

SAN COLOMBANO DI POSTALESIO IL VOLTO LIETO DEL MEDIOEVO VALTELLINESE

a cura di Alessandro Rovetta, Rita Pezzola



Le radici di una identità



COMITATO REDAZIONALE

Direttore scientifico della Collana: Rita Pezzola

Comitato scientifico: Alessandra Baruta (Museo Valtellinese di Storia e Arte di Sondrio)
Giorgio Baruta (Società Storica Valtellinese)
Luisa Bonesio (Museo dei Sanatori di Sondalo)
Luca Cipriani (Alma Mater Studiorum – Università di Bologna)
Edoardo Colonna di Paliano (Politecnico di Milano)
Paolo de Vingo (Università degli Studi di Torino)
Massimo Della Misericordia (Università Milano-Bicocca)
Angela Dell’Oca (Diocesi di Como)
Stefano Lucarelli (Università degli Studi di Bergamo)
Riccardo Rao (Università degli Studi di Bergamo)
Marilisa Ronconi (Associazione culturale Ad Fontes)
Alessandro Rovetta (Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano)

La collana “Le radici di una identità” nasce per raccogliere, in volumi tematici multidisciplinari, i risultati scientifici e le esperienze maturate nei percorsi di tutela, ricerca e valorizzazione applicati al territorio, attivati tra il 2018 e il 2021 nel mandamento di Sondrio nell’ambito del Progetto Emblematico Maggiore “Le radici di una identità. Temi strumenti e itinerari per la (ri)scoperta del mandamento di Sondrio” (Rif. Pratica Fondazione Cariplo 2017-1241). Il progetto è finanziato da Fondazione Cariplo e Regione Lombardia; soggetto capofila è la Comunità Montana Valtellina di Sondrio (www.radicidentita.it).

La collana, dopo il progetto, resta aperta per accogliere ulteriori ricerche sul territorio, nella varietà dei loro temi, fondate su indagini originali.

“Le radici di una identità”, per garantire la qualità scientifica di quanto viene pubblicato sulle proprie pagine, adotta un sistema di valutazione anonima (*blind peer review*) dei saggi.

Le opere della presente collana sono rilasciate nei termini della licenza *Creative Commons non commerciale* e sono disponibili in perpetuo e in modo completo su *Repository* certificati.

Amministrazione

Comunità Montana Valtellina di Sondrio
Via Nazario Sauro, 33 – 23100 Sondrio
Telefono 0342/210331 – info@cmsondrio.it

Presidente: Tiziano Maffezzini

Segretario: Elena Castellini

Ufficio Turismo e Cultura: Luca Moretti, Francesco Ghilotti

Radici Lab: Marta Zecca, Alice Melchiorre, Annalisa Cama, Pietro Azzola



Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli ne massimizza la visibilità e favorisce la facilità di ricerca per l'utente e la possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

http://www.francoangeli.it/come_publicare/publicare_19.asp

SAN COLOMBANO DI POSTALESIO

IL VOLTO LIETO DEL MEDIOEVO VALTELLINESE

a cura di Alessandro Rovetta e Rita Pezzola

Saggi di

Giorgio Baratti, Alessandra Baruta, Marco Braghin,
Alessandro D'Alfonso, Veronica Dell'Agostino, Angela Dell'Oca,
Savina Gianoli, Rita Pezzola, Remo Rachini,
Ornella Sterlocchi, Alessandro Vandelli



Volume realizzato con il contributo dell'Università degli Studi di Torino, con il contributo del Comune di Postalesio (Sondrio) e della Comunità Montana Valtellina di Sondrio.



Comune di
Postalesio



COMUNITÀ MONTANA
VALTELLINA DI SONDRIO

Fotografie

Lo specifico credito fotografico è segnalato, dove richiesto, nelle singole didascalie.

Autorizzazioni

Archivio di Stato di Milano (fig. 4a, p. 38; fig. 33, p. 96); Archivio Ufficio dei beni culturali, Bellinzona (figg. 70-72, p. 173); copyright ©Bibliothèque Nationale de France (fig. 14, p. 235; fig. 19, p. 239); copyright ©Biblioteca Apostolica Vaticana (fig. 9, p. 231; fig. 12, p. 233; fig. 15, p. 236); copyright ©Kirchendecke Zillis (fig. 24, p. 142; fig. 25, p. 143; fig. 26, p. 144; fig. 27, p. 145; fig. 34, p. 151; fig. 61, p. 165); Musei Civici di Pavia (fig. 7, p. 229; fig. 8, p. 230); Musei Civici Di Reggio Emilia (fig. 4, p. 226); Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le provincie di Como, Lecco, Monza Brianza, Pavia, Sondrio, Varese (figg. 1-2, p. 36; figg. 7-8, p. 41; fig. 9, p. 42; fig. 10, p. 43; figg. 1-2, p. 78; figg. 3-4, p. 79; figg. 7-31, pp. 81-95); foto Anonimo e V. Cicala (fig. 2, p. 224); Foto Cecchi Gattolin 1986 (fig. 3, p. 225).

Tavole ed elaborazioni grafiche

Fig. 4 b, p. 38, a cura di A. D'Alfonso; tavv. 1-4, pp. 317-323, a cura di O. Sterlocchi; elaborazione dati autocad di C. Martinucci su base fotogrammetrica predisposta da G. Baratti e A. Vandelli; tav. 5, p. 324, a cura di O. Sterlocchi e C. Martinucci su rilievo grafico di R. Rachini.

Impaginazione e grafica

Studio Leksis, Milano.

Isbn: 9788835142751

Copyright © 2022 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Publicato con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale* (CC-BY-NC-ND 4.0)

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore.
L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

INDICE

«Il fabbricato in sé stesso non ha nessun valore...» <i>Alessandro Rovetta</i>	pag. 7
La chiesa di San Colombano di Spinedi: paesaggio, istituzioni, riti. Spunti e interrogativi dalle fonti scritte (secoli XI-XII) <i>Rita Pezzola</i>	» 15
San Colombano di Postalesio tra archeologia e storia <i>Alessandro D'Alfonso</i>	» 45
Le <i>vestigia sparse</i> dell'apparato decorativo di San Colombano: tra perduto, restauri e scoperte <i>Veronica Dell'Agostino</i>	» 97
San Colombano di Postalesio: riflessioni sulla documentazione grafica <i>Remo Rachini</i>	» 179
Per una contestualizzazione iconografica. Alcune traiettorie sul calendario dei Mesi nella decorazione pittorica di San Colombano a Postalesio <i>Marco Braghin</i>	» 195
Il rilievo fotogrammetrico della chiesa di San Colombano <i>Giorgio Baratti, Alessandro Vandelli</i>	» 245
San Colombano: il restauro degli apparati decorativi posti alla base dell'antico emiciclo absidale (2019-2020) <i>Ornella Sterlocchi, Savina Gianoli</i>	» 261

I dipinti murali dell'area absidale di San Colombano a Postalesio. Studio sulle tecniche pittoriche e sui materiali costitutivi <i>Savina Gianoli, Ornella Sterlocchi</i>	pag. 325
Il progetto di studio della chiesa di San Colombano e il tema della valorizzazione museale dei frammenti pittorici recuperati in sede di scavo <i>Angela Dell'Oca</i>	» 391
Valorizzazione e fruizione del patrimonio culturale <i>Alessandra Baruta</i>	» 397
Cronotassi degli interventi di tutela della chiesa di San Colombano <i>Angela Dell'Oca</i>	» 405
Abstract	» 417
Autori	» 421

IL RILIEVO FOTOGRAMMETRICO DELLA CHIESA DI SAN COLOMBANO

*Giorgio Baratti, Alessandro Vandelli**

1. Aspetti metodologici

Questo contributo illustra alcuni aspetti relativi all'acquisizione, al processamento e alla restituzione delle immagini digitali del complesso di San Colombano.

Oltre alla realizzazione di una documentazione fotografica conforme all'alto valore del ciclo pittorico, obiettivo principale del lavoro era quello di effettuare una scansione in alta definizione dell'affresco conservato nel catino absidale da cui estrarre un'ortofoto come proiezione su un piano del dipinto che si snoda sulla superficie curvilinea dell'abside.

Quando ci è stata offerta infatti la grande opportunità di progettare le soluzioni più adeguate per una restituzione efficace di questo eccezionale contesto, la nostra attenzione si è in prima istanza concentrata proprio sulle problematiche del catino absidale che, oltre a rappresentare il nucleo di maggiore interesse, presenta un assetto geometrico con non poche criticità per una restituzione fotografica d'insieme coerente. Sull'intera superficie conservata dell'antico abside si snoda infatti con andamento semicircolare, seppur in parte in modo lacunoso e frammentario, l'affresco del ciclo dei mesi che riproduce un tema unitario e "narrativo" che trova la sua più efficace rappresentazione proprio in una visione d'insieme delle figure; un'ulteriore complessità era rappresentata dalla presenza della porzione di altare che in parte si interfaccia in corrispondenza approssimativamente della parte centrale dell'affresco. Alla luce di queste evidenze abbiamo dunque proposto di acquisire questo contesto attraverso

* Si deve in particolare a Giorgio Baratti il cap. 1, mentre il cap. 2 ad Alessandro Vandelli, le conclusioni a entrambi gli autori.

la realizzazione di un modello tridimensionale che garantisca in fase di post-processamento la possibilità di studiare lo sviluppo geometrico più efficace per una illustrazione planimetrica dell'intero apparato pittorico. Sulla base di queste indicazioni si è scelto, in accordo con l'équipe di studio, il Progetto "Le radici di una identità" e il Comune di Postalesio, di allargare all'intero complesso architettonico della chiesa la realizzazione del modello 3D così da ottenere con un unico intervento (ovviamente con gli opportuni accorgimenti a seconda della destinazione) un insieme geometrico coerente ad alta risoluzione di tutti gli elementi architettonici e pittorici del contesto oggetto di studio e un supporto di visualizzazione di grande impatto visivo per la presentazione e la fruizione al grande pubblico del monumento. Il modello potrà inoltre rappresentare la base per creare, attraverso una mirata implementazione con le informazioni acquisite in questi anni di studi, nuovi supporti informativi in grado di sfruttare la comunicazione visiva, gli scenari e i linguaggi digitali per una divulgazione allargata dei risultati delle ricerche.

Il lavoro realizzato a San Colombano rappresenta così un'importante occasione per rimarcare, anche in ambiti di ricerca e comunicazione più ampi, l'evoluzione del percorso lungo il quale in questi ultimi anni la metodologia della ricerca e della pratica archeologica si stanno incanalando. Non deve stupire infatti che si sia scelto di affidare il rilievo ad archeologi dal momento che proprio la corretta acquisizione di apparati strutturali e figurativi caratterizzati da complessità geometriche in contesti frammentari e lacunosi, rappresenta oggi una procedura a volte centrale nella pratica archeologica contemporanea; proprio in questo contesto negli ultimi decenni è emersa infatti la necessità, sempre più stringente per l'archeologo, di riuscire a dotarsi, pur in un'ottica sempre attenta allo scambio multidisciplinare, delle opportune competenze per un coinvolgimento diretto nella realizzazione di supporti tridimensionali e di cogliere così, all'interno delle proprie istanze metodologiche, le criticità e le soluzioni più coerenti per i propri obiettivi¹. Le informazioni connesse con la componente tridimensionale del dato offrono infatti in prima istanza ricadute significative sulla corretta registrazione e ricostruzione dettagliata della dimensione diacronica dei depositi e delle evidenze archeologiche; i modelli 3D consentono inoltre, con lo sviluppo nel campo della sensoristica, di abbassare tempi di esecuzione e costi del rilevamento e della restituzione della documentazione grafica e fotografica sul campo.

1. G. Baratti, *Verso un approccio archeologico al rilevamento e alla modellazione tridimensionale*, in «LANX» 13, 2012, pp. 1-26.

La modellazione 3D costituisce un processo che, muovendo dall'acquisizione del dato metrico, porta alla realizzazione di un modello virtuale in tre dimensioni reali che può essere correttamente visualizzato in modo interattivo su un computer². Nei modelli digitali i volumi e le superfici rappresentati nella scena costituiscono la simulazione o la replica di oggetti reali riprodotti geometricamente e controllati matematicamente; vengono generati e raffigurati in uno spazio 3D definito dalle coordinate x y z. La percezione della tridimensionalità in questo spazio virtuale è offerta, attraverso i metodi di rappresentazione, con proiezioni prospettiche, illuminazione e ombreggiatura.

La creazione di modelli tridimensionali di manufatti o di siti archeologici e architettonici viene realizzata oggi dunque soprattutto sfruttando tecniche automatiche di rilievo e restituzione con l'impiego di dati tridimensionali generati da sensori ottici attivi *Range-Based Modelling RBM* (laser scanner, strumenti a proiezione di luce strutturata, radar, ecc.) o da sensori passivi (camere digitali) trasformati in informazioni tridimensionali attraverso conversioni specifiche (fotogrammetria, computer vision, e altro.) *Image-Based Modelling IBM*³. Metodi integrati fra i due sistemi (in particolare la fotogrammetria e il laser a scansione) possono essere applicati con successo, soprattutto per la ricostruzione di edifici complessi nei quali l'applicazione di un solo metodo non garantisce un risultato adeguato; in questi casi ad esempio si può usare la fotogrammetria per una ricostruzione generale e il laser per i dettagli architettonici dalla geometria complessa o con specifiche problematiche logistiche o di visibilità⁴.

La pratica e l'approccio analitico avviati negli ultimi anni in questo campo hanno spinto a Postalesio a privilegiare l'impiego della fotogrammetria, affiancata in parallelo da un'ulteriore battuta fotografica frontale degli apparati pittorici.

Negli ultimissimi anni infatti la fotogrammetria ha assunto nella realizzazione della documentazione archeologica un ruolo di primo piano, se non quasi esclusivo, soprattutto per effetto dello sviluppo della ricerca nel campo dell'elaborazione metrica da im-

2. F. Remondino, A. Rizzi, G. Agugiaro, B. Jimenez, F. Menna, F. Nex, G. Baratti, *Rilievi e Modellazione 3D*, in *Atti della 15a Conferenza Nazionale ASITA*, Reggio di Colorno (PR), 15-18.11.2011, pp. 1825-1836.

3. M. Russo, F. Remondino, G. Guidi, *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico*, in «Archeologia e Calcolatori», 22, 2011, pp. 169-198 (con bibliografia di riferimento).

4. Si vedano ad esempio le problematiche affrontate e le soluzioni adottate per il rilievo e restituzione del teatro romano di Ventimiglia in G. Baratti, L. Gambaro, *Il nuovo rilievo geo-riferito delle strutture*, in *Il teatro romano di Albintimilium. Restauri e ricerche (2011-2017)*, a cura di L. Gambaro, Genova 2021, pp. 14-18 e per alcuni castelli trentini in A. Rizzi, G. Baratti, B. Jiménez, S. Girardi, F. Remondino, *3D Recording for 2D Delivering – The Employment of 3D Models for Studies and Analyses*, in *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38-5/W16 (4th ISPRS International Workshop 3DARCH2011: *Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, 2-4 marzo 2011, Trento), pp. 301-309.

magini digitali che ha visto ricadute particolarmente significative nella produzione di nuvole dense e nell'applicazione di algoritmi per la costruzione e il trattamento dei modelli tridimensionali generati; molto velocemente il suo impiego ha dunque superato la fase sperimentale assurgendo a standard procedurale anche nelle attività dei cantieri professionali e d'emergenza, un parametro questo che, come auspicato qualche anno fa⁵, rappresenta il vero punto di snodo per la credibilità e l'affermazione delle nuove applicazioni in campo archeologico.

La fotogrammetria utilizza dunque sensori passivi installati su camere e videocamere digitali che possono anche essere montate su apparecchiature aeree (o satellitari), anche di facile reperibilità e costi contenuti come i droni; questi sensori sfruttano la luce presente nell'ambiente per acquisire immagini da cui è possibile, tramite formulazione matematica specifica (geometria proiettiva o prospettica), ricavare coordinate 3D dell'oggetto in esame⁶.

Per poter generare modelli tridimensionali, le immagini contengono così tutte le informazioni necessarie per riprodurre sia la geometria che la texture del manufatto fotografato; per ricostruire, attraverso un procedimento matematico appunto, le informazioni tridimensionali dell'oggetto analizzato, le elaborazioni IBM si basano, infatti, sulla corrispondenza di punti omologhi su immagini bidimensionali. Il principale vantaggio dei sistemi passivi e delle relative tecniche di elaborazione risiede, come detto, soprattutto nel costo e nella trasportabilità dei sensori nonché nel fatto che le immagini possano essere eventualmente integrate con altre reperibili anche in archivi storici o banche dati esistenti⁷.

Proprio la consapevolezza acquisita dalla sperimentazione diretta e dalle riflessioni di carattere metodologico circa l'impiego e l'effettiva pertinenza ed efficacia delle elaborazioni tridimensionali in archeologia in questi anni ha dunque guidato gli indirizzi progettuali e la scelta delle soluzioni proposte per San Colombano; in particolare, dal confronto con l'équipe di studio, alla luce degli interventi già realizzati e degli elaborati in fase di elaborazione, si è colto l'effettivo valore che la creazione di un modello fotogrammetrico poteva offrire nell'ottica di una lettura del ciclo pittorico finalizzata alla diagnostica e al restauro e, soprattutto, per la creazione di supporti di visualizzazione in grado di integrare il pregevole e imponente apparato grafico realizzato da Remo

5. G. Baratti, *Verso un approccio archeologico al rilevamento e alla modellazione tridimensionale*, cit. pp. 13-17.

6. F. Remondino, S. El-Hakim, *Image-based 3D modelling: A review*, in «Photogrammetric Record», 21, 115, 2006, pp. 269-291.

7. M. Russo, F. Remondino, *Laser Scanning e fotogrammetria: strumenti e metodi del rilievo tridimensionale per l'archeologia*, in «APSAT», 1, 2012, pp. 141-170.

Rachini⁸. Al di là della possibilità di mettere a disposizione immagini fotografiche utili a eventuali verifiche, quello che ci è parso più stringente e che fornisce sicuramente uno spunto anche metodologico di primo piano nella rappresentazione di simili contesti, è dato infatti dalla possibilità, attraverso l'elaborazione metrica, di offrire una sovrapposizione dell'apparato grafico con le immagini digitali. L'integrazione di queste due rappresentazioni, oltre a fornire un supporto di grande impatto per la lettura e la restituzione dell'affresco, consente di rimarcare a livello concettuale l'importanza di una corretta definizione degli effettivi ambiti di competenza dei due apparati documentari. La possibilità di creare una replica fedele, metrica e ad alta definizione del reale con i modelli tridimensionali non deve infatti indurre a considerare questi prodotti come sostitutivi delle riproduzioni grafiche manuali; diversamente, lungi dall'allinearci a una consapevole acquisizione di spunti innovativi, ci troveremmo di fronte esclusivamente a una fascinazione poco matura nella comprensione dei significati reali dell'evoluzione tecnologica. Il disegno anche, e forse soprattutto, nell'era digitale, mantiene infatti la sua peculiare e originale definizione concettuale di riproduzione semantica; il "segno" si materializza nel tratto del disegno come risultato di un processo selettivo che si esplicita attraverso un peculiare linguaggio formale rappresentativo, la cui sintassi attiene necessariamente alle scelte specifiche della disciplina all'interno della quale il rilievo si snoda, dei suoi obiettivi e delle sue istanze teoriche e metodologiche. I due supporti che qui, proprio seguendo fedelmente questo indirizzo speculativo, si è provato a restituire in una visione integrata, attengono dunque a due sfere concettuali differenti. La restituzione del ciclo dei mesi, nella sua frammentarietà e labilità di conservazione delle figure originarie, offre di questo aspetto una visione molto efficace; la replica digitale, seppur accurata e ad alta definizione, non riesce infatti a fornire tutte le informazioni che l'attenta procedura del rilievo manuale, realizzata anche con il confronto con le restauratrici, è in grado di rappresentare riportando anche sfumature appena percepibili non riproducibili dall'immagine.

2. Il rilievo

Le riprese fotografiche e il rilievo fotogrammetrico della chiesa di San Colombano a Postalesio (So) sono stati eseguiti fra giugno e agosto 2021. La fase di lavoro sul campo è stata eseguita in quattro giornate separate, durante le quali sono stati sperimentati

8. Si veda il saggio di R. Rachini in questo volume.

diversi metodi di acquisizione, differenziati per il tipo di ottiche impiegate e per la tipologia di illuminazione. Il rilievo ha interessato sia l'esterno che l'interno dell'edificio. Il rilievo dell'esterno è stato realizzato tramite fotografie scattate da drone e non ha fornito spunti di riflessione particolari (*Figura 1*). L'interno viceversa ha sollevato diverse criticità legate alla quasi totale assenza di luce naturale e alla presenza di superfici difficilmente acquisibili tramite la fotogrammetria.

Questa situazione ha messo in luce alcuni dei limiti della fotogrammetria in contesti chiusi e poco illuminati, limiti legati principalmente alle caratteristiche del sensore utilizzato nella fase di acquisizione dei dati. I sensori *image-based* impiegati nelle acquisizioni fotogrammetriche basandosi sulla fotografia, necessitano di una fonte di luce esterna possibilmente uniforme.

La chiesa di San Colombano presenta dunque, da questo punto di vista, una situazione poco favorevole dal momento che le uniche fonti di luce naturale dell'aula sono costituite dalla porta di accesso e da due piccole finestre poste sulla parete meridionale dell'edificio, una a tre quarti dell'aula, verso est, e l'altra nell'abside. Sono poi presenti altre fonti di luce artificiale, due faretti montati sulla capriata del soffitto e tre posti a illuminare l'affresco absidale. Questa disposizione dei punti di luce genera un'illuminazione piuttosto irregolare che complica la fase di acquisizione fotografica. Una situazione di questo tipo porterebbe dunque normalmente all'impiego di un laser scanner; tuttavia nel caso in esame volendo privilegiare una *tecnica low budget* e dal momento che uno degli obiettivi primari del rilevamento era focalizzato nella restituzione più efficace del ciclo pittorico si è scelto di procedere comunque con l'impiego della fotogrammetria sperimentando una serie di accorgimenti utili a limarne i limiti.

L'altro problema che abbiamo dovuto affrontare è stato appunto legato alla presenza di alcune strutture moderne come la sovrappavimentazione in vetro e metallo, posta a protezione del pavimento originale della chiesa, e la porzione ricostruita dell'area absidale, intonacata con una stesura di bianco molto uniforme. La superficie di entrambe, una perché trasparente l'altra appunto perché uniformemente bianca, rappresenta infatti un limite abbastanza marcato nella restituzione fotogrammetrica e, per questo, si sono dovute studiare soluzioni adeguate per poter procedere correttamente.

Queste complessità hanno spinto dunque a strutturare il lavoro in più fasi separate in modo da avere il tempo di verificare i dati acquisiti sul campo e introdurre eventuali correzioni e cambiamenti nel flusso di lavoro.

Per quanto riguarda la strumentazione utilizzata, è stata impiegata una macchina

fotografica mirrorless Olympus EM-10 Mark III, una stazione totale Cygnus 2LS e un computer DELL G5 15.

In un primo momento è stato realizzato il rilievo completo dell'interno dell'edificio utilizzando un'ottica zoom 14-42 mm (equivalente a un 28-84 mm su sensore *full frame*), scattando con una lunghezza focale pari a 14 mm (28 mm su sensore *full frame*). Si è scelto di mantenere una lunghezza focale piuttosto ridotta, pur consapevoli della maggiore distorsione che essa implica, per contenere il numero degli scatti e alleggerire di conseguenza la fase di elaborazione. Per il rilievo di dettaglio dell'affresco è stato impiegato un obiettivo macro da 30 mm (60 mm equivalente su sensore *full frame*), che ha consentito di mantenere un GSD⁹ molto ridotto, massimizzando la resa dei dettagli del dipinto. Proprio la scelta della risoluzione del rilievo rappresenta un momento abbastanza determinante, che non va sottovalutato nell'impostazione del lavoro ma che necessita di un'accurata definizione già in fase di progettazione. Spesso capita di visionare rilievi molto dettagliati, pesanti e dunque difficilmente gestibili, la cui densità di dati risulta assolutamente ridondante e di fatto superflua per gli obiettivi del rilievo stesso. Nel nostro caso la necessità di restituire un modello molto dettagliato risultava particolarmente stringente solo per l'area absidale affrescata, per fornire anche un modello funzionale alla diagnostica per il restauro della pittura. Tutte le fotografie sono state acquisite anche in formato RAW per la correzione al dettaglio in fase di post-produzione. Per l'ottimizzazione dell'allineamento e la scalatura del modello sono stati posizionati venti *Ground Control Points*¹⁰, acquisiti con la stazione totale.

2.1. Le soluzioni proposte

Come detto dunque la scarsità di luce all'interno dell'edificio ha costituito un problema di non facile soluzione. Nell'impossibilità di avvalersi di una adeguata illuminazione naturale¹¹, sono state vagliate le due macrocategorie in cui si dividono le sorgenti

9. GSD è l'acronimo di *Ground Sampling Distance*, ovvero la distanza misurata a terra fra due pixel vicini nell'immagine. Il GSD determina la risoluzione spaziale ed è fondamentale in fotogrammetria perché più piccolo è il GSD maggiore è il dettaglio del rilievo.

10. I *Ground Control Points* sono dei punti di appoggio a terra che devono essere visibili nelle immagini e vengono registrati con uno strumento di misura di precisione. Devono essere posizionati in modo da coprire uniformemente l'area oggetto del rilievo.

11. Peraltro al fine di minimizzare la presenza di riflessi, coni di luce e ombre marcate, le finestre presenti nell'abside e nell'aula sono state oscurate. In una seconda fase era stata coperta interamente anche la sovrappavimentazione in vetro, utilizzando però un materiale troppo uniforme che non ha consentito di ricostruire efficacemente il piano (*Figura 2*).

di luce artificiale: le luci continue e i flash. Nel caso qui analizzato la prima soluzione è stata ritenuta inapplicabile, principalmente a causa delle dimensioni ragguardevoli dell'edificio che avrebbero determinato un impegno piuttosto gravoso per l'acquisto o il noleggio dei fari e delle piantane necessarie a sostenerli; le piantane avrebbero inoltre complicato e rallentato la fase di acquisizione in quanto sarebbe stato necessario spostarle ripetutamente nel corso del rilievo. Le uniche luci continue impiegate sono state dei piccoli faretto led, utili a migliorare l'illuminazione di porzioni dell'edificio con estensione molto limitata. Si è dunque optato per l'utilizzo di un flash, strumento generalmente sconsigliato nell'ambito dei rilievi fotogrammetrici perché considerato poco rispondente alle necessità proprie di questa tecnica. Effettivamente il flash se usato senza accorgimenti genera un'illuminazione poco uniforme all'interno del dataset fotografico, caratterizzata da una luce molto fredda, e determina inoltre il formarsi di riflessi su alcune tipologie di superfici. Al flash a slitta utilizzato (Godox TT3500) è stato quindi abbinato un diffusore che ha consentito di estendere l'area illuminata e di ammorbidire la luce, direzionando il lampo verso l'alto e non rivolgendolo direttamente sull'oggetto (Figura 3).

Va detto comunque che il flash fatica a illuminare efficacemente superfici molto estese, il che porta ad avvicinarsi all'oggetto scattando di conseguenza più fotografie e quindi allungando la fase di elaborazione. Le fotografie sono state comunque scattate quasi sempre con l'ausilio di un treppiede in modo da mantenere tempi abbastanza lenti e un valore di ISO molto basso.

La porzione absidale, intonacata con una pittura bianca molto uniforme, è stata acquisita sfruttando il laser della stazione totale impiegata in generale per la misurazione dei punti di controllo e costruendo una griglia di 2.000 punti, abbastanza fitta da riprodurre la morfologia della superficie. Si tratta di una soluzione limite, poco pratica e non particolarmente economica in termini di tempo, scelta solamente alla luce della ridotta superficie da rilevare, frutto peraltro di un restauro moderno; la presenza di un'estensione maggiore della superficie avrebbe inevitabilmente spinto per l'utilizzo di un laser scanner.

2.2. L'elaborazione

In fase di elaborazione si è proceduto per prima cosa a una selezione delle fotografie scattate, scartando quelle che per varie ragioni non soddisfacevano i necessari requisiti di qualità. I RAW sono stati quindi elaborati all'interno del *software open source*

Darktable, che similmente a soluzioni commerciali molto diffuse (come ad esempio Lightroom), consente di copiare i parametri di esposizione e bilanciamento del bianco da una fotografia e di applicarli su tutto il dataset fotografico, velocizzando notevolmente le operazioni soprattutto in situazioni come queste nelle quali si debba procedere su un alto numero di fotografie.

Le immagini elaborate sono state importate all'interno di Agisoft Metashape, uno dei più diffusi software di *Structure From Motion*¹², scelto per la sua affidabilità e la relativa velocità di elaborazione. Il programma consente di eseguire il tipico workflow che conduce all'ottenimento di un modello tridimensionale: allineamento delle immagini, generazione della nuvola densa, costruzione della mesh, parametrizzazione della texture. Senza entrare nel dettaglio dei vari passaggi, preme sottolineare come si sia cercato di lavorare sempre in parametri "alti" in modo da ottenere un modello tridimensionale solido da un punto di vista geometrico¹³. Questo ha comportato la generazione di una nuvola densa molto fitta, con oltre 140.000.000 di punti, decisamente troppo pesante per poter essere gestita all'interno della macchina utilizzata. Una tale densità di punti era comunque sovrastimata ai fini del lavoro richiesto¹⁴ e dunque la nuvola è stata importata all'interno del *software* CloudCompare dove è stata trattata con appositi filtri di riduzione del rumore e ripulita manualmente, operazione che ha permesso di ridurre sensibilmente il numero di punti della nuvola. Questa operazione ha inoltre consentito di eliminare il rumore creatosi a causa della presenza della sovrapposizione in vetro, il cui piano è stato successivamente ricostruito interamente in CloudCompare. Sempre all'interno di questo programma è stata importata la griglia di punti acquisita per mezzo della stazione totale in modo da procedere alla sua densificazione e all'unione con la nuvola fotogrammetrica. A questo punto la nuvola densa completa è stata importata nuovamente all'interno di Agisoft Metashape, dove si è proceduto alla generazione della mesh e della texture.

12. Lo *Structure from motion* è il procedimento alla base di tutti i software di fotogrammetria. Il termine identifica una serie di algoritmi che consentono di passare dallo spazio bidimensionale delle immagini a quello tridimensionale del modello.

13. L'errore di riproiezione medio derivato dal processo di allineamento è pari a 0.871 pixel, mentre l'accuratezza finale del rilievo si attesta intorno ai 7 mm.

14. Per la porzione absidale, elaborata a parte, si è invece mantenuta una nuvola estremamente densa in modo da poter ricostruire una mesh molto solida e dettagliata. In questo caso però l'obiettivo era diverso essendo richiesto un grado di dettaglio molto alto ai fini del rilievo grafico.

2.3. Il rilievo dell'abside e lo sviluppo piano

Come già evidenziato il rilievo dell'abside è stato effettuato separatamente con un'ottica macro da 30 mm che ha consentito di mantenere un GSD molto ridotto, ottenendo in questo modo un dettaglio molto elevato. Senza soffermarsi ulteriormente sulla procedura di elaborazione del rilievo, già ampiamente discussa, preme qui brevemente analizzare il metodo impiegato per la realizzazione dello sviluppo piano della superficie curva dell'abside. L'operazione è stata realizzata ancora una volta all'interno di CloudCompare, dove è stato importato il modello tridimensionale in formato OBJ. La superficie curva dell'abside è stata approssimata per ricondurla a un solido di rotazione compatibile con un cilindro, di cui sono stati calcolati il raggio e il centro di gravità. Conoscendo questi dati è stato quindi possibile utilizzare lo strumento "Unroll" di CloudCompare, che permette appunto di sviluppare su un piano un solido di rotazione. Ovviamente l'operazione produce delle inevitabili deformazioni che rientrano tuttavia all'interno di un margine di errore previsto e del tutto accettabile in relazione alle finalità del rilievo.

Conclusioni

Il rilievo della chiesa di San Colombano ha consentito di sperimentare e proporre alcune soluzioni a basso costo per la riproduzione di interni poco illuminati. Al contempo ha evidenziato alcuni limiti della fotogrammetria che non può (e non deve) essere considerata in assoluto uno strumento in grado di sostituire il laser scanner. Allo stesso modo il confronto con il materiale grafico realizzato manualmente permette di ribadire il differente ruolo che i due supporti rivestono in una corretta restituzione di contesti con aspetti e valori come quelli presenti a San Colombano; per questo motivo nella progettazione del lavoro si sono studiate soluzioni in grado di ottimizzare l'integrazione visiva dei due supporti.

Dal lavoro effettuato emerge dunque, ancora una volta, la necessità di tarare gli strumenti e le procedure sulle caratteristiche del contesto da rilevare e sulle finalità del rilievo. Nel caso in esame una scansione di dettaglio era richiesta solamente per la porzione del catino absidale che conserva pitture *in situ*, che, come già sottolineato, risultava perfettamente riproducibile per mezzo della fotogrammetria. L'estensione del rilievo a tutto l'interno dell'edificio ha rappresentato certamente una sfida che ha evi-

denziato le criticità ma al contempo ha consentito di proporre alcuni accorgimenti e di studiare soluzioni specifiche che hanno permesso di raggiungere risultati soddisfacenti e, soprattutto, conformi a quanto richiesto. In particolare si ritiene meritevole di approfondimento l'impiego, in situazioni ambientali come quelle di San Colombano, del flash a slitta combinato a un diffusore, un espediente tecnico che garantisce una discreta illuminazione e offre l'indubbio vantaggio di essere estremamente maneggevole. Nonostante abbia mostrato alcune criticità come la scarsa diffusione del lampo in presenza di superfici particolarmente estese, questa apparecchiatura sperimentata a Postalesio rappresenta dunque una soluzione soddisfacente sia per qualità della luce sia per comodità di utilizzo e trasporto nel rilevamento di porzioni di edifici dove l'illuminazione con luci continue risulti problematica.



Figura 1. Una fase del rilievo con drone dell'esterno della chiesa.

Il rilievo fotogrammetrico della chiesa di San Colombano



Figura 2. Una fase della sistemazione della copertura della pavimentazione in vetro.



Figura 3. Il diffusore montato sul flash a slitta che ha consentito di ottenere degli scatti di buona qualità.

Il rilievo fotogrammetrico della chiesa di San Colombano

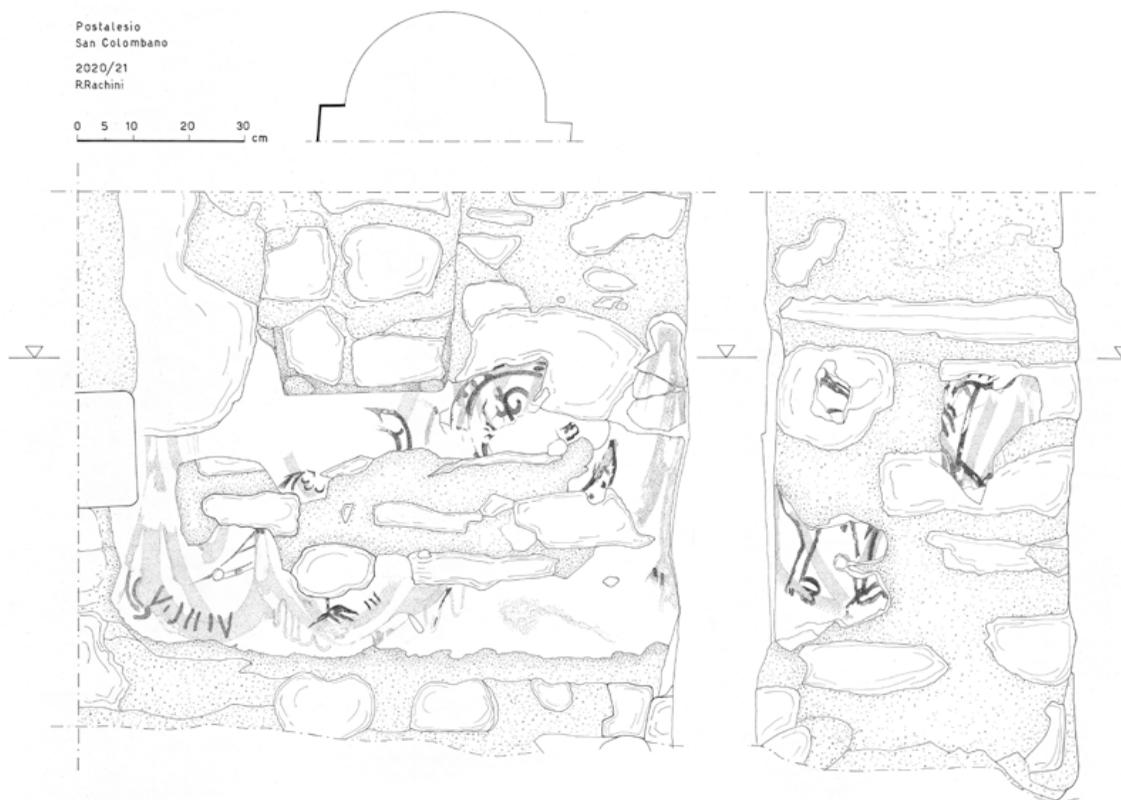


Tavola 1a. Rilievo dello stato di fatto dell'emiciclo absidale eseguito da R. Rachini.

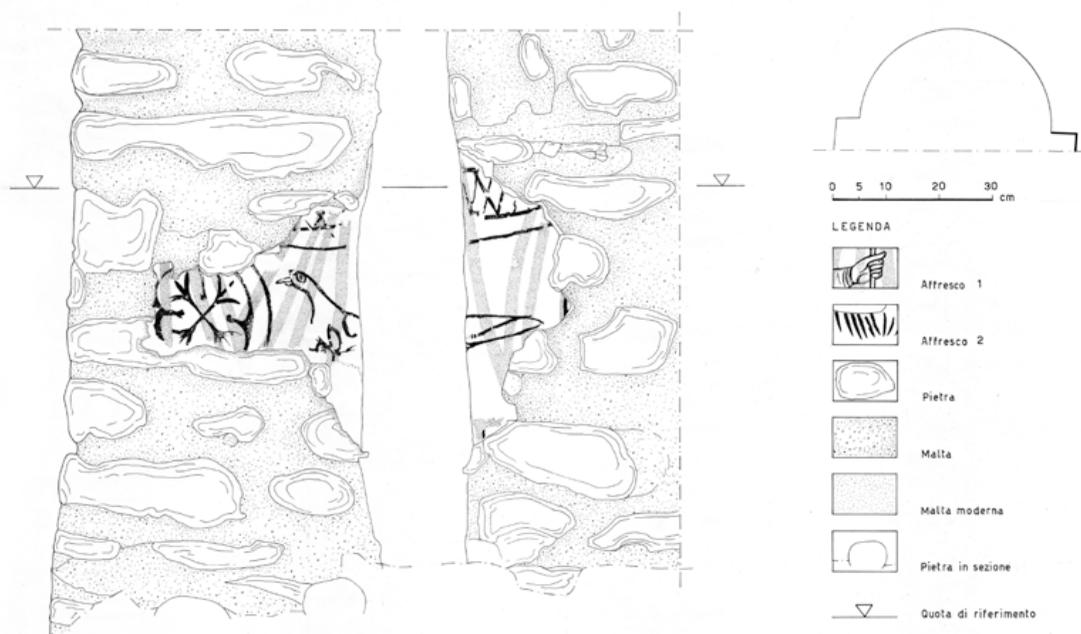


Tavola 1b. Rilievo dello stato di fatto dell'emiciclo absidale eseguito da R. Rachini.

