

Verso la costruzione di una banca dati 3D per la fruizione e la valorizzazione di opere della certosa a Serra San Bruno

Giuseppe Fortunato
Lorenzo Russo

Abstract

Il presente contributo è parte di una ricerca finanziata dall'Unione europea-Next Generation EU, Missione 4 Componente C2 CUP H53D23006960006 – nell'ambito di un PRIN più vasto dal titolo *SPLASCH – Smart Platform and Applications for Southern Cultural Heritage*, che mira ad aumentare i livelli di conoscenza dell'identità del patrimonio culturale-architettonico e a promuovere soluzioni di 'fruizione aumentata' a partire da ricostruzioni virtuali dei beni architettonici presi in esame. Attraverso il caso studio adottato, la ricerca affronta le problematiche preliminari alla costruzione di modelli informativi e di scenari virtuali che consentano ai visitatori di comprendere, partendo dalle testimonianze materiali e dalla loro digitalizzazione, le vicende che hanno influenzato l'architettura del territorio.

Lo studio si focalizza sulla fase di raccolta delle informazioni (storiche, architettoniche, morfometriche...) e sulle principali problematiche legate al rilievo di superfici complesse, alla loro gestione e fruizione.

Parole chiave

Serra San Bruno, rilievi 3D, Realtà Aumentata, *virtual tour*.

Modelli tridimensionali
ottenuti con tecnica
fotogrammetrica di
alcune parti scultoree
appartenenti all'altare
maggiore nella chiesa di
Maria SS. dei Sette Dolori
a Serra San Bruno.



Introduzione

Le testimonianze architettoniche pervenuteci dal passato sono spesso il risultato di complesse trasformazioni legate a molteplici vicissitudini (mutate esigenze, evoluzione dei gusti, distruzioni e rifacimenti e altro) le cui tracce non sono sempre riconoscibili e, quando lo sono, spesso sono appannaggio di studiosi o di limitate categorie. L'architettura storica è portatrice di un potenziale informativo articolato e complesso, i cui dati si rivelano, appunto, secondo le proprie capacità di osservarli e di metterli in relazione. In questo, le azioni del rilevamento occupano un ruolo privilegiato per la loro capacità di affrontare l'architettura in tutta la sua complessità e di fare emergere le sue determinanti.

I risultati che ne possono scaturire oggi sono in grado di raggiungere una platea più vasta e variegata grazie a nuovi mezzi di comunicazione e di fruizione. Il rilievo 3D e lo sviluppo condiviso di banche dati digitali, interoperabili e interrogabili, agevolano la comprensione delle vicende che hanno determinato l'architettura di un territorio e, nel contempo, ne rafforzano il legame con la collettività.

Caso studio: la chiesa tardo cinquecentesca della Certosa di Santo Stefano del Bosco

La presente ricerca trova campo di applicazione e di sperimentazione nella Certosa di Santo Stefano del Bosco a Serra San Bruno (Vibo Valentia) e al vicino borgo abitato. Più precisamente, le nostre attenzioni sono incentrate sullo studio dell'architettura della chiesa tardo cinquecentesca, accolta tra le mura della certosa, e sul patrimonio artistico custodito al suo interno, in parte perso e in parte collocato altrove in seguito al catastrofico terremoto del 1783 e al successivo abbandono della comunità certosina, soppressa nel 1807 insieme ad altri ordini monastici. Le origini dell'impianto claustrale, il più antico della Calabria, originano nel periodo normanno (1091) dall'esperienza monastica avviata in quei luoghi dallo stesso fondatore dell'Ordine, Bruno di Colonia.

La comunità religiosa subisce alterne fortune e, dopo un periodo di decadenza, trova rinnovato vigore nel XVI secolo, in seguito al ritrovamento delle spoglie di San Bruno e del suo successore, di cui si erano perse le tracce. L'architettura della certosa assiste a una importante opera di rinnovamento e di ampliamento testimoniata soprattutto dall'edificazione (1595), al suo interno, di una importante chiesa che alcuni recenti studi attribuiscono a Jacopo del Duca [Nisticò 1989; Puntieri 2003]. Il suo apparato decorativo si arricchisce di importanti opere tra le quali spiccano l'imponente macchina d'altare di Cosimo Fanzago [Gritella 2011, pp. 79-92; Panarello 2010, pp. 157-184; Panarello 2012, pp. 289-310; D'Agostino 2011, pp. 144-181] e alcune sculture di David Müller.

Il terremoto del 1783 interrompe l'arricchimento del patrimonio architettonico e artistico della certosa e ci consegna la chiesa in uno stato di rudere il cui abbandono si prolunga fino alla fine dell'800. In questo secolo la fabbrica viene utilizzata come cava per l'edilizia privata e culturale del territorio serrese per far posto ai lavori di ricostruzione del complesso religioso, avviati nel 1888, che risparmiano quel che resta della facciata e le sole arcate interne, ad essa collegate, per non comprometterne la stabilità [Gritella 2011, pp. 93-132]. Lo stato del rudere è testimoniato da alcune preziose lastre fotografiche scattate in più fasi durante lavori di demolizione condotti tra marzo e aprile del 1898 e di grande ausilio al presente progetto di ricostruzione virtuale (fig. 1). Come accennato, diversi furono i materiali reimpiegati per la ricostruzione del centro abitato e fu affidato agli elementi scultorei l'impreziosimento di alcune facciate. Si tratta prevalentemente di cherubini collocati al di sopra delle porte d'ingresso aventi una funzione apotropaica [Pisani 2021, p. 54] ma si riconoscono anche colonne, mensole, fregi e sculture varie. Materiali e decori, derivanti dalla distrutta certosa, furono reimpiegati soprattutto per ricostruire e abbellire le più importanti chiese del centro abitato [Pisani 2015, pp. 19-62]. Tra queste ricordiamo la chiesa matrice che, oltre all'utilizzo di blocchi granitici ed elementi scultorei per il completamento della facciata, accoglie al suo interno quattro importanti statue provenienti dalle nicchie presenti nei piloni della crociera della chiesa crollata.

Ad aver maggiormente fruito dello spoglio della certosa è senza dubbio la chiesa di Maria SS. dei Sette Dolori, un raffinato esempio di architettura tardobarocca in Calabria. Seppure

Fig. 1. Veduta di fine Ottocento che riprende lo stato dei ruderi della chiesa prima dei lavori di demolizione, tratta dalla lastra fotografica alla gelatina bromuro d'argento, 13 × 18 cm, busta 5, n. 40, ACSSB.



i lavori per la sua edificazione furono avviati prima del terremoto del 1783, l'edificio subì un ampliamento nei primi dell'800 potendo godere del reimpiego di importanti opere dislocate dalla chiesa certosina tra le quali il pavimento in marmo [Frangipane 1967, p. 9], quattro medaglioni marmorei scolpiti a bassorilievo, un altare oggi collocato nel braccio sinistro del transetto, una transenna in marmo traforata (fig. 2).

A dominare la scena è senz'altro il ciborio dell'altare maggiore, opera altissima di Cosimo Fanzago, miracolosamente sopravvissuta al crollo della sovrastante cupola e della quale sono pervenute delle brevi descrizioni del suo assetto originario [Fiore 1743 pp. 397; Pacichelli 1793, p. 256]. L'opera, riadattata alle dimensioni della nuova collocazione, viene riasssemblata e consacrata nel 1835 ma per il completamento di alcune parti decorative bisogna attendere il 1836 [Pisani 2009, pp. 145-167]. Nel 2012 Mario Panariello propone una ipotesi di ricostruzione del suo assetto originario [Panariello 2012, tav. 3]. Alcune statue in bronzo dorato sono oggi custodite al Museo d'Arte Sacra del complesso conventuale Valentianum di Vibo Valentia.

La campagna di documentazione e di rilievo

Il tentativo di ricostruire l'assetto originario della chiesa crollata (o di una sua parte) e quello di ricollocare virtualmente gli elementi dislocati pone diverse sfide, prima fra tutte, quella di una ricognizione delle fonti documentarie inerenti alla sua architettura. Si tratta di un problema gravoso per via della dispersione dell'archivio della certosa in seguito al sisma, alla soppressione degli ordini, all'istituzione della Cassa Sacra ed altre nefaste vicissi-

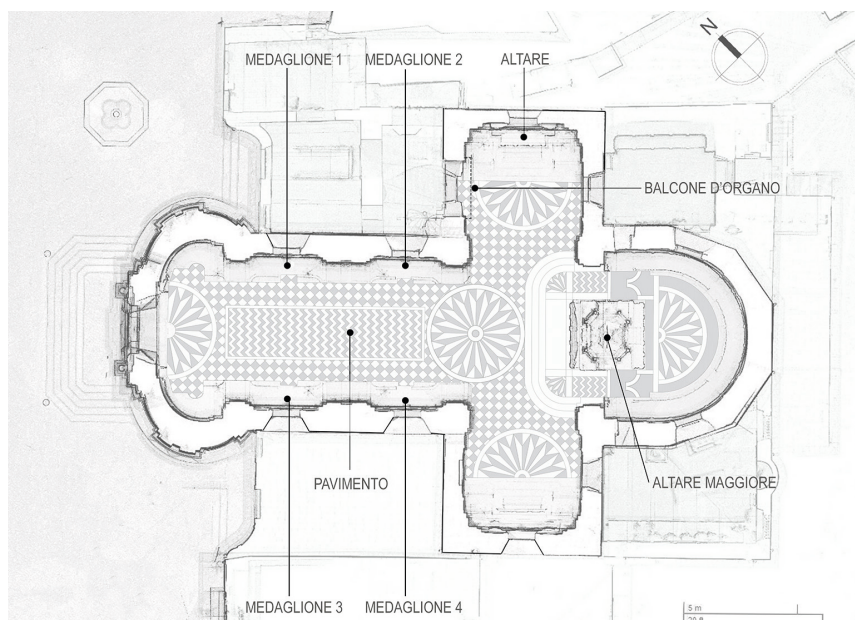


Fig. 2. Vista in pianta della chiesa di Maria SS. dei Sette Dolori con indicazione delle parti provenienti dalla certosa.

tudini [Principe 1980]. I documenti più rilevanti sono: i. la relazione della Visita Apostolica curata da mons. A. Perbenedetti [De Leo 2017] che, su mandato del 1629, si reca alla certosa per documentare lo stato e le sue dipendenze; ii. la relazione di fine Seicento di Giovan Battista Pacichelli; iii. le fonti iconografiche raccolte dal certosino Benedetto Tromby [Tromby 1773-1779]. La ricerca delle fonti documentarie non è ancora conclusa e si estende ad alcuni archivi presenti fuori dalla regione e dal territorio nazionale. La campagna di rilievo, multiscala, è stata strutturata in diverse fasi (figg. 3, 4) e si è avvalsa dell'uso integrato di tecniche range based (con l'impiego di un laser scanner a differenza di fase, modello Faro Focus S 150 Plus) per soggetti architettonici, sia di tecniche image based, da terra (fotocamera Nikon D800) e da mini-drone, impiegata soprattutto per raggiungere maggiori dettagli e fedeltà cromatica (fig. 5).

Le maggiori difficoltà si sono riscontrate nell'acquisizione di soggetti caratterizzati da superfici con levigature o dorature, altamente riflettenti. Tale finitura di materiale genera una significativa distorsione nelle misurazioni, sia se acquisite tramite laser scanner sia con fotogrammetria digitale, che possono raggiungere anche 4-5 mm di errore, non trascurabili per il rilievo di dettagli. La campagna di acquisizione ha adottato entrambe le tecniche di misurazione orientandone l'utilizzo in ragione degli obiettivi del rilievo e della complessità delle superfici battute. In particolare, la fotogrammetria si è rivelata più efficace per la maggiore versatilità e per la possibilità di intervenire sulle condizioni al contorno tramite tentativi di governo delle riflessioni luminose nella scena di ripresa, come di seguito descritto.



Fig. 3. Modelli per lo studio della chiesa tardo-cinquecentesca della certosa.

Modelli fotogrammetrici

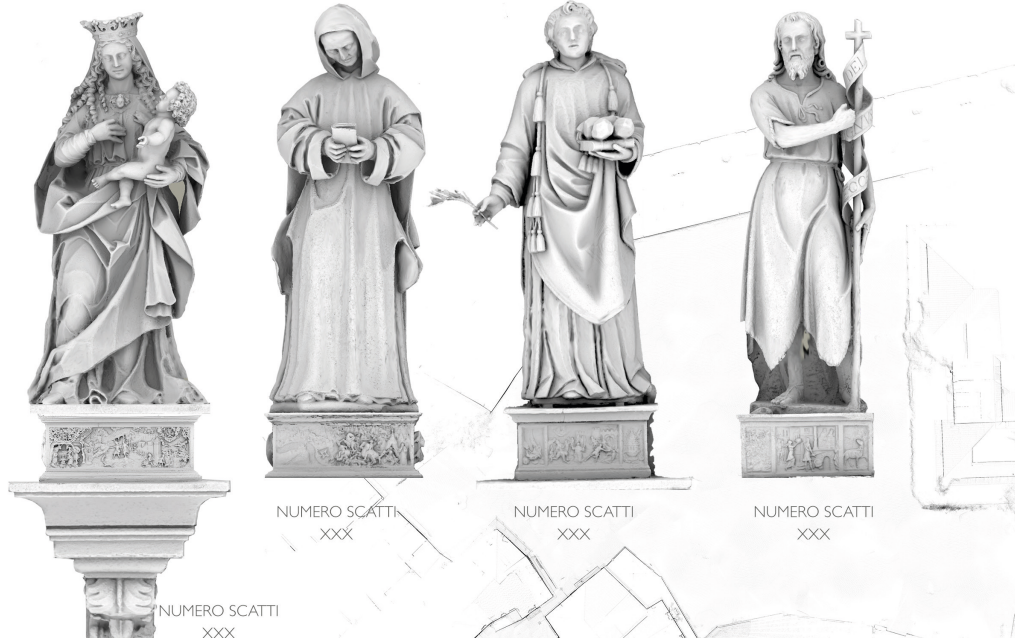
1 m
5 ft

A. Madonna col Bambino

B. San Bruno

C. Santo Stefano

D. San Giovanni Battista



Schema da laser scanner

20 m
115 ft

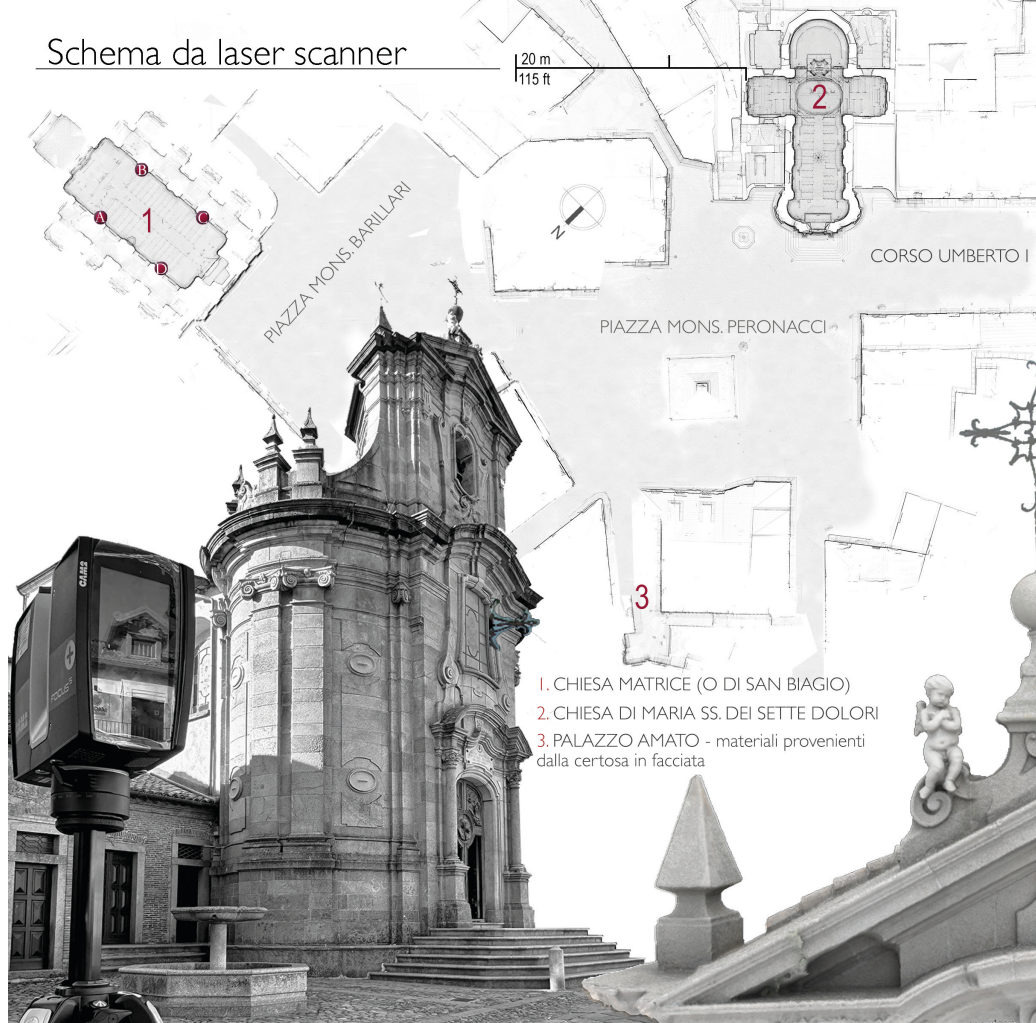


Fig. 4. In alto: modelli fotogrammetrici delle statue anticamente presenti all'interno della chiesa della certosa e oggi conservate nella chiesa Matrice; in basso: uno schema con indicazioni delle sedi che accolgono alcuni elementi dislocati provenienti dalla certosa.

Sperimentazioni per la generazione dei modelli scultorei

Per affrontare le problematiche sopra accennate, particolare attenzione è stata prestata alla riduzione degli effetti indesiderati causati dalle componenti di riflessione della luce sui manufatti da rilevare. Si è resa necessaria una fase preliminare in ambiente 'controllato' per sperimentare un protocollo operativo utile all'ottimizzazione delle fasi di presa dei fotogrammi (percentuale minima di sovrapposizione, mira degli scatti, differenti intensità di illuminazione...), in particolari condizioni, di soggetti con superfici 'non collaborative'. Queste ultime presentano proprietà fisiche che riflettono la luce in maniera direzionale e non uniforme con intensità che varia in funzione dell'angolo di incidenza luminosa e di osservazione. La presenza di riflessi, sia diffusi che speculari, può infatti compromettere l'accurata identificazione delle caratteristiche geometriche e superficiali dell'oggetto, alterando



Fig. 5. In alto: modello 3D dedotto dall'integrazione di acquisizioni da laser e da fotogrammetria digitale; in basso: dettaglio del modello fotogrammetrico riferito all'altare maggiore.

la qualità dei risultati finali. Il processo sperimentato, definito a *polarizzazione incrociata* [1], si sviluppa in diverse fasi operative. In primo luogo le sorgenti luminose (lampade LED e/o flash), vengono dotate di filtri polarizzatori lineari posizionati frontalmente per polarizzare la luce emessa. Successivamente, un filtro CPL (a *polarizzazione circolare*) viene montato sull'obiettivo della fotocamera e orientato con un angolo di 90° rispetto ai filtri applicati alle sorgenti luminose, creando così la configurazione incrociata. Questa consente di eliminare gran parte dei riflessi speculari indesiderati, migliorando la leggibilità delle superfici documentate [Frost et al. 2023].

L'uso di questa tecnica, nel caso di manufatti mobili come per le statue dei Santi Gregorio, Ambrogio, Girolamo e Agostino realizzati nella bottega di C. Fanzago, è stata unita alla *turnable photogrammetry* che prevede l'utilizzo di un piatto rotante meccanizzato, dotato di *target* per la messa in scala, all'interno di un box appositamente allestito con pareti

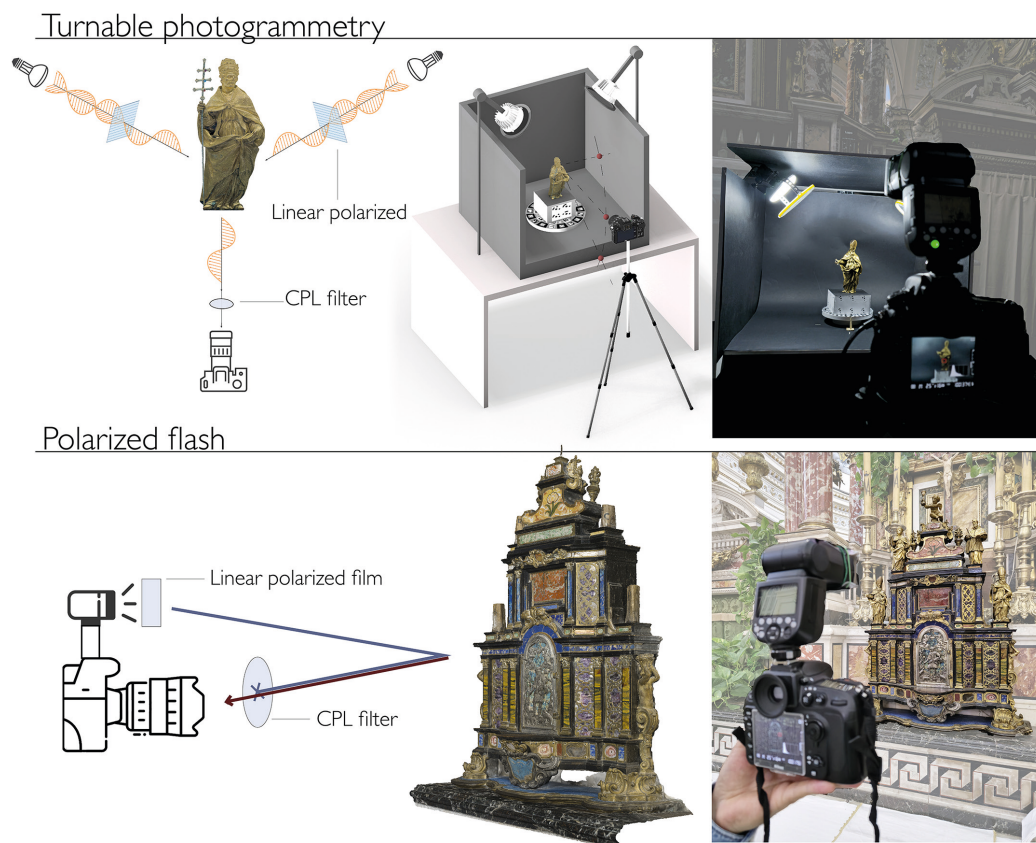


Fig. 6. Progetto di acquisizione con polarizzazione incrociata.

nere opache non riflettenti in modo da minimizzare le interferenze della luce ambientale. È stata, quindi, posizionata la camera su di un treppiede stabile, oltre che un dispositivo di controllo da remoto, così da evitare micromossi ed errori di parallasse, scattando con angoli incrementali di rotazione di 5° (nel piano xy), e a tre diverse angolazioni: -30° , 0° e 30° (rispetto all'asse z). Al fine di garantire fedeltà cromatica degli scatti è stata utilizzata anche una *Color Chart* in modo da poter estrapolare, nelle fasi successive, il profilo dei colori reali ed applicarlo ad ogni set di foto. Per dell'apparato scultoreo inamovibile come il tabernacolo, le statue dei quattro evangelisti e del Cristo risorto sulla cupola del ciborio, la polarizzazione incrociata è stata utilizzata applicando il filtro su di un *flash* esterno montato sulla macchina, oltre a quello applicato alla lente (fig. 6). Gli scatti prodotti sono poi stati processati all'interno del software *Agisoft Metashape®* per la realizzazione dei modelli 3D ad alta risoluzione (fig. 7).



Fig.7. Modelli mesh ad alta risoluzione.
A sinistra Sant'Agostino (a); al centro la ricomposizione del tabernacolo; a destra Sant'Ambrogio (b).

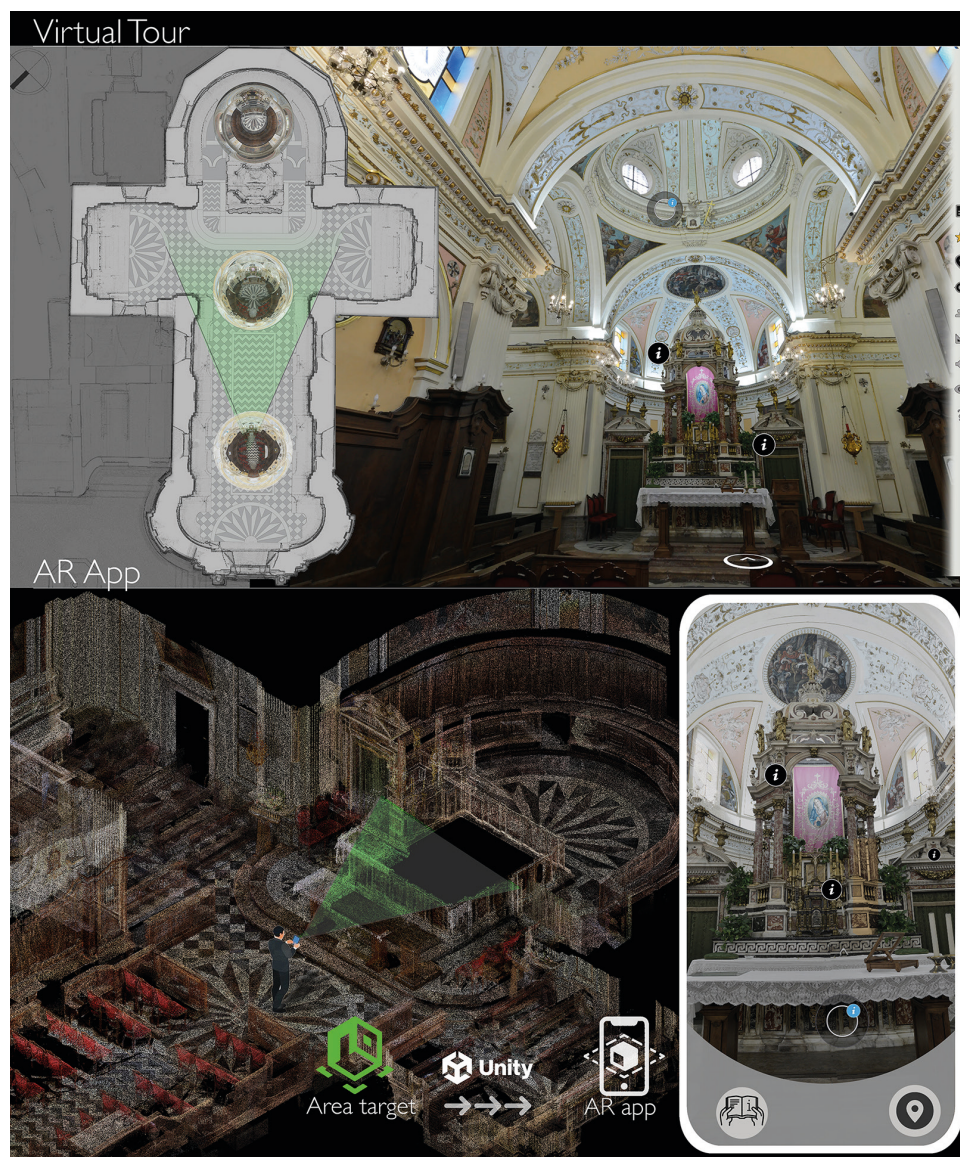


Fig. 8. Le applicazioni immersive. In alto: il virtual tour con le immagini sferiche interrogabili; in basso: l'applicazione interattiva di AR.

Gestione e fruizione della banca dati

La procedura di elaborazione ha portato all'ottenimento di modelli tridimensionali dettagliati e cromaticamente fedeli delle superfici documentate. Tuttavia, l'elevato livello di dettaglio di questi modelli si traduce in *file* di grandi dimensioni, che necessitano di interventi di ottimizzazione per facilitarne la condivisione e la fruizione. La sfida consiste nel semplificare le *mesh* fino ad ottenere modelli *low poly* senza comprometterne la qualità visiva.

A questo fine è stato elaborato un *workflow* che si avvia col il *software open source* MRSS [dos Anjos et al. 2023] che permette l'identificazione di regioni dei modelli con valori più elevati di angolo di curvatura, dovuti a una maggiore complessità geometrica, così da poter decimare il modello con maggiore efficacia. Le aree con salienza maggiore subiscono una semplificazione meno aggressiva rispetto a quelle con angoli di curvatura più bassi. Le *mesh* semplificate sono state successivamente arricchite, tramite *Blender*, con il processo di *texture baking*, che trasferisce dettagli geometrici complessi dalle *normal map* e/o *displacement map* dei modelli ad alta risoluzione (*high poly*) a quelli semplificati.

Nell'ambito del *Digital Heritage* (DH) e dell'*eXtended Reality* (XR), questi modelli rappresentano il fulcro di tecnologie immersive come i Virtual Tour (VT) e la Realtà Aumentata (AR) (fig. 8). Tali strumenti favoriscono la valorizzazione dei beni culturali, migliorando sia la qualità della visita che l'esperienza dell'utente. Entrambi gli applicativi – VT e AR – permettono la sovrapposizione di informazioni digitali al mondo fisico, visualizzabili attraverso dispositivi mobili come *tablet*, *smartphone* e *Head-Mounted Displays* (HMD). Per realizzare gli ambienti virtuali immersivi, oltre ai modelli tridimensionali degli oggetti, sono state acquisite immagini sferiche ad alta risoluzione. Queste immagini, ottenute con una testa panoramica multiasse e una fotocamera DSLR, vengono elaborate tramite PTGui per la fase di *stitching* [2]. Successivamente, tali immagini sono integrate in piattaforme come *3D Vista Virtual Tour*, dove vengono rese interattive e arricchite con contenuti informativi. L'applicazione di realtà aumentata, invece, ha avvio con la scansione delle aree interessate effettuata tramite *tablet iOS* dotato di sensori LiDAR. I dati acquisiti vengono successivamente elaborati tramite l'applicazione *Vuforia Area Target Generator* che trasforma le informazioni grezze in *target* basati su caratteristiche geometriche e colorimetriche.

Questi *target*, insieme ai modelli 3D con le altre informazioni digitali, sono poi integrati in *Unity3D* per la costruzione dell'esperienza immersiva. Unity ha consentito di configurare materiali, animazioni e modalità di interazione, per ottimizzare il *rendering* e offrire un'esperienza fluida e coinvolgente.

Conclusioni

Il contributo, nell'ambito di un vasto studio sull'antica chiesa della Certosa e dei suoi elementi dislocati, riassume le strategie affrontate per il rilievo di superfici 'non collaborative' finalizzate alla ricostruzione digitale dell'altare maggiore. Il laser scanning ha consentito di ottenere una nuvola di punti unitaria della chiesa dei Sette Dolori, utilizzata come riferimento per orientare e per scalare i dati acquisiti con tecnica fotogrammetrica.

Le sperimentazioni condotte hanno consentito il superamento delle difficoltà fisiche inerenti al rilievo delle parti decorative e riflettenti grazie al migliore controllo delle luci riflesse. I modelli sono stati prodotti con differenti livelli di dettaglio e ottimizzati per la realizzazione di ambienti virtuali immersivi.

Il modello dell'altare e delle altre opere provenienti dalla Certosa, in una seconda fase, saranno utilizzati per una ricomposizione virtuale nella loro posizione originaria, su riscontro delle fonti documentarie.

Riconoscimenti

La presente memoria è il risultato degli studi comuni degli autori. È da attribuire a Giuseppe Fortunato il paragrafo *Caso studio: la chiesa tardo cinquecentesca della Certosa di S. Stefano del Bosco* e il paragrafo *La campagna di documentazione e di rilievo* e a Lorenzo Russo il paragrafo *Sperimentazioni per la generazione dei modelli scultorei* e il paragrafo *Gestione e fruizione della banca dati*.

Note

[1] La polarizzazione si riferisce alla direzione dell'oscillazione del campo elettrico all'interno di un'onda elettromagnetica. Usando un filtro polarizzatore, è possibile isolare solo la componente di luce con una specifica polarizzazione, bloccando il resto della radiazione che crea effetti non desiderati sull'oggetto.

[2] Lo *stitching*, o 'cucitura' delle immagini, è una tecnica che consente di combinare più fotografie sovrapposte, acquisite da angolazioni o posizioni diverse, per creare un'unica immagine, come un panorama sferico.

[3] I rilievi sono stati condotti da Giuseppe Fortunato, Lorenzo Russo e Matteo Chiappetta.

Riferimenti bibliografici

D'Agostino, P. (2011), «Grande e sontuoso [...] di varie pietre e metallo, coi più vari lavori e incastri»: il ciborio di Serra San Bruno. In Cosimo Fanzago scultore. Napoli: Editori Paparo.

De Leo, P. (a cura di) (2017). *La visita Apostolica alla Certosa di Serra S. Bruno di Mons. Andrea Perbenedetti - 1629*, Salzburg: FB Anglistik und Amerikanistik, Universität Salzburg.

dos Anjos, R.K., Roberts, R.A., Allen, B., Jorge, J., Anjo K., (2023). Saliency Detection for Large-Scale Mesh Decimation. In *Comput. Graph.* 111, pp. 63-76, Computers & Graphics, vol. 114.

Fiore, G. (1743). *Della Calabria illustrata*, 2 voll., Tomo II. Napoli: Nella stamperia di Domenico Roselli.

Frangipane, A. (1967). Marmi ed altri oggetti d'arte esportati da Roma in Calabria. In *Brutium*, XLVI, pp. 9-41.

Frost, A., Mirashrafi, S., Sánchez, C.M., Vacas-Madrid, D., Millan, E.R., Wilson, L. (2023). Digital Documentation of Reflective Objects: A Cross-Polarised Photogrammetry Workflow for Complex Materials. In Ioannides, M., Patias, P. (eds.). *3D Research Challenges in Cultural Heritage III. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 13125. Springer, Cham. 10.1007/978-3-031-35593-6_7.

Gritella, G. (1991). La Certosa di S. Stefano del Bosco a Serra San Bruno. Documenti per la storia di un eremo di origine normanna. Savigliano (Cuneo): L'artistica Savigliano.

Nisticò, G. (1989). *Su alcuni problemi artistici della Certosa di Serra S. Bruno in Calabria*. Soveria Mannelli: Rubettino.

Pacichelli, G.B., (1977). *Il regno di Napoli in Prospettiva diviso in dodici provincie*. Ristampa a cura di G. Valente. Chiaravalle Centrale: Frama Sud. [Ed. orig. (1703). Napoli: M. Luigi Mutio & Dom. Ant. Parrino].

Panarello, M. (2010). La scultura della tarda maniera nella Certosa di Serra San Bruno. In *Artisti della tarda maniera nel viceregno di Napoli. Mastri scultori, marmorari e architetti*. Soveria Mannelli: Rubettino.

Panarello, M. (2012). *Fanzago e fanzaghiani in Calabria. Il circuito artistico nel Seicento tra Roma, Napoli e la Sicilia*. Soveria Mannelli: Rubettino.

Pisani, D. (2009). Il primo libro dei conti della regia arciconfraternita di Maria SS. Addolorata di Serra San Bruno. In *Esperide cultura artistica in Calabria*, II, n. 3-4, pp. 145-167.

Pisani, D. (2015). La Certosa di Serra San Bruno e la storiografia artistica. La storiografia. Fortuna critica delle opere di devozione monastica con note ai margini. In D. Pisani, F. Tassone (a cura di). *Certosini a Serra San Bruno. Il patrimonio storico e artistico*. S. I.: Edizione Certosa.

Pisani, D. (2021). Elementi scultorei e architettonici provenienti dall'antica certosa di Santo Stefano del Bosco custoditi a Serra San Bruno. In *Esperide*, nn 27/28.

Puntieri, D. (2003). *Certosa di Serra San Bruno. La chiesa cinquecentesca nell'opera di Jacopo Del Duca*. Vibo Valentia: Edizioni Mapograf.

Principe, I. (1980). *La Certosa di S. Stefano del Bosco a Serra S. Bruno. Fonti e documenti per la storia di un territorio calabrese*, Chiaravalle Centrale: Frama Sud.

Frost, A., Mirashrafi, S., Sánchez, C., Vacas-Madrid, D., Millan, E., Wilson, L. (2023). Digital Documentation of Reflective Objects: A Cross-Polarised Photogrammetry Workflow for Complex Materials. DOI: 10.1007/978-3-031-35593-6_7.

Tromby, B. (1773-1779). *Storia critico-cronologica, diplomatica, del Patriarca S. Brunone e del suo Ordine Cartusiano*, tomo II. 10 voll. Napoli: V. Orsino.

Autori

Giuseppe Fortunato, Università della Calabria, giuseppe.fortunato@unical.it

Lorenzo Russo, Università della Calabria, lorenzo.russo@unical.it

Per citare questo capitolo: Giuseppe Fortunato, Lorenzo Russo (2025). Verso la costruzione di una banca dati 3D per la fruizione e la valorizzazione di opere della certosa a Serra San Bruno. 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. 1027-1146. DOI: 10.3280/oa-1430-c814.

Toward the Construction of a 3D Database for the Use and Enhancement of Works of the Carthusian Monastery in Serra San Bruno

Giuseppe Fortunato
Lorenzo Russo

Abstract

This contribution is part of a research project –funded by the European Union - Next Generation EU, Mission 4 Component C2 CUP H53D23006960006– as part of a larger PRIN entitled *SPLASCH - Smart Platform and Applications for Southern Cultural Heritage*, which aims to increase the levels of knowledge of the identity of the cultural-architectural heritage and to promote 'augmented fruition' solutions starting from virtual reconstructions of the architectural heritage examined.

Through the case study adopted, the research tackles the issues preliminary to the construction of information models and virtual scenarios that allow visitors to understand, starting from the material evidence and its digitisation, the events that have influenced the architecture of the territory.

The study focuses on the information collection phase (historical, architectural, morphometric...) and on the main problems related to the survey of complex surfaces, their management and use.

Keywords

Serra San Bruno, 3D survey, Augmented Reality, virtual tour.

Three-dimensional models obtained by photogrammetric technique of some sculptural parts belonging to the high altar in the church of Mary of the Seven Sorrows in Serra San Bruno.



Introduction

The architectural testimonies that have come down to us from the past are often the result of complex transformations linked to multiple vicissitudes (changed needs, evolution of tastes, destructions and remake...) whose traces are not always recognizable and, when they are, are often the preserve of scholars or limited categories. Historical architecture is the bearer of an articulated and complex informational potential, whose data are revealed, precisely, according to one's ability to observe and relate them. In this, the actions of surveying occupy a privileged role because of its ability to address architecture in all its complexity and to bring out its determinants.

The results that can result today can reach a wider and more varied audience thanks to new means of communication and fruition. 3D surveying and the shared development of digital, interoperable and queryable databases facilitate the understanding of the events that determined the architecture of an area and, at the same time, strengthen its connection with the community.

Case study: the late 16th-century church of the Carthusian Monastery of Santo Stefano del Bosco

The present research finds its field of application and experimentation in the Carthusian Monastery of Santo Stefano del Bosco in Serra San Bruno (Vibo Valentia) and the nearby village. More precisely, our attention focuses on the study of the architecture of the late sixteenth-century church, welcomed within the walls of the Carthusian monastery, and the artistic heritage constituted within it, partly lost and partly displaced following the catastrophic earthquake of 1783 and the subsequent abandonment of the Carthusian community, suppressed in 1807 along with other monastic orders. The origins of the cloistered facility, the oldest in Calabria, date back to the Norman period (1091) and took root from the monastic experience initiated there by the Order's founder himself, Bruno of Cologne. The religious community underwent alternating fortunes and, after a period of decline, found renewed vigor in the 16th century, following the discovery of the remains of St. Bruno and his successor, whose traces had been lost. The architecture of the Carthusian monastery represent an important work of renovation and expansion witnessed above all by the building (1595), inside it, of an important church that some recent studies attribute to Jacopo del Duca [Nisticò 1989; Puntieri 2003]. Its decorative apparatus was enriched with important works among which the imposing main altar by Cosimo Fanzago stands out [Gritella 2011, pp. 79-92; Panarello 2010, pp. 157-184; Panarello 2012, pp. 289-310; D'Agostino 2011, pp. 144-181] and some sculptures by David Müller.

The 1783 earthquake interrupted the enrichment of the Carthusian monastery's architectural and artistic heritage and delivered the church to us in a state of ruin whose abandonment continued until the late 1800s. In this century, the factory was used as a quarry for private and cultic construction in the territory of Serra San Bruno to make way for the reconstruction work on the religious complex, which began in 1888, sparing what remains of the facade and only the internal arches, connected to it, so as not to compromise its stability [Gritella 2011, pp. 93-132]. The state of the ruin is evidenced by some valuable photographic plates taken in several stages during demolition works conducted between March and April 1898 and of great help to the present virtual reconstruction project (fig. 1). As mentioned, several materials were reused for the reconstruction of the town, and sculptural elements were entrusted with the embellishment of some facades. These are mainly cherubs placed above the entrance gates having an apotropaic function [Pisani 2021, p. 54] but columns, corbels, friezes and various sculptures can also be recognized. Materials and decorations, derived from the destroyed Carthusian monastery, were reused mainly to rebuild and embellish the most important churches in the town center [Pisani 2015, pp. 19-62]. These include the mother church, which, in addition to the use of granite blocks and sculptural elements to complete the facade, houses four important statues from the niches in the pillars of the collapsed church's cross vault.

Fig. 1. Late 19th-century view showing the state of the church ruins before demolition work, taken from the gelatin silver bromide photographic plate, 13 × 18 cm (ACSSB, envelope 5, no. 40).



To have benefited most from the perusal of the Carthusian monastery is undoubtedly the church of Mary of the Seven Sorrows, a fine example of late Baroque architecture in Calabria. Although work on its construction begun prior to the 1783 earthquake, it underwent an expansion in the early 1800s, being able to enjoy the reuse of important works displaced from the Carthusian church including the marble floor [Frangipane 1967, p. 9], four marble medallions carved in bas-relief, an altar now located in the left arm of the transept, and a pierced marble transenna (fig. 2).

Dominating the scene is undoubtedly the ciborium of the high altar, a lofty work by Fanzago, which miraculously survived the collapse of the cupola above and of which brief descriptions of its original arrangement have survived [Fiore 1743 p. 397; Pacichelli 1793, p. 256]. The work, readjusted to the dimensions of its new location, was reassembled and consecrated in 1835 but the completion of some decorative parts had to wait until 1836 [Pisani 2009, pp. 145-167]. In 2012 Mario Panariello proposed a reconstruction hypothesis of its original arrangement [Panariello 2012, tav. 3]. Some gilded bronze statuettes are now conserved at the Museum of Sacred Art of the Valentianum convent complex in Vibo Valentia.

The documentation and survey campaign

The attempt to reconstruct the original layout of the collapsed church (or a part of it) and that of virtually relocating the displaced elements poses several challenges, first and foremost, that of a reconnaissance of the documentary sources inherent in its architectu-

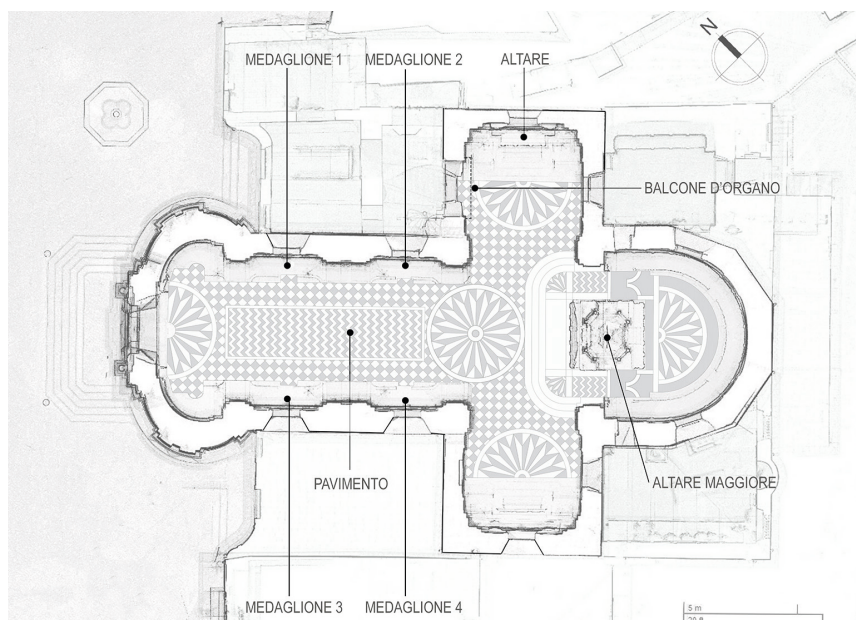


Fig. 2. Plan view of the church of of Mary of the Seven Sorrows showing parts from the Carthusian church.

re. It is a burdensome problem because of the dispersion of the Carthusian monastery's archives following the earthquake, the suppression of the orders, the establishment of the Cassa Sacra, and other nefarious events [Principe 1980]. The most relevant documents are (i) the report of the Apostolic Visitation edited by Msgr. A. Perbenedetti [De Leo 2017] who, under a 1629 mandate, went to the Carthusian monastery to document the state and its dependencies; ii. the late 17th-century report by Giovan Battista Pacichelli; iii. the iconographic sources collected by Carthusian Benedetto Tromby [Tromby 1773-1779]. The search for documentary sources is not yet concluded and extends to some archives found outside the region and the national territory. The survey campaign, multiscale, was structured in several phases (figs. 3, 4) and made use of the integrated use of range based techniques (using a phase difference laser scanner Faro Focus S 150 Plus model) for architectural subjects, as well as image based techniques, from the ground (Nikon D800 camera) and from mini-drone, employed mainly to achieve greater detail and color fidelity (fig. 5).

The greatest difficulties have been encountered in the acquisition of subjects characterized by highly reflective, polished or gilded surfaces. Such material finish generates significant distortion in measurements, whether acquired by laser scanner or by digital photogrammetry, which can reach as much as a 4-5 mm error, which is not negligible for surveying details. The acquisition campaign adopted both measurement techniques, orienting their use because of the survey objectives and the complexity of the beaten surfaces. In particular, photogrammetry was found to be more effective because of its greater versatility and the possibility of intervening on the boundary conditions through attempts to govern light reflections in the shooting scene, as described below.



Fig. 3. Models for the study of the late 16th-century church of the Carthusian church.

Modelli fotogrammetrici

1 m
5 ft

A. Madonna col Bambino

B. San Bruno

C. Santo Stefano

D. San Giovanni Battista



Schema da laser scanner

20 m
115 ft

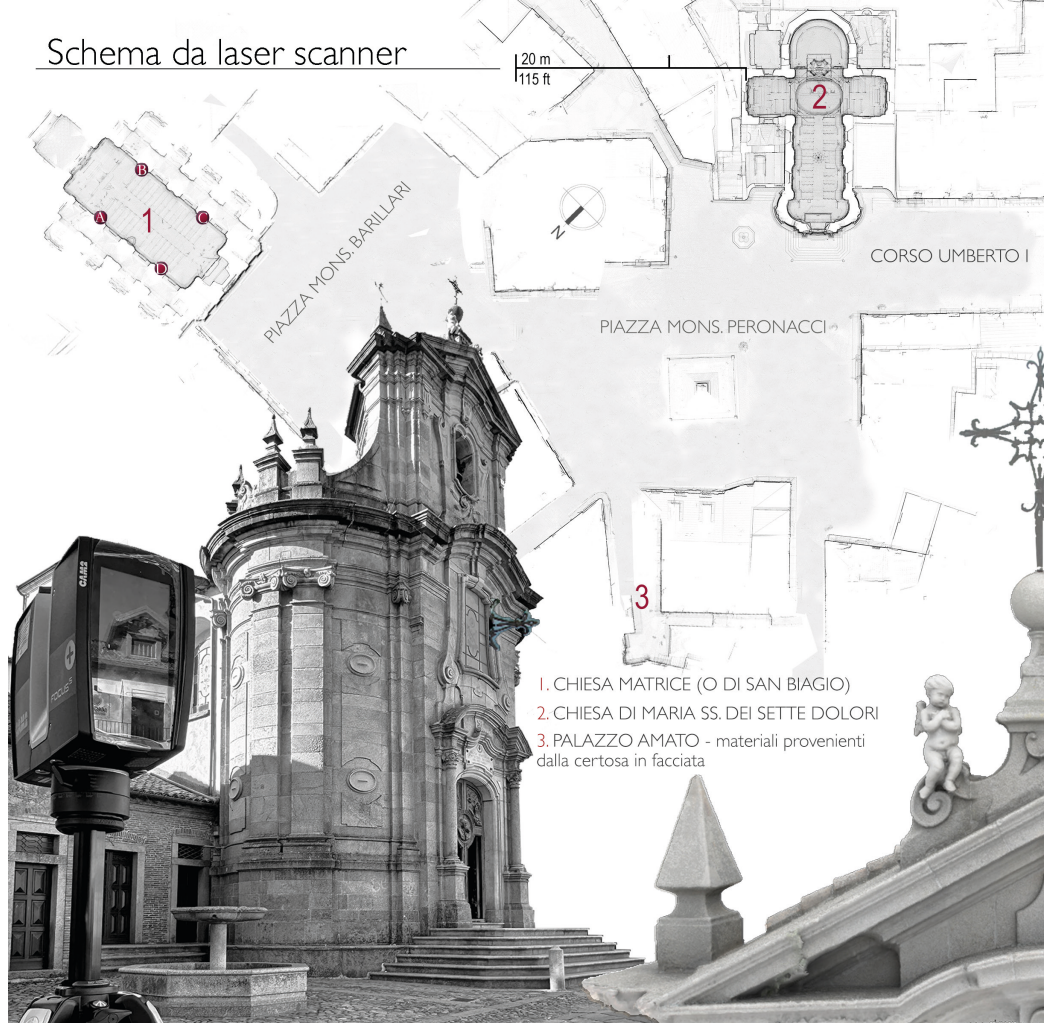


Fig. 4. Top: photogrammetric models of the statues formerly present inside the Carthusian monastery church and now preserved in the Matrix church; centre: schematic with indications of the locations accommodating some dislocated elements from the Carthusian church.

Experiments for the generation of sculptural models

In order to address the problems mentioned above, special attention was paid to the reduction of unwanted effects caused by light reflection components on the artifacts to be surveyed. A preliminary phase in a 'controlled' environment was necessary in order to experiment with an operational protocol useful for the optimization of the frame-taking stages (minimum percentage of overlap, aim of the shots, different illumination intensities...), under particular conditions, of subjects with 'non-cooperative' surfaces. The latter have physical properties that reflect light directionally and non-uniformly with intensities that vary depending on the angle of light incidence and observation. The presence of reflections, either diffuse or specular, can in fact compromise the accurate identification of geometric and surface features of the object, altering the quality of the final results. The process tested, termed cross-polarization [1], is developed in several operational steps. First, the light sources (LED lamps and/or flashes), are equipped with frontally

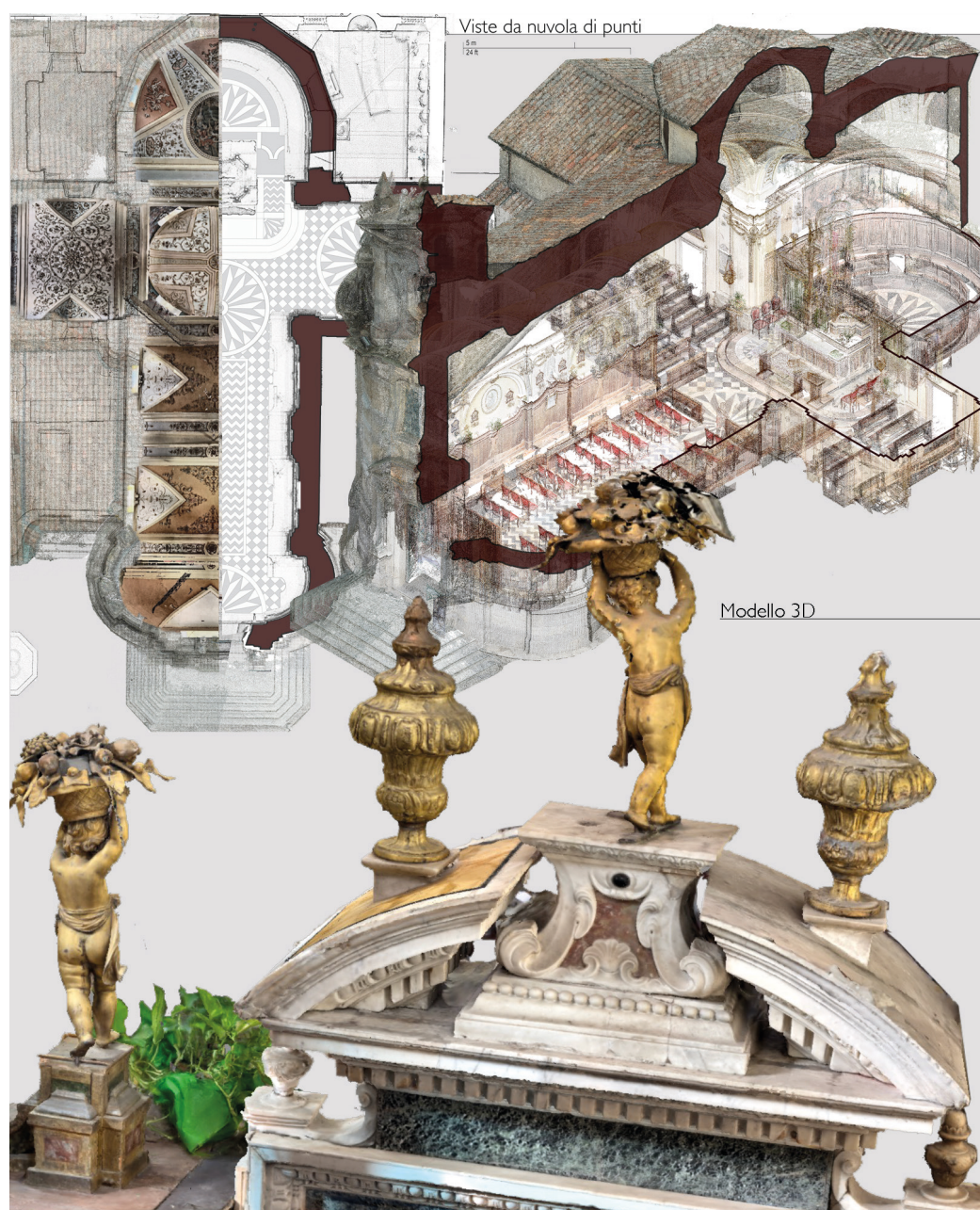


Fig. 5. Top: 3D model deduced from the integration of acquisitions from laser and digital photogrammetry; bottom: detail of the photogrammetric model referring to the high altar.

positioned linear polarizing filters to polarize the emitted light. Next, a CPL (circularly polarized) filter is mounted on the camera lens and oriented at a 90° angle to the filters applied to the light sources, thus creating the cross configuration. This eliminates much of the unwanted specular reflections, improving the readability of the documented surfaces [Frost *et al.* 2023].

The use of this technique, in the case of movable artifacts such as the statues of Saints Gregory, Ambrose, Jerome, and Augustine made in the workshop of Cosimo Fanzago, was combined with turnable photogrammetry, which involves the use of a mechanized turntable, equipped with scaling targets, within a specially set up box with opaque black non-reflective walls so as to minimize interference from ambient light. The camera was, therefore, placed on a stable tripod, as well as a remote control device, so as to avoid micromotion and parallax errors, shooting at incremental rotation angles of 5° (in the xy plane), and at three different angles: -30° , 0° and 30° (relative to the z-axis). In order to ensure chromatic fidelity of the shots, a Color Chart was also used so that the actual color profile could be extrapolated in later stages and

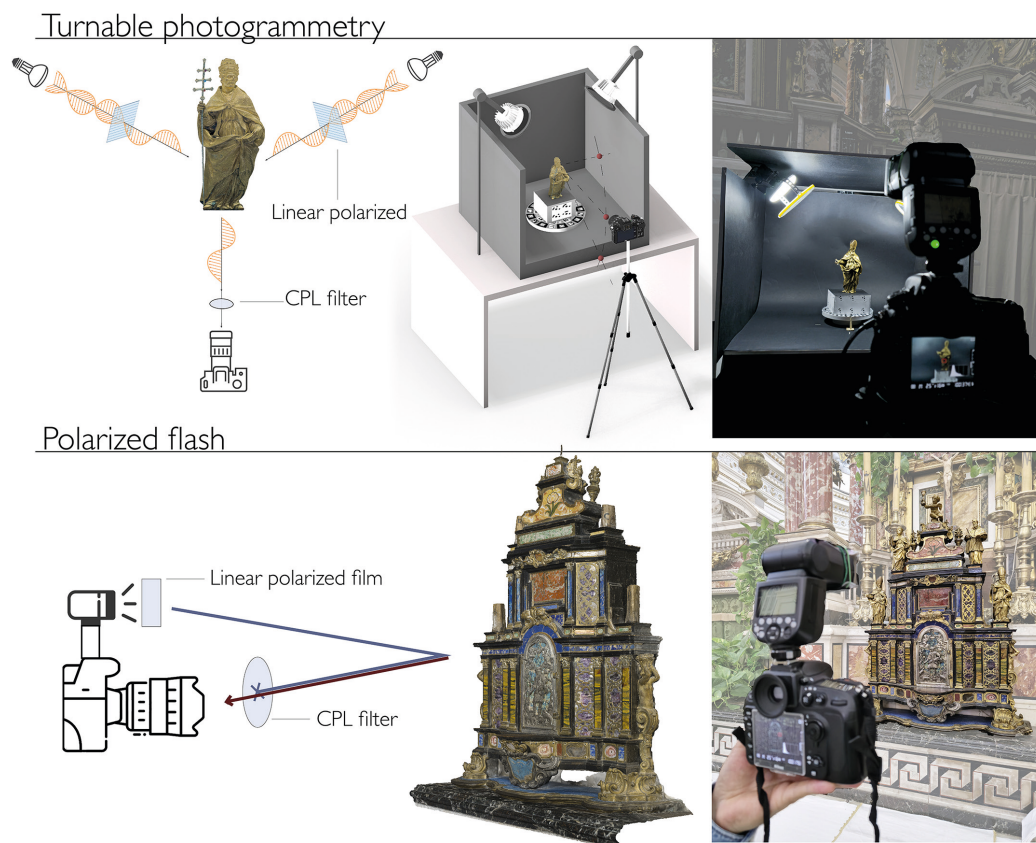


Fig. 6. Cross-polarization acquisition design.

applied to each set of photos. For of the immovable sculptural apparatus such as the tabernacle, the statues of the four evangelists and the risen Christ on the dome of the ciborium, cross-polarization was used by applying the filter on an external flash mounted on the camera, in addition to the one applied to the lens (fig. 6). The produced shots were then processed within the *Agisoft Metashape®* software to create the high-resolution 3D models (fig. 7).

Management and use of the database

The processing procedure resulted in detailed and chromatically faithful three-dimensional models of the documented surfaces. However, the high level of detail in these models results in large files, which need optimization work to facilitate their sharing and fruition. The challenge is to simplify the meshes to low-poly models without compromising their visual quality.

Fig.7. High-resolution mesh models. Left: St. Ambrose (a); center: the tabernacle recomposition; right: St. Augustine (b).

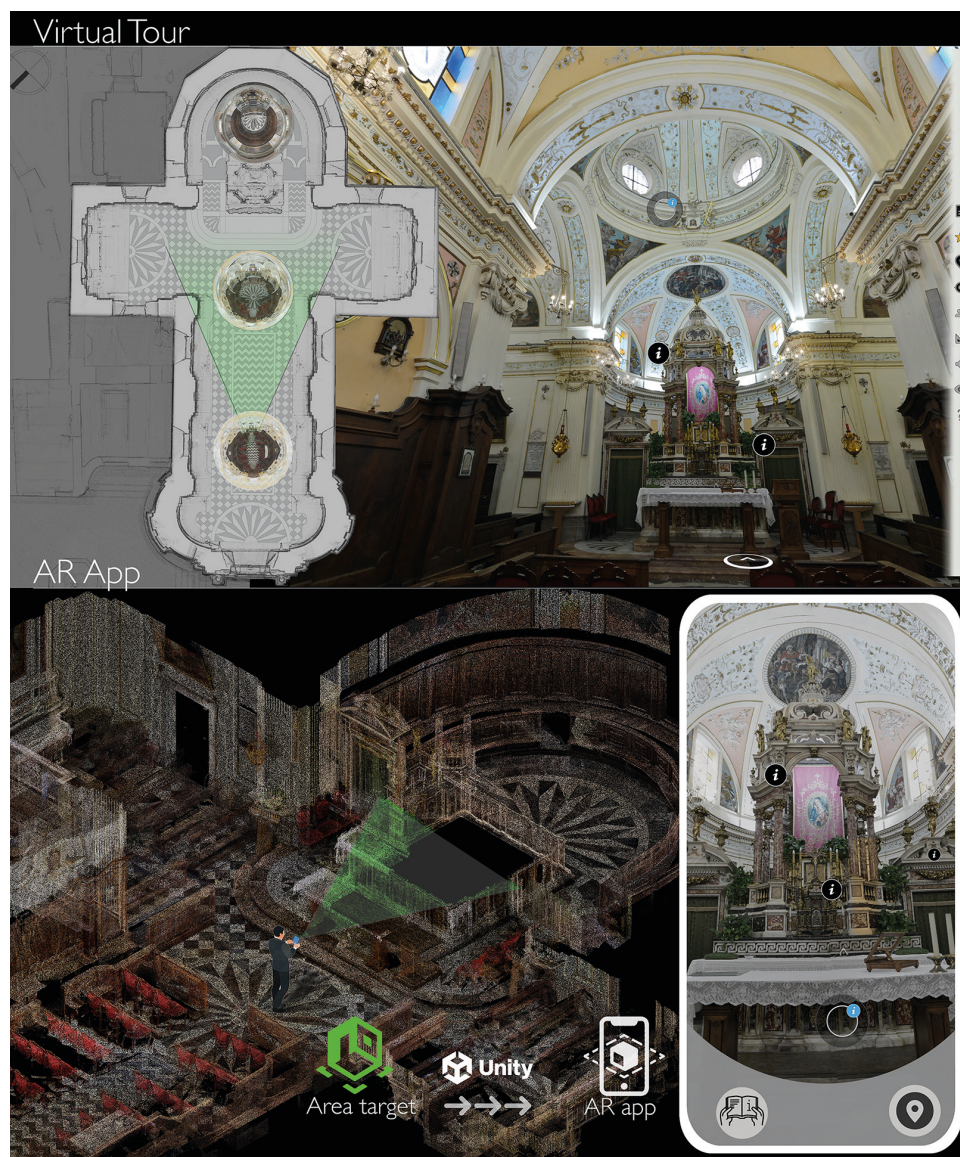


Fig. 8. Top: immersive applications. The virtual tour with the questionable spherical images; bottom: the interactive AR application.

To this end, a workflow has been developed that is initiated with the open source software MRSS [dos Anjos *et al.* 2023] that allows the identification of regions of the models with higher values of curvature angle, due to higher geometric complexity, so that the model can be decimated more effectively. Areas with higher saliency undergo less aggressive simplification than those with lower curvature angles. The simplified meshes were subsequently enriched, using Blender, with the texture baking process, which transfers complex geometric details from the normal maps and/or displacement maps of the high resolution (high poly) models to the simplified ones.

In the context of Digital Heritage (DH) and eXtended Reality (XR), these models represent the core of immersive technologies such as Virtual Tours (VT) and Augmented Reality (AR) (Fig. 8). Such tools promote the enhancement of cultural heritage by improving both the quality of the visit and the user experience.

Both applications -VT and AR - allow the superimposition of digital information on the physical world, viewable through mobile devices such as tablets, smartphones and Head-Mounted Displays (HMDs).

To create the immersive virtual environments, high-resolution spherical images were acquired in addition to three-dimensional models of objects. These images, obtained with a multi-axis panoramic head and a DSLR camera, are processed through PTGui for the stitching phase [2]. Subsequently, these images are integrated into platforms such as 3D Vista Virtual Tour, where they are made interactive and enriched with informative content.

The augmented reality application, on the other hand, starts with the scanning of the affected areas carried out using an iOS tablet equipped with LiDAR sensors. The acquired data is then processed through the Vuforia Area Target Generator application, which transforms the raw information into targets based on geometric and colorimetric characteristics.

These targets, along with 3D models with other digital information, are then integrated into Unity3D to build the immersive experience. Unity made it possible to configure materials, animations, and interaction modes to optimize rendering and provide a smooth and immersive experience.

Conclusions

The paper, as part of an extensive study of the ancient Carthusian monastery church and its dislocated elements, summarizes the strategies addressed for the survey of 'non-collaborative' surfaces aimed at the digital reconstruction of the high altar. Laser scanning made it possible to obtain a unified point cloud of the church of the Seven Sorrows, used as a reference for orienting and scaling the data acquired by photogrammetric technique. The experiments conducted made it possible to overcome the physical difficulties inherent in surveying the decorative and reflective parts through better control of reflected lights. Models were produced with different levels of detail and optimized for the creation of immersive virtual environments.

The model of the altar and the other works from the Monastery will, in a second phase, be used for a virtual recomposition in their original position, based on feedback from documentary sources.

Credits

This memoir is the result of the joint studies of the authors. It is credited to Giuseppe Fortunato for the paragraphs Case study: the late 16th-century church of the Carthusian monastery of S. Stefano del Bosco and The documentation and survey campaign, and to Lorenzo Russo for the paragraphs Experiments for the generation of sculptural models and Management and use of the database.

Notes

[1] Polarization refers to the direction of oscillation of the electric field within an electromagnetic wave. By using a polarizing filter, you can isolate the component of light with a specific polarization, blocking out the remaining radiation creating unwanted effects.

[2] Stitching of images is a technique of combining several overlapping photographs, acquired from different angles or positions, to create a single image, such as a spherical panorama.

[3] The surveys were conducted by Giuseppe Fortunato, Lorenzo Russo, and Matteo Chiappetta.

Reference List

D'Agostino, P. (2011), «Grande e sontuoso [...] di varie pietre e metallo, coi più vari lavori e incastri»: il ciborio di Serra San Bruno. In Cosimo Fanzago scultore. Napoli: Editori Paparo.

De Leo, P. (a cura di) (2017). *La visita Apostolica alla Certosa di Serra S. Bruno di Mons. Andrea Perbenedetti - 1629*, Salzburg: FB Anglistik und Amerikanistik, Universität Salzburg.

dos Anjos, R. K., Roberts, R. A., Allen, B., Jorge, J., Anjiyo K., (2023). Saliency Detection for Large-Scale Mesh Decimation. In *Comput. Graph. III*, pp. 63-76, Computers & Graphics, vol. 114.

Fiore, G. (1743). *Della Calabria illustrata*, 2 voll., Tomo II. Napoli: Nella stamperia di Domenico Roselli.

Frangipane, A. (1967). Marmi ed altri oggetti d'arte esportati da Roma in Calabria. In *Brutium*, XLVI, pp. 9-41.

Frost, A., Mirashrafi, S., Sánchez, C.M., Vacas-Madrid, D., Millan, E.R., Wilson, L. (2023). Digital Documentation of Reflective Objects: A Cross-Polarised Photogrammetry Workflow for Complex Materials. In Ioannides, M., Patias, P. (eds.). *3D Research Challenges in Cultural Heritage III. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 13125. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-35593-6_7.

Gritella, G. (1991). La Certosa di S. Stefano del Bosco a Serra San Bruno. Documenti per la storia di un eremo di origine normanna. Savigliano (Cuneo): L'artistica Savigliano.

Nisticò, G. (1989). *Su alcuni problemi artistici della Certosa di Serra S. Bruno in Calabria*. Soveria Mannelli: Rubettino.

Pacichelli, G.B., (1977). *Il regno di Napoli in Prospettiva diviso in dodici provincie*. Ristampa a cura di G. Valente. Chiaravalle Centrale: Frama Sud. [Ed. orig. (1703). Napoli: M. Luigi Mutio & Dom. Ant. Parrino].

Panarello, M. (2010). La scultura della tarda maniera nella Certosa di Serra San Bruno. In *Artisti della tarda maniera nel viceregno di Napoli. Mastri scultori, marmorari e architetti*. Soveria Mannelli: Rubettino.

Panarello, M. (2012). *Fanzago e fanzaghiani in Calabria. Il circuito artistico nel Seicento tra Roma, Napoli e la Sicilia*. Soveria Mannelli: Rubettino.

Pisani, D. (2009). Il primo libro dei conti della regia arciconfraternita di Maria SS. Addolorata di Serra San Bruno. In *Esperide cultura artistica in Calabria*, II, n. 3-4, pp. 145-167.

Pisani, D. (2015). La Certosa di Serra San Bruno e la storiografia artistica. La storiografia. Fortuna critica delle opere di devozione monastica con note ai margini. In D. Pisani, F. Tassone, F. Certosini a Serra San Bruno. *Il patrimonio storico e artistico*. S. I.: Edizione Certosa.

Pisani, D. (2021). Elementi scultorei e architettonici provenienti dall'antica certosa di Santo Stefano del Bosco custoditi a Serra San Bruno. In *Esperide*, nn. 27/28.

Puntieri, D. (2003). *Certosa di Serra San Bruno. La chiesa cinquecentesca nell'opera di Jacopo Del Duca*. Vibo Valentia: Edizioni Mapograf.

Principe, I. (1980). *La Certosa di S. Stefano del Bosco a Serra S. Bruno. Fonti e documenti per la storia di un territorio calabrese*, Chiaravalle Centrale: Frama Sud.

Frost, A., Mirashrafi, S., Sánchez, C., Vacas-Madrid, D., Millan, E., Wilson, L. (2023). Digital Documentation of Reflective Objects: A Cross-Polarised Photogrammetry Workflow for Complex Materials. DOI: 10.1007/978-3-031-35593-6_7.

Tromby, B. (1773-1779). *Storia critico-cronologica, diplomatica, del Patriarca S. Brunone e del suo Ordine Cartusiano*, tomo II. 10 voll. Napoli: V. Orsino.

Authors

Giuseppe Fortunato, Università della Calabria, giuseppe.fortunato@unical.it

Lorenzo Russo, Università della Calabria, lorenzo.russo@unical.it

To cite this chapter: Giuseppe Fortunato, Lorenzo Russo (2025). Toward the Construction of a 3D Database for the Use and Enhancement of Works of the Carthusian Monastery in Serra San Bruno. In L. Carlevaris et al. (Eds.). *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 1027-1146. DOI: 10.3280/oa-1430-c814.