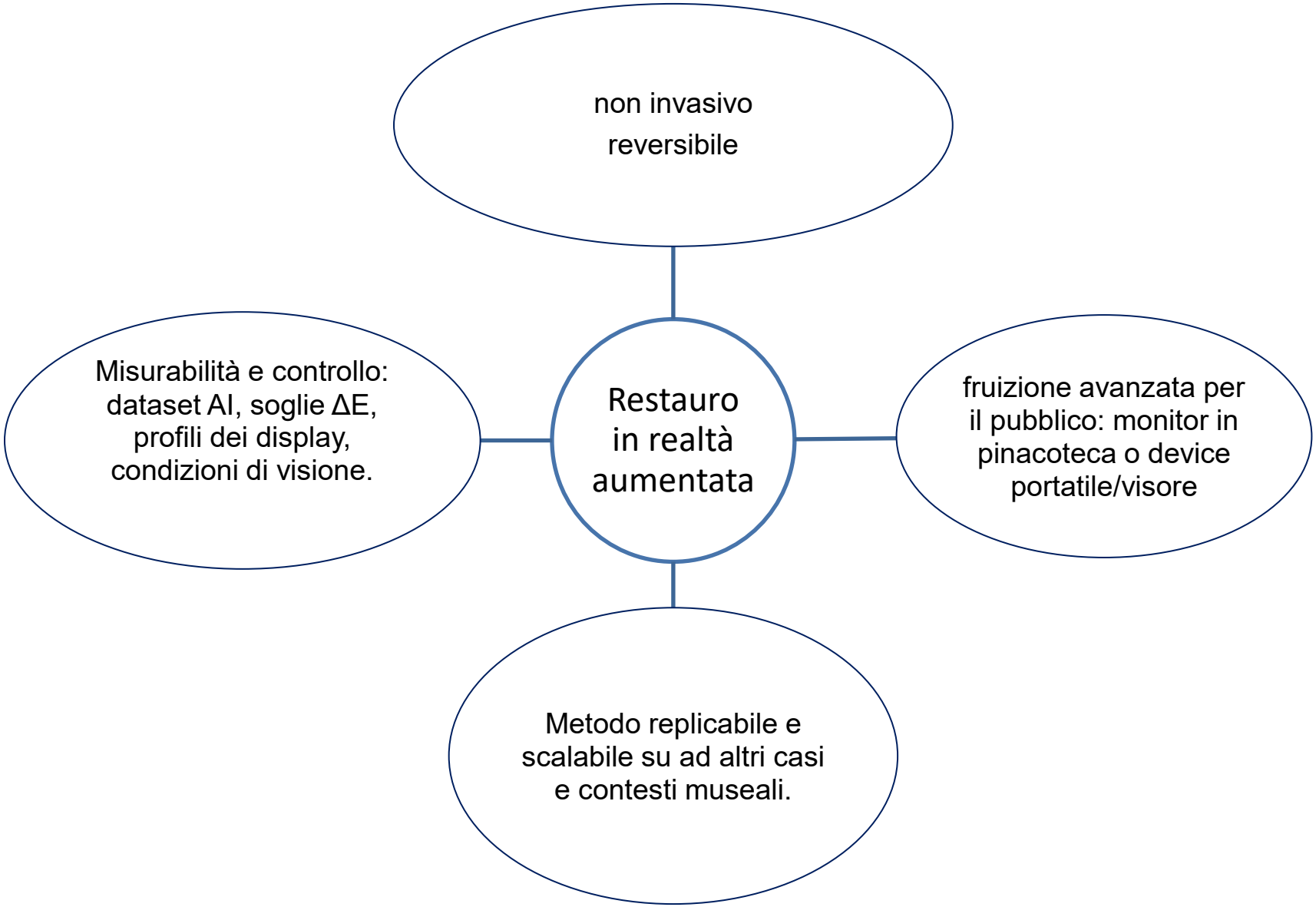


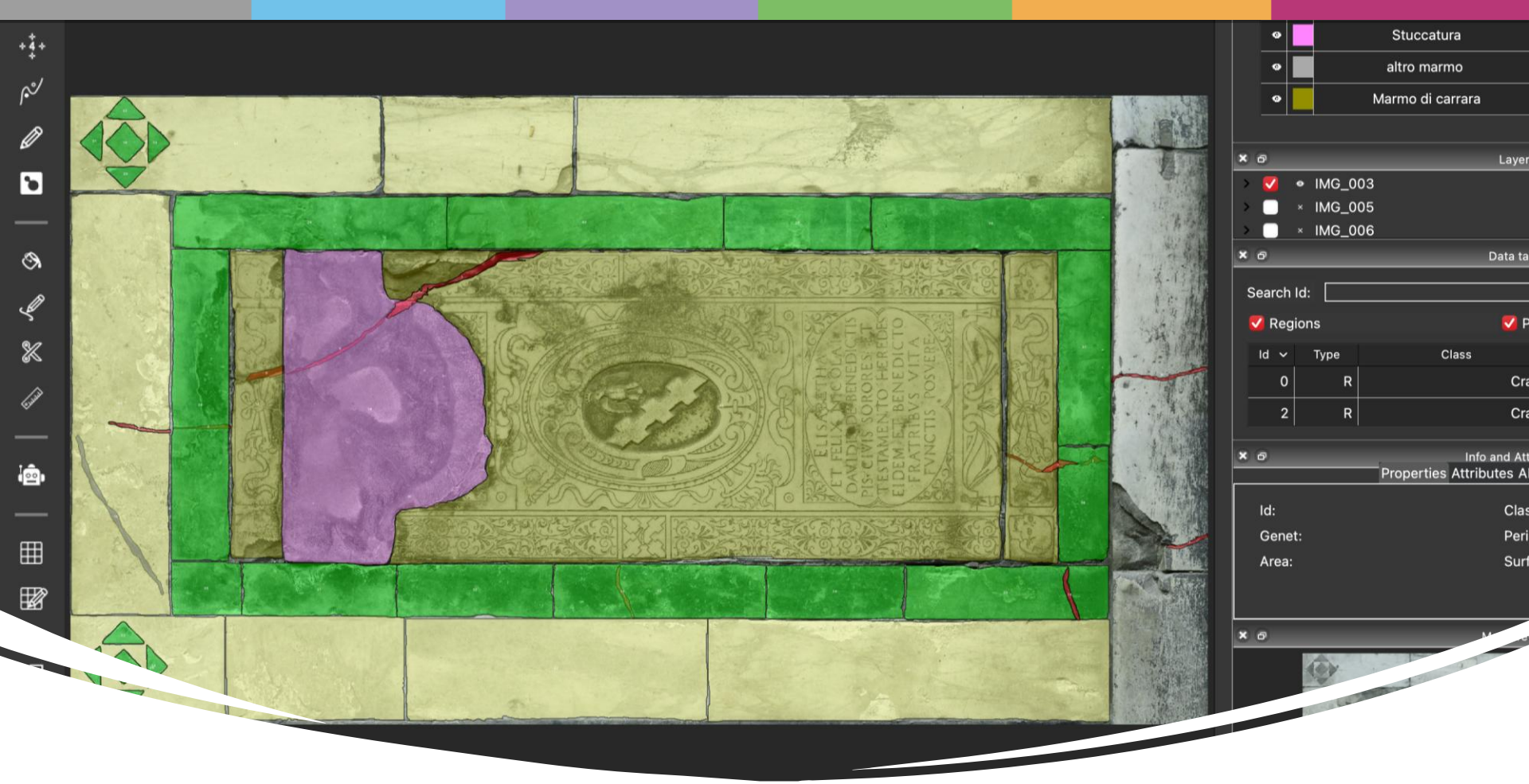
Calcolo del target cromatico per area da valori CIELAB ad alta precisione, con software di interpolazione.

Traduzione del target con griglie di assimilazione cromatica

Restituzione digitale del modello percettivo

VALORE PER LA CONSERVAZIONE





Collaborazione tra ICR, Opera Primaziale Pisana e CNR–ISTI di Pisa

Obiettivo: velocizzare i tempi di documentazione delle lastre terragne del pavimento del Camposanto Monumentale di Pisa soggette a fratture e degrado (continuo calpestio).

Fase iniziale: documentazione manuale in ambiente CAD, lenta e poco scalabile.

Nuova fase: utilizzo di applicativo CNR-*TagLab* per l'annotazione automatizzata delle fratture e dei «falsi positivi» (venature, iscrizioni, stuccature).

Creazione di un dataset bilanciato per l'addestramento della rete neurale.

ISTITUTO CENTRALE PER IL RESTAURO

TagLab è un software di segmentazione semantica sviluppato per analizzare grandi immagini ortografiche ottenute tramite fotogrammetria. Integra strumenti di annotazione semi-automatica e una pipeline di apprendimento completamente automatica, consentendo agli utenti l'estrazione rapida e precisa di informazioni da dati d'immagine complessi.

Combina l'efficienza dei modelli automatici con l'esperienza dell'operatore umano, riducendo il tempo di annotazione e mantenendo un'elevata accuratezza scientifica.

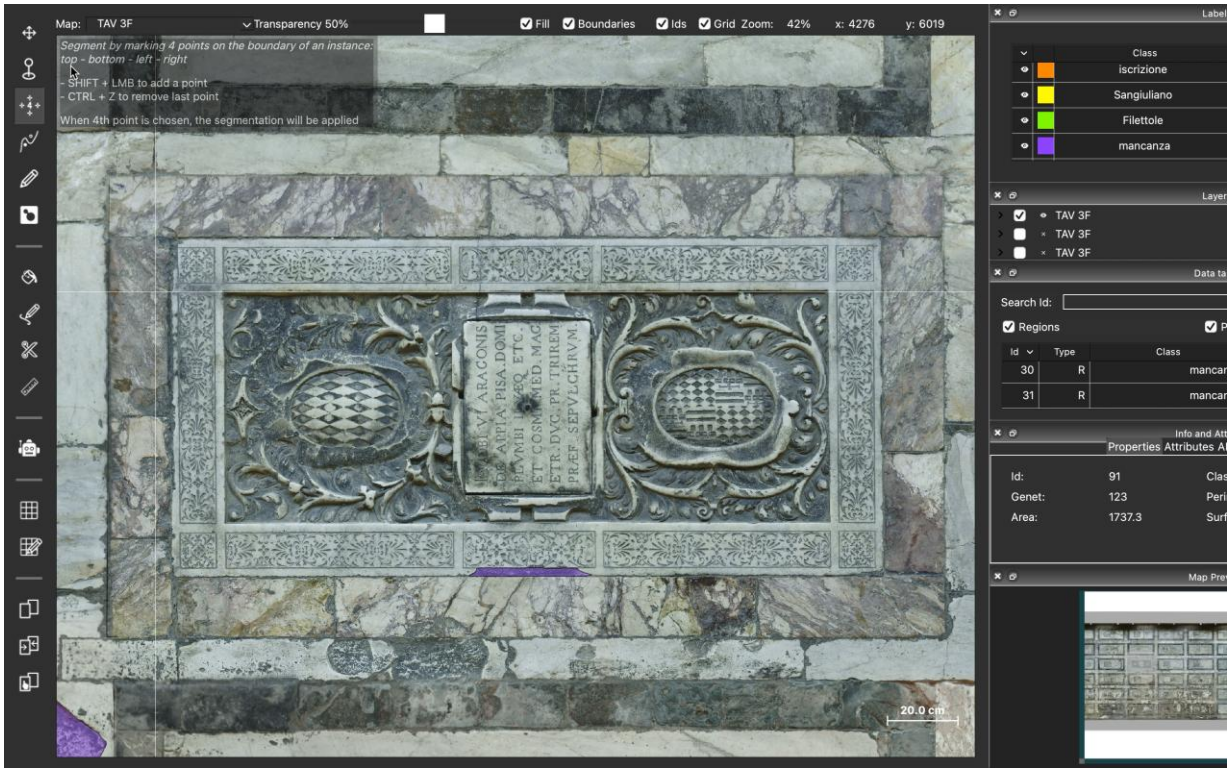
Progettato inizialmente per lo studio dei fondali marini e la classificazione di organismi bentonici si è poi evoluto in uno strumento trasversale per ecologia, archeologia e il *digital heritage.*

Gli strumenti di TagLab

4-clicks segmentation:
Questo strumento utilizza una rete neurale convoluzionale (CNN) per il tracciamento interattivo dei contorni degli oggetti. L'utente, guidato da un cursore a croce, deve posizionare quattro punti sugli estremi dell'oggetto. Dopo il posizionamento del quarto punto, i contorni dell'oggetto vengono automaticamente delimitati grazie alla rete neurale Deep Extreme Cut.

Positive/negative clicks segmentation:
La segmentazione con clic positivi/negativi è uno strumento di TagLab che utilizza una rete neurale per delimitare automaticamente i contorni di un oggetto. L'utente, dopo aver inquadrato l'area d'interesse, esegue clic positivi (verdi) all'interno e clic negativi (rossi) all'esterno dell'oggetto. La segmentazione si aggiorna in tempo reale e si conferma con la barra spaziatrice. Basata sulla rete Reviving Iterative Training with Mask Guidance

Possibilità di esportare dati vettoriali e metrici (CSV, shapefile, GeoTIFF).



Addestramento e prospettive

Il dataset annotato viene inserito nel sistema TagLab per addestrare la rete neurale.

Il modello apprende a distinguere fratture reali da elementi simili ma non patologici.

Dopo l'addestramento, la rete viene testata su nuove ortofoto per verificare l'apprendimento.

Obiettivo 1: velocizzare la documentazione del degrado e programmare in modo più efficiente l'intervento conservativo.

In prospettiva: creazione di modelli predittivi e simulatori del degrado del pavimento

Cattedrale di Ferrara

- Protiro della Cattedrale di Ferrara
- Cantiere Pilota: 2025
- **Consulenza scientifica ICR**
- Scansione laser scanner e fotogrammetria
- Inserimento del modello nell'applicativo web-based e-bitty
- Registrazione delle patologie di degrado, inserimento di foto, analisi scientifiche, documenti riguardo la storia conservativa

Università degli Studi di Ferrara

ICR Istituto Centrale per il Restauro

esplorativa architetti

Protiro della Cattedrale di Ferrara
user: A.Massa - - ebitty - v.2.0
Pannello di controllo
Elementi
Risultati
Filtri
F01
Paradiso
F02
Inferno
P01
Timpano e guglie
P02
Beati e dannati
P03
Archi
P04a
Colonne e balaustra (sinistra)
P04b
Colonne e balaustra (destra)
P05
Madonna con bambino
P06
Interno del loggiato

Contenitore di informazioni

Localizzazione

Immagini Multispettrali più significative (MS 06)

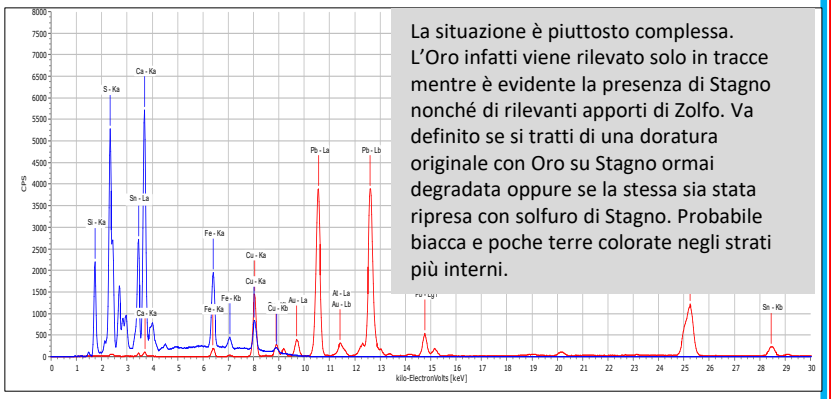
VIS

UVfl

Presenza di differenti colori di fluorescenza

Gialla sui modellati
Ipotesi: materiali organici di natura oleoresinosa; ossalati
Bianca
Ipotesi: silicone di restauro
Bianca bluastra
Ipotesi: guano
Grigia con puntini gialli
Ipotesi: malta con aggregato idraulico
Nera
Ipotesi: pigmenti a base di rame

Acquisizioni XRF in sito



La situazione è piuttosto complessa. L'Oro infatti viene rilevato solo in tracce mentre è evidente la presenza di Stagno nonché di rilevanti apporti di Zolfo. Va definito se si tratti di una doratura originale con Oro su Stagno ormai degradata oppure se la stessa sia stata ripresa con solfuro di Stagno. Probabile biacca e poche terre colorate negli strati più interni.

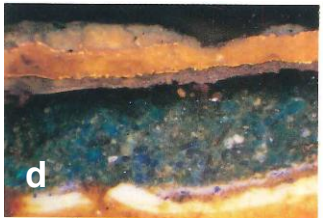
AREA 4 – CAMPITURA CON DORATURA

LE (%)	Si (%)	S (%)	Pb (%)	Ca (%)	Sn (%)	Al (%)	Cu (%)	Mg (%)	Fe (%)	K (%)-
50,46	18,73	8,94	5,45	3,70	3,52	3,14	2,66	1,54	0,70	0,68

Indagini Pregresse e Osservazioni cantiere

b) *Campione da area blu nella cornice del fregio con angeli:*
1 - Pietra.
2 - Strato bianco molto frammentato: preparazione di biacca.
3 - Strato blu di azzurrite.
4 - Blu oltremare: ridipintura posteriore.
5 - Deposito superficiale bruno (polvere, smog, ecc.).

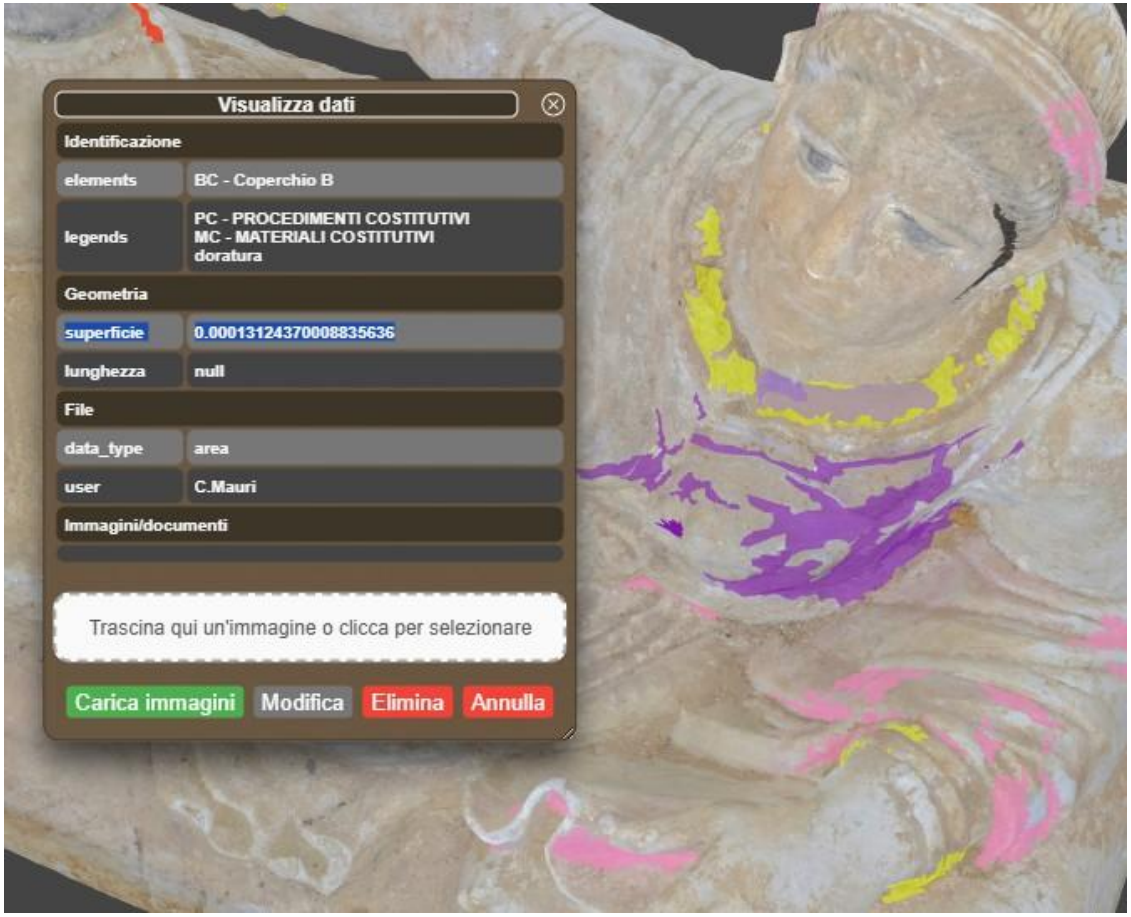
c) *Campione da area dorata nella cornice del fregio con angeli:*
1 - Pietra.
2 - Preparazione bianca costituita di biacca.
3 - Strato di azzurrite ricoperto da una sottile pellicola bruna contenente olio e resina naturale, adesivo per la doratura originale.
4 - Foglia d'oro.
5 - Strato blu di oltremare: ridipintura dell'area adiacente blu che si sovrappone alla doratura originale.



d) *Campione dalla stessa area di c):*
1 - Pietra.
2 - Strato bianco di preparazione, biacca.
3 - Strato blu di azzurrite.
4 - Pellicola bruna: preparazione per la doratura originale, in questo punto scomparsa.
5 - Straterello grigiastro: preparazione per la prima ridoratura.
6 - Foglia d'oro.
7 - Straterello aranciato: preparazione per la seconda ridoratura.
8 - Foglia d'oro.
9 - Tracce di oltremare di ridipintura.

Viene indicata la presenza di proteine nello strato 5 in foto **C** (colorazione rossa con fucsina acida)
Forse latte per temperare blu oltremare .

La cornice del fregio con gli angeli mostrava decorazioni a foglia d'oro su un fondo blu di azzurrite; fu ridorata almeno due volte e il fondo blu fu ridipinto con blu oltremare



- Sviluppo di una nuova versione di e-bitty 2.0
- Implementazione in ambito MiC
- Realizzazione di ulteriori applicazioni per gestire il workflow di lavoro (progettazione, esecuzione, collaudo)

ISTITUTO CENTRALE PER IL RESTAURO

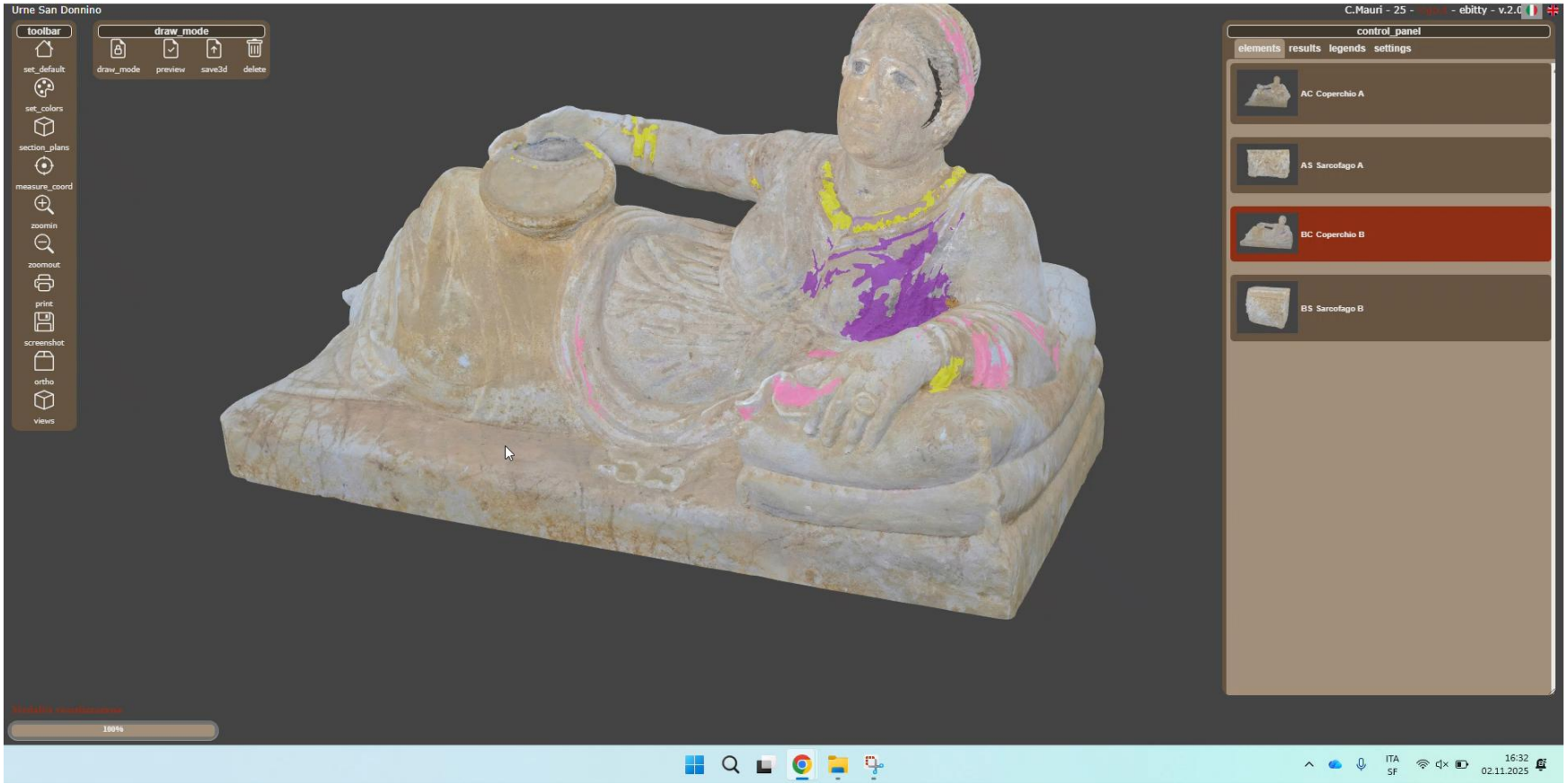
esplorativa architetti

Collaborazione fra ICR, Esplorativa Architetti e Digital Library

Caso studio: reperti archeologici etruschi di epoca ellenistica provenienti da scavi illeciti (policromi e dorati)

Fase iniziale: scansione delle opere con scanner a infrarosso a luce strutturate e fotogrammetria e inserimento nell'applicativo web-based

Nuova fase (lato impresa): configurazione di una nuova interfaccia e altri tools



- Sistema web-based (SaaS): supporta **l'accesso multiplo simultaneo da qualsiasi dispositivo** (PC, tablet, smartphone)
- Disegno 3D Diretto: strumenti di **editing specifici per il restauro**, tra cui area, linea, punto, bacchetta magica e pennello
- Documentazione Multimediale: **hub per l'integrazione di dati (**fotografie, documenti PDF e dati georeferenziati)
- Quantificazione automatica delle aree mappate: **calcolo automatico di aree e perimetri** direttamente sulla superficie 3D
- Configurazione personalizzabile: **leggende personalizzate** con campiture configurabili secondo le **norme UNI standardizzate**
- Produzione di viste di stampa personali: elaborati tecnici convertendo i dati 3D in **tavole 2D strutturate**
- Gestione di progetti multi-scala: singoli oggetti e siti estesi; supporta la documentazione in **ambienti estremi** con possibilità di **sincronizzazione differita** (lavoro offline)
- Interoperabilità: import/export in formati standard (NXS, PLY, PDF, DXF, SQL)

IL FUTURO DEL PATRIMONIO STORICO E CULTURALE
Riflessioni a confronto
Facoltà di Architettura Sapienza Università di Roma - Aula Magna – Piazza Borghese 9 - Roma 7 Novembre 2025

Grazie per l'attenzione

Le ricerche in corso nell'Istituto Centrale per il Restauro nell'ambito della transizione tecnologica applicata al patrimonio storico e culturale

Luigi Oliva

A. B. A. C. O.
Ambiente-Benessere-Architettura-Cultura-Opportunità

ICR ISTITUTO CENTRALE PER IL RESTAURO

SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA