

Dal rilievo al modello digitale: rappresentazione e valorizzazione delle Certose di Pesio e Casotto

Matteo Bigongiari
Giovanni Pancani
Andrea Pasquali

Abstract

Lo studio indaga i processi di documentazione e valorizzazione delle Certose di Pesio e Casotto attraverso metodologie di rilievo avanzate e modellazione digitale. Inquadrandosi nel contesto storico e architettonico dei complessi certosini, si analizza lo stato dell'arte della rappresentazione digitale del patrimonio costruito. L'approccio metodologico si basa su tecniche di rilievo integrato, dalla fotogrammetria alla scansione laser, con l'obiettivo di restituire modelli BIM capaci di supportare la conservazione e la fruizione del bene. I risultati evidenziano il potenziale della digitalizzazione nel ricostruire e interpretare le trasformazioni storiche del costruito, offrendo strumenti innovativi per la gestione e la valorizzazione del patrimonio architettonico. Lo studio si conclude con una riflessione sull'impiego delle tecnologie immersive per ampliare l'accessibilità e la comprensione delle Certose nel contesto della ricerca e della divulgazione.

Parole chiave

Certose, rilievo digitale, BIM, valorizzazione, patrimonio architettonico.



Certosa di Casotto.
Screenshot modello HBIM
e nuvola di punti, software
Graphisoft Archicad
(elaborazione degli autori).

Introduzione

I complessi monastici di Pesio e Casotto rappresentano due significativi esempi di architettura certosina medievale nel Piemonte meridionale, nonostante le numerose trasformazioni subite dall'età moderna in poi [Comba 1997; Beltramo 2018]. Il progetto PRIN2022_PNRR *The landscape of the medieval Carthusian Monasteries in Piedmont: between history and enhancement*, che coinvolge tre unità di ricerca dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano, del Politecnico di Torino e dell'Università degli Studi di Firenze, mira a studiare questi beni storici attraverso un approccio multidisciplinare, con l'obiettivo di documentarne lo stato attuale e sviluppare strategie innovative per la loro valorizzazione e conservazione.

Le tre unità di ricerca si distinguono per le loro specifiche competenze: l'Università Cattolica si occupa dell'analisi storica e delle fonti archivistiche, il Politecnico di Torino studia le architetture e il paesaggio certosino, mentre il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze applica metodologie avanzate di rilievo e modellazione. In questo contesto, la transizione dal rilievo digitale alla modellazione *Scan-to-BIM* non è solo una rappresentazione geometrica, ma un metodo per integrare dati storici, architettonici e diagnostici, offrendo una visione più completa e dinamica del patrimonio certosino [Inzerillo et al. 2016].

Il modello BIM sviluppato non si limita alla restituzione tridimensionale dei complessi monastici, ma si configura come un vero e proprio sistema informativo, capace di supportare la gestione e l'analisi dei dati, favorendo un dialogo tra ricerca accademica, enti di tutela e operatori del settore. Il presente contributo illustra le metodologie adottate, le criticità incontrate e i primi risultati ottenuti, dimostrando come l'integrazione tra tecnologie digitali e conoscenze storiche possa aprire nuove prospettive per la conservazione e la valorizzazione delle architetture medievali.

Le prime fondazioni certosine in Italia: i progressivi risultati della ricerca

I monasteri di Pesio e Casotto sono stati inclusi nella ricerca per il loro ricco patrimonio culturale e per il valore paesaggistico, ancora oggi di notevole rilevanza nel territorio [Guglielmotti 2000; Tosco 2012; Gomez 2019]. In particolare, dato il focus sull'approccio digitale *Scan-to-BIM* e sull'integrazione di dati geometrici, storici e diagnostici sviluppata dall'Università di Firenze, l'obiettivo del progetto è rappresentare un modello diagnostico organico e integrato, utile per future indagini e per la conservazione del patrimonio monastico [Tosco 2000].



Fig. 1. Certosa di Pesio, chiostro grande. Vista generale da UAV.

Le due certose, situate sulle pendici alpine in provincia di Cuneo, vennero fondate a breve distanza l'una dall'altra sul finire del XII secolo e rappresentano alcuni dei primi esempi di architettura certosina in Italia. La documentazione pervenutaci sull'insediamento della comunità religiosa di Pesio (fig. 1) consente di stabilire la data di fondazione della certosa, avvenuta nel 1173 per volere dei signori di Morozzo. Della configurazione originaria rimangono poche tracce, a causa delle trasformazioni subite dal monastero a partire dal XV secolo, che ne hanno ampliato gli spazi e, in alcuni casi, modificato le funzioni. Il chiostro maggiore, verosimilmente situato nella posizione originaria, è stato oggetto di numerosi interventi, tra cui la ricostruzione della manica settentrionale in seguito alle distruzioni causate dalle truppe napoleoniche. Il complesso si sviluppa attorno a una serie di edifici funzionali, tra cui le celle dei monaci, la chiesa e gli ambienti destinati alle attività produttive. Le trasformazioni più significative si collocano tra il XV e il XVIII secolo, mentre nel XIX secolo la funzione monastica venne progressivamente abbandonata in seguito all'emanazione degli editti napoleonici sulla soppressione delle congregazioni religiose del 1802. L'analisi delle permanenze architettoniche rivela come le ricostruzioni rinascimentali abbiano in gran parte cancellato le tracce medievali, sebbene alcuni elementi originari siano ancora leggibili nel chiostro piccolo e nella chiesa della correria, dove si conservano strutture risalenti al periodo medievale. Attualmente il complesso ospita la comunità religiosa dei missionari della Consolata, rappresentando così un caso di continuità identitaria e funzionale attraverso i secoli.

Diverso è il caso della certosa di Casotto (fig. 2), la cui data di fondazione è meno certa e le cui permanenze risultano oggi di difficile lettura. Dopo le soppressioni napoleoniche, il complesso venne acquistato da privati e trasformato in residenza di caccia per volere di Vittorio Emanuele II. A seguito di questa rifunzionalizzazione, furono aggiunte due maniche laterali sul lato nord, collocate lungo il corpo principale su cui si innestava la facciata della chiesa. Sebbene tali modifiche abbiano profondamente alterato la struttura originaria, l'impianto del chiostro grande rimane parzialmente leggibile, sviluppato su più livelli e con alcune porzioni interrate ancora percorribili. Come per Pesio, gli elementi medievali meglio conservati si trovano nella correria, in particolare nella chiesa dedicata alla Vergine e a San Guglielmo. L'analisi documentaria rinascimentale potrebbe contribuire a chiarire le fasi evolutive successive del complesso.

Il confronto tra le due certose evidenzia due esempi distinti di trasformazione architettonica: Pesio rappresenta un caso di continuità, in cui l'impianto monastico ha subito modifiche senza perdere del tutto la sua identità originaria, mentre Casotto costituisce un esempio di rifunzionalizzazione radicale, in cui la destinazione sabauda ha ridefinito in modo significativo la struttura preesistente. L'approccio integrato di rilievo digitale consente di documentare e ana-

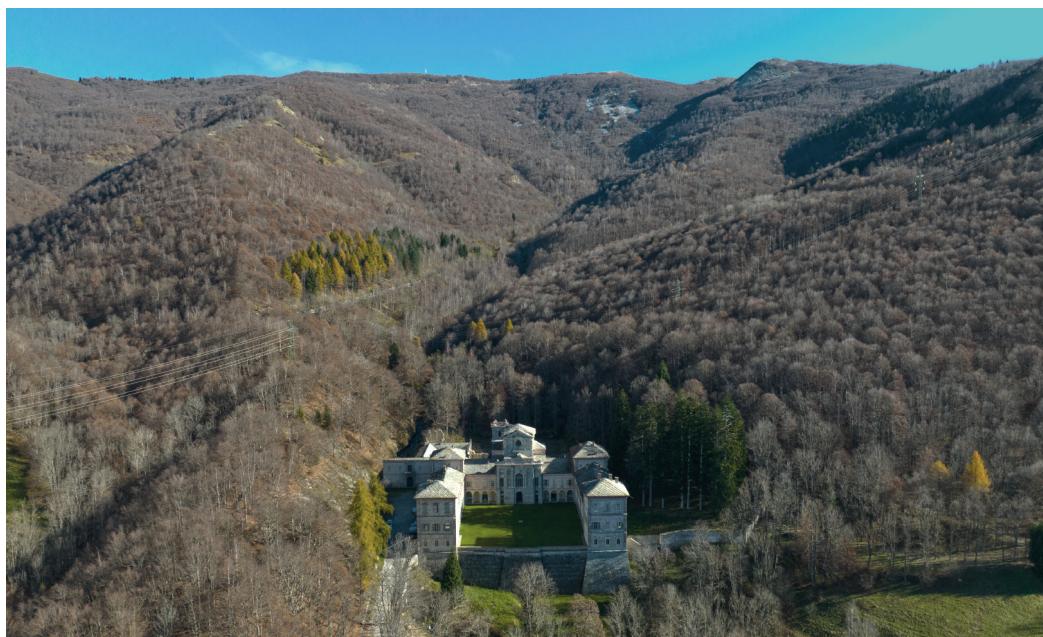


Fig. 2. Certosa di Casotto.
Vista generale da UAV.

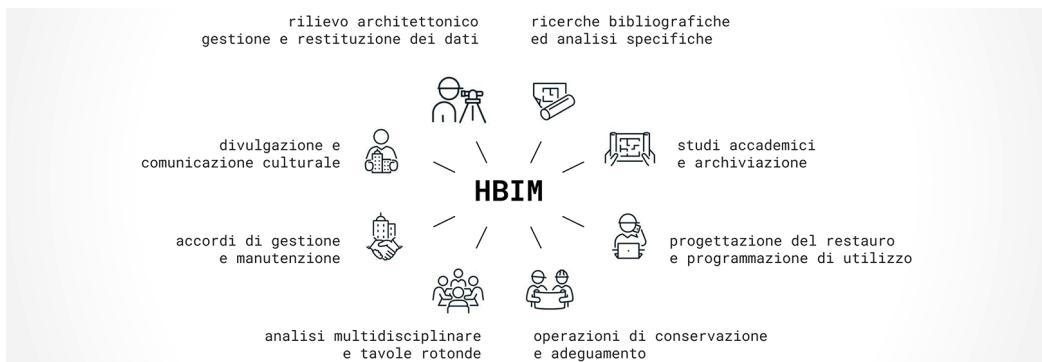


Fig. 3. Diagramma descrittivo potenzialità del workflow HBIM.



Fig. 4. Certosa di Pesio, chiostro grande. Operazioni di rilievo laser scanner 3D.

lizzare tali trasformazioni, fornendo una base conoscitiva solida per lo studio comparato dei due complessi. Il modello digitale, oltre a restituire la morfologia attuale, si configura come un archivio informativo capace di integrare dati storici e analisi diagnostiche (fig. 3), offrendo così nuovi strumenti per la conservazione e valorizzazione del patrimonio architettonico certosino.

Metodologie di rilievo e digitalizzazione

L'analisi delle certose ha adottato un approccio integrato, combinando tecniche di digitalizzazione *reality-based* per documentare, analizzare e valorizzare i due complessi monastici [Picchio et al. 2020; Bertocci 2020]. Il processo si è articolato secondo un workflow *Scan-to-BIM*, partendo dall'acquisizione dei dati con strumenti di rilievo *range-based*, *image-based* e satellitari, per poi sviluppare modelli informativi digitali (fig. 3).

Per la fase di rilievo, sono stati combinati dati raccolti tramite laser scanner 3D e fotogrammetria digitale, al fine di ottenere una rappresentazione fedele della realtà. Il rilievo della certosa di Pesio è stato condotto con uno scanner Leica RTC360 (fig. 4), affiancato da un Leica BLK360 per le scansioni degli ambienti di dimensioni ridotte. La precisione del rilievo è stata garantita dall'utilizzo di una stazione totale, con punti di controllo posizionati lungo il profilo esterno del complesso. Per la fotogrammetria è stato impiegato un drone DJI Mavic 3 RTK (fig. 5), che ha permesso l'acquisizione di immagini dettagliate per l'elaborazione di modelli tridimensionali ad alta risoluzione.



Fig. 5. Certosa di Peso, chiostro grande. Operazioni di rilievo fotografico con UAV.

L'elaborazione dei dati ha previsto una gestione accurata delle nuvole di punti, processate con il software *Leica Cyclone Register360* (fig. 6), che ha consentito l'allineamento e la pulizia delle scansioni per ottenere un modello coerente. Parallelamente, i dati fotogrammetrici sono stati elaborati con *Epic Games RealityCapture* (fig. 7), integrando le informazioni provenienti dal laser scanner per una documentazione dettagliata dello stato di conservazione delle certose. Questo approccio ha permesso di creare una base solida per future analisi diagnostiche e studi sull'evoluzione architettonica dei due complessi [Parrinello, Picchio 2023]. La modellazione BIM si è sviluppata con un livello di dettaglio adeguato alla definizione di un modello as-built, concepito per supportare interventi di restauro e conservazione [Raco *et al.* 2022]. Il modello integra informazioni sui materiali e sarà progressivamente arricchito con dati stratigrafici derivanti da analisi specifiche [Bigongiari 2021]. In prospettiva, il modello digitale non sarà solo un supporto alla gestione dei complessi monastici, ma verrà arricchito con indagini sul degrado superficie-

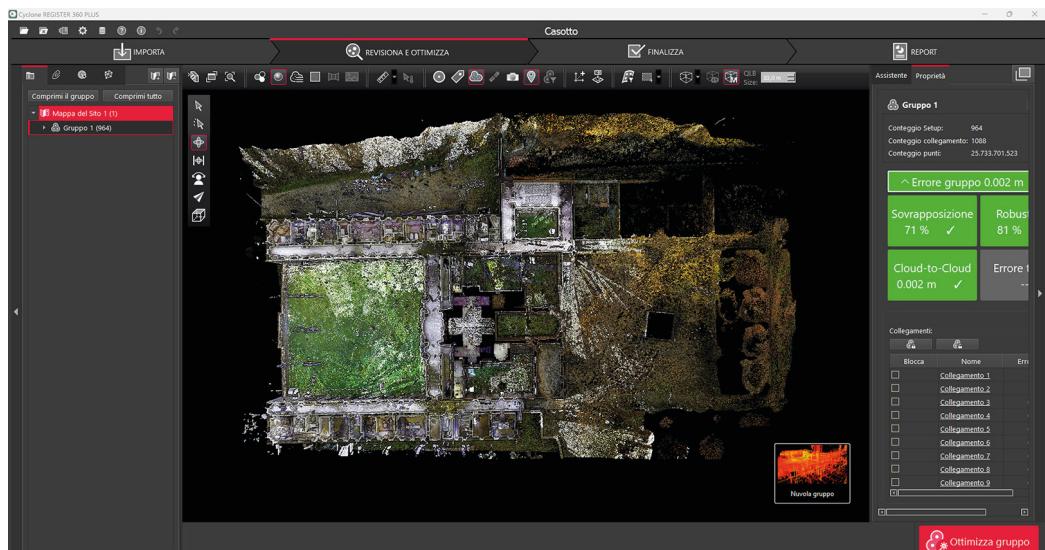


Fig. 6. Nuvola di punti della Certosa di Casotto. Messa a registro delle scansioni (elaborazione degli autori).

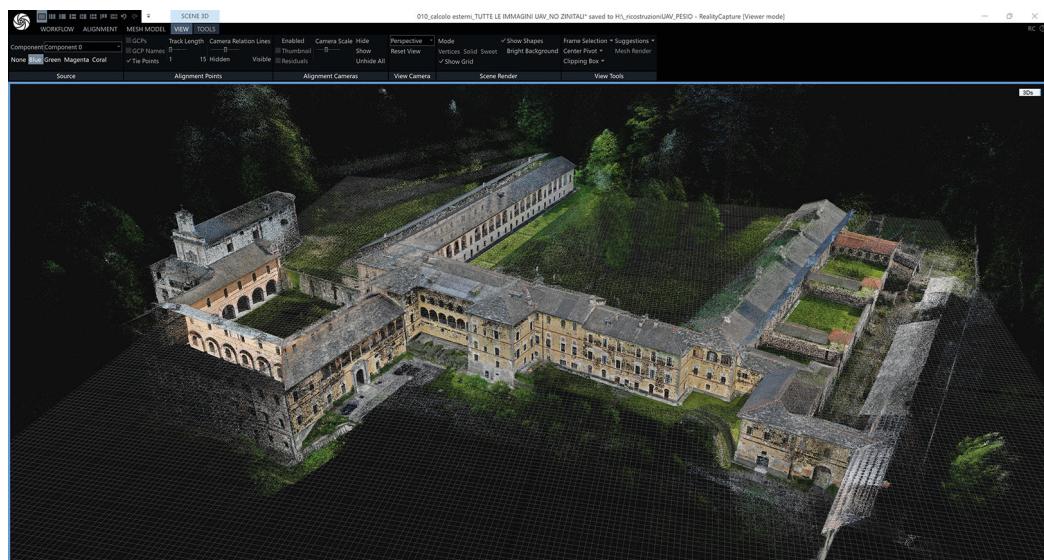


Fig. 7. Nuvola di punti della Certosa di Pesio. Allineamento fotogrammetrico (elaborazione degli autori).

ciale e strutturale, studi sulle lesioni e i dissesti, nonché analisi delle deformazioni delle superfici murarie attraverso l'elaborazione della nuvola di punti. Parallelamente, la ricerca archivistica ha già permesso di raccogliere dati storici medievali, ai quali si aggiungeranno informazioni relative alle trasformazioni architettoniche e allo studio del paesaggio storico medievale.

Dal rilievo al *Digital Twin*: interoperabilità e gestione delle informazioni

L'adozione di un modello BIM per le certose di Pesio e Casotto (fig. 8) non si limita alla semplice restituzione geometrica ma rappresenta un nodo centrale per la gestione e l'interpretazione delle trasformazioni architettoniche nel tempo. Il modello digitale, inteso come *Digital Twin* del complesso monastico, costituisce una piattaforma informativa dinamica, capace di integrare dati di rilievo, analisi diagnostiche e informazioni storiche in un'unica struttura interoperabile [Dell'Amico et al. 2024].

L'interoperabilità dei dati è una delle sfide principali nella digitalizzazione del patrimonio architettonico, in particolare quando si tratta di edifici stratificati come le certose. L'integrazione tra nuvole di punti, modelli BIM e database storici implica la gestione di dati eterogenei e la definizione di strategie di connessione tra rilievo, modellazione e documentazione archivistica. In questo contesto, il workflow Scan-to-BIM ha consentito di trasformare il rilievo tridimensionale

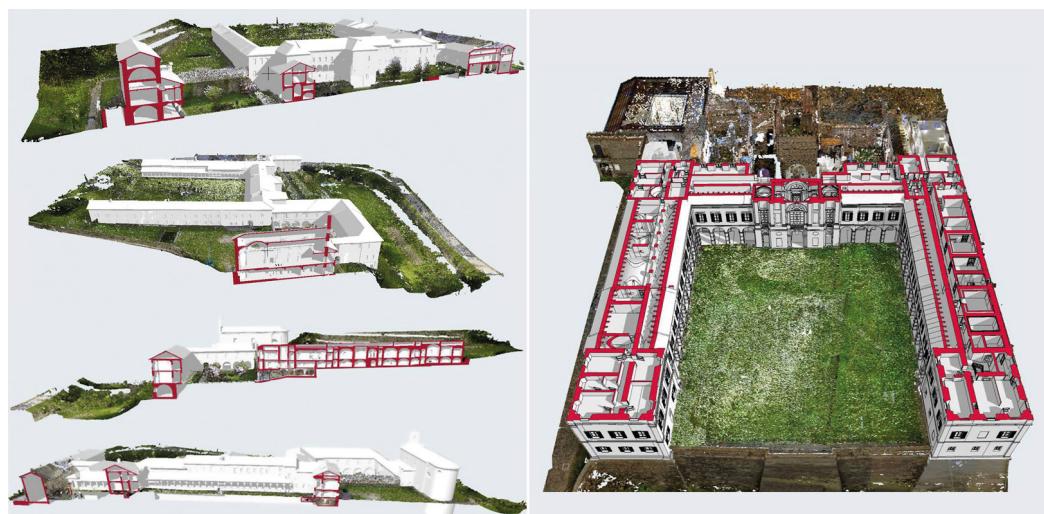


Fig. 8. Modello HBIM e nuvola di punti. Da sinistra Certosa di Pesio, sezioni verticali, e Certosa di Casotto, sezione orizzontale sul primo livello (elaborazione degli autori).

in un modello parametrico (fig. 9), predisposto per future integrazioni analitiche e conservative. Un aspetto chiave di questo processo riguarda la modellazione parametrica finalizzata alla conservazione. Il modello BIM, oltre a fornire una base per le ipotesi di trasformazione architettonica, permette di gestire informazioni sulle stratigrafie e sui materiali, supportando studi sul degrado e sulle necessità di intervento, anche se in questa fase iniziale l'informazione materica è stata integrata prevalentemente nei componenti principali, secondo una logica semplificata e coerente con un LOD C / LOD 300. La modellazione è stata sviluppata secondo livelli di dettaglio progressivi, adeguati agli obiettivi conoscitivi: i componenti architettonici sono stati associati a parametri personalizzati per la descrizione di materiali e tecniche costruttive, con l'intento di evolvere successivamente verso un incremento della LOI e della LOG in vista di applicazioni conservative e gestionali.

Un ulteriore sviluppo riguarda l'utilizzo del *Digital Twin* come strumento di valorizzazione. La creazione di un modello interattivo può facilitare la divulgazione dei risultati di ricerca e la fruizione del patrimonio monastico da parte di studiosi, istituzioni e pubblico [Verdiani et al. 2023]. La possibilità di navigare virtualmente all'interno della certosa (fig. 10), esplorando fasi costruttive e trasformazioni architettoniche, apre nuove prospettive per la comunicazione e la diffusione della conoscenza storica attraverso strumenti digitali.

Le prospettive future del progetto prevedono il completamento dell'integrazione tra modello BIM e dati storici, oltre alla definizione di protocolli per l'aggiornamento continuo delle informazioni, orientati a un progressivo consolidamento del modello in direzione di un LOD E (o



Fig. 9. Modello HBIM
Certosa di Pesio.
Screenshot modello
sovraposto a nuvola di
punti (elaborazione degli
autori).



Fig. 10. Certosa di Pesio.
Immagine panoramica
360°.

LOD 500), che consente una gestione attiva del bene e delle sue trasformazioni nel tempo. La creazione di un Digital Twin operativo potrebbe costituire un riferimento per la gestione a lungo termine del complesso monastico, delineando nuove strategie per la conservazione programmata e la valorizzazione sostenibile.

Digital Twin e strategie di aggiornamento e manutenzione

L'integrazione di un modello digitale avanzato, come il *Digital Twin*, rappresenta un passaggio cruciale per la conservazione e valorizzazione dei complessi certosini. La gestione di questo modello sarà affidata all'Università, che ne deterrà la proprietà e ne garantirà lo sviluppo nell'ambito del progetto di ricerca in corso. Tuttavia, il suo utilizzo e il suo aggiornamento nel tempo saranno oggetto di un processo collaborativo con le amministrazioni locali, nonché con le imprese coinvolte nella gestione e manutenzione degli edifici storici.

Le forme di cooperazione tra questi attori saranno decisive per definire protocolli operativi finalizzati all'aggiornamento costante del modello BIM. A seconda delle modalità di collaborazione individuate, potranno essere predisposti strumenti specifici per garantire un flusso continuo di dati, permettendo così di mantenere il *Digital Twin* sempre allineato allo stato reale degli immobili. Una prospettiva particolarmente innovativa riguarda l'integrazione di strumenti e sensori per il monitoraggio strutturale e ambientale. Tra le possibilità in fase di valutazione rientrano sensori per il controllo sismico, oltre a sistemi di rilevamento della temperatura e dell'umidità in aree particolarmente vulnerabili della struttura oltre ad altre tipologie di monitoraggio ad esempio relativo ai dissesti idro-geo-morfologici. Questi dispositivi consentirebbero non solo di raccogliere dati per la manutenzione preventiva, ma anche di sviluppare analisi predittive sulle condizioni conservative del patrimonio architettonico, contribuendo a una gestione più efficace e sostenibile nel lungo termine. Un ulteriore aspetto strategico riguarda il coinvolgimento attivo della comunità locale nella gestione e valorizzazione del patrimonio certosino. La fruibilità e la comprensibilità del modello digitale sono elementi essenziali per garantire una diffusione efficace della conoscenza storica e architettonica, permettendo alla cittadinanza di riconoscersi nel proprio patrimonio culturale e di partecipare attivamente alla sua tutela. In questa prospettiva, il *Digital Twin* non è solo uno strumento tecnico per il monitoraggio e la conservazione, ma anche un mezzo per la divulgazione e la sensibilizzazione, favorendo percorsi di apprendimento e iniziative di turismo culturale sostenibile.

Questa visione è in linea con gli indirizzi europei per la valorizzazione del patrimonio culturale, come sancito dalla Convenzione di Faro del 2005, ratificata dall'Italia nel 2021 e divenuta legge dello Stato. In occasione del ventennale della Convenzione, il progetto si inserisce in un orizzonte di ricerca che pone al centro il rapporto tra patrimonio e società, con l'obiettivo di rafforzare

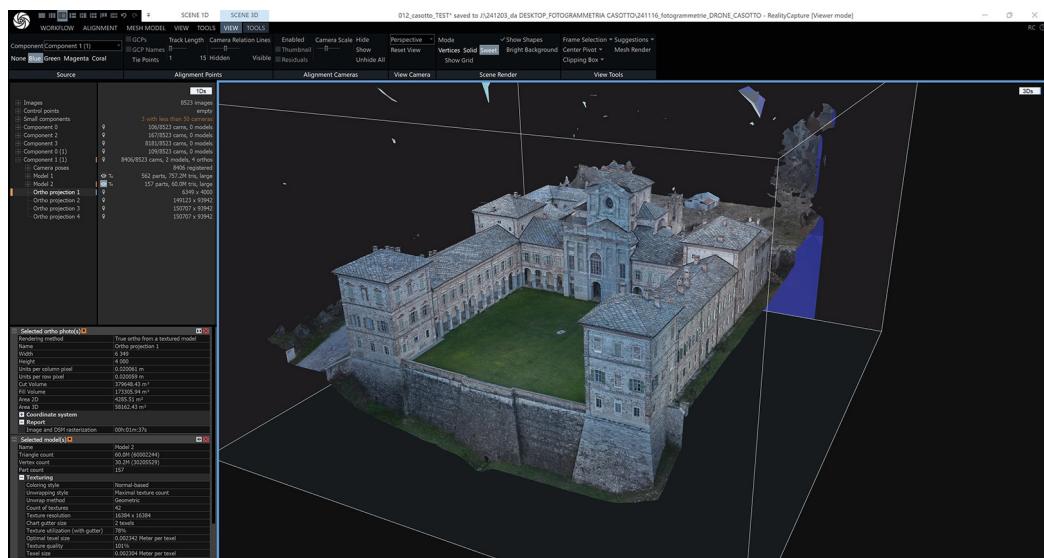


Fig. 11. Nuvola di punti della Certosa di Casotto. Allineamento fotogrammetrico (elaborazione degli autori).

la consapevolezza e l'identità storica dei luoghi attraverso l'uso delle tecnologie digitali. Questo approccio, inoltre, risponde agli obiettivi di valorizzazione e disseminazione previsti dal PRIN, delineando un modello di gestione inclusivo e sostenibile per il futuro delle certose.

In questo scenario, il *Digital Twin* si configura come un'interfaccia dinamica capace di supportare sia gli interventi tecnici sia le attività di valorizzazione culturale, promuovendo una sinergia tra ricerca accademica, enti pubblici e settore privato. Questa integrazione rappresenta un'opportunità significativa per la 'terza missione' universitaria, favorendo il trasferimento di conoscenze e competenze a beneficio della tutela e della promozione del patrimonio certosino.

Conclusioni

Il lavoro condotto sulle certose di Pesio e Casotto ha dimostrato come l'integrazione di tecniche di rilievo avanzate e metodologie digitali (fig. 11) possa costituire un fondamentale strumento per la conoscenza, la valorizzazione e la gestione del patrimonio architettonico monastico. L'approccio *Scan-to-BIM* adottato ha consentito di restituire un modello informativo dettagliato delle due monasteri, ponendo le basi per future analisi diagnostiche e per l'integrazione di dati storici che ne arricchiranno la lettura e la fruizione.

Nonostante la modellazione specifica per il restauro sia ancora in fase preliminare, il progetto ha delineato un percorso chiaro per la sua attuazione, che si svilupperà nel corso del 2025. L'attuale stadio di sviluppo del modello riflette un livello di dettaglio coerente con un LOD C / LOD 300, strutturato con un LOG F – che rappresenta fedelmente lo stato finale dell'opera costruita – e un LOI A, contenente informazioni non geometriche, principalmente derivate dalla classificazione semantica degli elementi. Alcuni componenti del modello sono già predisposti per la futura integrazione di dati conservativi (LOI) e operativi (LOA). Il *Digital Twin* risultante sarà uno strumento dinamico a disposizione dell'Università di Firenze, con prospettive di utilizzo che vanno oltre la semplice documentazione, abbracciando aspetti legati alla gestione e manutenzione dei complessi certosini.

La collaborazione con amministrazioni locali e operatori del settore permetterà di stabilire protocolli di aggiornamento e forme di scambio per garantire la continuità e l'efficacia dell'iniziativa. Le prospettive future del progetto includono anche l'aggiornamento e l'integrazione di più sistemi di monitoraggio avanzati, che potranno fornire dati in tempo reale sulle condizioni di conservazione delle strutture, contribuendo alla prevenzione di degradi e dissesti. L'integrazione con tecnologie di sensoristica avanzata, ad esempio per il monitoraggio sismico o microclimatico, rappresenta un passo ulteriore verso una gestione consapevole e sostenibile di questi beni culturali. Il progetto si inserisce all'interno della terza missione universitaria favorendo la creazione di connessioni tra il mondo della ricerca e quello della gestione del patrimonio da parte degli

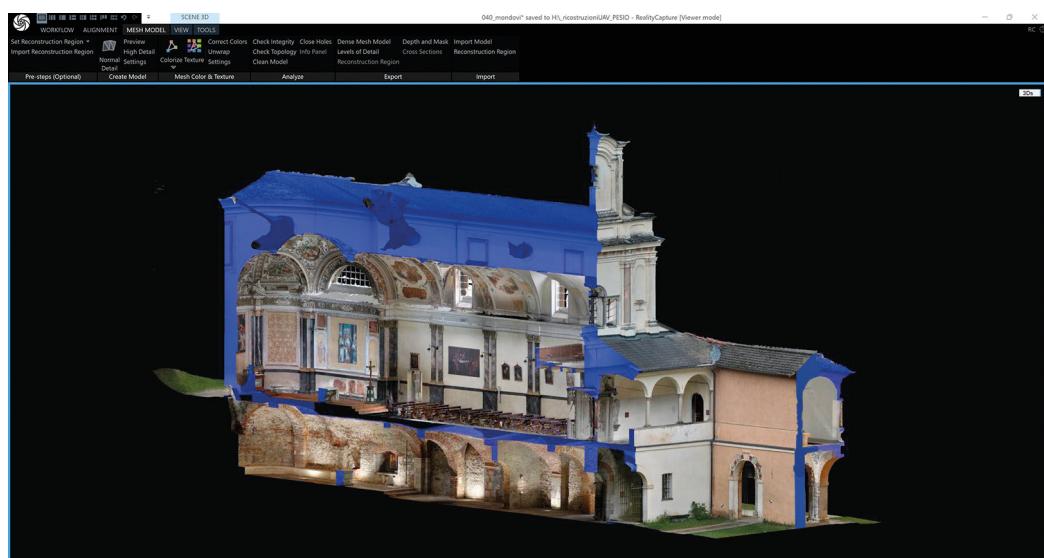


Fig. 12. Modello mesh e texture Chiesa della Certosa di Pesio, fotogrammetria integrata di nuvola di punti da laser scanner. Screenshot software Epicgames Reality Capture (elaborazione degli autori).

specifici enti pubblici e privati. La sperimentazione di modelli di valorizzazione innovativi e l'applicazione di tecnologie digitali avanzate (fig. 12) costituiscono un importante contributo per la conservazione e la promozione del patrimonio architettonico certosino, dimostrando il ruolo centrale che la rappresentazione e la modellazione digitale possono svolgere nella tutela e nella diffusione della conoscenza storica e architettonica.

Riferimenti bibliografici

- Beltramo, S. (2018). L'architettura medievale delle Certose tra XII e XIV secolo: studi e temi di ricerca. In Fabbrocino G., Savorra M. (a cura di) *La Certosa di Trisulti* (pp. 11-17). Cinisello Balsamo: SilvanaEditoriale.
- Bertocci, S. (2020). Un progetto di ricerca sulla Certosa di Firenze. In Bertocci, S., Parrinello, S. (Eds.), *Architettura eremita. Sistemi progettuali e paesaggi culturali* (pp. 390-393). Firenze: Edifir.
- Bigongiari, M. (2021). Digital Survey of a Building Site of the Fifteenth Century: the Sagrestia Vecchia in San Lorenzo. In Arena, A., Arena, M., Mediati, D., Raffa, P. (Eds.), *Connecting. Drawing for Weaving Relationships. Languages, Distances, Technologies. Proceedings of the 42nd International Conference of Representation Disciplines Teachers* (pp. 2092-2109). Milano: FrancoAngeli.
- Comba, R. (1999). La prima irradiazione certosina in Italia. *Annali di Storia Pavese*, 40(2), 341-355. JSTOR.
- Dell'Amico, A., Sanseverino, A., Albertario, S. (2024). Point cloud data semantization for parametric scan-to-HBIM modeling procedures. In Battini, C., Bistagnino, E. (Eds.), *Beyond Digital Representation: Advanced Experiences in AR and AI for Cultural Heritage and Innovative Design* (pp. 515-533). Cham: Springer.
- Gomez, M. (2019). La Certosa di Casotto. Una storia di cantieri e materiali d'eccezione. In E. Lusso (a cura di), *Paesaggi, territori e insediamenti della Val Tanaro. Un itinerario tra storia e valorizzazione* (pp. 85-95). Edizioni della Associazione Culturale Antonella Salvatico, Centro Internazionale di Ricerca sui Beni Culturali.
- Guglielmotti, P. (2000). Le origini delle Certose di Pesio, Casotto e Losa-Monte Benedetto. In Comba, R., Grado Merlo, G. (Eds.), *Certosini e cistercensi in Italia (secoli XII-XV)* (pp. 157-183). Cuneo: Società per gli studi storici, archeologici ed artistici della provincia di Cuneo.
- Inzerillo, L., Turco, M., Santagati, C., Parrinello, S., Valenti, G. (2016). BIM and Architectural Heritage: towards an Operational Methodology for the Knowledge and the Management of Cultural Heritage. *Disegnarecon*, 9, 16.1-16.
- Parrinello, S., Picchio, F. (2023). Digital strategies to enhance cultural heritage routes: from integrated survey to digital twins of different European architectural scenarios. *Drones*, 7(9), 576. <https://doi.org/10.3390/drones7090576>
- Picchio, F., Galasso, F., La Placa, S., Miceli, A. (2020). La costruzione di una banca dati tridimensionale per la Certosa di Pavia: sperimentazioni tecnologiche a confronto. In Bertocci, S., Parrinello, S. (Eds.), *Architettura eremita. Sistemi progettuali e paesaggi culturali* (pp. 82-89). Firenze: Edifir.
- Raco, F., Balzani, M., Planu, F., Tasselli, N. (2022). Modellazione semantica HBIM per la rappresentazione digitale dell'intervento sul patrimonio esistente. In Battini, C., Bistagnino, E. (Eds.), *Dialoghi. Visioni e Visualità. Testimoniare, Comunicare, Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione* (pp. 2789-2804). Milano: FrancoAngeli.
- Tosco, C. (2000). Dai certosini ai cistercensi: le arti a confronto. In R. Comba, G. Merlo (a cura di), *Certosini e cistercensi in Italia: secoli XII-XV: atti del convegno*, Cuneo, Chiusa Pesio, Rocca de' Baldi, giovedì 23-domenica 26 settembre 1999 (vol. 26 di Storia e storiografia, ISSN 2240-0877). Cuneo: Società per gli studi storici, archeologici e artistici della provincia di Cuneo.
- Tosco, C. (2012). *La Certosa di Santa Maria di Pesio*. Savigliano: L'Artistica.
- Verdiani, G., Ricci, Y., Pasquali, A., Montanaro, F. (2023). The Remains of the Horrea Agrippiana in the Roman Forum: from Survey to Virtual Reconstruction. In Camiz, A., Ceylanlı, Z., Özkuvanc, Ö. (Eds.), *Cities in Evolution. Diachronic Transformations of Urban and Rural Settlements*, Vol. II. Proceedings of AACCP (pp. 96-106). Istanbul: DRUM Press.

Autori

Matteo Bigongiari, Università degli Studi di Firenze, matteo.bigongiari@unifi.it
Giovanni Pancani, Università degli Studi di Firenze, giovanni.pancani@unifi.it
Andrea Pasquali, Università degli Studi di Firenze, andrea.pasquali@unifi.it

Per citare questo capitolo: Matteo Bigongiari, Giovanni Pancani, Andrea Pasquali (2025). Dal rilievo al modello digitale: rappresentazione e valorizzazione delle Certose di Pesio e Casotto. In L. Carlevaris et al. (a cura di). *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Atti del 46° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Milano: FrancoAngeli, pp. 2305-2324. DOI: 10.3280/oa-1430-c875.

From Survey to Digital Model: Representation and Valorization of the Certosas of Pesio and Casotto

Matteo Bigongiari
Giovanni Pancani
Andrea Pasquali

Abstract

This study explores the processes of documentation and valorization of the Certosas of Pesio and Casotto through advanced survey methodologies and digital modeling. Framing the historical and architectural context of the Carthusian complexes, it examines the state of the art in the digital representation of built heritage. The methodological approach is based on integrated survey techniques, from photogrammetry to laser scanning, with the goal of producing BIM models capable of supporting the conservation and enjoyment of the site. The results highlight the potential of digitization in reconstructing and interpreting the historical transformations of the built environment, offering innovative tools for the management and enhancement of architectural heritage. The study concludes with a reflection on the use of immersive technologies to expand accessibility and understanding of the Certosas in the context of research and dissemination.

Keywords

Charterhouses, digital survey, BIM, valorization, architectural heritage.



Charterhouse of Casotto.
Screenshot of HBIM
model and point cloud,
Graphisoft Archicad
software (elaboration by
the author).

Introduction

The monastic complexes of Pesio and Casotto represent two significant examples of medieval Carthusian architecture in southern Piedmont, despite the numerous transformations they have undergone since the modern era [Comba 1997; Beltramo 2018]. The PRIN2022_PNRR project *The Landscape of the Medieval Carthusian Monasteries in Piedmont: Between History and Enhancement*, which involves three research units from the Università Cattolica del Sacro Cuore of Milan, the Politecnico di Torino, and the University of Florence, aims to study these historical sites through a multidisciplinary approach, with the goal of documenting their current state and developing innovative strategies for their valorization and conservation. The three research units are distinguished by their specific areas of expertise: the Università Cattolica focuses on historical analysis and archival sources, the Politecnico di Torino studies Carthusian architecture and landscape, while the Department of Architecture at the University of Florence applies advanced survey and modeling methodologies. In this context, the transition from digital survey to Scan-to-BIM modeling is not only a geometric representation but a method to integrate historical, architectural, and diagnostic data, providing a more comprehensive and dynamic view of Carthusian heritage [Inzerillo et al. 2016]. The developed BIM model goes beyond the three-dimensional representation of the monastic complexes, serving as a true information system capable of supporting data management and analysis, promoting a dialogue between academic research, heritage protection bodies, and sector professionals. This contribution illustrates the adopted methodologies, the challenges encountered, and the initial results obtained, demonstrating how the integration of digital technologies and historical knowledge can open new perspectives for the conservation and valorization of medieval architecture.

The first carthusian foundations in Italy: progressive results of the research

The monasteries of Pesio and Casotto have been included in the research for their rich cultural heritage and landscape value, which remains of significant importance in the region today [Guglielmotti 2000; Tosco 2012; Gomez 2019]. In particular, given the focus on the Scan-to-BIM digital approach and the integration of geometric, historical, and diagnostic data developed by the University of Florence, the project's goal is to represent an organic



Fig. 1. Charterhouse of Pesio, large cloister. General view from UAV.

and integrated diagnostic model, useful for future investigations and for the conservation of monastic heritage [Tosco 2000].

The two Certosas, located on the Alpine slopes in the province of Cuneo, were founded shortly after each other at the end of the 12th century and represent some of the earliest examples of Carthusian architecture in Italy. The documentation available on the establishment of the religious community of Pesio (fig. 1) allows for the determination of the foundation date of the Certosa, which occurred in 1173 at the request of the lords of Morozzo. Few traces of the original configuration remain due to the transformations the monastery underwent starting in the 15th century, which expanded its spaces and, in some cases, altered its functions. The main cloister, likely situated in its original position, has been subject to numerous interventions, including the reconstruction of the northern wing following the destruction caused by Napoleon's troops. The complex develops around a series of functional buildings, including the monks' cells, the church, and spaces designated for productive activities. The most significant transformations took place between the 15th and 18th centuries, while in the 19th century, the monastic function was progressively abandoned following the promulgation of the Napoleonic edicts on the suppression of religious congregations in 1802. The analysis of the architectural remnants reveals how the Renaissance reconstructions largely erased medieval traces, although some original elements are still visible in the small cloister and the church of the correria, where structures dating back to the medieval period are preserved. The complex currently hosts the religious community of the Missionaries of Consolata, representing a case of continuous identity and function through the centuries.

The case of the Certosa of Casotto (fig. 2) is different, as its foundation date is less certain and the surviving elements are now difficult to interpret. After the Napoleonic suppressions, the complex was purchased by private individuals and transformed into a hunting lodge by order of King Victor Emmanuel II. Following this repurposing, two lateral wings were added on the northern side, positioned along the main building where the church's façade was attached. Although these modifications profoundly altered the original structure, the layout of the large cloister remains partially legible, developed on multiple levels with some buried portions still accessible. As with Pesio, the best-preserved medieval elements are found in the correria, particularly in the church dedicated to the Virgin and Saint William. The Renaissance documentary analysis could help clarify the subsequent evolutionary phases of the complex.

The comparison between the two Certosas highlights two distinct examples of architectural transformation: Pesio represents a case of continuity, where the monastic layout

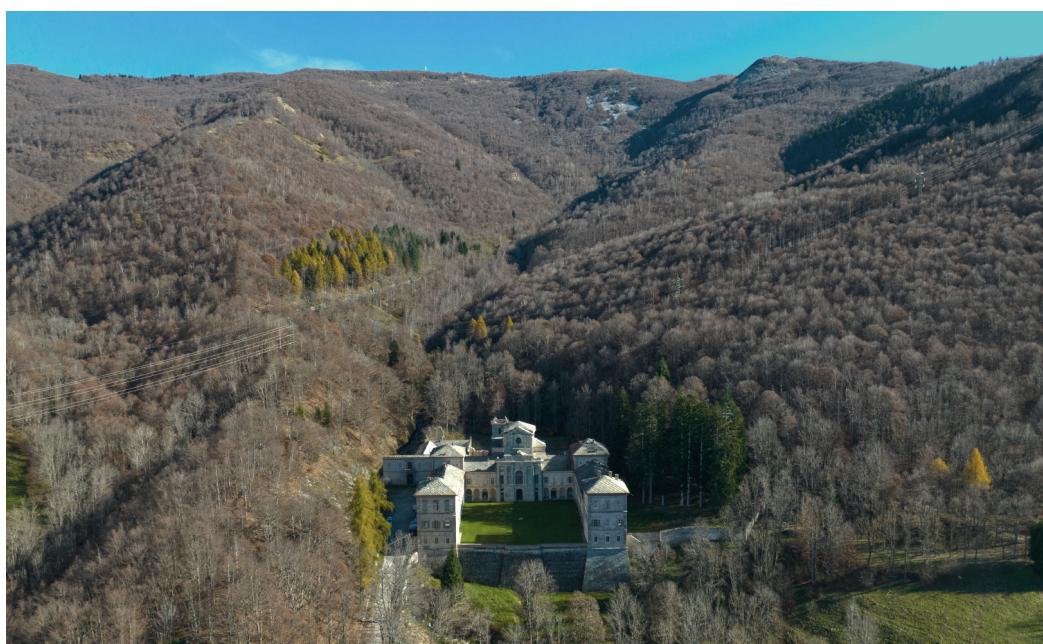


Fig. 2. Charterhouse of Casotto. General view from UAV



Fig. 3. HBIM workflow potential descriptive diagram.



Fig. 4. Charterhouse of Peso, large cloister. 3D laserscanner survey operations.

has undergone modifications without entirely losing its original identity, while Casotto constitutes an example of radical repurposing, where the Savoyard use has significantly redefined the pre-existing structure. The integrated digital survey approach allows for documenting and analyzing such transformations, providing a solid knowledge base for the comparative study of the two complexes. The digital model, in addition to representing the current morphology, serves as an informational archive capable of integrating historical data and diagnostic analysis (fig. 3), thus offering new tools for the conservation and valorization of Carthusian architectural heritage.

Survey and digitalization methodologies

The analysis of the Certosas adopted an integrated approach, combining reality-based digitization techniques to document, analyze, and valorize the two monastic complexes [Picchio et al. 2020][Bertocci 2020]. The process followed a Scan-to-BIM workflow, starting with data acquisition using range-based, image-based, and satellite survey instruments, and then developing digital informational models (fig. 3).



Fig. 5. Charterhouse of Pesio, large cloister. Photographic survey operations with UAV.

For the survey phase, data collected using 3D laser scanning and digital photogrammetry were combined to obtain an accurate representation of the reality. The survey of the Certosa of Pesio was conducted with a Leica RTC360 scanner (fig. 4), complemented by a Leica BLK360 for scanning smaller spaces. The accuracy of the survey was ensured by using a total station, with control points placed along the external perimeter of the complex. For the photogrammetry, a DJI Mavic 3 RTK drone (fig. 5) was used, enabling the acquisition of detailed images for the creation of high-resolution 3D models.

The data processing involved careful management of the point clouds, which were processed using Leica Cyclone Register360 software (fig. 6), enabling the alignment and cleaning of the scans to obtain a coherent model. At the same time, the photogrammetric data were processed with Epic Games RealityCapture (fig. 7), integrating the information from the laser scanner for detailed documentation of the conservation state of the Certosas.

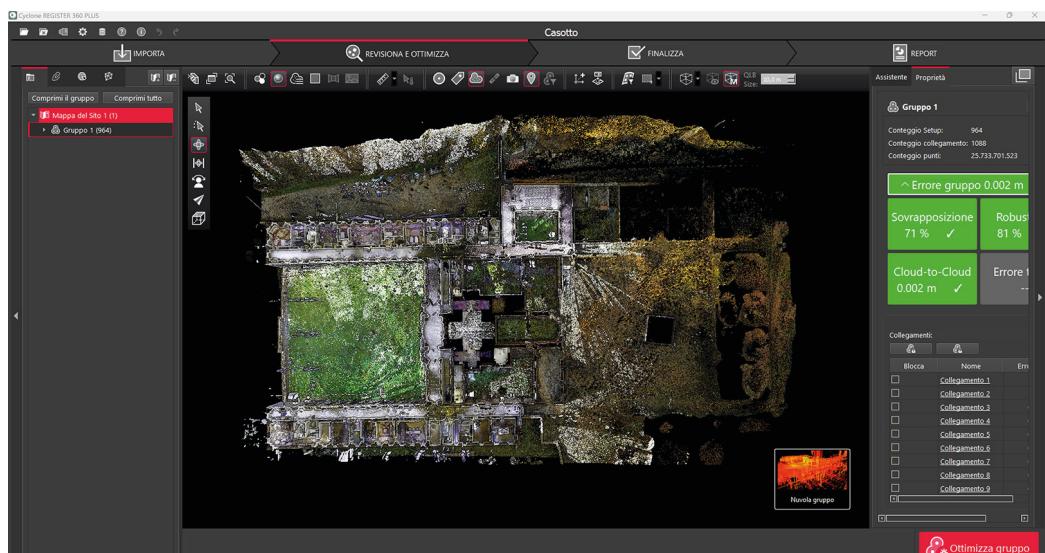


Fig. 6. Point cloud of the Charterhouse of Casotto. Processing of registering scans (elaboration by the author).

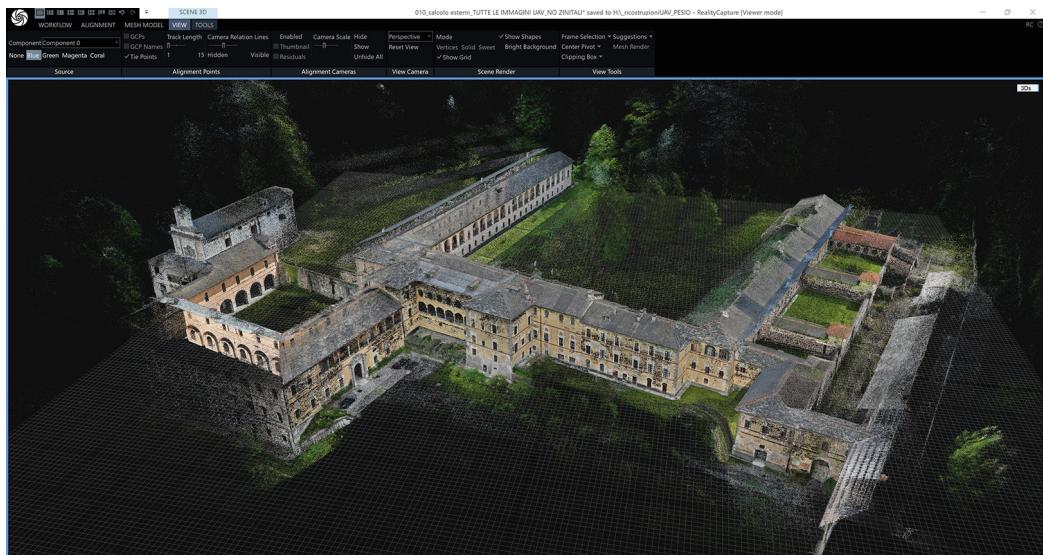


Fig. 7. Point cloud of the Charterhouse of Pesio. Processing of photogrammetric alignment (elaboration by the author).

This approach allowed for the creation of a solid foundation for future diagnostic analyses and studies on the architectural evolution of the two complexes [Parrinello, Picchio 2023]. The BIM modeling was developed with a level of detail suitable for the definition of an as-built model, designed to support restoration and conservation interventions [Raco et al. 2022]. The model integrates information on materials and will be progressively enriched with stratigraphic data from specific analyses [Bigongiari 2021].

Looking ahead, the digital model will not only serve as a support for the management of the monastic complexes but will also be enhanced with investigations on surface and structural degradation, studies on cracks and damage, as well as analyses of wall surface deformations through point cloud processing. Simultaneously, archival research has already allowed for the collection of medieval historical data, which will be supplemented with information regarding architectural transformations and the study of the medieval historical landscape.

From survey to digital twin: interoperability and information management

The adoption of a BIM model for the Charterhouses of Pesio and Casotto (fig. 8) goes beyond mere geometric restitution, representing a central tool for managing and interpreting architectural transformations over time. The digital model, conceived as a Digital Twin of the mo-

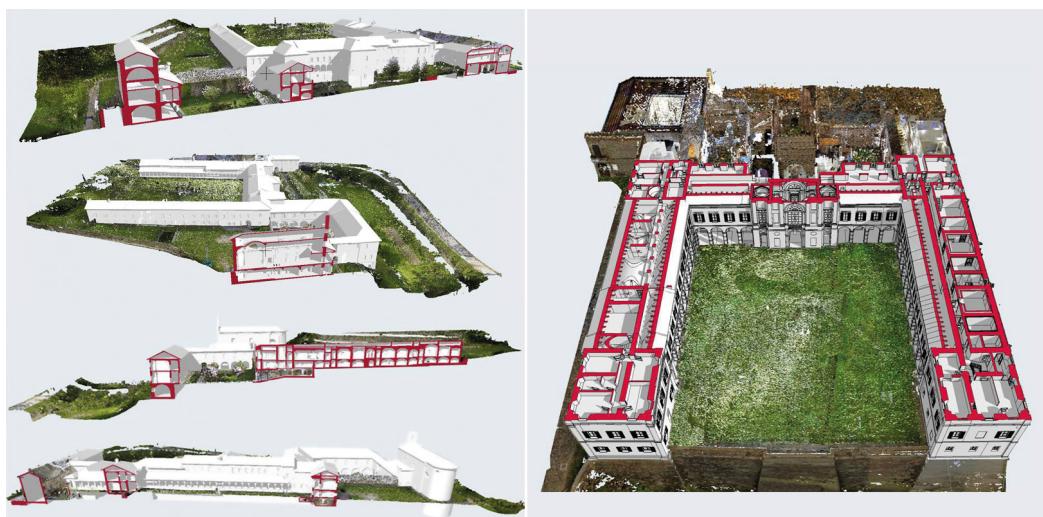


Fig. 8. HBIM model and point cloud. From left: Charterhouse of Pesio, vertical sections, and Charterhouse of Casotto, horizontal section on the first level (elaboration by the author).

nistic complex, serves as a dynamic information platform capable of integrating survey data, diagnostic analyses, and historical records into a single interoperable structure [Dell'Amico et al. 2024]. Data interoperability is one of the main challenges in the digitization of architectural heritage, especially when dealing with stratified buildings such as the Charterhouses. The integration of point clouds, BIM models, and historical databases requires the management of heterogeneous data and the definition of strategies for connecting survey activities, modeling processes, and archival documentation. In this context, the Scan-to-BIM workflow enabled the transformation of three-dimensional survey data into a parametric model (fig. 9), designed for future analytical and conservation-oriented integrations.

A key aspect of this process concerns parametric modeling aimed at conservation. Beyond serving as a basis for hypotheses about architectural transformations, the BIM model allows for the management of information related to stratigraphy and materials, supporting studies on decay and intervention needs. Although, at this initial stage, material-related information has been integrated mainly into the primary components, following a simplified logic consistent with a LOD C / LOD 300. Modeling has been developed according to progressive levels of detail, aligned with the cognitive goals of the research: architectural components have been linked to custom parameters for describing materials and construction techniques, with the aim of progressively increasing both the LOI and LOG to support future conservation and management applications. Another important development concerns the use of the Digital Twin as a tool for heritage valorization. The creation of an interactive model can facilitate the dissemination of research



Fig. 9. HBIM model Charterhouse of Pesio. Screenshot model overlaid with point cloud (elaboration by the author).



Fig. 10. Charterhouse of Pesio. 360° panoramic image.

outcomes and the engagement of scholars, institutions, and the general public with the monastic heritage [Verdiani et al. 2023]. The ability to virtually explore the Charterhouse (fig. 10), navigating through construction phases and architectural transformations, opens new perspectives for the communication and dissemination of historical knowledge through digital tools. Future developments of the project include the full integration of the BIM model with historical data and the definition of protocols for the continuous updating of information, with the goal of gradually consolidating the model toward a LOD E (or LOD 500), enabling active management of the site and its transformations over time. The creation of an operational Digital Twin could serve as a reference framework for the long-term management of the monastic complex, outlining new strategies for planned conservation and sustainable enhancement.

Digital Twin and strategies for updating and maintenance

The integration of an advanced digital model, such as the Digital Twin, represents a crucial step for the conservation and enhancement of the Carthusian complexes. The management of this model will be entrusted to the University, which will hold ownership and ensure its development within the ongoing research project. However, its use and updating over time will be part of a collaborative process with local administrations, as well as with the companies involved in the management and maintenance of historic buildings.

The forms of cooperation between these actors will be decisive in defining operational protocols aimed at the constant updating of the BIM model. Depending on the methods of collaboration identified, specific tools may be developed to ensure a continuous flow of data, allowing the Digital Twin to remain aligned with the actual state of the buildings.

A particularly innovative perspective concerns the integration of tools and sensors for structural and environmental monitoring. Among the possibilities under evaluation are sensors for seismic monitoring, as well as systems for detecting temperature and humidity in areas particularly vulnerable to structural damage, along with other types of monitoring, such as those related to hydro-geological instabilities. These devices would not only allow for the collection of data for preventive maintenance but also enable the development of predictive analyses on the conservation conditions of the architectural heritage, contributing to a more effective and sustainable long-term management.

An additional strategic aspect involves the active involvement of the local community in the management and enhancement of the Carthusian heritage. The usability and comprehensibility of the digital model are essential elements to ensure the effective dissemination of historical and architectural knowledge, allowing the community to identify with their cultural heritage and actively participate in its preservation. In this perspective, the Digital Twin is not

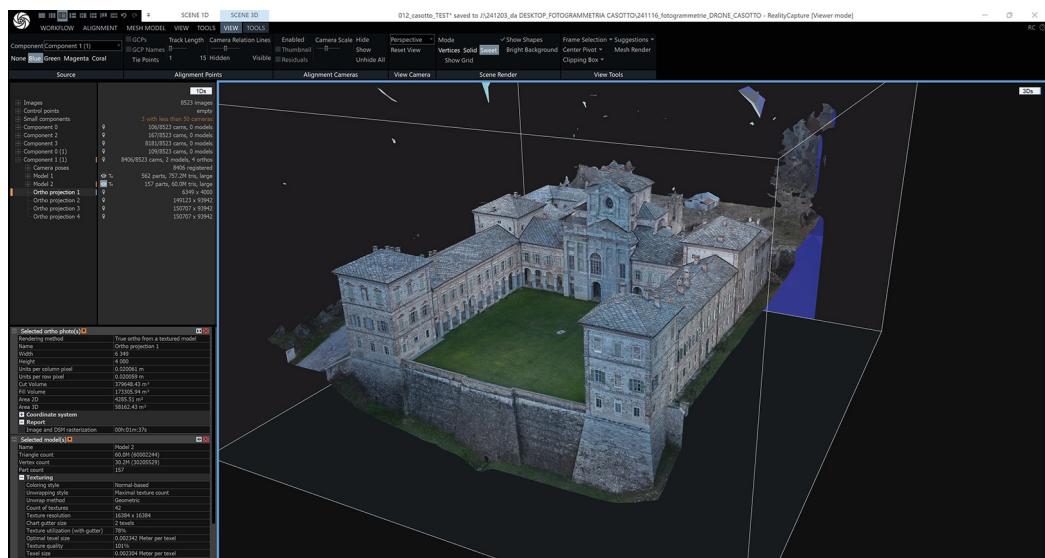


Fig. 11. Point cloud of the Charterhouse of Casotto. Photogrammetric alignment processing (elaboration by the author).

only a technical tool for monitoring and conservation but also a means for dissemination and awareness, fostering learning paths and initiatives for sustainable cultural tourism. This vision aligns with European guidelines for the enhancement of cultural heritage, as outlined in the Faro Convention of 2005, ratified by Italy in 2021 and became law. On the occasion of the twentieth anniversary of the Convention, the project fits within a research horizon that centers on the relationship between heritage and society, aiming to strengthen the awareness and historical identity of places through the use of digital technologies. Moreover, this approach responds to the enhancement and dissemination objectives outlined by the PRIN, defining an inclusive and sustainable management model for the future of the Carthusian monasteries. In this context, the Digital Twin is configured as a dynamic interface capable of supporting both technical interventions and cultural enhancement activities, promoting synergy between academic research, public institutions, and the private sector. This integration represents a significant opportunity for the university's 'third mission', fostering the transfer of knowledge and expertise for the protection and promotion of Carthusian heritage.

Conclusions

The work carried out on the Charterhouses of Pesio and Casotto has demonstrated how the integration of advanced survey techniques and digital methodologies (fig. 11) can serve as a fundamental tool for the understanding, enhancement, and management of monastic architectural heritage. The Scan-to-BIM approach adopted made it possible to generate a detailed information model of the two monasteries, laying the groundwork for future diagnostic analyses and the integration of historical data that will enrich their interpretation and accessibility. Although modeling specifically aimed at restoration is still in its preliminary phase, the project has outlined a clear path for its development, which will continue throughout 2025. The current stage of model development reflects a level of detail consistent with LOD C / LOD 300, structured with a LOG F –faithfully representing the as-built state of the architecture—and a LOI A, containing non-geometric information primarily derived from the semantic classification of the elements. Some components of the model are already structured to support future integration of conservation-related (LOI) and operational (LOA) data. The resulting Digital Twin will serve as a dynamic tool available to the University of Florence, with potential applications extending beyond documentation to include the management and maintenance of the Carthusian complexes.

Collaboration with local administrations and sector professionals will allow the establishment of updating protocols and data-sharing frameworks to ensure the continuity and effectiveness of the initiative. Future developments also include the updating and integration of multiple

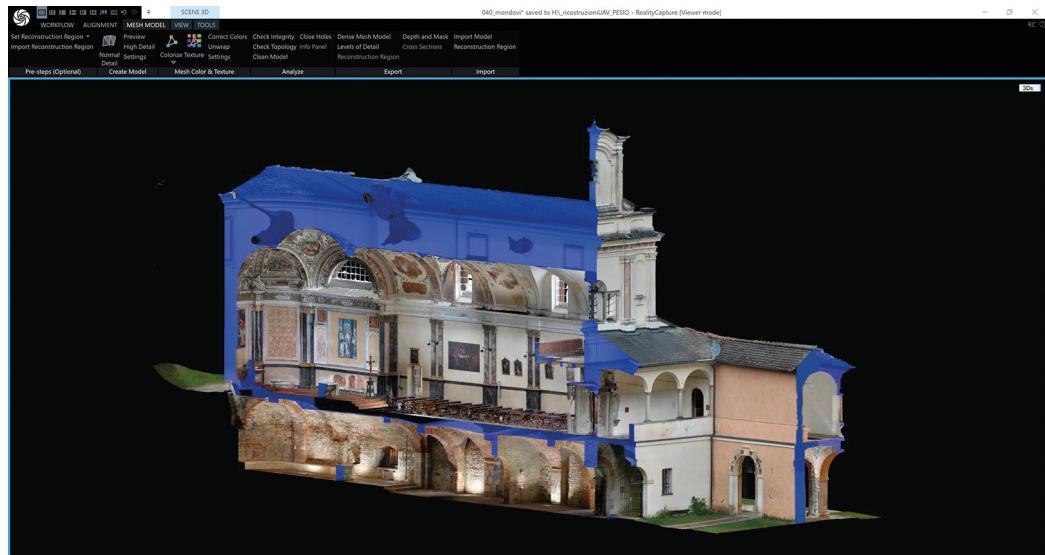


Fig. 12. Mesh model and texture Church of Certosa di Pesio, integrated photogrammetry of point cloud from laser scanner. Screenshot software Epicgames Reality Capture (elaboration by the author).

advanced monitoring systems, which may provide real-time data on the conservation status of the structures, contributing to the prevention of decay and structural damage. Integration with advanced sensor technologies, such as for seismic or microclimatic monitoring, represents a further step toward a more informed and sustainable management of these cultural assets. The project fits within the framework of the university's third mission, fostering connections between the world of academic research and that of heritage management by public and private stakeholders. The experimentation with innovative valorization models and the application of advanced digital technologies (fig. 12) represent a significant contribution to the conservation and promotion of Carthusian architectural heritage, highlighting the central role that digital representation and modeling can play in the protection and dissemination of historical and architectural knowledge.

Reference List

- Beltramo, S. (2018). L'architettura medievale delle Certose tra XII e XIV secolo: studi e temi di ricerca. In Fabbrocino G., Savorra M. (a cura di) *La Certosa di Trisulti* (pp. 11-17). Cinisello Balsamo: SilvanaEditoriale.
- Bertocci, S. (2020). Un progetto di ricerca sulla Certosa di Firenze. In Bertocci, S., Parrinello, S. (Eds.), *Architettura eremita. Sistemi progettuali e paesaggi culturali* (pp. 390-393). Firenze: Edifir.
- Bigongiari, M. (2021). Digital Survey of a Building Site of the Fifteenth Century: the Sagrestia Vecchia in San Lorenzo. In Arena, A., Arena, M., Mediati, D., Raffa, P. (Eds.), *Connecting Drawing for Weaving Relationships. Languages, Distances, Technologies. Proceedings of the 42nd International Conference of Representation Disciplines Teachers* (pp. 2092-2109). Milano: FrancoAngeli.
- Comba, R. (1999). La prima irradiazione certosina in Italia. *Annali di Storia Pavese*, 40(2), 341-355. JSTOR.
- Dell'Amico, A., Sanseverino, A., Albertario, S. (2024). Point cloud data semantization for parametric scan-to-HBIM modeling procedures. In Battini, C., Bistagnino, E. (Eds.), *Beyond Digital Representation: Advanced Experiences in AR and AI for Cultural Heritage and Innovative Design* (pp. 515-533). Cham: Springer.
- Gomez, M. (2019). La Certosa di Casotto. Una storia di cantieri e materiali d'eccezione. In E. Lusso (a cura di), *Paesaggi, territori e insediamenti della Val Tanaro. Un itinerario tra storia e valorizzazione* (pp. 85-95). Edizioni della Associazione Culturale Antonella Salvatico, Centro Internazionale di Ricerca sui Beni Culturali.
- Guglielmotti, P. (2000). Le origini delle Certose di Pesio, Casotto e Losa-Monte Benedetto. In Comba, R., Grado Merlo, G. (Eds.), *Certosini e cistercensi in Italia (secoli XII-XV)* (pp. 157-183). Cuneo: Società per gli studi storici, archeologici ed artistici della provincia di Cuneo.
- Inzerillo, L., Turco, M., Santagati, C., Parrinello, S., Valenti, G. (2016). BIM and Architectural Heritage: towards an Operational Methodology for the Knowledge and the Management of Cultural Heritage. *Disegnarecon*, 9, 16.1-16.
- Parrinello, S., Picchio, F. (2023). Digital strategies to enhance cultural heritage routes: from integrated survey to digital twins of different European architectural scenarios. *Drones*, 7(9), 576. <https://doi.org/10.3390/drones7090576>
- Picchio, F., Galasso, F., La Placa, S., Miceli, A. (2020). La costruzione di una banca dati tridimensionale per la Certosa di Pavia: sperimentazioni tecnologiche a confronto. In Bertocci, S., Parrinello, S. (Eds.), *Architettura eremita. Sistemi progettuali e paesaggi culturali* (pp. 82-89). Firenze: Edifir.
- Raco, F., Balzani, M., Planu, F., Tasselli, N. (2022). Modellazione semantica HBIM per la rappresentazione digitale dell'intervento sul patrimonio esistente. In Battini, C., Bistagnino, E. (Eds.), *Dialoghi. Visioni e Visualità. Testimoniare, Comunicare, Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione* (pp. 2789-2804). Milano: FrancoAngeli.
- Tosco, C. (2000). Dai certosini ai cistercensi: le arti a confronto. In R. Comba, G. Merlo (a cura di), *Certosini e cistercensi in Italia: secoli XII-XV: atti del convegno*, Cuneo, Chiusa Pesio, Rocca de' Baldi, giovedì 23-domenica 26 settembre 1999 (vol. 26 di Storia e storiografia, ISSN 2240-0877). Cuneo: Società per gli studi storici, archeologici e artistici della provincia di Cuneo.
- Tosco, C. (2012). *La Certosa di Santa Maria di Pesio*. Savignano: L'Artistica.
- Verdiani, G., Ricci, Y., Pasquali, A., Montanaro, F. (2023). The Remains of the Horrea Agrippiana in the Roman Forum: from Survey to Virtual Reconstruction. In Camiz, A., Ceylanlı, Z., Özkuvancı, Ö. (Eds.), *Cities in Evolution. Diachronic Transformations of Urban and Rural Settlements*, Vol. II. Proceedings of AACCP (pp. 96-106). Istanbul: DRUM Press.

Authors

Matteo Bigongiari, Università degli Studi di Firenze, matteo.bigongiari@unifi.it
 Giovanni Pancani, Università degli Studi di Firenze, giovanni.pancani@unifi.it
 Andrea Pasquali, Università degli Studi di Firenze, andrea.pasquali@unifi.it

To cite this chapter: Matteo Bigongiari, Giovanni Pancani, Andrea Pasquali (2025). From Survey to Digital Model: Representation and Valorization of the Certosas of Pesio and Casotto. In L. Carlevaris et al. (Eds.), *ékphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/ékphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 2305-2324. DOI: 10.3280/oa-1430-c875.