

Il Colosso di San Carlo tra iconografia, arte e tecnica: misura e modellazione BIM per la conservazione

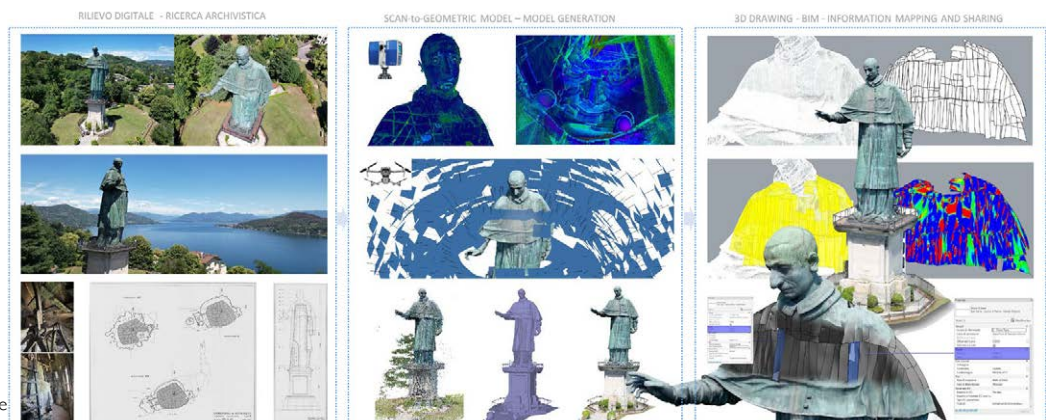
Daniela Oreni
 Fabrizio Banfi

Abstract

Questo studio propone un approccio metodologico volto alla digitalizzazione e gestione delle opere monumentali tramite il *Building Information Modelling* (BIM), con un particolare focus sul Colosso di San Carlo Borromeo ad Arona, sulle sponde del Lago Maggiore, in Italia. L'integrazione della struttura interna e del rivestimento esterno in rame in un unico modello digitale, ottenuto tramite un approccio *scan-to-BIM*, ha consentito una dettagliata rappresentazione digitale del monumento, catturandone ogni singolo dettaglio architettonico, strutturale e scultoreo. La modellazione digitale, con un'attenzione particolare al disegno 3D, ha garantito una gestione e una quantificazione precisa di ciascun elemento rilevato, favorendo le operazioni di mappatura volumetrica dello stato di conservazione delle singole lastre in rame in logica BIM e la progettazione dell'intervento di restauro da eseguirsi. Il modello BIM può fornire informazioni utili per una vasta gamma d'analisi, dalla documentazione storica ai processi di restauro e conservazione. Inoltre, questa metodologia ha aperto la strada a future implementazioni nel campo della realtà estesa e del metaverso, consentendo nuove forme di esplorazione e interazione con il monumento digitale in contesti virtuali avanzati.

Parole chiave

Scan-to-BIM, Statue, Complexity, 3D Drawing, 3D Modelling.



Sintesi del processo. Elaborazione degli autori.

Introduzione

La rappresentazione digitale, e più in particolare il *Building Information Modelling* (BIM) hanno rivoluzionato il settore delle costruzioni, estendendo la loro applicabilità a una vasta gamma di contesti, offrendo numerosi vantaggi nei processi di documentazione, condivisione dei dati, progettazione, restauro, monitoraggio e manutenzione delle strutture. Tra i principali vantaggi vi è la riduzione della duplicazione dei dati, il controllo delle discrepanze tra i modelli, l'ottimizzazione dei costi e delle risorse, l'aggiornamento bidirezionale dei modelli e dei computi metrici, l'interoperabilità per differenti tipologie d'analisi *BIM-based*, una migliorata collaborazione tra team, una gestione avanzata del ciclo di vita del progetto e delle strutture, nonché la pianificazione, l'analisi dei rischi e una visualizzazione avanzata del progetto [Eastman 2011]. Il BIM fornisce inoltre un vasto repertorio di informazioni aggiornate e aggiornabili sulla struttura durante l'intero ciclo di vita, fungendo così da strumento di gestione e controllo nel tempo. In questo studio, i principali strumenti della rappresentazione digitale e della metodologia BIM sono stati applicati a una tipologia di struttura-edificio fuori dal comune: una statua di dimensioni architettoniche come il Colosso di San Carlo Borromeo ad Arona. In particolare, l'articolo presenta i risultati e le riflessioni sulla possibilità di implementazione della metodologia *scan-to-BIM-to-XR* per la gestione nel tempo dell'edificio con l'obiettivo di trasformare questo monumento in un progetto digitale completo, informativo, condivisibile, immersivo e interattivo per differenti tipologie d'analisi e utilizzo. Tale modello si pone al servizio di future integrazioni ed analisi utili per il restauro, la conservazione, la manutenzione programmata e la valorizzazione della statua, permettendo la misurazione e il calcolo degli elementi costruttivi in logica BIM. Prima di addentrarsi nella descrizione dell'inquadramento storico-costruttivo e della metodologia applicata, è necessario riportare alcuni casi studio che hanno iniziato a esplorare questo specifico campo di ricerca. Sebbene non siano stati ancora realizzati modelli BIM parametrici per l'intero corpo delle statue, composte da una struttura interna e un rivestimento esterno, è rilevante citare due esempi significativi. Il primo caso riguarda il Museo della Statua della Libertà a New York, insignito del *Tekla North America BIM Awards* nel 2018, pur non riferendosi direttamente alla statua stessa. Il secondo caso riguarda la realizzazione della nuova Statua dell'Unità (182 m) in India, la più alta al mondo, completata in soli trentaquattro mesi grazie all'impiego del software Tekla Structures, con un conseguente miglioramento dell'efficienza del processo del 25%. Analizzando la situazione di altre statue colossali, non emergono casi applicativi in cui un rilievo 3D (*laser scanning*, fotogrammetria UAV, rilievo topografico) sia stato integrato con tecniche di modellazione avanzata per la generazione di un modello *scan-to-BIM* di una statua di grandi dimensioni.

L'iconografia di San Carlo Borromeo: la costruzione del Colosso, tra arte e tecnica

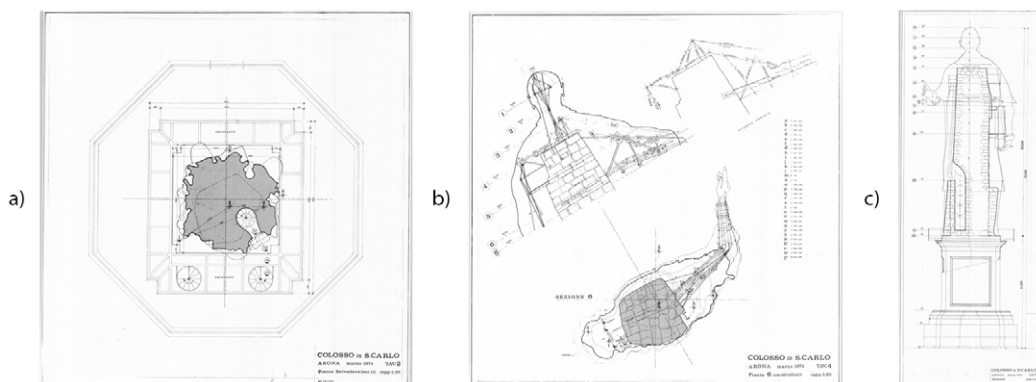
La Statua di San Carlo Borromeo fu edificata ad Arona, città natale di Carlo, dopo la sua morte e canonizzazione. Secondo il progetto del cardinale Federico Borromeo, suo cugino, la statua avrebbe dovuto essere il punto di arrivo di un percorso ascensionale costellato da cinquanta cappelle. Federico Borromeo voleva infatti costruire un'enorme statua che fosse visibile dal lago Maggiore, proprio in onore della grandezza dell'arcivescovo milanese, definito più volte, nei suoi discorsi, un "gigante". Il primo progetto di statua colossale venne inviato dal giovane Giovanni Battista Crespi, detto "il Cerano" a Federico Borromeo in data 8 aprile 1598, attraverso una lettera di intenti corredata da un disegno di progetto, oggi non più esistente. Come sottolineato da Irene Sozzi [Sozzi 2021], durante il Cinquecento le dimensioni straordinarie costituivano uno degli ideali estetici della scultura. Del disegno originale del 1598 [Nova 1983], oggi ne sopravvive una copia in scala ridotta, ma fedele nelle proporzioni [Bean, Turčić 1979, pp. 96-97], conservata presso il Metropolitan Museum of Art di New York (fig. 1). I lavori di realizzazione del Colosso presero avvio nel 1624 ma subirono molti arresti e rallentamenti a seguito di numerosi eventi esterni, ripercorsi con dovizie di dettagli dal Rejna [Rejna 1823]. La costruzione venne quindi portata a termine solo nel

Fig. 1. Confronto tra il disegno del Cerano (da: <www.metmuseum.org/art/collection/search/338570>) e un'immagine attuale della statua e vista aerea (a destra) (2022). Elaborazione degli autori.



1698. Gli scultori che si occuparono della realizzazione modificarono leggermente l'opera rispetto al disegno del Cerano; San Carlo venne raffigurato in piedi in vesti cardinalizie, con rocchetto e mozzetta, con nella mano sinistra il libro degli *Acta Ecclesiae Mediolanensis* e con il braccio destro nell'atto di impartire una benedizione. Pochi furono gli interventi di restauro che l'enorme statua subì nel corso dei secoli, tra cui, nel 1818 la riverniciatura in color bronzo delle lastre in rame [Rejna 1823, p. 28] ed alcuni interventi atti a consolidare o sostituire degli elementi interni dell'intelaiatura su cui sono ancorate le lastre di circa 1 mm di spessore, sbalzate e rivettate [Petiti et al. 2022]. La struttura metallica è a sua volta ancorata all'ossatura interna portante costituita da una colonna di blocchi di pietra d'Angera (fig. 2).

Fig. 2a. Planimetria del Belvedere.
Fig. 2b-c. Sezioni interne rilevate nel 1975, durante la campagna di misurazioni condotte sotto la direzione dell'ingegner Carlo Ferrari Da Passano. Elaborazione degli autori.



La superficie in lastre di rame rivettate: questioni costruttive

Entrando nella statua e salendo la scala a pioli che conduce alla testa, si ha una visione completa dell'imponente grande pilastro centrale e della struttura metallica cui è ancorata la "gabbia" di elementi piatti metallici (4-5 cm di larghezza), a supporto delle lastre in rame sagomate e rivettate (fig. 3). Pur non avendo documentazione d'archivio al riguardo, per quanto riguarda la realizzazione del manto in rame, è possibile ragionare per analogia, da un lato confrontando la ben documentata lavorazione delle lastre realizzate per la Statua della Libertà, dall'altro attingendo a quel saper fare artigianale che da sempre utilizza la tecnica a sbalzo per realizzare opere d'arte a scale differenti. Con la tecnica a sbalzo su lastra di rame è possibile infatti ottenere un disegno ornamentale in rilievo anche estremamente complesso e articolato, usando ceselli e asticelle d'acciaio sagomate in vario modo per ottenere profilature e bombature [Lenzi 2019, p. 47]. Limatura, lucidatura e patinatura risultano poi le ultime operazioni da eseguire per ottenere l'effetto finale desiderato (fig. 4).

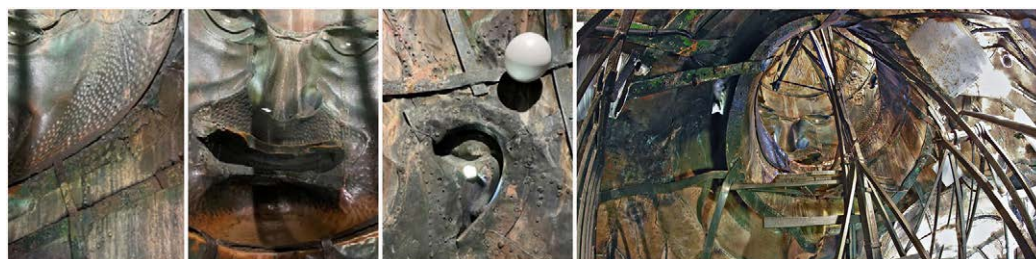
Fig. 3. Alcune foto d'insieme e di dettaglio dell'interno della testa, con evidenza la struttura metallica di sostegno della "gabbia" metallica cui sono ancorate le lastre in rame. Elaborazione degli autori.



Dal rilievo al modello BIM della statua per la conservazione e consolidamento strutturale

La rappresentazione digitale delle costruzioni è sempre più vincolata all'uso di strumenti digitali che richiedono un approccio generativo basato su oggetti informativi capaci di comunicare diverse tipologie di dati. La ricerca ha sottolineato l'importanza della creazione accurata di modelli digitali, utilizzando metodologie in grado di garantire la precisione e l'affidabilità del modello stesso, sia in termini geometrici sia informativi. Questo studio propone un approccio generativo che sfrutta i principali vantaggi del rilievo 3D, le tecniche avanzate di modellazione *mesh* e *NURBS* con lo scopo di creare oggetti parametrici BIM degli elementi costituenti. Per quanto riguarda il rilievo, nel 2022 Il Politecnico di Milano [ref. Prof. Daniela Oreni] è stato incaricato dalla Veneranda Biblioteca Ambrosiana, proprietaria della Statua, di condurre una serie di misurazioni all'esterno e all'interno della statua, al fine di produrre un modello tridimensionale. Il rilievo 3D si è avvalso di tecniche fotogrammetriche e laser scanning, a loro volta integrate con un rilievo topografico tradizionale con stazione totale. I dati laser scanner all'interno della testa del Colosso sono stati ripresi con un laser scanner Faro HDR X 130 (precisione di ± 3 mm). Il modello *mesh* dell'esterno del Colos-

Fig. 4. Immagini di dettaglio della finitura superficiale delle lastre in rame in corrispondenza del viso del Santo con evidenza la lavorazione per ottenere l'effetto "barba". Elaborazione degli autori.



so di San Carlo è stato realizzato mediante un volo fotogrammetrico con drone modello DJI Mavic Air 2S, su cui è installata una camera fotografica da 48 megapixel. Come noto, il processo *scan-to-BIM* costringe spesso a confrontarsi con l'eccesso di misura e complessità geometrica, aprendo nuove sfide nella rappresentazione digitale. Negli ultimi anni, grazie agli sviluppi della ricerca applicata e alle nuove possibilità di integrazione tra diverse tecniche di modellazione avanzata, è possibile perseguire risultati di modellazione, sia dal punto di vista morfologico che semantico, impensabili fino a qualche anno fa. In questo processo di trasformazione, dal reale al digitale e poi di nuovo al reale, l'interpretazione e la Scienza della Rappresentazione giocano un ruolo chiave. Il Disegno, inteso come strumento di comprensione delle proporzioni, delle misure, dei volumi e dei rapporti tra le parti, è risultato determinante per scomporre e ricomporre digitalmente oggetti architettonici, seguendone la sua logica costruttiva, modulo per modulo, dalla struttura interna fino alle lastre di rame che compongono il manto esterno della statua di San Carlo. In particolare, l'atto modellativo si è avvalso di un processo generativo *scan-to-BIM* [Banfi 2023] in grado di trasformare semplici punti nello spazio (nuvole di punti provenienti da *laser scanning* e fotogrammetria digitale) in modelli matematici *NURBS* e successivamente in oggetti parametrici BIM, dotati

di specifiche informazioni alfanumeriche quali volume, larghezza, altezza e stratigrafia, contenute in abachi specifici e convertibili a loro volta per differenti tipologie di utilizzo. La letteratura evidenzia che la natura fisica delle nuvole di punti e dei modelli mesh non consente una trasformazione diretta in oggetti BIM. Pertanto, l'intervento umano nell'interpretazione dei dati e nella determinazione delle discontinuità tra le varie lastre, tramite il disegno 3D e modellazione NURBS, è stato cruciale per determinare il reale sviluppo parametrico. In particolare l'approccio metodologico ha consentito di evitare la "deriva della dismisura" e garantire una gestione corretta dei due principali sistemi (struttura interna e involucro esterno) in ambiente BIM. La figura (fig. 7) illustra come il processo di restituzione di ogni singola lastra abbia portato a una visione infografica olistica dell'intero monumento. Attraverso la trasformazione delle superfici NURBS, che interpolano le nuvole di punti, in oggetti BIM capaci di rappresentare parametricamente e in spessore ogni singola lastra in rame, si è ottenuto un modello dettagliato e aggiornabile con informazioni specifiche. Prima di trasformare i modelli *free-form* in oggetti BIM, il processo ha previsto una rigorosa verifica della precisione e dell'affidabilità del metodo applicato. Il calcolo della deviazione standard tra i dati di partenza (nuvole di punti) e i modelli restituiti ha consentito di misurare la precisione e l'affidabilità di ogni lastra in vista delle fasi successive di restauro. In particolare, la modellazione ha previsto la restituzione di circa 700 lastre con una deviazione standard media complessiva inferiore a 1/2 mm, e lo sviluppo di altrettanti nuovi parametri riferiti sia alle informazioni stratigrafiche sia alla creazione di texture fotogrammetriche specifiche per l'implementazione di nuovi materiali non inclusi nelle librerie di default della piattaforma Autodesk Revit. Per comunicare tali valori all'interno del file di progetto, sono stati implementati nuovi parametri BIM per ogni tipologia di lastra. Questo processo di conseguenza ha esteso il rapporto bidirezionale informazione-oggetto BIM, permettendo di richiamare parametri sia dagli abachi delle due strutture (manto esterno e struttura interna) sia dalla finestra delle proprietà BIM di ogni singola lastra, dando così all'utente una visione complessiva precisa di entrambi i sistemi sia in termini morfologici che tipologici.

Fig. 5a. Le misure principali acquisite durante il rilievo del 1823 (da: Rejna 1823, pp. 28-30). Fig. 5b. rilievo fotogrammetrico aereo. Fig. 5c. rilievo *laser scanning* della struttura interna (nuvola di punti complessiva della sommità e vista interna). Elaborazione degli autori.

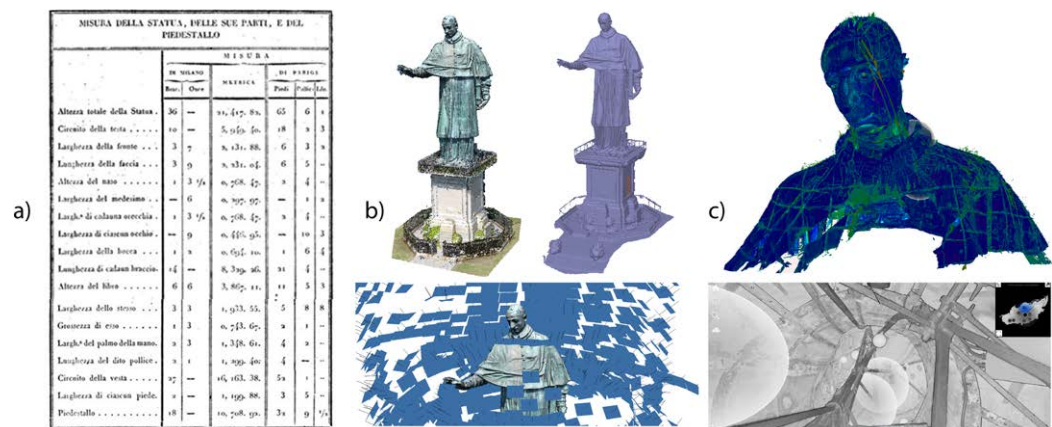
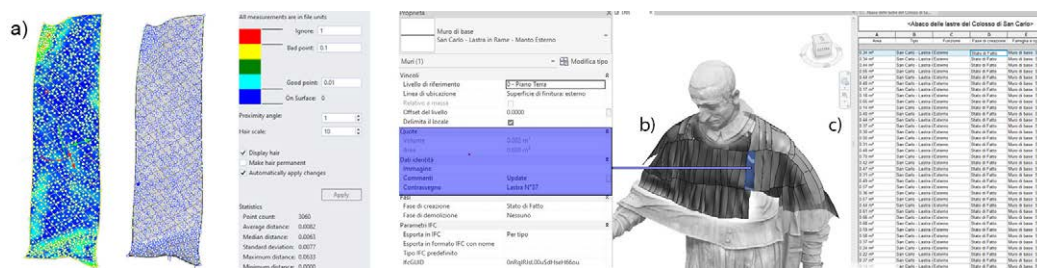


Fig. 6. Processo modellativo: a) dalla nuvola di punti a b) modello mesh e c) NURBS e analisi della curvatura (Gaussiana). Elaborazione degli autori.



Fig. 7a. Analisi della curvatura e deviazione standard.
Fig. 7b. Oggetti BIM e relative proprietà.
Fig. 7c. Abaco delle lastre in rame in relazione ai parametri BIM. Elaborazione degli autori.



Conclusioni

Questo studio presenta il primo caso *scan-to-BIM* applicato a una statua di grandi dimensioni con strutture interne ed esterna complesse gestite interamente in logica BIM. La modellazione digitale, attraverso il disegno 3D, si è rivelata fondamentale per rappresentare con precisione ogni singolo elemento architettonico, strutturale e scultoreo, mantenendo elevati livelli di dettaglio e accuratezza per ogni singolo elemento modellato. Per il manto esterno, è stato adottato un approccio metodologico avanzato che ha coinvolto specifiche tecniche di modellazione per interpolare i dati di rilievo, le scansioni laser e le *mesh* fotogrammetriche ad alta risoluzione, al fine di ottenere un modello parametrico affidabile. L'uso di algoritmi *NURBS* ha consentito la creazione di oggetti BIM a doppia curvatura, superando le limitazioni delle piattaforme BIM tradizionali. Una volta ottenuti i modelli BIM delle singole lastre, sono state integrate informazioni dettagliate sulla struttura interna, il basamento e il rivestimento esterno in rame, mantenendo sotto controllo misure e quantità. L'implementazione di nuovi parametri BIM e la definizione della stratigrafia di ogni elemento hanno permesso di elaborare informazioni dettagliate, evitando un eccesso di modellazione e garantendo una comprensione accurata dei dati difficilmente misurabili e condivisibili in logica BIM prima di questo studio.

Riferimenti bibliografici

- Banfi F. (2023). *Virtual Heritage | from 3D modelling to HBIM and extended reality*. Rimini: Maggioli.
- Bean J., Turčić L. (1979). *17th century Italian Drawings in The Metropolitan Museum of Art*. New York: The Metropolitan Museum of Art.
- Eastman C. M. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Hoboken (NJ) John Wiley & Sons.
- Lenzi R. (2019). La tecnica a sbalzo su lastra metallica. In *XYdigitale. Immagini e temporalità*, 7, pp. 38-49.
- Nova A. (1983). Postille al giovane Cerano: la data di nascita, un committente e alcune incisioni inedite di Agostino Carracci. In *Paragone*, 34, 397, pp. 46-64.
- Petiti C. et al. (2022). Learning from history: the case of the San Carlone colossus after the test of time. In *Journal of the Institute of Conservation*, 45, 1, pp. 18-35, doi: <10.1080/19455224.2021.2024445>
- Rejna I. (1823). *Memorie intorno il sagra monte e colosso di S. Carlo sopra Arona raccolte dal prete scolastico maggiore Innocenzo Rejna e dedicate a ... Giberto Borromeo Arese*. Novara: Tipografia Rasario.
- Sozzi I. (2021). "Quello smisurato spiritual gigante": il "San Carlone" di Arona e l'aspetto quantitativo nel culto di San Carlo Borromeo. In P. Piacentini et al. (a cura di), *(S)Proporzioni. Taglia e scala tra testo e immagine*, pp. 169-192. Milano: Ledizioni.

Autori

Daniela Oreni, Politecnico di Milano, daniela.oren@polimi.it
Fabrizio Banfi, Politecnico di Milano, fabrizio.banfi@polimi.it

Per citare questo capitolo: Daniela Oreni, Fabrizio Banfi (2024). Il Colosso di San Carlo tra iconografia, arte e tecnica: misura e modellazione BIM per la conservazione/The Colossus of San Carlo between iconography, art, and technique: measurement and BIM modeling for conservation. In Bergamo F., Calandriello A., Ciamaichella 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. 1821-1832.

The Colossus of San Carlo between iconography, art, and technique: measurement and BIM modeling for conservation

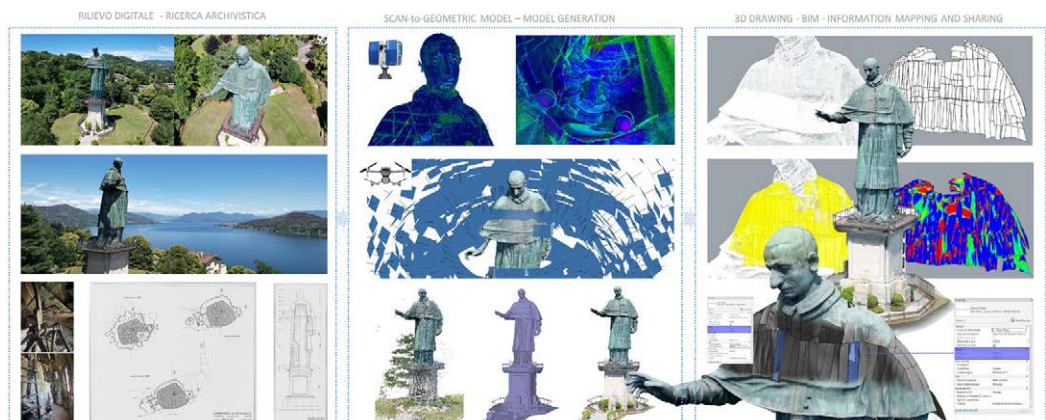
Daniela Oreni
Fabrizio Banfi

Abstract

This study proposes a methodological approach aimed at the digitization and management of monumental works through Building Information Modeling (BIM), with a particular focus on the Colossus of San Carlo Borromeo in Arona, on the shores of Lake Maggiore, Italy. Integrating the internal structure and the external copper cladding into a single digital model, obtained through a scan-to-BIM approach, has allowed for a detailed digital representation of the monument, capturing every architectural, structural, and sculptural detail. Digital modeling, with particular attention to 3D design, has ensured precise management and quantification of each surveyed element, facilitating volumetric mapping operations of the conservation status of individual copper plates in BIM logic and the design of the restoration intervention to be carried out. The BIM model can provide useful information for a wide range of analyses, from historical documentation to restoration and conservation processes. Furthermore, this methodology has paved the way for future implementations in the field of extended reality and the metaverse, allowing for new forms of exploration and interaction with the digital monument in advanced virtual contexts.

Keywords

Scan-to-BIM, Statue, Complexity, 3D Drawing, 3D Modelling



Visualizaion of the workflow.
Elaboration by the authors.

Introduction

Digital representation, specifically Building Information Modeling (BIM), has revolutionized the construction sector; extending its applicability to a wide range of contexts and offering numerous advantages in documentation, data sharing, design, restoration, monitoring, and maintenance processes. Among the main advantages are the reduction of data duplication, control of discrepancies between models, optimization of costs and resources, bidirectional updating of models and quantity take-offs, interoperability for different types of BIM-based analyses, improved collaboration among teams, advanced project and structure lifecycle management, as well as planning, risk analysis, and advanced project visualization [Eastman 2011]. Additionally, BIM provides a vast repository of updated and updatable information about the structure throughout its lifecycle, serving as a management and control tool over time. In this study, the main tools of digital representation and BIM methodology were applied to an uncommon building structure type: a statue of architectural dimensions such as the Colossus of San Carlo Borromeo in Arona. Specifically, the article presents the results and reflections on the possibility of implementing the scan-to-BIM-to-XR methodology for long-term management of the building with the aim of transforming this monument into a comprehensive, informative, shareable, immersive, and interactive digital project for different types of analyses and uses [Banfi 2023]. This model serves future integrations and analyses useful for restoration, conservation, scheduled maintenance, and enhancement of the statue, allowing for measurement and calculation of construction elements in BIM logic. Before delving into the description of the historical-construction framework and the applied methodology, it is necessary to report some case studies that have begun to explore this specific research field. Although parametric BIM models for the entire body of statues, composed of an internal structure and an external cladding, have not yet been realized, it is relevant to mention two significant examples. The first case concerns the Statue of Liberty Museum in New York, awarded the Tekla North America BIM Awards in 2018, although it does not directly refer to the statue itself. The second case concerns the construction of the new Statue of Unity (182 m) in India, the tallest in the world, completed in just thirty-four months thanks to the use of Tekla Structures software, resulting in a 25% improvement in process efficiency. Analyzing the situation of other colossal statues, no applicative cases emerge where a 3D survey (laser scanning, UAV photogrammetry, topographic survey) has been integrated with advanced modeling techniques for the generation of a scan-to-BIM model of a large-scale statue.

The Iconography of San Carlo Borromeo: The Construction of the Colossus, Between Art and Technique

The Statue of San Carlo Borromeo was erected in Arona, Carlo's hometown, after his death and canonization. According to the project of Cardinal Federico Borromeo, his cousin, the statue was intended to be the endpoint of an ascending path dotted with fifty chapels. Federico Borromeo wanted to build an enormous statue that would be visible from Lake Maggiore, in honor of the greatness of the Milanese archbishop, repeatedly described in his speeches as a "giant." The first project for a colossal statue was sent by the young Giovanni Battista Crespi, known as "il Cerano," to Federico Borromeo on April 8, 1598, through a letter of intent accompanied by a project drawing, which no longer exists today. As highlighted by Irene Sozzi [Sozzi 2021], during the sixteenth century, extraordinary dimensions constituted one of the aesthetic ideals of sculpture. Of the original drawing from 1598 [Nova 1983], only a reduced-scale but faithful copy in proportions remains today [Bean, Turčić 1979, pp. 96-97], preserved at the Metropolitan Museum of Art in New York (fig. 1). The construction of the Colossus began in 1624 but experienced numerous interruptions and slowdowns due to various external events, meticulously recounted by Rejna [Rejna 1823]. Consequently, the construction was only completed in 1698. The sculptors involved in its creation made slight modifications to the work compared to Cerano's drawing; San



Fig. 1. Comparison between the drawing by Cerano (from: <www.metmuseum.org/art/collection/search/338570>) and a current image of the statue and aerial view (right) (2022). Elaboration by the authors.

Carlo was depicted standing in cardinal robes, with a rochet and mozzetta, holding the book of the *Acta Ecclesiae Mediolanensis* in his left hand, and with his right arm raised in the act of imparting a blessing. There were few restoration interventions that the enormous statue underwent over the centuries, including the repainting in bronze color of the copper plates in 1818 [Rejna 1823, p. 28], and some interventions aimed at consolidating or replacing internal elements of the framework to which the plates, about 1 mm thick, are anchored, embossed, and riveted [Petiti et al. 2022]. The metal structure is in turn anchored to the internal load-bearing framework consisting of a column of blocks of Angera stone (fig. 2).

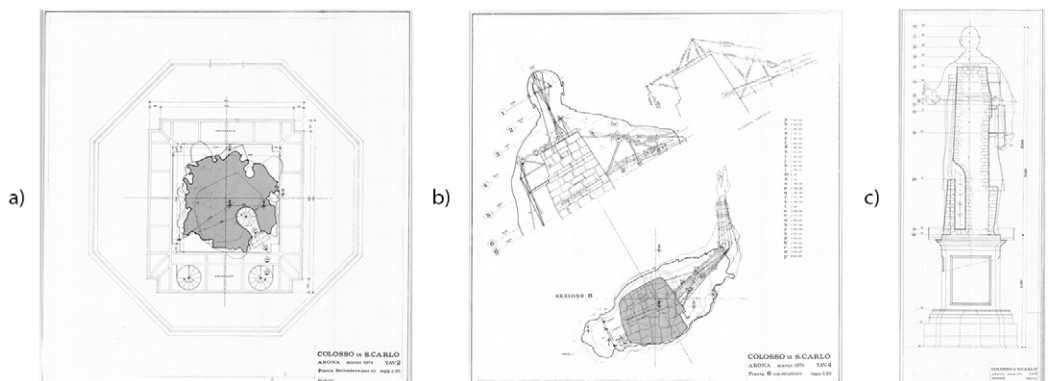


Fig. 2a. Plan of the Belvedere.
Fig. 2b-c. Internal sections surveyed in 1975, during the measurement campaign conducted under the direction of engineer Carlo Ferrari Da Passano. Elaboration by the authors.

The surface consisting of riveted copper plates: construction issues

Upon entering the statue and climbing the ladder that leads to the head, one obtains a complete view of the imposing large central pillar and the metal structure to which the “cage” of flat metal elements (4-5 cm in width) is anchored, supporting the shaped and riveted copper plates (fig. 3). Although there is no archival documentation regarding the creation of the copper mantle, it is possible to reason by analogy. On one hand, comparing it to the well-documented fabrication of the plates made for the Statue of Liberty, and on the other, drawing from the artisanal knowledge that has always used the embossing technique to create artworks on different scales. With the embossing technique on a copper sheet, it is indeed possible to achieve an ornamental design in relief, even extremely complex and articulated, using chisels and shaped steel rods in various ways to create profiles and bulges [Lenzi 2019, p. 47]. Filing, polishing, and patination are then the final operations to be carried out to achieve the desired final effect (fig. 4).

Fig. 3. Some overview and detail photos of the interior of the head, highlighting the metal support structure of the "cage" to which the copper plates are anchored. Elaboration by the authors.



From survey to BIM model of the statue for conservation and structural consolidation

The digital representation of constructions is increasingly bound to the use of digital tools that require a generative approach based on informative objects capable of communicating various types of data. Research has emphasized the importance of accurately creating digital models using methodologies that ensure the precision and reliability of the model itself, both in geometric and informative terms. This study proposes a generative approach that exploits the main advantages of 3D surveying, advanced mesh and NURBS modeling techniques with the aim of creating parametric BIM objects of the constituent elements. Regarding the survey, in 2022, Politecnico di Milano [ref. Prof. Daniela Oreni] was commissioned by the Veneranda Biblioteca Ambrosiana, owner of the Statue, to conduct a series of measurements outside and inside the statue to produce a three-dimensional model. The 3D surveying utilized photogrammetric and laser scanning techniques, which were integrated with traditional topographic surveying using a total station. Laser scanner data inside the head of the Colossus was captured using a Faro HDR X 130 laser scanner (precision of ± 3 mm).

Fig. 4. Detailed images of the surface finish of the copper plates corresponding to the face of the Saint, highlighting the workmanship to achieve the "beard" effect. Elaboration by the authors.



The mesh model of the exterior of the Colossus of San Carlo was created using a photogrammetric flight with a DJI Mavic Air 2S drone, equipped with a 48-megapixel camera. As is known, the scan-to-BIM process often involves managing the excess of measurement and geometric complexity, presenting new challenges in digital representation. In recent years, thanks to developments in applied research and new possibilities for integrating various advanced modeling techniques, it has become possible to achieve modeling results, both morphologically and semantically, that would have been unthinkable just a few years ago. In this transformation process, from the real world to the digital and then back to the real world, interpretation and the Science of Representation play a crucial role. Drawing, understood as a tool for understanding proportions, measurements, volumes, and relationships between parts, has proven essential for digitally decomposing and recomposing architectural objects, following their constructive logic, module by module, from the internal structure to the copper plates that make up the external mantle of the statue of San Carlo. In particular, the modeling process has leveraged a scan-to-BIM generative process capable of transforming simple points in space (point clouds from laser scanning and digital

photogrammetry) into NURBS mathematical models and subsequently into parametric BIM objects, equipped with specific alphanumeric information such as volume, width, height, and stratigraphy, contained in dedicated tables and convertible for different types of use. The literature highlights that the physical nature of point clouds and mesh models does not allow for a direct transformation into BIM objects. Therefore, human intervention in interpreting the data and determining the discontinuities between the various plates, through 3D drawing and NURBS modeling, was crucial in determining the actual parametric development. In particular, the methodological approach allowed avoiding the “drift of mis-measurement” and ensuring correct management of the two main systems (internal structure and external envelope) in the BIM environment. The image (fig. 7) illustrates how the process of restoring each individual plate led to a holistic infographic view of the entire monument. Through the transformation of NURBS surfaces, which interpolate the point clouds, into BIM objects capable of parametrically representing each individual copper plate in thickness, a detailed and updatable model with specific information was obtained. Before transforming the free-form models into BIM objects, the process involved rigorous verification of the accuracy and reliability of the applied method. Calculating the standard deviation between the initial data (point clouds) and the returned models allowed measuring the accuracy and reliability of each plate in view of the subsequent restoration phases. In particular, the modeling involved the restoration of approximately 700 plates with an overall average standard deviation of less than 1/2 mm, and the development of an equal number of new parameters related to both stratigraphic information and the creation of photogrammetric textures specific for the implementation of new materials not included in the default libraries of the Autodesk Revit platform. To communicate these values within the project file, new BIM parameters were implemented for each type of plate. This process consequently extended the bidirectional information-object BIM relationship, allowing the retrieval of parameters from both the schedules of the two structures (external mantle and internal structure) and from the BIM properties window of each individual plate, thus giving the user a precise overall view of both systems in terms of morphology and typology.

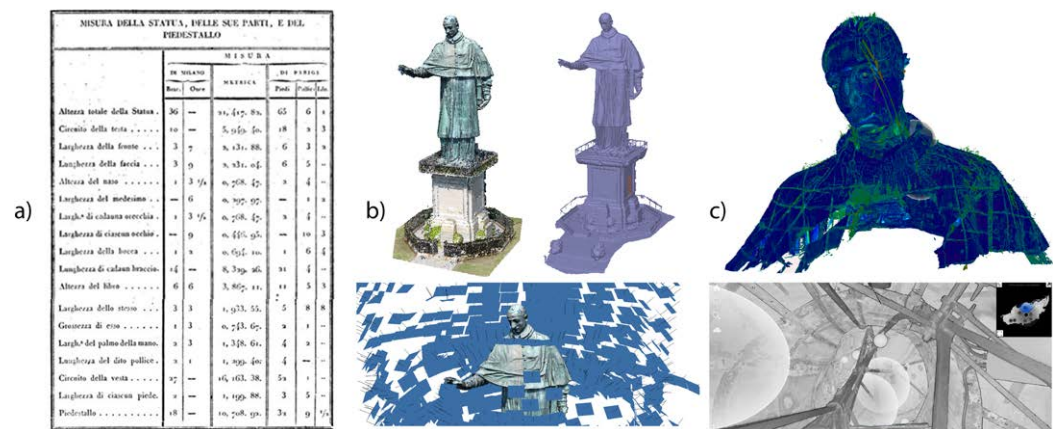


Fig. 5a. The main measurements acquired during the 1823 survey (from: Rejna 1823, pp. 28-30). Fig. 5b. Aerial photogrammetric survey Fig. 5c. Laser scanning survey of the internal structure (overall point cloud of the summit and internal view). Elaboration by the authors.



Fig. 6. Modeling process: a) from point clouds to b) mesh model and c) NURBS model and analysis of curvature (Gaussian). Elaboration by the authors.



Fig. 7a. Curvature analysis and standard deviation. Fig. 7b. BIM objects and their properties. Fig. 7c. Copper plate schedule related to BIM parameters. Elaboration by the authors.

Conclusion

This study presents the first scan-to-BIM case applied to a large-scale statue with complex internal and external structures entirely managed in BIM logic. Digital modeling, through 3D design, proved crucial in accurately representing every architectural, structural, and sculptural element, maintaining high levels of detail and accuracy for each modeled element. For the external mantle, an advanced methodological approach was adopted, involving specific modeling techniques to interpolate survey data, laser scans, and high-resolution photogrammetric meshes to obtain a reliable parametric model. The use of NURBS algorithms enabled the creation of BIM objects with double curvature, overcoming the limitations of traditional BIM platforms. Once the BIM models of individual plates were obtained, detailed information on the internal structure, base, and external copper cladding was integrated, keeping measurements and quantities under control. The implementation of new BIM parameters and the definition of the stratigraphy of each element allowed for the elaboration of detailed information, avoiding excessive modeling and ensuring accurate understanding of data that was difficult to measure and share in BIM logic prior to this study.

References

- Banfi F. (2023). *Virtual Heritage | from 3D modelling to HBIM and extended reality*. Rimini: Maggioli.
- Bean J., Turčić L. (1979). *17th century Italian Drawings in The Metropolitan Museum of Art*. New York: The Metropolitan Museum of Art.
- Eastman C. M. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Hoboken (NJ) John Wiley & Sons.
- Lenzi R. (2019). La tecnica a sbalzo su lastra metallica. In *XYdigitale. Immagini e temporalità*, 7, pp. 38-49.
- Nova A. (1983). Postille al giovane Cerano: la data di nascita, un committente e alcune incisioni inedite di Agostino Carracci. In *Paragone*, 34, 397, pp. 46-64.
- Petiti C. et al. (2022). Learning from history: the case of the San Carlone colossus after the test of time. In *Journal of the Institute of Conservation*, 45, 1, pp. 18-35, doi: <10.1080/19455224.2021.2024445>
- Rejna I. (1823). *Memorie intorno il sagra monte e colosso di S. Carlo sopra Arona raccolte dal prete scolastico maggiore Innocenzo Rejna e dedicate a ... Giberto Borromeo Arese*. Novara: Tipografia Rasario.
- Sozzi I. (2021). "Quello smisurato spiritual gigante": il "San Carlone" di Arona e l'aspetto quantitativo nel culto di San Carlo Borromeo. In P. Piacentini et al. (a cura di), *(S)Proporzioni. Taglia e scala tra testo e immagine*, pp. 169-192. Milano: Ledizioni.

Authors

Daniela Oreni, Politecnico di Milano, daniela.oreni@polimi.it
 Fabrizio Banfi, Politecnico di Milano, fabrizio.banfi@polimi.it

To cite this chapter: Daniela Oreni, Fabrizio Banfi (2024). Il Colosso di San Carlo tra iconografia, arte e tecnica: misura e modellazione BIM per la conservazione/The Colossus of San Carlo between iconography, art, and technique: measurement and BIM modeling for conservation. 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. 1821-1832.