

La misura dello spazio funerario. La Sala della Pietà nella Certosa di Bologna

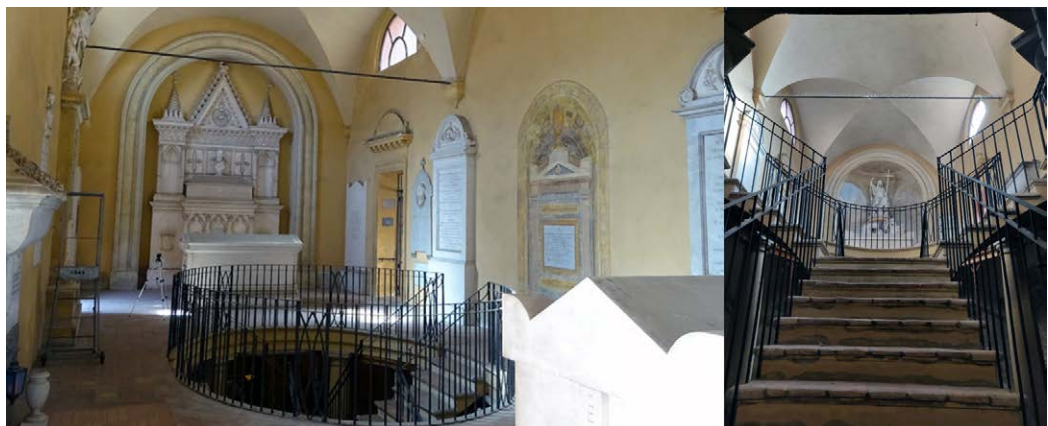
Michele Russo
 Paolo Fragomeni
 Sergio Cariani

Abstract

Il rilievo, la rappresentazione e l'analisi di porzioni di cimiteri monumentali è un tema di ricerca aperto e poco analizzato. Queste aree furono introdotte in Italia tra il 1804 e il 1814 a seguito dell'editto napoleonico, definendo spazi architettonici e scultorei di grande interesse. A distanza di due secoli, la convergenza di eventi antropici, naturali e catastrofici porta alla esigenza di avviare campagne di conoscenza per la definizione di strategie di conservazione e di intervento. In questo processo, l'utilizzo di metodologie integrate di rilievo 3D permette di acquisire questi spazi complessi, consentendone l'interpretazione e l'analisi delle forme attraverso il disegno. Il caso di studio trattato è la Sala della Pietà, costruita a Bologna nel 1816 e inquadrata all'interno del cimitero della Certosa di Bologna, fondata nel 1801, contenitore di un vasto patrimonio di dipinti e sculture e patrimonio dell'umanità dell'UNESCO dal 2021. La ricerca illustra, da un lato, il processo di misura e restituzione dei dati, che ha permesso di definire le basi per la mappatura e l'analisi dello stato di conservazione strutturale. Tuttavia, le specificità dello spazio, le sue regole costruttive e proporzionali vengono evidenziate e ratificate proprio dalla dismisura della misura, che consente di avviare un'analisi geometrico-proporzionale che completa un percorso di lettura di una particolare architettura funeraria.

Parole chiave

architettura funeraria, rilievo integrato 3d, rappresentazione, analisi geometriche, quadro fessurativo



La Sala della Pietà. Foto degli autori.

Introduzione

Le tecniche di rilevamento e rappresentazione della architettura hanno raggiunto un grande livello di maturità, grazie all'uso integrato di strumenti di acquisizione 3D, in grado di rilevare una molteplicità di forme a differenti livelli di dettaglio. In continuità, gli strumenti dedicati alla restituzione del dato permettono di gestire grandi quantità di informazioni eterogenee, definendo un contesto virtuale interoperabile per sostenere il processo interpretativo. In questo scenario consolidato, le caratteristiche del caso studio e le finalità del rilievo e della restituzione continuano ad avere un ruolo centrale, promuovendo soluzioni metodologiche ottimizzate che si adattano alla specifica architettura analizzata. La tipologia di caso studio è anche dirimente nella scelta delle modalità di rappresentazione ed analisi della architettura. In questo senso, le porzioni di cimiteri monumentali sono un tema aperto e approfondito nell'articolo [1] che propone una seconda fase di sviluppo a seguito di una prima sperimentazione [Russo et al. 2023]. Le aree cimiteriali monumentali si presentano come sistemi architettonici integrati da porzioni scultoree, presentando una forte variazione di scala. Introdotte in Italia tra il 1804 e il 1814, sono divenute nel tempo dei poli di riferimento per le aree urbane. Ma dopo secoli di storia, la necessità di avviare un lavoro di analisi del degrado superficiale e strutturale è divenuta una esigenza cogente, per definire strategie di conservazione e di intervento di questi monumenti. In questo processo conoscitivo, l'utilizzo integrato di metodologie di rilievo 3D è fondamentale per acquisire questi spazi complessi, consentendone l'interpretazione e l'analisi delle forme attraverso il disegno. Il caso di studio trattato è la Sala della Pietà, presente all'interno del cimitero della Certosa di Bologna, fondata nel 1801 e dichiarata patrimonio dell'umanità dell'UNESCO dal 2021. La ricerca illustra, da un lato, il processo consolidato di acquisizione dei dati, che ha permesso di definire le basi per la restituzione a diversi livelli di lettura ed analisi di uno spazio complesso. Alcune regole ed eccezioni formali vengono evidenziate da un'analisi geometrico-proporzionale. L'obiettivo della ricerca è quello di portare alla attenzione una tipologia architettonica "minore" attraverso gli strumenti del rilievo, disegno e rappresentazione, grazie ai quali è possibile costruire un modello di conoscenza aggiornabile e attendibile.

L'architettura funeraria

Il tema delle architetture funerarie è un ambito che attraversa differenti culture, periodi storici, territori, esprimendo attraverso i beni monumentali uno dei punti più alti della architettura del periodo. Ma solo dall'800 in avanti in Europa vengono introdotti i Cimiteri Monumentali, come riposta della borghesia post-napoleonica di dare una importanza alle loro sepolture, senza potersi permettere delle cappelle dedicate.

La costruzione del Père-Lachaise di Parigi nei primi anni del XIX secolo segna l'atto di nascita dei cimiteri decorati da grandi sculture e monumenti, diffondendosi in Europa. In Italia vennero costruiti il celebre Vantiniano di Brescia, il primo cimitero monumentale della storia dell'arte, il camposanto di Milano, quello di Pavia, quello di Messina, e quello di Staglieno (fig. 1). I cimiteri ottocenteschi divengono per molti architetti e scultori un territorio di sperimentazione, seguendo lo stile architettonico e artistico del periodo. Nei primi anni duemila sono nate le prime Associazioni mirate alla loro tutela e valorizzazione. Nel 2016 viene firmato un protocollo d'intesa che include i cimiteri monumentali nel patrimonio storico italiano. Queste condizioni, unite all'esigenza di preservare e conservare questi preziosi luoghi, divenuti per molte città un simbolo della cultura materiale e immateriale, ha portato negli ultimi vent'anni all'avvio di importanti progetti di riqualificazione e ripristino conservativo. Tali progetti hanno assunto una importanza cogente laddove al danneggiamento degli artefatti causato dal tempo si sono verificati eventi catastrofici che hanno accelerato il processo di deterioramento. Tutte queste attività partono dal rilievo dello stato di fatto. Ma in questo contesto l'acquisizione geometrica e materica può presentare molteplici difficoltà, date dalla variazione di scala, dalle condizioni di ripresa e dalla presenza di molteplici materiali [Ciuffreda et al. 2017]. Nonostante questo livello di ricchezza e complessità, le aree monumentali non hanno mai



Fig. 1. Fotografie di cimiteri monumentali: a) Vantiniano (Brescia); b) Milano; c) Verano; d) Staglieno. Foto degli autori.

raccolto molto interesse da parte della comunità scientifica [Zerbinatti 2020; Barlozzini et al. 2022], a differenza degli ambienti ipogei [Saulli et al. 2018] oppure di specifici monumenti complessi e dedicati a personalità. [Szabó et al. 2017]. Anche il progetto di studio, analisi e riqualificazione della Certosa di Bologna nasce dalla medesima volontà di avviare un programma generale di analisi, restauro e riqualificazione del Bene monumentale della Certosa a seguito degli eventi sismici del 2012 (fig. 2).



Fig. 2. Vista satellitare dell'area della Certosa (fonte: Google Earth) e da drone. Foto degli autori.

La Certosa di Bologna

Il cimitero della Certosa di Bologna [Raule 1961] venne fondato nel 1801 riutilizzando le strutture del convento certosino edificato a partire dal 1334 e soppresso nel 1796 [Zecchi 1825]. La chiesa di San Girolamo è testimonianza della ricchezza perduta del convento. Fulcro del cimitero è il Chiostro Terzo, riflesso fedele della cultura neoclassica locale. Il complesso cimiteriale oggi è il risultato di una secolare articolata stratificazione di logge, chiostri ed edifici che man mano assumono caratteri di progressiva ampiezza e monumentalità. All'interno si conserva un vastissimo patrimonio di pitture e sculture, testimonianza delle complesse vicende artistiche, storiche e intellettuali di Bologna, cui si sono aggiunte in anni recenti alcuni interventi di artisti contemporanei. Dal 2021 la Certosa di Bologna è Patrimonio dell'Umanità UNESCO nell'ambito del progetto "Portici di Bologna". La Sala della Pietà rappresenta

un piccolissimo spazio all'interno del complesso sistema di edifici (fig. 3), ma contiene al suo interno una interessante concentrazione di elementi architettonici e scultorei che ne fanno un esempio di grande effetto scenografico, tanto da assumere una importanza rilevante all'interno dell'intero sistema monumentale.

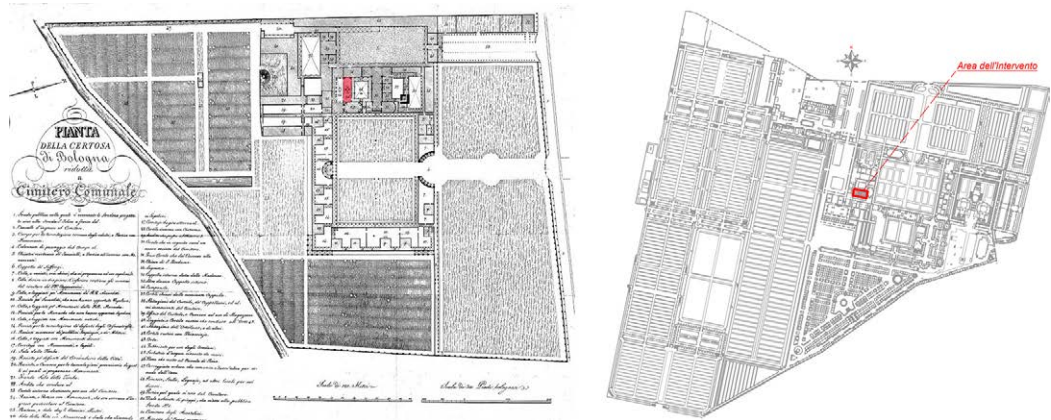


Fig. 3. A sinistra la pianta della Certosa di Bologna di G. Zecchi 1828-29, a destra la planimetria attuale (in rosso l'area oggetto di studio).

Sala della Pietà

La Sala della Pietà è uno spazio che faceva già parte del convento certosino medioevale con la destinazione d'uso di Refettorio. Per questa ragione è uno dei primi spazi utilizzati nei primi dell'Ottocento per ospitare i monumenti dipinti in gesso e stucco. A livello architettonico, l'intervento più significativo in questa prima area della Certosa lo si deve a Angelo Venturoli (1741-1821), chiamato a realizzare nella ex Sala del Refettorio [2], ora Sala della Pietà, una scala di raccordo tra il piano terreno e il sotterraneo. Il progetto in prima istanza prevedeva una scala ad una sola rampa (fig. 4). L'architetto realizzò nel 1816 un piccolo capolavoro neoclassico, tutto incentrato sulla purezza dei volumi della forma ovale in cui due scale si incrociano al centro (fig. 4). Sempre al Venturoli si deve la progettazione complessiva del monumento della famiglia Baldi Comi. Questa grandiosa macchina funeraria (fig. 5) rappresenta perfettamente il gusto neoclassico bolognese, chiaramente distante da quello che si diffondeva dai grandi centri di Roma e Milano [Bolognini Amorini 1827].

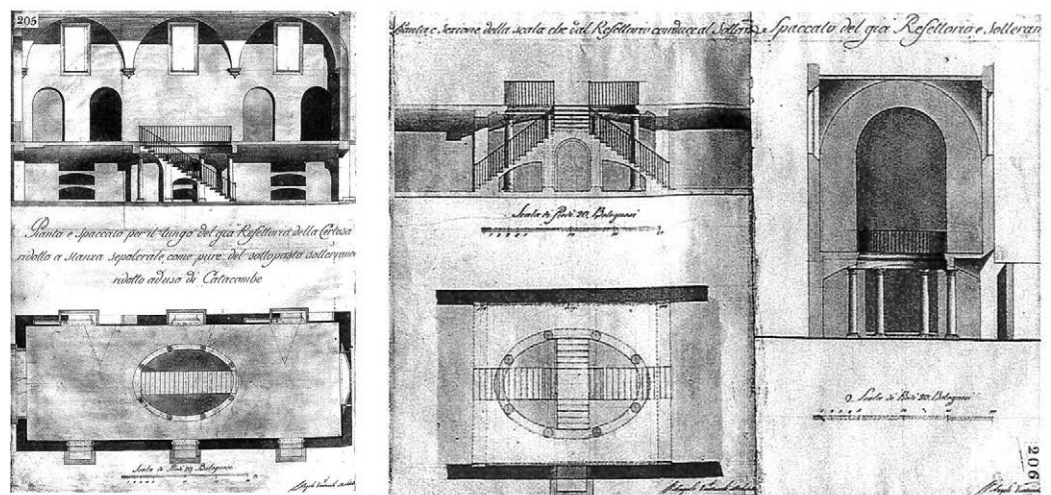


Fig. 4. A sinistra prima versione del progetto, a destra il progetto definitivo con scala a doppia rampa.



Fig. 5. Fotografie interne ed esterne del corpo di fabbrica della Sala della Pietà. Foto degli autori.

La misura dello spazio

La misura dei dati della Sala è stata pianificata integrando sistemi di rilevamento attivi (RTC360 della Leica e un Focus X120 della Faro) e passivi, basati su fotogrammetria da terra e da drone (fig. 6). Con il laser scanner 3D RTC360 è stata acquisita la geometria dei muri perimetrali esterni ed interni del piano terra ed interrato, posizionando le stazioni secondo una punti



Fig. 6. Fasi di acquisizione geometrica con laser scanner 3D RTC360, drone e fotogrammetria da terra. Foto degli autori.

intervisibili e sfruttando il sistema di orientamento interno VIS (Visual Inertial System) dello strumento (fig. 7). La portabilità e leggerezza del Focus X120 ha invece permesso di muoversi in un ambiente confinato come il sottotetto per rilevarne le principali caratteristiche. Queste scansioni sono state orientate manualmente attraverso l'algoritmo di ICP e orientate sulla rete di scansioni esterne attraverso una apertura al primo piano (fig. 7). Le 50 scansioni a risoluzione variabile si sono distribuite in maniera uniforme nell'area, minimizzando le zone d'ombra. L'allineamento fra le scansioni è stato raffinato sulla piattaforma Register (Leica), compensando gli errori di orientamento delle singole stazioni e arrivando ad una accuratezza globale di 3 mm in una nuvola di 1,1 bilioni di punti (fig. 7).

L'esterno della Sala, composto dalle due facciate principali e la copertura, sono stati rilevati con tecnica fotogrammetrica digitale da terra e da drone, ottenendo una nuvola da 16 milioni di punti e un GSD medio di 5 mm. L'integrazione fra le due tecniche attive e passive è avvenuta attraverso il riconoscimento di punti naturali in comune presenti sulle facciate esterne. Il rilievo è stato orientato secondo un sistema di riferimento locale interno alla Sala, non essendoci l'esigenza di orientarla rispetto ad un sistema di riferimento globale o collegato ad una rete nota a priori. In generale, la dismisura delle misure, data dalla forte ridondanza del dato geometrico e radiometrico, ha consentito di definire nuvole di punti da confrontare metrologicamente per definirne il livello di attendibilità e iniziare il processo di rappresentazione dello spazio.

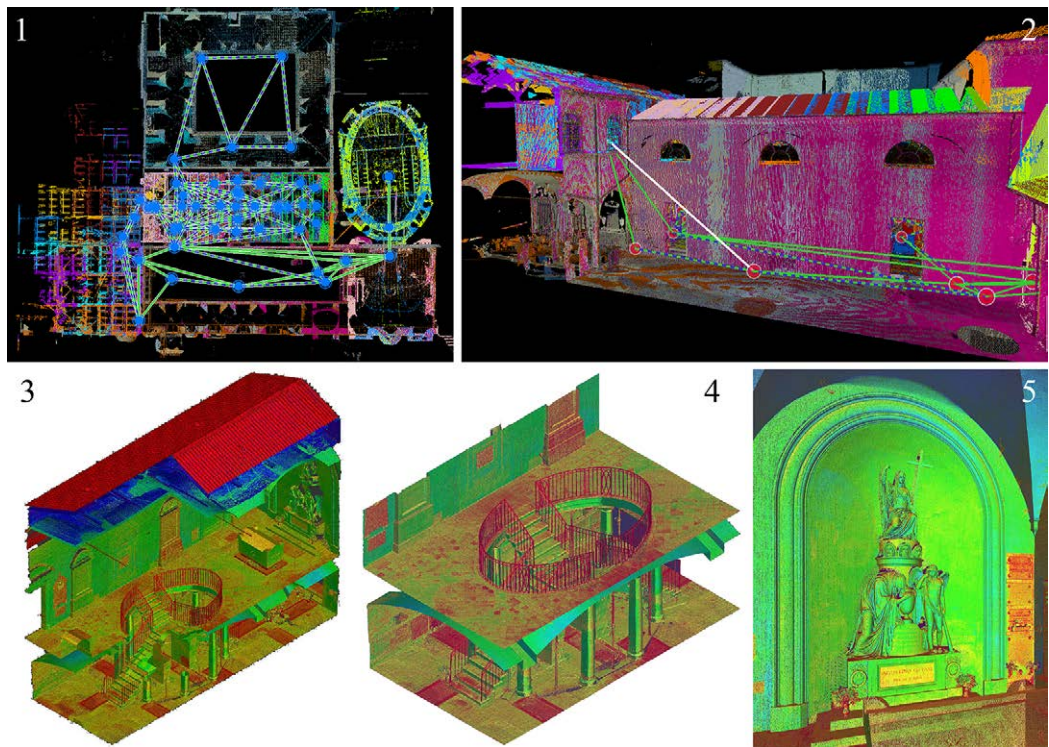


Fig. 7. Rete di scansioni in pianta (1) e in alzato (2), nuvola di punti della Sala visualizzata in spaccato assonometrico (3), dettaglio della scala (4) e di un apparato scultoreo (5). Elaborazioni degli autori.

La rappresentazione ed analisi del dato

La nuvola di punti è stata importata in ReCap (AutoDesk) come interfaccia per la restituzione in AutoCAD (AutoDesk). Attraverso la visualizzazione di alcune sezioni orizzontali e verticali, sfruttando la grande densità informativa, è stato possibile restituire le principali rappresentazioni dello spazio in pianta, sezioni e prospetti, andando ad inserire in un secondo momento anche la parte del sottotetto e le dense nuvole di punti sullo sfondo. Gli elaborati in scala 1:50 (fig. 8) hanno permesso di restituire la complessità dello spazio data dalle parti-

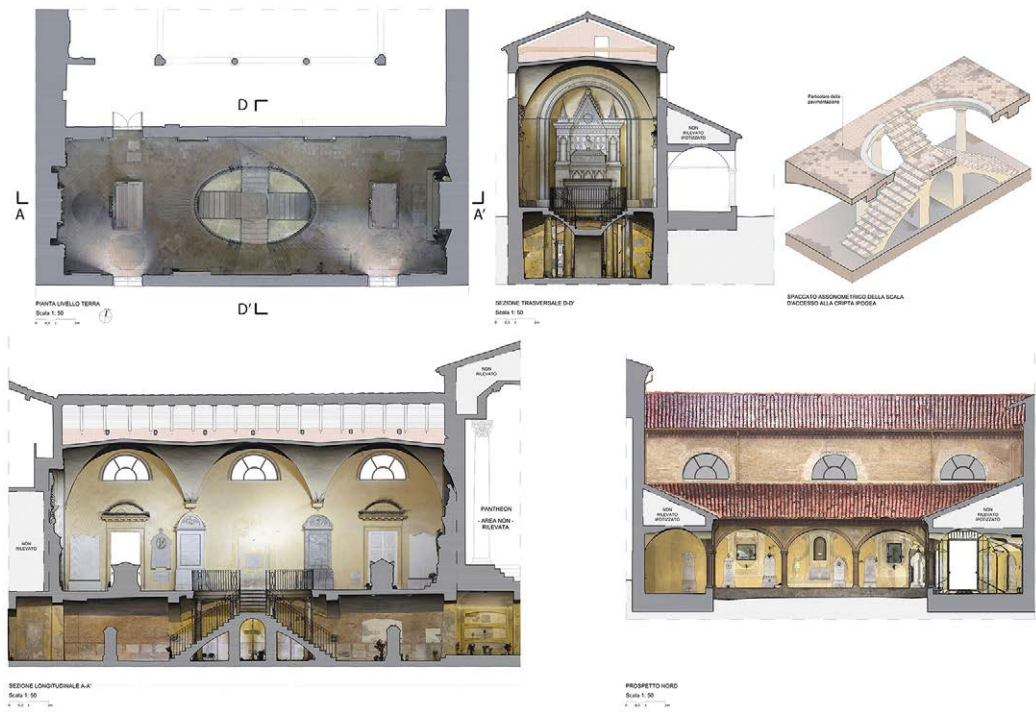


Fig. 8. Rappresentazione in pianta, sezione, prospetto della Sala e assonometria di una porzione della scala. Elaborazioni degli autori.

colari geometrie architettoniche e dalle raffinate installazioni scultoree. A seguire, è stata avviata una mappatura del quadro fessurativo, tesa a comprendere lo stato di conservazione e gli interventi da pianificare. La qualità del dato colore estratta dal laser

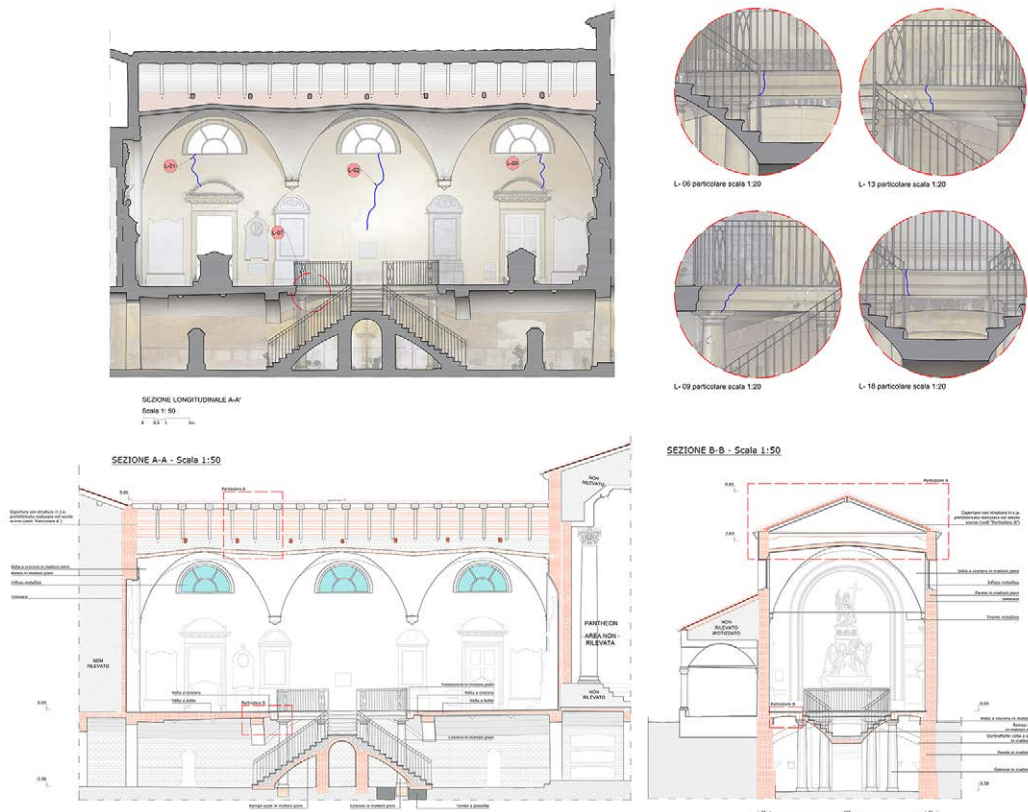


Fig. 9. Analisi e rappresentazione del quadro fessurativo (in alto a diverse scale) e tecnologico (in basso). Elaborazioni degli autori.

scanner ha permesso di individuarle le lesioni con grande precisione, posizionandole nel piano e nello spazio (fig. 9). Scendendo nel dettaglio alla scala 1:20 e 1:10, sono stati analizzati e rappresentati i materiali, evidenziando i principali nodi costruttivi, i pacchetti dei solai e murari. Questo è stato possibile grazie alla pianificazione di alcune campagne di saggi nella Sala, che hanno permesso di studiare la composizione materica dell'intero impianto (fig. 9). Infine, è stata avviata una fase di analisi geometrico-proporzionale dello spazio (fig. 10), definito da un unico ambiente rettangolare con asse principale est-ovest. I lati sud e nord erano finestrati e si presume che le prime aperture fossero finestre gotiche allungate di cui non sono state trovate tracce se non in ambienti simili rimasti inalterati nel tempo. La doppia scala ad archi rampanti prevede la partenza al piano interrato in asse con lo sviluppo longitudinale della Sala, andando a valorizzare i lati corti nord e sud in cui si vengono a creare dei veri propri coni prospettici tra il piano terra e il piano della cripta. La pianta ha un rapporto 1:3 derivante dall'utilizzo della geometria del quadrato nelle sue forme maggiormente conosciute all'epoca di costruzione. Anche l'alzato ripete il modulo del quadrato riferito alla larghezza dell'ambiente. Il vuoto creato dalla ellissi, all'interno della volta a crociera si poggia su otto colonne circolari in mattoni di ordine dorico leggermente rastremate. Le otto colonne hanno tra di loro un interasse pressoché uguale e pari a circa 2 m e rappresentano la figura di un ottagono a lati uguali, inscritto in una ellisse. L'ellisse ha un rapporto 3:2 tra l'asse maggiore e l'asse minore, che misurano rispettivamente 6 e 4 m (fig. 10). La precisione nella realizzazione è coerente con la raffinatezza dell'architetto costruttore che "[...] fece sempre di una bella e regolata proporzione le porte, e le finestre, ragguagliando la grandezza loro a quella degli atri, delle sale e delle stanze, ove sono, e proporzionando giustamente i loro ornati ai vani delle medesime." [Amorini 1827]. Certamente la possibilità di analizzare un dato spaziale con una dismisura delle misure ha permesso di confermare tale propensione, evidenziando nel contempo anche la eccezionale bravura nella esecuzione da parte dei costruttori. Il dato rilevato e opportunamente interpretato è servito quindi come conferma e validazione della qualità costruttiva del periodo.

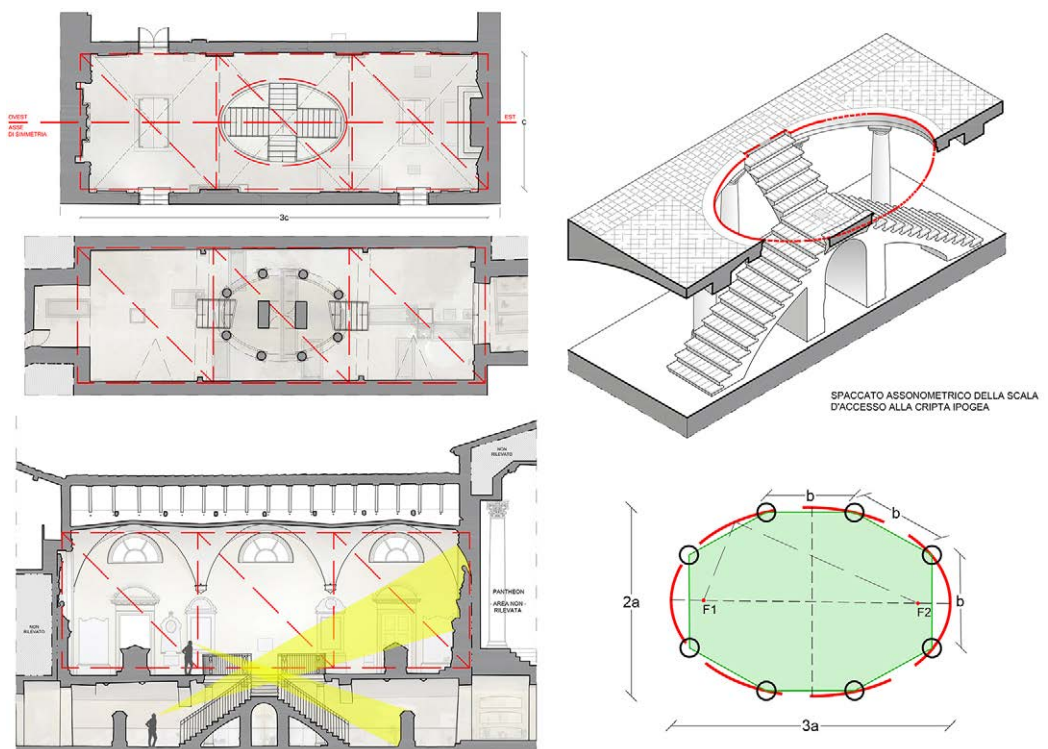


Fig. 10. Analisi sulle relazioni metriche e prospettive in pianta e sezione (a sinistra) e un approfondimento sulla forma e relazione proporzionale fra gli intercolumni dell'ellisse. Elaborazioni degli autori.

Conclusioni

La ricerca presenta un processo completo di rilievo, rappresentazione ed analisi di un particolare spazio architettonico contenuto all'interno della Certosa di Bologna: la Sala della Pietà. Le specificità spaziali della Sala offrono una preziosa occasione di riflessione sull'uso di strumenti di rilevamento 3D consolidati per la restituzione di spazi complessi e la analisi geometrica-formale fra gli elementi al suo interno. Il controllo sulla attendibilità del rilievo, proveniente dall'equilibrata relazione fra la misura del dato acquisito e la dismisura data dalla sua ridondanza, hanno permesso di definire delle rappresentazioni affidabili ed avviare uno studio sulle relazioni spaziali, evidenziando la particolare qualità costruttiva. I risultati ottenuti rappresentano un secondo test case all'interno della stessa Certosa di Bologna [3], consolidando una metodologia di studio fondata sul rilievo multi-risoluzione e la complessa restituzione di queste particolari architetture, verso una scalabilità del processo su spazi più ampi.

Note

[1] Gli autori hanno partecipato in ugual misura alla fase di esecuzione delle attività conoscitive. Nella redazione M.R. si è occupato della "Introduzione", "La rappresentazione ed analisi del dato" e le "Conclusioni", P.F. dei paragrafi denominati "Sala della Pietà" e "Il rilievo geometrico", infine S.C. dei paragrafi denominati "L'architettura funeraria" e "La Certosa di Bologna".

[2] Angelo Venturoli, dopo una prima formazione a Bologna presso la Accademia delle Belle Arti, si trasferì nel Veneto presso il Cardinale Giovanni Cornaro Veneziano, entrando in contatto con l'architettura di Andrea Palladio, Jacopo Sansovino e Vincenzo Scamozzi. Questi furono di ispirazione al suo gusto classicista per tutta la carriera artistica, assumendo un ruolo da protagonista dell'architettura neoclassica bolognese.

[3] Gli autori desiderano ringraziare il dott. Mirko Lelli e la dott.ssa Anna Vitale del Comune di Bologna e la dott.ssa Cinzia Barbieri dei Servizi Cimiteriali di Bologna per aver consentito l'accesso e le indagini che hanno portato ai risultati pubblicati.

Riferimenti bibliografici

Barlozzini P., Carnevali L., Lanfranchi F. (2022). Studi sull'ingresso monumentale al cimitero Verano di Roma. In Jiménez Vicario P.M., Mestre Martí M., Navarro Moreno D. (a cura di) *Más allá de las líneas. La gráfica y sus usos. Acti del XIX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Cartagena, 2-4 Giugno 2022, pp. 531-534, Spain: Universidad Politécnica de Cartagena.

Bolognini Amorini A. (1827). *Elogio di Angelo Venturoli architetto bolognese*, Bologna: Tipografia Nobili.

Ciuffreda A. L., Juarez Alonso E., Patti P., Soldaini S. (2017). The Ruspoli Chapel at the Porte Sante Cemetery in Florence. Material and diagnostic survey for conservation. In *Studies in Digital Heritage*, n. 1(2), pp. 671-681.

Raule A. (1961). *La certosa di Bologna*. Bologna: Nanni.

Russo M., Fragomeni P., Cariani S. (2023). Survey and representation of funerary architectures: the evangelical cloister in the Charterhouse of Bologna. In *XVI Congreso Internacional Expresion Grafica Aplicada ala Edificacion (APEGA)*, Cuenca, 29-30 Settembre 2023, Cuenca, Spagna, in stampa.

Saulli T., Wahbeh W., Nardinocchi C. (2018). 3D survey and digital models as the first documentation of hypogeum of S. Saba in Rome. In *Appl Geomat.* n. 10, pp. 377-384.

Szabó B., Laszlovszky J., Fehér A., Bódó G., Dabronaki G., Hadzijanisz K., Lovas R., Pipis L., Surina D., Vári B. (2017). High precision laser scanning assisting in the service of historical and art historical research. The burial monument of Queen Gertrude (13th century). In *Studies in Digital Heritage*, n. 1(2), pp. 501-517.

Zecchi G. (1825). *Collezione dei monumenti sepolcrali del cimitero di Bologna*, Vol. 1. Contrada Porta Nuova: Giovanni Zecchi

Zerbinatti M. (2020). La manutenzione programmata di architetture e opere di arte funeraria tra obiettivi e complessità. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Monumental & Multicultural Cemeteries (MMC3): Knowledge, Conservation & Reuse, Restyling & Innovation*, pp. 280-289.

Autori

Michele Russo, Sapienza Università di Roma, m.russo@uniroma1.it

Paolo Fragomeni, Studio Errealcubo Bologna, paolofragomeni@errealcubo.com

Sergio Cariani, Studio Cariani Bologna, ida23@studiocariani.net

Per citare questo capitolo: Michele Russo, Paolo Fragomeni, Sergio Cariani (2024). La misura dello spazio funerario. La Sala della Pietà nella Certosa di Bologna/The measure of funerary space. The Hall of Piety in the Charterhouse of Bologna. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1993-2010.

The measure of funerary space. The Hall of Piety in the Charterhouse of Bologna

Michele Russo
Paolo Fragomeni
Sergio Cariani

Abstract

The survey, representation and analysis of portions of monumental cemeteries is an open and under-researched topic. These areas were introduced in Italy between 1804 and 1814 following the Napoleonic edict, defining architectural and sculptural spaces of great interest. Two centuries later, the convergence of anthropogenic, natural and catastrophic events requires the start of knowledge campaigns to determine conservation and intervention strategies. In this process, integrated 3D surveying methodologies allow the acquisition of these complex spaces, enabling the interpretation and analysis of their forms through drawing. The case study treated is the Sala della Pietà, built in Bologna in 1816 and framed within the cemetery of the Certosa di Bologna, founded in 1801, a container of a vast heritage of paintings and sculptures and UNESCO World Heritage Site since 2021. The research illustrates, on the one hand, the process of measurement and data restitution, which allowed us to define the basis for mapping and analysing the structural state of preservation. However, the specificities of the space and its constructive and proportional rules are highlighted and ratified precisely by the disproportion of the measurement, which allows for the initiation of a geometric-proportional analysis that completes a path to reading a particular funerary architecture.

Keywords

funerary architecture, integrated 3d survey, representation, geometrical analysis, crack framework



The Hall of Piety. Photos by the authors.

Introduction

Techniques for the survey and representation of architecture have reached a significant level of maturity, thanks to the integrated use of 3D acquisition tools capable of detecting a diversity of artefacts at different levels of detail. In continuity, tools dedicated to data restitution allow for managing large amounts of heterogeneous information, defining an interoperable virtual context to support the interpretive process. In this consolidated scenario, the characteristics of the case study and the purpose of the survey and restitution continue to play a central role, promoting optimised methodological solutions that fit the specific architecture analysed. The type of case study defines how the architecture is represented and interpreted. In this sense, portions of monumental cemeteries are an open topic explored in depth in the article [1], which proposes a second development phase following an initial experiment [Russo et al., 2023]. Monumental cemetery areas appear as architectural systems integrated by sculptural portions, presenting a wide-scale variation. Introduced in Italy between 1804 and 1814, they have, over time, become hubs for urban areas. However, after centuries of history, the need to start work on analysing surface and structural deterioration has become a compelling necessity to define strategies for conserving and intervening in these monuments. In this cognitive process, the integrated use of 3D surveying methodologies is essential to capture these complex spaces, allowing their interpretation and analysis of forms through drawing. The case study treated is the Hall of Piety, present inside the cemetery of the Certosa di Bologna, founded in 1801 and declared a UNESCO World Heritage Site in 2021. The research illustrates, on the one hand, the well-established process of data acquisition, which made it possible to define the basis for restitution at different levels of reading and analysis of a complex space. A geometric-proportional analysis highlights some formal rules and exceptions. The goal of the research is to bring to attention a “minor” architectural typology through the tools of surveying, drawing, and representation, which makes it possible to build an updatable and reliable knowledge model.

Funerary architecture

The subject of funerary architecture crosses different cultures, historical periods, and territories, expressing through monumental properties one of the high points of the period's architecture. But from the 1800s onward, Monumental Cemeteries were introduced in Europe as an answer to the post-Napoleonic bourgeoisie to give importance to their burials without being able to afford dedicated chapels.

The construction of the Père-Lachaise in Paris in the early 19th century marked the birth of cemeteries decorated with large sculptures and monuments, spreading throughout Europe. In Italy, the famous Vantiniano in Brescia, the first monumental cemetery in the history of art, the Milan cemetery, the Pavia cemetery, the Messina cemetery, and the Staglieno cemetery were built (fig. 1). Nineteenth-century cemeteries became a territory of experimentation for many architects and sculptors, following the architectural and artistic style of the period. In the early 2000s, the first Associations aimed at their protection and enhancement were born. A national memorandum of understanding was signed in 2016, including monumental cemeteries of Italian historical heritage. These conditions, combined with the need to preserve these precious places, which have become a symbol of tangible and intangible culture for many cities, have led in the last two decades to the launch of significant redevelopment and conservation-restoration projects. These latter have assumed cogent importance where the damage to the artefacts caused by time has been accompanied by catastrophic events that have accelerated the deterioration process. All these activities start with a survey of the actual conditions. But in this context, geometric and material acquisition can present multiple difficulties, given the variation in scale, acquisition conditions and the presence of various materials [Ciuffreda et al. 2017]. Despite this level of richness and complexity, monumental areas have never garnered much interest from the scientific community [Zerbinatti 2020; Barlozzini et al. 2022], unlike hypogeal environments [Saulli et al. 2018] or specific complex



Fig. 1. Photographs of monumental cemeteries: a) Vantiniano (Brescia); b) Milan; c) Verano; d) Staglieno. Photos by the authors.

monuments dedicated to personalities [Szabó et al. 2017]. The project for the study, analysis, and redevelopment of the Certosa di Bologna also stems from the same desire to start a general program of analysis, restoration, and redevelopment of the Certosa Monumental Property following the seismic events that happened in 2012 (fig. 2).



Fig. 2. Satellite view of the Charterhouse area (source: Google Earth) and drone point of view. Photos by the authors.

The Charterhouse of Bologna

The Certosa cemetery in Bologna [Raule 1961] was founded in 1801 by reusing the structures of the Carthusian convent built in 1334 and suppressed in 1796 [Zecchi 1825]. The church of San Girolamo bears witness to the lost wealth of the convent. The Fulcrum of the cemetery is the Third Cloister, a faithful reflection of the local neoclassical culture. Today's cemetery complex results from a centuries-long articulated layering of lodges, cloisters and buildings that gradually take on characters of progressive breadth and monumentality. The interior preserves a vast heritage of paintings and sculptures, evidence of Bologna's complex artistic, historical and intellectual events, to which several interventions by contemporary artists have been added in recent years. Since 2021, the Certosa di Bologna has been a UNESCO World Heritage Site for the "Portici di Bologna" project. The Hall of Piety represents a tiny space within the complex system of buildings. Still, it contains an exciting concentration

of architectural and sculptural elements that make it such a striking example of the scenic effect that it takes on significant importance within the entire monumental system.

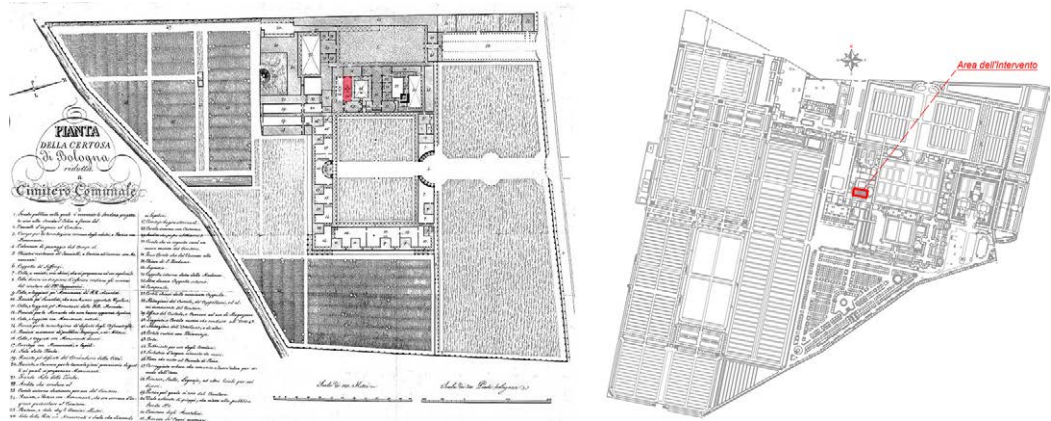


Fig. 3. On the left is the plan of the Certosa di Bologna by G. Zecchi, 1828-29; on the right is the current floor plan (the area under study is in red).

The Hall of Piety

The Hall of Piety was already part of the medieval Carthusian monastery and was intended as a Refectory. For this reason, it was one of the first spaces used in the early 19th century to house monuments painted in plaster and stucco. Architecturally, the most significant intervention in this first area of the Charterhouse is due to Angelo Venturoli (1741-1821), who was called upon to build a connecting staircase between the ground floor and the basement in the former Refectory Hall [2], now the Pieta Hall.

The project, in the first instance, called for a single-flight staircase (fig. 4). The architect realised in 1816 a small neoclassical masterpiece, all centred on the purity of the volumes of the oval form in which two staircases intersect in the centre (fig. 4). Venturoli was also responsible for the overall design of the Baldi Comi family monument.

This grandiose funerary machine (fig. 5) perfectly represents the neoclassical Bolognese taste, clearly distant from that spreading from the great centres of Rome and Milan [Bolognini Amorini 1827].

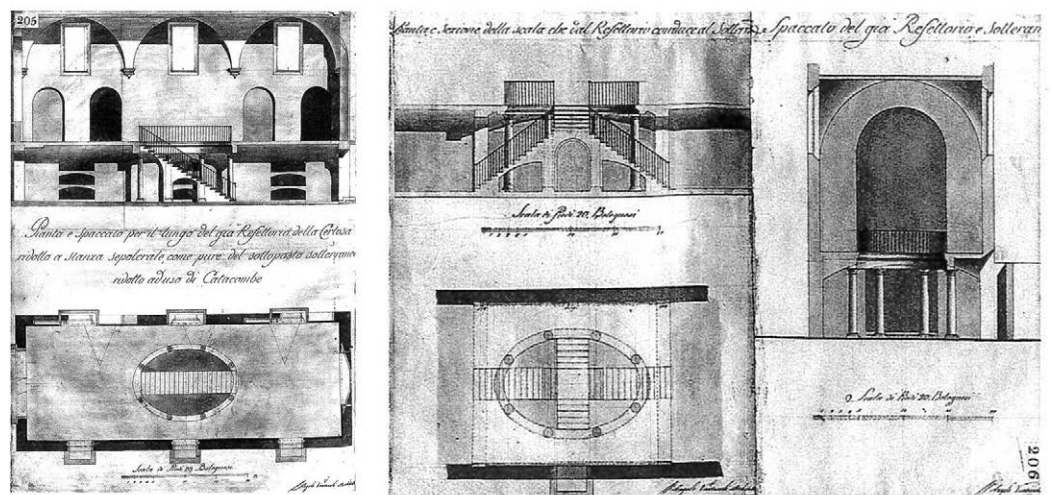


Fig. 4. The first version of the project is on the left, and the final design with a double ramp staircase is on the right.



Fig. 5. Interior and exterior photographs of the Hall of Piety. Photos by the authors.

Space measurement

Data measurement of the Hall was planned by integrating active (Leica's RTC360 and a Focus X120 from Faro) and passive survey systems based on ground and drone photogrammetry (Fig. 6). With the RTC360 3D laser scanner, the geometry of the exterior and interior perimeter walls of the ground floor and basement was acquired, positioning the stations



Fig. 6. Phases of geometric acquisition using RTC360 3D laser scanner, drone and ground photogrammetry. Photos by the authors.

according to a surveyable point and taking advantage of the instrument's internal VIS (Visual Inertial System) orientation system (fig. 7). The portability and light weight of the Focus X120, on the other hand, made it possible to move around a confined environment such as the attic to survey its main features. These scans were manually oriented through the ICP algorithm and on the external scan network through an aperture in the foreground (fig. 7). The 50 variable-resolution scans were evenly distributed over the area, minimising the shaded areas. Alignment between the scans was refined on the Register platform (Leica), compensating for individual station orientation errors and arriving at an overall accuracy of 3 mm in a cloud of 1.1 trillion points (fig. 7).

The exterior of the Hall, consisting of the two main facades and the roof, was surveyed by digital photogrammetric technique from ground and drone, obtaining a 16-million-point cloud and an average GSD of 5 mm. The two active and passive techniques were integrated by recognising natural points commonly found on the exterior facades. The survey was oriented according to a local reference system internal to the Hall, as there was no need to orient it to a global reference system or connect it to a previously known network. Given the robust redundancy of the geometric and radiometric data, the excess measurements made it possible to define point clouds to be metrologically compared to determine their reliability level and begin the spatial representation process.

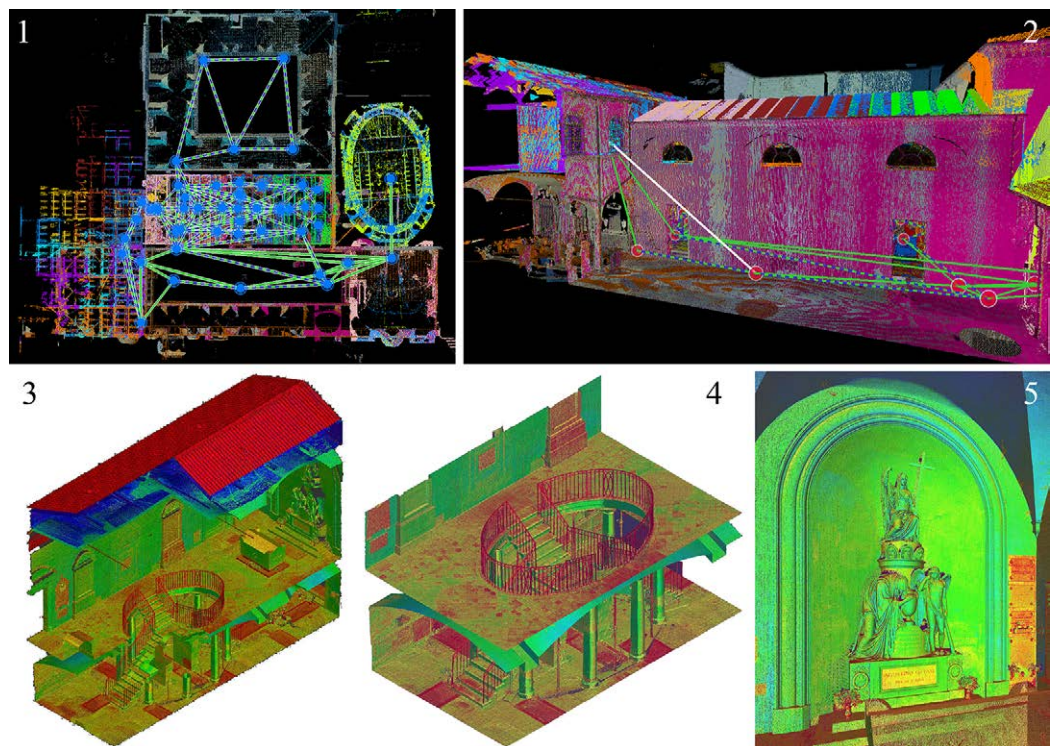


Fig. 7. Network of scans in plan (1) and elevation (2), a point cloud of the Hall visualised in axonometric way (3), detail of the staircase (4) and a sculptural apparatus (5). Authors' elaborations.

Data representation and analysis

The point cloud was imported into ReCap (AutoDesk) as an interface for rendering in AutoCAD (AutoDesk). Through the visualisation of some horizontal and vertical sections, taking advantage of the significant information density, it was possible to return the main representations of the space in plan, sections and elevations, going on to include the part of the attic and the dense point clouds in the background at a later stage. The 1:50 scale drawings (fig. 8) made it possible to return the complexity of the space given by the unique architectural geometries and the refined sculptural installations.

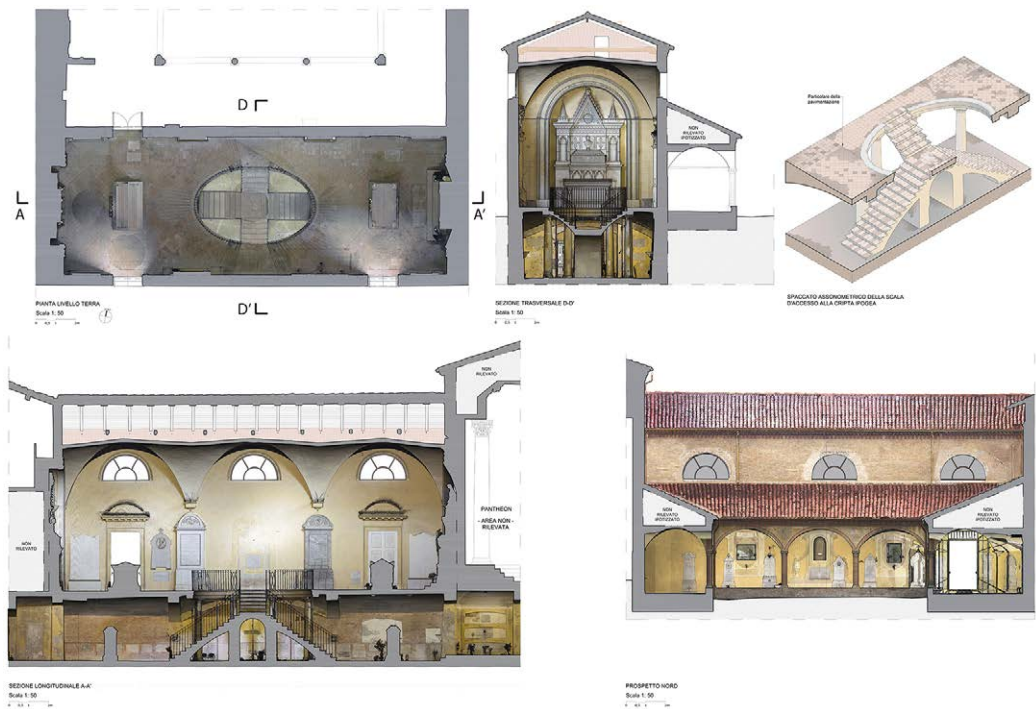


Fig. 8. Plan representation, section, elevation of the Hall and axonometry of a portion of the staircase. Authors' elaborations.

Next, a mapping of the crack framework was started to understand the state of conservation and interventions to be planned. The quality of the colour data extracted from the laser scanner allowed the lesions to be identified with great precision, positioning them in plane

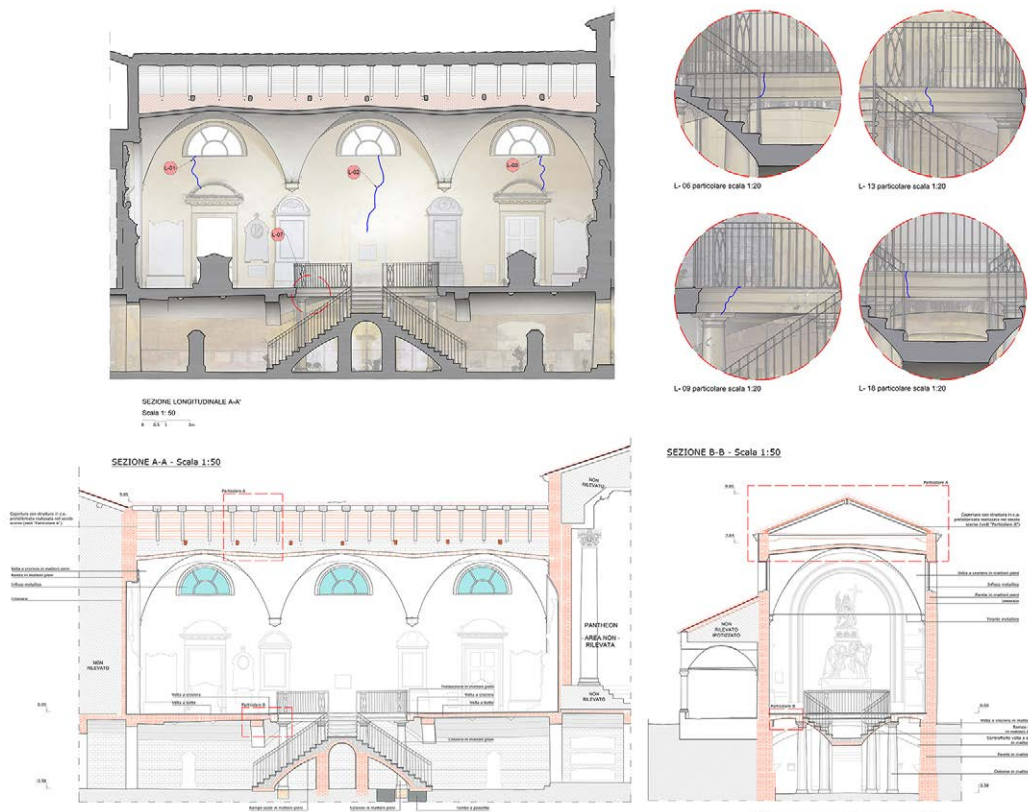


Fig. 9. Analysis and representation of the crack framework (top at different scales) and technology (bottom). Authors' elaborations.

and space (fig. 9). Going into detail at the scale of 1:20 and 1:10, materials were analysed and represented, highlighting the primary construction nodes, floor and wall packages. It was possible thanks to the planning of several wall analyses in the Hall, which enabled the study of the material composition of the entire system (fig. 9).

Finally, a phase of geometric-proportional analysis of the space was undertaken (fig. 10), defined by a single rectangular room with a central east-west axis. The south and north sides were windowed, and it is assumed that the earliest openings were elongated Gothic windows, traces of which have yet to be found except in similar rooms that have remained unchanged over time. The double staircase with rampant arches provides the departure at the basement level on the axis with the longitudinal development of the Hall, which enhances the short north and south sides where natural perspective cones are created between the ground floor and the crypt floor. The plan has a 1:3 ratio resulting from the use of the geometry of the square in its forms best known at the time of construction. The elevation also repeats the square shape, which refers to the room's width. The void created by the ellipse inside the cross vault is supported by eight circular brick columns of Doric order slightly tapered. The eight columns have an almost equal spacing of about 2 mt. between them and represent the figure of an octagon with equal sides inscribed in an ellipse. The ellipse has a 3:2 ratio between the major and minor axes, which measure 6 and 4 mt., respectively (fig. 10).

The precision in the realisation is consistent with the refinement of the architect-builder who "[...] always made the doors, and the windows of a beautiful and regulated proportion, matching their size to that of the foyers, halls and rooms, where they are, and rightly proportioning their ornaments to the compartments of the same." [Amorini 1827]. Indeed, the possibility of analysing a spatial datum with a disproportion of measurements made it possible to confirm this tendency while also highlighting the exceptional skill in execution on the part of the builders. The datum detected and correctly interpreted thus served as confirmation and validation of the construction quality of the period.

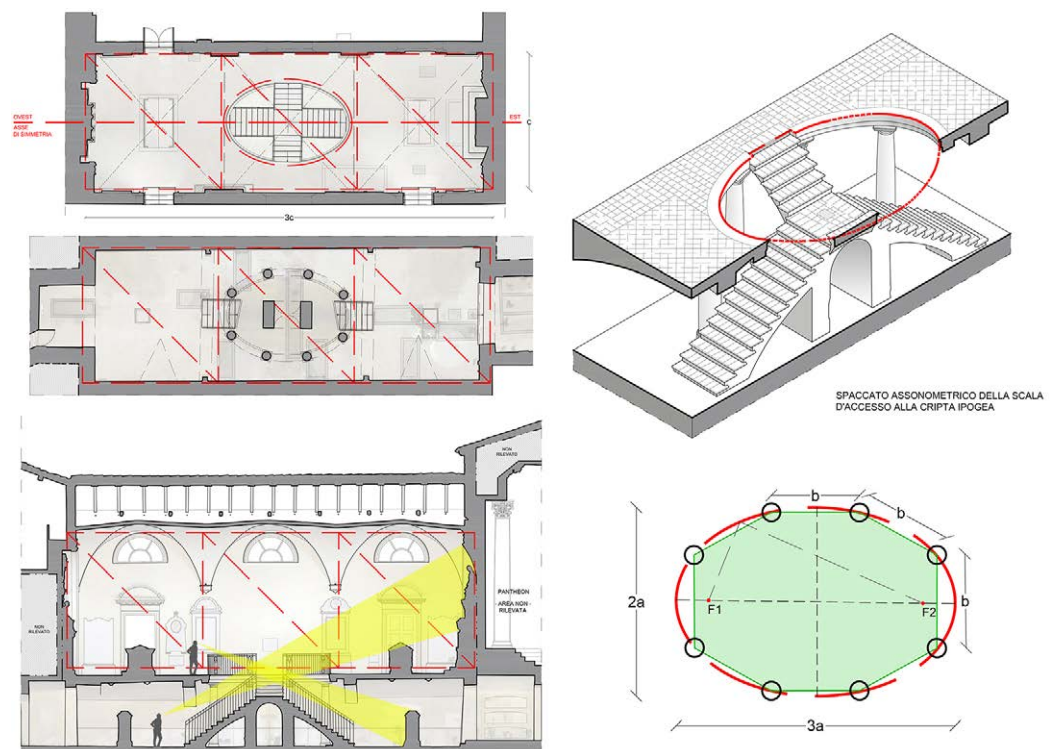


Fig. 10. Analysis of the metric and perspective relationships in plan and section (left) and a closer look at the shape and proportional relationship between the intercolumniations of the ellipse. Authors' elaborations.

Conclusions

This research presents a comprehensive process of surveying, representing and analysing a particular architectural space within the Certosa di Bologna: the Sala della Pietà. The spatial specificities of the Hall offer a valuable opportunity to reflect on the use of established 3D surveying tools for the restitution of complex spaces and the geometric-formal analysis among the elements within it. The control on the reliability of the survey, coming from the balanced relationship between the extent of the acquired data and the disproportion given by its redundancy, allowed us to define reliable representations and start a study on the spatial relationships, highlighting the particular construction quality. The results represent a second test case within the Certosa di Bologna itself [3], consolidating a study methodology based on multi-resolution surveying and the complex restitution of these particular architectures towards the scalability of the process over larger spaces.

Notes

[1] The authors participated equally in the execution phase of the research activities. In the drafting, M.R. took care of the "Introduction;" "The representation and analysis of the data", and the "Conclusions;" P.F. of the paragraphs called "Sala della Pietà" and "The geometric survey;" and finally, S.C. of the paragraphs called "The funerary architecture" and "The Certosa of Bologna."

[2] Angelo Venturoli, after an initial training in Bologna at the Accademia delle Belle Arti, moved to the Veneto region with the Venetian Cardinal Giovanni Cornaro, coming into contact with the architecture of Andrea Palladio, Jacopo Sansovino and Vincenzo Scamozzi. These inspired his classicist taste throughout his artistic career, taking a leading role in neoclassical Bolognese architecture.

[3] The authors thank Dr Mirko Lelli, Dr Anna Vitale of the Municipality of Bologna, and Dr Cinzia Barbieri of Bologna Cemetery Services for allowing access to the spaces and initiating the investigations that led to the published results.

References

- Barlozzini P., Carnevali L., Lanfranchi F. (2022). Studi sull'ingresso monumentale al cimitero Verano di Roma. In Jiménez Vicario P.M., Mestre Martí M., Navarro Moreno D. (a cura di) *Más allá de las líneas. La gráfica y sus usos. Acti del XIX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Cartagena, 2-4 Giugno 2022, pp. 531-534, Spain: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Bolognini Amorini A. (1827). *Elogio di Angelo Venturoli architetto bolognese*, Bologna: Tipografia Nobili.
- Ciuffreda A. L., Juárez Alonso E., Patti P., Soldaini S. (2017). The Ruspoli Chapel at the Porte Sante Cemetery in Florence. Material and diagnostic survey for conservation. In *Studies in Digital Heritage*, n. 1 (2), pp. 671–681.
- Raule A. (1961). *La certosa di Bologna*. Bologna: Nanni.
- Russo M., Fragomeni P., Cariani S. (2023). Survey and representation of funerary architectures: the evangelical cloister in the Charterhouse of Bologna. In *XVI Congreso Internacional Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación (APEGA)*, Cuenca, 29-30 Settembre 2023, Cuenca, Spagna, in stampa.
- Saulli T., Wahbeh W., Nardinocchi C. (2018). 3D survey and digital models as the first documentation of hypogeum of S. Saba in Rome. In *Appl Geomat.* n. 10, pp. 377–384.
- Szabó B., Laszlovszky J., Fehér A., Bódó G., Dabronaki G., Hadzijanisz K., Lovas R., Pipis L., Surina D., Vári B. (2017). High precision laser scanning assisting in the service of historical and art historical research. The burial monument of Queen Gertrude (13th century). In *Studies in Digital Heritage*, n. 1 (2), pp. 501–517.
- Zecchi G. (1825). *Collezione dei monumenti sepolcrali del cimitero di Bologna*, Vol. I. Contrada Porta Nuova: Giovanni Zecchi
- Zerbinatti M. (2020). La manutenzione programmata di architetture e opere di arte funeraria tra obiettivi e complessità. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Monumental & Multicultural Cemeteries (MMC3): Knowledge, Conservation & Reuse, Restyling & Innovation*, pp. 280-289.

Authors

Michele Russo, Sapienza Università di Roma, m.russo@uniroma1.it
Paolo Fragomeni, Studio Errealcubo Bologna, paolofragomeni@errealcubo.com
Sergio Cariani, Studio Cariani Bologna, ida23@studiocariani.net

To cite this chapter: Michele Russo, Paolo Fragomeni, Sergio Cariani (2024). La misura dello spazio funerario. La Sala della Pietà nella Certosa di Bologna/The measure of funerary space. The Hall of Piety in the Charterhouse of Bologna. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (Eds.), *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione / Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1993-2010.