COLLANA

3D MODELING & BIM

Heritage Building Information Modeling e patrimonio storico architettonico

Moving Italianness per una migliore visione collaborativa italo-argentina

Tommaso Empler, Adriana Caldarone

PVBLICA

ISBN 9788899586720

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Ministero dell'Università e della Ricerca

Italiadomani

Sapienza Università di Roma

Moving Italianness

PVBLICA

COMITATO SCIENTIFICO

Marcello Balbo
Dino Borri
Paolo Ceccarelli
Arnaldo Cecchini
Enrico Cicalò
Enrico Corti
Nicola Di Battista
Carolina Di Biase
Michele Di Sivo
Domenico D'Orsogna
Maria Linda Falcidieno
Francesca Fatta
Paolo Giandebiaggi
Elisabette Gola
Riccardo Gulli
Emiliano Ilardi
Francesco Indovina
Elena Ippoliti
Giuseppe Las Casas
Mario Losasso
Giovanni Maciocco
Vincenzo Melluso
Benedetto Meloni
Domenico Moccia
Giulio Mondini
Renato Morganti
Stefano Moroni
Stefano Musso
Zaida Muxi
Oriol Nel.lo
Joao Nunes
Gian Giacomo Ortu
Giancarlo Paba
Giorgio Peghin
Rossella Salerno
Antonello Sanna
Enzo Scandurra
Silvano Tagliagambe

Tutti i testi di PUBLICA sono sottosposti a *double peer review*

PIANO NAZIONALE RIPRESA E RESILIENZA (PNRR), INIZIATIVE EDUCATIVE TRANSNAZIONALI (TNE), PREVISTE DALLA SOTTOMISURA T4 "INIZIATIVE TRANSNAZIONALI IN MATERIA DI ISTRUZIONE", INVESTIMENTO 3.4 "DIDATTICA UNIVERSITARIA E COMPETENZE AVANZATE" DEL PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA, MISSIONE 4 "ISTRUZIONE E RICERCA" – COMPONENTE 1 "POTENZIAMENTO DELL'OFFERTA DEI SERVIZI ALL'ISTRUZIONE: DAGLI ASILI NIDO ALL'UNIVERSITÀ"

Titolo del progetto

TNE Docenti - TNE Studio

Heritage Building Information Modeling e patrimonio storico architettonico

Finanziamento

Finanziato dall'Unione europea- Next Generation EU, Missione 4 Componente 1

TNE23-00080 CUP F31I24000320006

Soggetto attuatore

Dipartimento di Storia Disegno e Restauro dell'Architettura
SAPIENZA UNIVERSITA' DI ROMA
Piazza Borghese, 9
CAP *00186*

Tommaso Empler, Adriana Caldarone

Heritage Building Information Modeling e patriomonio storico architettonico

Moving Italianness per una migliore visione collaborativa italo-argentina

© PUBLICA, Alghero, 2026

ISBN 9788899586720

Pubblicazione Aprile 2026

Questa pubblicazione è distribuita in modalità Open Access.

Il lavoro è frutto del lavoro congiunto degli autori.
In particolare gli autori si sono occupati:
Tommaso Empler - paragrafi 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6, Cap. 3, Cap. 6, Cap. 8, Cap. 9, Cap. 12, Cap.15, Cap. 16, Cap. 18.
Adriana Caldarone - paragrafi 1.1, 1.4, 2.3, 2.4, 2.7, Cap. 4, Cap. 5, Cap. 7, Cap. 10, Cap. 11, Cap. 13, Cap. 14, Cap. 17, Cap. 19.

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura
Sapienza Università di Roma

DIPARTIMENTO DI STORIA
DISEGNO E RESTAURO
DELL'ARCHITETTURA

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Progetto grafico: Letizia Guarcello

PVBLICA
Dipartimenti di Architettura, Design e Urbanistica
Università degli Studi di Sassari
www.publicapress.it

CC BY NC ND

Tommaso Empler
Adriana Caldarone

Heritage Building Information Modeling e patrimonio storico architettonico

MOVING ITALIANNESS per una migliore visione collaborativa italo-argentina

Scientific Commitee

- Massimo Babudri, Ordine degli Ingegneri di Roma (Italy)
- Salvatore Barba, Università degli Studi di Salerno (Italy)
- Carlo Bianchini, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Fabio Bianconi, Università di Perugia (Italy)
- Cecilia Maria Bolognesi, Politecnico di Milano (Italy)
- Stefano Brusaporci, Università dell'Aquila (Italy)
- Adriana Caldarone, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Michele Calvano, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Enrico Cicalò, Università di Sassari (Italy)
- Maria Grazia Cianci, Università Roma Tre (Italy)
- Matteo Clemente, Università della Tuscia (Italy)
- Tommaso Empler, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Marco Filippucci, Università di Perugia (Italy)
- Donatella Fiorani, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Alexandra Fusinetti, Università di Sassari (Italy)
- Elena Gigliarelli, CNR – ISPC (Italy)
- Elena Ippoliti, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Massimiliano Lo Turco, Politecnico di Torino (Italy)
- Giovanna Massari, Università di Trento (Italy)
- Javier Nuñez, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – UBA (Argentina)
- Anna Osello, Politecnico di Torino (Italy)
- Ivan Paduano, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Leonardo Paris, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Sandro Parrinello, Università di Pavia (Italy)
- Bernardo Pérgamo, FAUD – UNC (Argentina)
- Fabio Quici, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Alberto Raimondi, Università Roma Tre (Italy)
- Manuel Ròdenas, UPCT Universidad Politécnica de Cartagena (Spain)
- Silvana Rodrigues, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) (Brasil)
- Maria Laura Rossi, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Michela Rossi, Politecnico di Milano (Italy)
- Francesco Ruperto, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Mario Sacco, BIM Expert (Italy)
- Cettina Santagati, Università di Catania (Italy)
- Alberto Sdegno, Università degli studi di Udine (Italy)
- Graziano Mario Valenti, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Michele Valentino, Università di Sassari (Italy)
- Valeria Zacchei, PhD BIM Expert (Italy)

Editorial Manager

- Letizia Guarcello

INDICE

Summary

Prefazione - Salvatore Barba, Marco Bocchi 7

Foreword - Salvatore Barba, Marco Bocchi

Presentazione - Simone De Sio 10

Presentation - Simone De Sio

PARTE 1 – Obiettivi e contenuti del progetto

PART 1 – Project objectives and contents

CAPITOLO 1
Introduzione e quadro di riferimento 13

CHAPTER 1
Introduction and reference framework

CAPITOLO 2
Metodologia HBIM/ICT per il rilievo, la conoscenza e la valorizzazione del patrimonio storico-architettonico 31

CHAPTER 2
HBIM/ICT methodology for survey, knowledge production, and enhancement of historic–architectural heritage

PARTE 2 - Attività svolte a Buenos Aires

PART 2 – Activities carried out in Buenos Aires

CAPITOLO 3
Documentazione storica: conjunto monumental San Francisco 53

CHAPTER 3
Historical documentation: San Francisco monumental complex

CAPITOLO 4
Acquisizione dei dati geometrici 77

CHAPTER 4
Acquisition of geometric data

CAPITOLO 5
Analisi dei materiali costruttivi e diagnostica 93

CHAPTER 5
Analysis of construction materials and diagnostics

CAPITOLO 6
Elaborazione e modellazione HBIM 101

CHAPTER 6
HBIM processing and modeling

CAPITOLO 7
Dimensione informativa e diagnostica 113

CHAPTER 7
Informational dimension and diagnostics

CAPITOLO 8
Valorizzazione, fruizione digitale e gestione del modello HBIM 129

CHAPTER 8
Enhancement, digital access, and management of the HBIM model

PARTE 3 - Attività svolte a Roma

PART 3 – Activities carried out in Rome

CAPITOLO 9
Contesto scientifico dell'HBIM applicato all'archeologia 139

CHAPTER 9
Scientific context of HBIM applied to archaeology

CAPITOLO 10
Mausoleo di Monte del Grano e Sepolcro degli Scipioni 145

CHAPTER 10
Mausoleum of Monte del Grano and Scipio family Tomb

CAPITOLO 11
Ricerca storica e costruzione del quadro conoscitivo 157

CHAPTER 11
Historical research and construction of the knowledge framework

CAPITOLO 12
Rilievo integrato 175

CHAPTER 12
Integrated survey

CAPITOLO 13
Analisi materica 191

CHAPTER 13
Material analysis

CAPITOLO 14
Dalla nuvola di punti al modello informativo 197

CHAPTER 14
From the point cloud to the information model

CAPITOLO 15
Modello HBIM come dispositivo stratigrafico digitale 209

CHAPTER 15
HBIM model as a digital stratigraphic tool

CAPITOLO 16
Modello informativo come strumento diagnostico 221

CHAPTER 16
Information model as a diagnostic tool

CAPITOLO 17
Catalogazione dei materiali e compatibilità degli interventi 237

CHAPTER 17
Material cataloguing and intervention compatibility

CAPITOLO 18
Modello informato come supporto alla gestione e alla manutenzione programmata 245

CHAPTER 18
Informed model as a tool for management and planned maintenance

CAPITOLO 19
Dimensione interpretativa per la comunicazione e valorizzazione 257

CHAPTER 19
Interpretative dimension for communication and enhancement

BIBLIOGRAFIA 269

Bibliography

PREFAZIONE
Foreword

Salvatore Barba, Marco Bocchi

Il cammino intrapreso con le prime due edizioni argentine dei *Workshop* "*3D Modeling & BIM*" si arricchisce di un nuovo, importante tassello che testimonia l'esperienza italiana maturata nella ricerca applicata al binomio innovazione digitale e patrimonio storico. Se in passato si è avuto modo di discutere del passaggio epocale che ha visto il settore dell'*Architecture, Engineering & Construction* (AEC) allontanarsi progressivamente dalle logiche bidimensionali per abbracciare la complessità della modellazione parametrica, questo secondo lavoro "argentino" di Tommaso Empler e Adriana Caldarone illustra una consolidata fase sperimentale oramai pronta per approdare a una metodologia consapevole da esportare. Non si tratta più soltanto di discutere di transizione digitale e/o tecnologica, ma di essere attori di un nuovo ecosistema conoscitivo, dove il dato digitale diventa il cardine della conservazione. In questo senso, la prefazione non può che aprirsi con un richiamo al percorso avviato in Argentina e a Rosario per un'internazionalizzazione delle scuole italiane dell'ingegneria civile e architettura. Un percorso che negli ultimi anni ha visto: la promozione di un progetto sulle tecniche di rilievo, recupero e conservazione applicate al caso studio del Club italiano di Rosario (2023); l'organizzazione di una giornata di studi, presso la *Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño* di Rosario, sulla rigenerazione dell'architettura come ulteriore esempio del "*Made in Italy*" nel mondo dell'AEC (2025); la tappa a Rosario della terza edizione argentina di "Modeling & BIM" (2026).

Nell'occasione di queste iniziative è stato sempre evocato il mutamento di paradigma in atto in Italia; un cambiamento che, lungi dall'essere esclusivamente tecnico, riveste una valenza scientifica e culturale, promuovendo una ridefinizione del modo in cui le comunità accademiche e professionali (come quella della *Secretaría de Obras y Servicios de la República Argentina*) interagiscono con la memoria costruita.

Questa nuova pubblicazione trova la sua ideale cornice nelle parole di Simone De Sio – Referente per l'Argentina della Sapienza Università di Roma e membro del Consiglio Direttivo del Consorzio interUniversitario Italiano per l'Argentina (CUIA) –, che nella sua presentazione ha saputo cogliere l'essenza della proposta editoriale. Ringraziamo il Professor De Sio per l'intuizione di aver definito questo volume

The path embarked upon with the first two Argentine editions of the "*3D Modeling & BIM*" *Workshops* is now enriched by an important new chapter that bears witness to the Italian experience developed in applied research regarding digital innovation and historic heritage. While in the past there was the opportunity to discuss the epochal shift that saw the *Architecture, Engineering & Construction* (AEC) sector progressively move away from two-dimensional logic to embrace the complexity of parametric modelling, this second "argentine" work by Tommaso Empler and Adriana Caldarone illustrates a consolidated experimental phase, now ready to evolve into a conscious and exportable methodology. It is no longer simply a matter of discussing the digital and/or technological transition, but rather of being active participants in a new knowledge ecosystem, where digital data becomes the cornerstone of conservation. In this sense, the foreword must begin by recalling the path undertaken in Argentina, and particularly in Rosario, toward the internationalisation of Italian schools of civil engineering and architecture. In recent years, this path has seen: the promotion of a project on surveying, restoration, and conservation techniques applied to the case study of the Italian Club of Rosario (2023); the organisation of a seminar at the Faculty of *Architecture, Planning and Design* in Rosario on architectural regeneration as a further example of the "*Made in Italy*" in the AEC sector (2025); and the third Argentine edition of "*Modeling & BIM*" (2026).

On the occasion of these initiatives, the paradigm shift currently taking place in Italy has consistently been highlighted; a change that, far from being exclusively technical, carries deep scientific and cultural significance, promoting a redefinition of the way academic and professional communities (such as the *Secretariat of Public Works and Services of the Argentine Republic*) engage with built memory.

This new publication finds its ideal framework in the words of Simone De Sio—Representative of the Sapienza University of Rome for Argentina and member of the Board of Directors of the Consorcio interUniversitario Italiano para Argentina (CUIA)—who, in his presentation, fully captured the essence of the editorial proposal. We thank Professor De Sio for his insight in defining this volume as a possible "cultural device," an expression that inherently contains the function

come un possibile "dispositivo culturale", un'espressione che contiene in sé la funzione di catalizzatore per nuove collaborazioni binazionali. Come egli giustamente rileva, l'opera non si limita a documentare esiti scientifici, ma si inserisce in una strategia di cooperazione più ampia che vede la Sapienza Università di Roma e le università argentine unite in un dialogo sempre più serrato, capace di mettere a sistema la mobilità di studenti e docenti per una crescita condivisa. Questa sinergia è forse il cuore del Progetto *MOVING ITALIANNESS*, finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca nell'ambito del PNRR. Un'iniziativa educativa transnazionale coordinata dal CUIA che ha permesso di esportare e, al contempo, di arricchire la cultura della modellazione italiana attraverso il confronto con le entropiche stratificazioni argentine. Un esempio di questa contaminazione è rappresentato dalle attività svolte presso il *Conjunto Monumental San Francisco* a Buenos Aires, un sito di rilevanza storica e architettonica che ha offerto nuove sfide metodologiche. Il lavoro condotto sulla *Capilla de San Roque* e sul Chiostro del complesso ha permesso di affinare le procedure di *Scan-to-BIM* in contesti caratterizzati da un'evoluzione materica altamente complessa. Il gruppo di lavoro, integrato efficacemente da cinque studenti italiani e ben trentadue studenti argentini, ha potuto così restituire lo stato di conservazione e le ipotesi di intervento. Ma in queste pagine emerge anche come la modellazione del patrimonio non sia solo un'operazione di restituzione, ma un atto di interpretazione critica: gli elementi del *Conjunto Monumental San Francisco*, dalle decorazioni della cappella alle strutture voltate del chiostro, sono stati infatti analizzati e scomposti semanticamente per diventare parte di un sistema informativo che si spera possa essere replicato.

A Tommaso Empler va il merito – assoluto – di aver saputo dare continuità e visione scientifica ai workshop di "*3D Modeling & BIM*", uno dei primissimi e oggi più consolidati appuntamenti dedicati al BIM, trasformandoli in una piattaforma di eccellenza dove la ricerca accademica incontra la realtà operativa. La sua capacità di anticipare e leggere l'evoluzione della scienza della rappresentazione ha permesso di mantenere sempre attuale il livello del dibattito. Accanto a lui il lavoro di Adriana Caldarone – che merita un rilievo particolare – si distingue per il rigore metodologico e la precisione nel definire i flussi di lavoro, assicurando che ogni modello prodotto sia un reale strumento di conoscenza e non una semplice immagine digitale. Il suo contributo continua a essere essenziale, dalla codifica delle procedure di acquisizione alla gestione dei dati, rendendo accessibile la complessità dell'HBIM anche in contesti monumentali difficili. Fondamentale, infine, è stata la presenza e l'apporto di Javier Núñez: Direttore del Corso di Specializzazione Post-Laurea in "*Building*

of a catalyst for new binational collaborations. As he rightly points out, the work does not merely document scientific outcomes; it is part of a broader cooperation strategy that sees Sapienza University of Rome and Argentine universities united in an increasingly close dialogue, capable of systematising the mobility of students and faculty for shared growth. This constructive interaction is the heart of the *MOVING ITALIANNESS* Project, funded by the Ministry of University and Research. As a transnational educational initiative coordinated by CUIA, it has made it possible to export and, at the same time, enrich the Italian modelling culture through engagement with the entropic Argentine stratifications. A prime example of this cross-pollination can be seen in the activities conducted at the *Conjunto Monumental San Francisco* in Buenos Aires, a site of major historical and architectural relevance that has offered new methodological challenges. The work conducted on the *Capilla de San Roque* and the cloister of the complex has allowed for the refinement of *Scan-to-BIM* procedures in contexts characterised by complex material evolution. The working group, comprising five Italian students and thirty-two Argentine students, was thus able to render the state of conservation and the intervention hypotheses. Yet, these pages also reveal how heritage modelling is not just an operation of representation, but an act of critical interpretation: the elements of the *Conjunto Monumental San Francisco*, from the chapel decorations to the vaulted structures of the cloister, were in fact analysed and semantically decomposed to become part of an information system that, hopefully, can be replicated.

Absolute credit goes to Tommaso Empler for providing continuity and scientific vision to the "*3D Modeling & BIM*" workshops, one of the very first and now most consolidated events dedicated to BIM, transforming them into a platform of excellence where academic research meets operational reality. His ability to anticipate and interpret the evolution of the science of representation has ensured that the level of debate remains consistently current. Alongside him, the work of Adriana Caldarone—which deserves special recognition—stands out for its methodological rigour and precision in defining workflows, ensuring that every model produced is a genuine tool of knowledge and not a mere digital image. Her contribution continues to be essential, from the codification of acquisition procedures to data management, making the complexity of HBIM accessible even in challenging monumental contexts. Finally, the presence and contribution of Javier Núñez have been fundamental: Director of the Master's Programme in "*Building Information Modelling*" at the Universidad de Buenos Aires, founding member and Vice President of the "*BIM Fórum de Argentina*," and Visiting Professor at Sapienza University of Rome within the same *MOVING ITALIANNESS* Project. Only thanks to his profound

Information Modelling" della *Universidad de Buenos Aires*, membro fondatore e Vicepresidente del "*BIM Fórum de Argentina*" e Visiting Professor presso la Sapienza Università di Roma nell'ambito dello stesso Progetto *MOVING ITALIANNESS*. Solo grazie alla sua profonda conoscenza e competenza è stato possibile consolidare un *ida y vuelta* tra Italia e Argentina che è il tratto distintivo di questa pubblicazione.

Insieme, questi studiosi hanno provato a dimostrare che il BIM applicato all'architettura storica può e deve essere un linguaggio universale, capace di superare i confini geografici per costruire una coscienza globale della tutela.

Invitiamo dunque il lettore a percorrere queste pagine non solo come una rassegna di interessanti casi studio, in Argentina e Italia, ma anche come una guida operativa verso la digitalizzazione dell'architettura. Il compito che ci attende è quello di non smettere mai di ricercare, anche oltre l'oceano, soluzioni che siano sempre più efficaci, imparando a governare i processi di digitalizzazione affinché servano a svelare la ricchezza dei nostri monumenti.

L'obiettivo di questo lavoro è stato proprio quello di offrire riflessioni che possano stimolare il nostro modo di osservare il passato dal futuro, trasformando il sapere di singoli ricercatori in un patrimonio comune.

Salvatore Barba
Addetto Scientifico dell'Ambasciata d'Italia a Buenos Aires

Marco Bocchi
Console Generale d'Italia a Rosario

knowledge and expertise has it been possible to consolidate an *ida y vuelta* between Italy and Argentina, which is the distinctive feature of this publication.

Together, these scholars have endeavoured to demonstrate that BIM applied to historic architecture can and must be a universal language, capable of overcoming geographical boundaries to build a global awareness of conservation.

We therefore invite the reader to browse through these pages not only as a review of interesting case studies in Argentina and Italy, but also as an operational guide toward the digitalisation of architecture. The task that awaits us is to never stop seeking, even across the ocean, increasingly effective solutions, learning to govern digital processes so that they serve to reveal the richness of our monuments.

The objective of this work has been precisely to offer reflections that can stimulate our way of observing the past from the future, transforming the knowledge of individual researchers into a common heritage.

Salvatore Barba
Scientific Attaché at the Embassy of Italy in Buenos Aires

Marco Bocchi
Consul General of Italy in Rosario

PRESENTAZIONE
Presentation

Simone De Sio

La pubblicazione *Heritage Building Information Modeling e patrimonio storico architettonico* si inserisce in un contesto di crescente attenzione verso i processi di digitalizzazione applicati alla conoscenza, conservazione e gestione del patrimonio costruito, rappresentando un contributo significativo nel panorama della ricerca architettonica contemporanea.

Il volume nasce dal lavoro dei colleghi della Sapienza Università di Roma e affronta con rigore metodologico e approccio interdisciplinare il tema dell'*Heritage Building Information Modeling* (HBIM), evidenziandone le potenzialità quale strumento avanzato per l'analisi e la valorizzazione dell'architettura storica. In particolare, l'HBIM si configura come un dispositivo capace di integrare rilievo, modellazione e gestione delle informazioni, contribuendo a costruire una conoscenza più consapevole e sistemica del patrimonio.

La riflessione proposta nel volume assume una rilevanza ancora maggiore se letta nel quadro delle attuali strategie di internazionalizzazione della ricerca e della formazione universitaria. In questo senso, il contributo si colloca coerentemente all'interno del progetto *MOVING ITALIANNESS* – "ProMOting innoVation capacity IN the hiGher Education System of Argentina and ITalia through an Action scheme for the MobiLIty And cooperation of UNiversity StudeNts and ProfESsorS" – finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4 "Istruzione e Ricerca".

Il progetto, coordinato dal Consorzio Interuniversitario Italiano per l'Argentina, si propone di rafforzare la cooperazione accademica tra Italia e Argentina attraverso la mobilità e lo scambio di competenze tra studenti e docenti, promuovendo al contempo l'innovazione nei sistemi di istruzione superiore. In tale prospettiva, i temi affrontati nel volume risultano particolarmente rilevanti per la costruzione di un linguaggio condiviso e di metodologie replicabili in contesti internazionali, favorendo il dialogo tra diverse tradizioni di studio e intervento sul patrimonio.

Le università argentine coinvolte nel progetto – tra cui la Università di Buenos Aires – rappresentano interlocutori privilegiati per l'applicazione e lo sviluppo di tali strumenti, in contesti caratterizzati da una ricca stratificazione storica e culturale.

The publication *Heritage Building Information Modeling e patrimonio storico architettonico* is part of a context of growing attention to digitalization processes applied to knowledge, conservation, and management of built heritage, and represents a significant contribution to contemporary architectural research.

The volume stems from work carried out by colleagues at Sapienza Università di Roma and addresses, with methodological rigor and an interdisciplinary approach, the theme of Heritage Building Information Modeling (HBIM), highlighting its potential as an advanced tool for analysis and enhancement of historic architecture. HBIM emerges as a framework capable of integrating surveying, modeling, and information management, helping to build a more aware and systemic understanding of heritage.

Reflections presented in this book gain even greater relevance when considered within current strategies for internationalization of research and higher education. In this sense, the contribution fits coherently within project *MOVING ITALIANNESS* – "ProMOting innoVation capacity IN the hiGher Education System of Argentina and ITalia through an Action scheme for the MobiLIty And cooperation of UNiversity StudeNts and ProfESsorS" – funded by Ministry of University and Research under National Recovery and Resilience Plan (PNRR), Mission 4 "Education and Research."

The project, coordinated by Italian Interuniversity Consortium for Argentina, aims to strengthen academic cooperation between Italy and Argentina through mobility and exchange of expertise among students and faculty, while promoting innovation in higher education systems. In this perspective, themes explored in the volume are especially relevant for development of a shared language and replicable methodologies in international contexts, fostering dialogue among different traditions of heritage study and intervention.

Argentine universities involved in the project, including Universidad de Buenos Aires, are key partners for application and further development of these tools in contexts characterized by rich historical and cultural stratification.

Within this framework, the volume, written by Tommaso Empler and Adriana Caldarona, goes beyond presenting research results. It stands as a cultural

In questo quadro, il volume, realizzato dal Prof. Tommaso Empler e dalla Dott.ssa Adriana Caldarona, non si limita a presentare esiti di ricerca, ma si configura come un dispositivo culturale capace di attivare nuove prospettive di collaborazione, contribuendo alla diffusione di pratiche innovative nel campo della documentazione e conservazione del patrimonio architettonico.

Come referente scientifico per la Sapienza Università di Roma nell'ambito del progetto *MOVING ITALIANNESS*, desidero sottolineare il valore di questo lavoro non solo per la qualità dei contenuti scientifici, ma anche per la sua capacità di inserirsi in una più ampia strategia di cooperazione internazionale, in cui ricerca, didattica e mobilità si integrano in modo sinergico.

La pubblicazione rappresenta dunque un importante contributo al dibattito contemporaneo sul rapporto tra patrimonio e innovazione digitale, offrendo strumenti e riflessioni utili sia alla comunità scientifica sia ai professionisti impegnati nella tutela e valorizzazione dell'architettura storica.

Simone De Sio

device capable of opening new perspectives for collaboration and contributing to dissemination of innovative practices in documentation and conservation of architectural heritage.

As scientific coordinator for Sapienza Università di Roma within *MOVING ITALIANNESS*, I would like to emphasize value of this work not only for quality of its scholarly content, but also for its ability to become part of a broader strategy of international cooperation in which research, teaching, and mobility are integrated in a synergic way.

This publication therefore represents an important contribution to contemporary debate on relationship between heritage and digital innovation, offering tools and reflections of value both to scientific community and to professionals engaged in protection and enhancement of historic architecture.

Simone De Sio

PARTE 1
OBIETTIVI E CONTENUTI DEL PROGETTO

PART 1 – Project objectives and contents

Capitolo 1
Introduzione e quadro di riferimento

CHAPTER 1 - Introduction and reference framework

1.1 Contesto della Cooperazione Internazionale

Il presente studio illustra i risultati e le metodologie applicate nell'ambito del sotto-progetto di ricerca denominato Heritage *Building Information Modeling* e patrimonio storico architettonico inseriti nel progetto "*MOVING ITALIANNESS*" (codice TNE23-00080), presentato dal CUIA (Consorzio Interuniversitario Italiano per l'Argentina) nell'ambito dell'iniziativa collegata al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, Missione 4 "Istruzione e Ricerca", Componente 1 "Potenziamento dell'offerta dei servizi all'istruzione: dagli asili nido all'Università", Investimento 3.4 "Didattica universitaria e competenze avanzate", Sotto-investimento T4 "Iniziative Transnazionali in materia di istruzione". In particolare, gli argomenti trattati si collocano all'interno di una strategia transnazionale strutturata, finalizzata al rafforzamento delle competenze nel settore della tutela, valorizzazione e gestione del patrimonio culturale attraverso strumenti digitali avanzati. Il progetto è finanziato dall'Unione Europea con il programma *Next Generation EU*, e sostenuto dal Ministero dell'Università e della Ricerca italiano, configurandosi come un tassello significativo delle politiche di rilancio culturale, scientifico e tecnologico promosse in risposta alle trasformazioni globali in atto.

La Cooperazione Internazionale che caratterizza il progetto, coordinato dal CUIA (Consorzio Interuniversitario Italiano per l'Argentina), vede come protagonisti il Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura della Sapienza Università di Roma e la *Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo* (FADU) dell'*Universidad de Buenos Aires* (UBA). Questa collaborazione rappresenta un esempio virtuoso di dialogo tra due tradizioni scientifiche e culturali profondamente radicate nei rispettivi contesti nazionali, ma accomunate da un interesse condiviso per la ricerca applicata al patrimonio storico-architettonico. L'Italia, con il suo vasto e stratificato patrimonio monumentale, e l'Argentina, con un'eredità architettonica contraddistinta da una forte impronta europea (in particolare italiana) e da specifici processi di trasformazione urbana, offrono un terreno particolarmente fertile per lo sviluppo di metodologie comuni e per la sperimentazione di approcci operativi di digitalizzazione avanzata.

Il progetto *Heritage Building Information Modeling e patrimonio storico architettonico* si colloca all'interno delle contemporanee politiche europee di internazionalizzazione della ricerca, che mirano a promuovere la circolazione delle conoscenze, dei saperi tecnici e delle competenze professionali. In questo quadro, il concetto di "*MOVING ITALIANNESS*" (italianità in movimento) va inteso non come un trasferimento unidirezionale di modelli, ma come un processo dinamico di scambio, reinterpretazione e contaminazione culturale. L'eredità italiana in ambito architettonico e urbano, profondamente radicata anche nel contesto argentino per via delle migrazioni storiche tra Otto e Novecento, viene così riletta alla luce delle più recenti tecnologie digitali, creando un ponte tra tradizione costruttiva e innovazione. Allo stesso tempo viene previsto il trasferimento di conoscenza e digitalizzazione avanzata in un settore come l'archeologia urbana[1] , che ha

1_ Una delle definizioni più diffuse è: "L'archeologia urbana si occupa degli scavi archeologici svolti nel contesto urbano di una città. Al pari di quella industriale è una specializzazione relativamente moderna dell'archeologia ed è condizionata non tanto dall'ubicazione dell'area da scavare, ma soprattutto dal fatto che, abitualmente, l'area interessata è stata abitata per lunghissimi periodi, talvolta ininterrottamente, fin dall'antichità. L'intervento di scavo è teso quindi nella maggior parte dei casi ad illustrare la storia di lungo periodo dell'area e le trasformazioni avvenute nell'uso del territorio durante i secoli". Tratta da Wikipedia https://it.wikipedia.org/wiki/Archeologia_urbana (ultimo accesso

1.1 International Cooperation

This study presents the results and methodologies developed within the research sub-project entitled Heritage *Building Information Modeling* and Historic Architectural Heritage, carried out as part of the project *MOVING ITALIANNESS* (code TNE23-00080). The project was submitted by CUIA (Consorzio Interuniversitario Italiano per l'Argentina) under the initiative linked to the National Recovery and Resilience Plan (PNRR), Mission 4 "Education and Research," Component 1 "Strengthening the provision of education services: from early childhood education to university," Investment 3.4 "University education and advanced skills," Sub-investment T4 "Transnational initiatives in education."

The topics addressed are embedded within a structured transnational strategy aimed at strengthening competencies in the protection, enhancement, and management of cultural heritage through advanced digital tools. The project is funded by the European Union under the Next Generation EU programme and supported by the Italian Ministry of University and Research, representing a significant component of the cultural, scientific, and technological revitalisation policies promoted in response to ongoing global transformations.

The international cooperation framework characterising the project, coordinated by CUIA, involves the Department of History, Representation, and Restoration of Architecture of Sapienza University of Rome and the Faculty of Architecture, Design and Urbanism (FADU) of the University of Buenos Aires (UBA). This collaboration constitutes a virtuous example of dialogue between two deeply rooted scientific and cultural traditions, united by a shared interest in applied research on historic architectural heritage. Italy, with its vast and stratified monumental heritage, and Argentina, whose architectural legacy is marked by a strong European, particularly Italian, influence and specific urban transformation processes, provide fertile ground for the development of shared methodologies and the experimentation of advanced digitalisation approaches.

Heritage *Building Information Modeling* and Historic Architectural Heritage project is situated within contemporary European policies on research internationalisation, which seek to promote the circulation of

Fig. 1 – Archeologia urbana a Buenos Aires. Area oggetto di scavo presso il Cabildo di Buenos Aires.

Fig. 1 – Urban archaeology in Buenos Aires. Excavation area near the Cabildo of Buenos Aires.

un substrato storico diverso tra Argentina e Italia. Infatti, mentre a Buenos Aires gli strati più profondi di tale archeologia sono databili tra la fine del XVI secolo[2] e il XVIII secolo (Fig. 1 e 2), quelli riferiti a

knowledge, technical expertise, and professional skills. Within this framework, the concept of *MOVING ITALIANNESS* is understood not as a unidirectional transfer of models, but as a dynamic process of exchange, reinterpretation, and cultural hybridisation. Italian architectural and urban heritage, also deeply embedded in the Argentine context due to historical migration flows between the late nineteenth and early twentieth centuries, is reinterpreted through the lens of recent digital technologies, creating a bridge between construction tradition and innovation. At the same time, the project promotes knowledge transfer and advanced digitalisation in fields such as urban archaeology[1], whose historical substrata differ significantly between Argentina and Italy. While in Buenos Aires the deepest archaeological layers date from the late sixteenth[2] to the eighteenth centuries (Figs. 1 and 2), those of Rome trace back to its traditional foundation in 753 BC.

One of the project's strategic objectives is *capacity building*, understood as the

12/12/2025). Una definizione di archeologia urbana per Buenos Aires è, invece, dovuta a Daniel Schávelzon, che afferma: "Si comprende dunque che l'archeologia urbana non coincide con l'archeologia storica, poiché il suo oggetto di studio è la città moderna, quella che esiste oggi, nella quale viviamo. È un'archeologia di noi stessi: scavare all'interno di un fenomeno in continua trasformazione, impossibile da fermare o sospendere per essere studiato. È un'archeologia in relazione diretta con la crescita urbana, con il rinnovamento edilizio, con le demolizioni e con le nuove costruzioni". Schávelzon, Daniel (2023). La Arqueología Urbana de Buenos Aires. Excavando una ciudad imaginada. Oxford: Archaeopress Publishing Ltd, pp. xiv-xvii.

One of the most widespread definitions is: "Urban archaeology deals with archaeological excavations carried out within the urban context of a city. Like industrial archaeology, it is a relatively modern specialization of archaeology and is conditioned not so much by the location of the area to be excavated, but above all by the fact that the area concerned has usually been inhabited for very long periods, sometimes continuously, since antiquity. The excavation intervention is therefore, in most cases, aimed at illustrating the long-term history of the area and the transformations that have ocred in land use over the centuries." Taken from Wikipedia https://it.wikipedia.org/wiki/Archeologia_urbana (last accessed 12/12/2025). A definition of urban archaeology for Buenos Aires is instead provided by Daniel Schávelzon, who states: "It is therefore understood that urban archaeology does not coincide with historical archaeology, since its object of study is the modern city, the one that exists today, in which we live. It is an archaeology of ourselves: excavating within a phenomenon in continuous transformation, impossible to stop or suspend in order to be studied. It is an archaeology in direct relation with urban growth, with urban renewal, with demolitions and with new constructions." Schávelzon, Daniel (2023). The Urban Archaeology of Buenos Aires. Excavating an Imagined City*. Oxford: Archaeopress Publishing Ltd, pp. xiv–xvii.

2_La fondazione della città viene fatta risalire al 1580 ad opera dell'esploratore Juan de Garay.

The founding of the city dates back to 1580 and is attributed to the explorer Juan de Garay.

Fig. 2 – Archeologia urbana a Buenos Aires. Pannello illustrativo che documenta le attività di scavo presso il Cabildo di Buenos Aires.

Fig. 2 – Urban archaeology in Buenos Aires. Interpretive panel documenting the excavation activities at Cabildo of Buenos Aires.

Roma sono riconducibili alla sua fondazione, che tradizionalmente si fa ricadere nel 753 a.C.

Uno degli obiettivi strategici del progetto è il *capacity building*, inteso come potenziamento delle competenze tecnico-scientifiche dei partner coinvolti. In particolare, l'attenzione è rivolta all'utilizzo del *Building Information Modeling* (BIM) applicato al patrimonio storico, secondo l'approccio definito HBIM (*Historic* o *Heritage Building Information Modeling*). Il BIM viene qui concepito non solo come strumento di modellazione tridimensionale, ma come ecosistema informativo integrato, capace di raccogliere, organizzare, gestire e aggiornare in modo sistematico dati eterogenei di natura geometrica, storica, materica, strutturale e impiantistica.

In ambito internazionale, l'adozione del BIM nel settore dei beni culturali rappresenta una delle sfide più rilevanti dell'ultimo decennio. Se inizialmente sviluppato per l'edilizia contemporanea e le grandi infrastrutture, il BIM sta progressivamente trovando applicazioni sempre più sofisticate nei contesti storici, grazie all'evoluzione degli applicativi, alla diffusione delle tecniche di rilievo digitale (*laser scanning*, fotogrammetria) e alla crescente domanda di strumenti di gestione integrata del patrimonio. Tuttavia, il passaggio dal BIM[3] tradizionale all'HBIM comporta criticità metodologiche rilevanti, legate alla complessità geometrica degli edifici storici, alla loro stratificazione costruttiva e alla necessità di integrare fonti documentarie eterogenee.

Le criticità metodologiche riscontratesi nell'ambito dello specifico progetto hanno indubbiamente riguardato il modello culturale

enhancement of the technical and scientific skills of the participating partners. Particular attention is devoted to the application of *Building Information Modeling* (BIM) to historic heritage through the HBIM (Historic or Heritage *Building Information Modeling*) approach. BIM is conceived not merely as a three-dimensional modelling tool, but as an integrated information ecosystem capable of systematically collecting, organising, managing, and updating heterogeneous data of a geometric, historical, material, structural, and plant-related nature.

At an international level, the adoption of BIM in cultural heritage sector represents one of the most significant challenges of the past decade. Initially developed for contemporary construction and large-scale infrastructure, BIM is increasingly being applied to historic contexts, supported by the evolution of software tools, the widespread use of digital survey techniques (*laser scanning*, photogrammetry), and the growing demand for integrated heritage management systems. Nevertheless, the transition from conventional BIM[3] to HBIM entails substantial methodological challenges related to geometric complexity of historic *buildings*,

3_Il termine "*Building*" assume l'accezione di "processo costruttivo".
The word "*Building*" is used in the sense of "*building* process."

secondo cui i due paesi coinvolti approcciano il tema del restauro e della conservazione del patrimonio.

Il concetto di restauro in Italia e in Argentina, infatti, presenta differenze strutturali riconducibili a cornici normative, tipologie di patrimonio e tradizioni teorico-operative differenti. In Italia, il restauro si configura come una categoria giuridica e metodologica fortemente codificata, fondata sulla dottrina del restauro critico elaborata da Brandi (1963) e sistematizzata attraverso strumenti normativi e disciplinari quali la Carta del Restauro (1972) e il Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs. 42/2004). In tale quadro, il restauro è inteso come intervento critico sulla materia storica, orientato alla conservazione della stratificazione e alla riconoscibilità dell'intervento, assumendo la documentazione e la verifica scientifica come condizioni della trasmissione dei valori culturali.

In Argentina nel 1940 (Ley 12.665) si istituisce un sistema nazionale di tutela dei monumenti e dei luoghi storici, ma non viene definito in modo altrettanto coerente il concetto di restauro: la *restauración* si struttura nella fase fondativa (1937–1946) con l'obiettivo esplicito di trasformare la tutela in politica di Stato e di contrastare demolizioni, riforme ed "europeizzazioni" operate senza supervisione. In questo quadro, il patrimonio architettonico argentino viene selezionato privilegiando la variabile storico-identitaria e assumendo l'architettura coloniale come matrice "rappresentativa" della nazione, mentre l'eclettismo e molte produzioni otto-novecentesche vengono lette come segni di alterità culturale (Herr, 2016; 2018).

Tale impostazione è strettamente legata al ruolo di Mario J. Buschiazzo, che opera come tecnico e mediatore tra sapere storico e "saper fare" progettuale: nelle sue ricostruzioni storiche l'europeizzazione del Paese è descritta come dispositivo culturale che tende a cancellare le tracce coloniali (Buschiazzo, 1971), contribuendo a spiegare perché, in molti casi, il restauro argentino si intrecci con istanze di ripristino simbolico e con pratiche di 'puesta en valor' che includono riuso, adeguamento funzionale e ricostruzione filologica senza distinzione dell'intervento (Conti, 2003).

Queste differenze incidono in modo significativo sull'adozione dell'HBIM nei processi di conservazione. Infatti, nel contesto italiano, in continuità con la tradizione del rilievo critico e della rappresentazione come strumento di conoscenza, l'HBIM è concepito prevalentemente come modello interpretativo e informativo, orientato alla restituzione stratigrafica, alla tracciabilità delle fonti e alla gestione dell'incertezza (Parrinello & Dell'Amico, 2021; Barba et al., 2020). L'HBIM per il patrimonio, nelle differenti scuole di pensiero italiane, tende a superare l'idea di modello "neutro", assumendo invece una struttura semantica capace di rendere esplicite le relazioni tra rilievo, storia, materia e progetto. In particolare, il ruolo dell'HBIM viene inteso come ambiente di integrazione tra modelli geometrici e modelli interpretativi, in cui la rappresentazione digitale diventa strumento di controllo critico del processo decisionale e non semplice esito del progetto (Bianchini, 2023).

Nel contesto argentino, l'HBIM tende invece ad assumere una funzione più strettamente operativa e gestionale, essendo strettamente utilizzato per il nuovo costruito, oppure dovendo integrare dati relativi ai programmi d'uso e alle componenti aggiunte, con il rischio di naturalizzare digitalmente scelte interpretative. In entrambi i casi, la letteratura più recente converge sulla necessità di concepire l'HBIM come *evidence-based model*, capace di rendere espliciti criteri, fonti e livelli di affidabilità, evitando che il modello digitale diventi uno strumento di semplificazione o di legittimazione acritica dell'intervento sul patrimonio.

their constructive stratification, and the need to integrate heterogeneous documentary sources.

Methodological issues encountered within the project also relate to the differing cultural models through which Italy and Argentina approach restoration and heritage conservation. The concept of restoration in the two countries reflects distinct regulatory frameworks, heritage typologies, and theoretical–operational traditions. In Italy, restoration is a highly codified juridical and methodological category, grounded in the doctrine of critical restoration formulated by Brandi (1963) and systematised through best practise instruments such as "Carta del Restauro" (1972) and the "Code of Cultural Heritage and Landscape" (Legislative Decree 42/2004). Within this framework, restoration is conceived as a critical intervention on historic *building*s, oriented toward the conservation of stratification and the recognisability of interventions, with documentation and scientific verification regarded as essential conditions for transmitting cultural values.

In Argentina, although a national system for the protection of monuments and historic sites was established in 1940 (Law 12.665), the concept of restoration was not defined with comparable coherence. Restoration practices took shape during the foundational phase (1937–1946) with the explicit aim of transforming heritage protection into state policy and counteracting demolitions, reforms, and unsupervised "Europeanisation". In this context, Argentine architectural heritage was selected primarily on the basis of historical–identity criteria, with colonial architecture adopted as the "representative" national matrix, while eclectic and many nineteenth and twentieth-century productions were interpreted as signs of cultural alterity (Herr, 2016; 2018).

This perspective is closely linked to the role of Mario J. Buschiazzo, who acted as both technician and mediator between historical knowledge and design practice. In his historical reconstructions, the Europeanisation of the country is described as a cultural device tending to erase colonial traces (Buschiazzo, 1971), helping to explain why Argentine restoration often intertwines with symbolic reinstatement and "puesta en valor" practices, including reuse, functional adaptation, and philological reconstruction without clear differentiation of interventions (Conti, 2003).

In questo scenario, la Cooperazione Internazionale assume un valore strategico, poiché consente di condividere esperienze, metodologie e best practices, superando i limiti delle singole scuole disciplinari. Il contributo del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura della Sapienza è fortemente radicato nella tradizione italiana del rilievo, del restauro e della diagnostica dei beni culturali, caratterizzata da un approccio scientifico consolidato e da una lunga storia di interventi su complessi monumentali di elevatissimo valore. Dall'altra parte, la FADU dell'Università di Buenos Aires apporta competenze specifiche nel campo della progettazione architettonica, dell'urbanistica e delle tecnologie digitali applicate al costruito, oltre a una conoscenza approfondita del contesto locale.

Il progetto si inserisce, inoltre, all'interno di una più ampia riflessione sul ruolo delle tecnologie digitali nella conservazione preventiva, nella valorizzazione e nella comunicazione del patrimonio. L'HBIM, infatti, non rappresenta soltanto uno strumento operativo per il rilievo e la progettazione degli interventi, ma diventa una piattaforma condivisa per la gestione nel tempo del bene, per la pianificazione delle attività di manutenzione, per il monitoraggio dello stato di conservazione e per la divulgazione scientifica e culturale.

Dal punto di vista formativo, "*MOVING ITALIANNESS*" assume anche la funzione di laboratorio didattico internazionale, coinvolgendo studenti, dottorandi e giovani ricercatori in un percorso di apprendimento fortemente interdisciplinare. La dimensione transnazionale favorisce lo sviluppo di competenze trasversali, come il lavoro in *team* multidisciplinari, l'utilizzo di linguaggi tecnici condivisi e la capacità di confrontarsi con contesti normativi e culturali differenti. In tal senso, il progetto si configura come un modello virtuoso di integrazione tra ricerca, didattica e terza missione.

Un ulteriore elemento centrale del contesto di riferimento riguarda il ruolo delle politiche europee per la digitalizzazione del patrimonio culturale. Programmi come *Horizon Europe*, *Digital Europe* e le iniziative del PNRR italiano pongono con forza il tema della transizione digitale come leva fondamentale per la competitività, la sostenibilità e l'inclusione. L'adozione di piattaforme digitali, *open data*, gemelli digitali (*digital twins*) e modelli informativi interoperabili sta trasformando profondamente le modalità con cui i beni culturali vengono studiati, gestiti e fruiti. In questo quadro, l'HBIM assume un ruolo centrale come strumento di mediazione tra il dato tecnico-specialistico e le esigenze di accessibilità, fruizione e valorizzazione.

Il progetto si pone dunque come un punto di convergenza tra ricerca scientifica, cooperazione internazionale, innovazione tecnologica e valorizzazione del patrimonio. L'attenzione non è rivolta esclusivamente al prodotto finale, ma soprattutto al processo, che integra rilievo, modellazione, analisi storica, interpretazione critica e restituzione digitale, in un'ottica di costruzione condivisa della conoscenza.

1.2 Mobilità individuale nell'istruzione superiore - TNE Docenti e TNE Studio

Il progetto prevede un articolato programma di mobilità internazionale, rivolto a docenti e studenti sia in arrivo (incoming) sia in partenza (outgoing), con l'obiettivo di promuovere lo scambio culturale, il confronto metodologico e la collaborazione accademica tra le istituzioni coinvolte. L'iniziativa registra un'ampia partecipazione e consente di sviluppare attività didattiche integrate, lezioni frontali, corsi intensivi e laboratori

These differences significantly affect the adoption of HBIM in conservation processes. In the Italian context, in continuity with the tradition of critical survey and representation as tools of knowledge, HBIM is primarily conceived as an interpretative and informative model, oriented toward stratigraphic restitution, source traceability, and uncertainty management (Parrinello & Dell'Amico, 2021; Barba et al., 2020). Within various Italian schools of thought, HBIM tends to move beyond the notion of a "neutral" model, instead assuming a semantic structure capable of making explicit the relationships between survey, history, materiality, and design. In particular, HBIM is understood as an environment integrating geometric and interpretative models, where digital representation becomes a tool for critical control of decision-making processes rather than a mere project outcome (Bianchini, 2023).

In Argentine context, by contrast, HBIM often assumes a more operational and managerial function, being closely associated with new construction or required to integrate data related to use programmes and added components, with the risk of digitally naturalising interpretative choices. In both cases, recent literature converges on the need to conceive HBIM as an *evidence-based model*, capable of making criteria, sources, and levels of reliability explicit, thereby preventing digital models from becoming instruments of simplification or uncritical legitimisation of heritage interventions.

Within this scenario, international cooperation assumes strategic value, as it enables the sharing of experiences, methodologies, and best practices, overcoming the limits of individual disciplinary traditions. Contribution of Sapienza University's Department of History, Representation, and Restoration of Architecture is deeply rooted in the Italian tradition of survey, restoration, and diagnostics of cultural heritage, characterised by a consolidated scientific approach and a long history of interventions on highly valuable monumental complexes. Conversely, FADU–UBA contributes specific expertise in architectural design, urban planning, and digital technologies applied to the built environment, along with in-depth knowledge of the local context.

The project also forms part of a broader reflection on the role of digital technologies in preventive conservation, heritage

progettuali, svolte sia a Buenos Aires che a Roma. Questo doppio asse formativo permette a studenti e docenti di confrontarsi con contesti accademici e professionali differenti, ampliando la comprensione dei temi affrontati e consolidando una rete internazionale di ricerca.[4]

La prima fase del programma si svolge a maggio, quando tre docenti[5] e cinque studenti[6] italiani prendono parte a un periodo di mobilità presso la *Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo dell'Universidad de Buenos Aires* (FADU–UBA). Alle attività didattiche partecipano non solo i docenti[7] e gli studenti[8] della FADU, ma anche architetti e tecnici[9] afferenti alla *Secretaría de Obras y Servicios de la República Argentina* (Fig. 3), con la quale viene sottoscritto un Accordo di Collaborazione

4_Per il progetto "HBIM e patrimonio storico architettocnico" il Responsabile Scientifico è il Prof. Tommaso Empler, ed è reso possibile grazie all'Accordo di Collaborazione Scientifica tra il Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura della Sapienza Università di Roma e la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo dell'Universidad de Buenos Aires. Responsabili Scientifici dell'accordo sono il Prof. Tommaso Empler per il DSDRA e la Prof. ssa Maria Dolores Delucchi per la FADU UBA.
For the project "HBIM and Architectural Heritage," the Scientific Coordinator is Professor Tommaso Empler, and it is made possible thanks to the Scientific Collaboration Agreement between the Department of History, Representation and Restoration of Architecture of Sapienza University of Rome and the Faculty of Architecture, Representation and Urbanism of the University of Buenos Aires. The Scientific Coordinators of the agreement are Professor Tommaso Empler for the DSDRA and Professor Maria Dolores Delucchi for the FADU UBA.

5_I docenti sono i seguenti professori del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura: Adriana Caldarone, Tommaso Empler, Stefania Tuzi.
Teachers are the following professors from the Department of History, Representation, and Restoration of Architecture: Adriana Caldarone, Tommaso Empler, Stefania Tuzi.

6_I seguenti studenti afferiscono al Dottorato di Ricerca in Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, curriculum Disegno: Wiem Alimi, Pasquale Micelli, Esterletizia Pompeo. Le seguenti studentesse frequentano la Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio: Alessandra Capuano, Lorenza Ruggiero.
The following students belong to the PhD program in History, Representation, and Restoration of Architecture, Design curriculum: Wiem Alimi, Pasquale Micelli, Esterletizia Pompeo. The following students attend the School of Specialization in Architectural and Landscape Heritage: Alessandra Capuano, Lorenza Ruggiero.

7_I seguenti docenti sono professori della Facoltà di Architettura, Design e Urbanistica dell'Università di Buenos Aires: Carlos Campos, Maria Dolores Delucchi, Hernán Noriega.
The teachers are following professors from the Faculty of Architecture, Design, and Urban Planning at the University of Buenos Aires: Carlos Campos, Maria Dolores Delucchi, Hernán Noriega.

8_Gli studenti afferiscono alla Facoltà di Architettura, Design e Urbanistica dell'Università di Buenos Aires: María Luján Agostinelli, Ariana Arbelaiz, Sixto Segundo Blázquez, Julieta Bormida, Augustin Clavero, Fidel Contarino, Belén Courtade, Victoria Csambal, Juan Manuel Dobón Martínez, Mateo Falvella, Tamara Flaviani, Ximena Gagliardi, Carolina Giordano, Aldo Guzmán, Jan Heinrich, Alexia Larrieu-Let, Agustina López Barreiro, Santiago Nicolás Lubian, Lucia Malamud, Matias Noriega, Santino Notaro, Guadalupe Nudelman, Leandro Paizal, Natalia Pereira, Anna Isabella Pitotti, Agostina Rivera Bigolin, Gerónimo Rocco Mencara, Jesús Sánchez, Jazmín Noelia Sayans, Santiago Torres, Daiana Unrein, Iván Zerega.
Students belong to the Faculty of Architecture, Design, and Urban Planning at the University of Buenos Aires: María Luján Agostinelli, Ariana Arbelaiz, Sixto Segundo Blázquez, Julieta Bormida, Agustín Clavero, Fidel Contarino, Belén Courtade, Victoria Csambal, Juan Manuel Dobón Martínez, Mateo Falvella, Tamara Flaviani, Ximena Gagliardi, Carolina Giordano, Aldo Guzmán, Jan Heinrich, Alexia Larrieu-Let, Agustina López Barreiro, Santiago Nicolás Lubian, Lucia Malamud, Matías Noriega, Santino Notaro, Guadalupe Nudelman, Leandro Paizal, Natalia Pereira, Anna Isabella Pitotti, Agostina Rivera Bigolin, Gerónimo Rocco Mencara, Jesús Sánchez, Jazmín Noelia Sayans, Santiago Torres, Daiana Unrein, Iván Zerega.

9_Gli architetti afferenti alla Secretaría de Obras y Servicios de la República Argentina sono: Oscar Luis Bascoy, Guillermo Jorge Frontera, Priscila Denise Ibáñez Giardelli, Marcelo Marcev, Diego Armando Rojas.
Architects affiliated with the Secretaría de Obras y Servicios of the Argentine Republic are: Oscar Luis Bascoy, Guillermo Jorge Frontera, Priscila Denise Ibáñez Giardelli, Marcelo Marcev, Diego Armando Rojas.

enhancement, and communication. HBIM thus becomes not only an operational tool for survey and intervention design, but also a shared platform for long-term asset management, maintenance planning, conservation monitoring, and scientific and cultural dissemination.

From an educational perspective, *MOVING ITALIANNESS* also functions as an international teaching laboratory, engaging students, doctoral candidates, and early-career researchers in a strongly interdisciplinary learning pathway. The transnational dimension fosters the development of transversal skills, including *team*work in multidisciplinary contexts, the use of shared technical languages, and the ability to engage with diverse regulatory and cultural frameworks. In this sense, the project represents a virtuous model of integration between research, education, and third mission activities.

A further key element of the reference framework concerns European policies on the digitalisation of cultural heritage. Programmes such as *Horizon Europe*, *Digital Europe*, and the Italian PNRR place strong emphasis on digital transition as a fundamental lever for competitiveness, sustainability, and inclusion. The adoption of digital platforms, *open data*, *digital twins*, and interoperable information models is profoundly transforming the ways in which cultural assets are studied, managed, and accessed. Within this framework, HBIM plays a central role as a mediating tool between specialised technical data and the requirements of accessibility, usability, and heritage valorisation.

The project therefore positions itself as a point of convergence between scientific research, international cooperation, technological innovation, and heritage enhancement. The focus is not exclusively on the final product, but above all on the process, which integrates survey, modelling, historical analysis, critical interpretation, and digital representation within a shared knowledge-*building* perspective.

1.2 Individual mobility in Higher Education – TNE Faculty and TNE Students

The project includes a structured programme of international mobility aimed at both faculty members and students,

Fig. 3 – Foto del gruppo di lavoro presso la FADU-UBA a Buenos Aires (maggio 2025).

Fig. 3 – Photo of the working group at FADU–UBA in Buenos Aires (May 2025).

Fig. 4 – Foto del gruppo di lavoro presso il DSDRA-Sapienza a Roma (ottobre 2025).

Fig. 4 – Photo of the working group at DSDRA–Sapienza University of Rome (October 2025).

Scientifica[10], per l'individuazione del caso di studio. Questa composizione eterogenea favorisce un intenso scambio interdisciplinare e permette di affrontare i temi trattati da una prospettiva integrata, arricchita dall'esperienza diretta degli operatori impegnati nella gestione delle opere pubbliche e dei servizi urbani.

L'esperienza svolta in Argentina prevede un totale di 60 ore di formazione distribuite nell'arco di due settimane, durante le quali i partecipanti prendono parte a lezioni, *workshop* applicativi e sopralluoghi didattici in contesti urbani di particolare interesse come il *Conjunto Monumental San Francisco*. Le attività privilegiano un approccio dialogico, mettendo in relazione la dimensione accademica con quella operativa, consentendo agli studenti italiani di confrontarsi con un ambiente completamente nuovo, sia dal punto di vista culturale che dal punto di vista professionale.

La seconda fase del progetto si svolge nel mese di ottobre, quando tre docenti [11] e otto studenti [12] argentini partecipano alla mobilità verso Roma. In questa occasione, alle attività contribuiscono anche docenti [13] e studenti [14] della Facoltà di Architettura della Sapienza Università di Roma, insieme a un *visiting professor*[15] argentino, che coordina alcune delle attività seminariali (Fig.4). L'integrazione tra le due istituzioni italiane e il gruppo proveniente da Buenos Aires permette di strutturare un programma formativo ampio e diversificato, capace di mettere in dialogo differenti approcci alla modellazione 3D, alla storia dell'architettura e alla gestione dei beni culturali.

Le attività svolte a Roma prevedono complessivamente 120 ore di formazione distribuite in quattro settimane. Il programma include lezioni

10_Responsabili scientifici dell'Accordo di Collaborazione Scientifica sono il Prof. Tommaso Empler per il Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura – Sapienza Università di Roma e l'Arch. Guillermo Jorge Frontera per la Subsecretaría de Obras y Servicios de la República Argentina.
Scientific coordinators of the Scientific Collaboration Agreement are Prof. Tommaso Empler for the Department of History, Representation, and Restoration of Architecture – Sapienza University of Rome, and Arch. Guillermo Jorge Frontera for the Subsecretaría de Obras y Servicios of the Argentine Republic.

11_I docenti sono i seguenti professori della Facoltà di Architettura, Design e Urbanistica dell'Università di Buenos Aires: Carlos Campos, Maria Dolores Delucchi, Hernán Noriega.
The teachers are the following professors from the Faculty of Architecture, Design, and Urban Planning at the University of Buenos Aires: Carlos Campos, Maria Dolores Delucchi, Hernán Noriega.

12_Gli studenti afferiscono alla Facoltà di Architettura, Design e Urbanistica dell'Università di Buenos Aires: Augustin Clavero, Victoria Csambal, Mateo Falvella, Lucia Malamud, Matias Noriega, Anna Isabella Pitotti, Agostina Rivera Bigolin, Iván Zerega.
The students belong to the Faculty of Architecture, Design, and Urban Planning at the University of Buenos Aires: Agustín Clavero, Victoria Csambal, Mateo Falvella, Lucia Malamud, Matías Noriega, Anna Isabella Pitotti, Agostina Rivera Bigolin, Iván Zerega.

13_I docenti sono i seguenti professori del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura: Adriana Caldarone, Tommaso Empler, Stefania Tuzi.
Teachers are the following professors from the Department of History, Representation, and Restoration of Architecture: Adriana Caldarone, Tommaso Empler, Stefania Tuzi.

14_I seguenti studenti afferiscono al Dottorato di Ricerca in Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, curriculum Disegno: Pasquale Micelli, Esterletizia Pompeo, Silvia Ridolfi. I seguenti studenti frequentano il Corso di Laurea in Architettura (Restauro): Buket Alisir, Miray Beyza Aydogan, Claudia Patrignani, Aurora Scalari, Irem Sikca, Batuhan Tatli, Semra Unveren.
Following students belong to the PhD program in History, Representation, and Restoration of Architecture, Representation curriculum: Pasquale Micelli, Esterletizia Pompeo, Silvia Ridolfi. The following students attend the Bachelor's Degree in Architecture (Restoration): Buket Alisir, Miray Beyza Aydogan, Claudia Patrignani, Aurora Scalari, Irem Sikca, Batuhan Tatli, Semra Unveren.

15_Il *visiting professor* è Enrique Javier Núñez, Drettore del Corso in *Building Information Modeling* dell'Università di Buenos Aires.
Visiting professor is Enrique Javier Núñez, Director of the *Building Information Modeling* program at the University of Buenos Aires.

involving incoming and outgoing participants, with the objective of fostering cultural exchange, methodological comparison, and academic collaboration among the partner institutions. The initiative records broad participation and enables the development of integrated teaching activities, including lectures, intensive courses, and design studios, conducted in both Buenos Aires and Rome. This dual educational axis allows students and faculty to engage with different academic and professional contexts, broadening their understanding of the topics addressed and consolidating an international research network.

A first phase of the programme takes place in May, when three Italian faculty members[4] and five Italian students[5] participate in a mobility period at the Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo of the Universidad de Buenos Aires (FADU–UBA). Teaching activities involve not only FADU faculty[6] and students[7], but also architects and technical staff[8] from the Secretaría de Obras y Servicios of the Argentine Republic (Fig. 3), with which a Scientific Collaboration[9] Agreement is signed for the identification of the case study. This heterogeneous composition fosters intensive interdisciplinary exchange and enables the topics to be addressed from an integrated perspective, enriched by the direct experience of professionals engaged in the management of public works and urban services.

Argentine experience comprises a total of 60 hours of training delivered over two weeks, during which participants attend lectures, applied *workshop*s, and educational site visits in urban contexts of particular interest, such as the *Conjunto Monumental San Francisco*. Activities prioritise a dialogic approach, connecting academic and operational dimensions and allowing Italian students to engage with a completely new environment, both culturally and professionally.

A second phase of the project takes place in October, when three Argentine faculty members[10] and eight Argentine students[11] participate in mobility activities in Rome. On this occasion, faculty[12] and students[13] from the Faculty of Architecture of Sapienza University of Rome are also involved, together with an Argentine *visiting professor*[14] who coordinates part of the seminar activities (Fig. 4). Integration of the Italian institutions with the group

teoriche, esercitazioni pratiche, attività di laboratorio, visite presso siti architettonici e museali, e momenti di presentazione dei risultati intermedi e finali. La maggiore estensione temporale della mobilità consente un approfondimento più articolato dei temi di archeologia urbana proposti, oltre a un più intenso scambio culturale tra i gruppi coinvolti.

Nel complesso, il progetto di mobilità rappresenta un efficace strumento di internazionalizzazione della didattica, permettendo ai partecipanti di maturare competenze interdisciplinari, rafforzare le relazioni accademiche e sperimentare nuovi approcci metodologici in un contesto transnazionale e transcontinentale. L'esperienza conferma il valore formativo e scientifico della cooperazione tra istituzioni universitarie appartenenti a differenti contesti socio-culturali.

1.3 Digitale come nuova frontiera della conoscenza del patrimonio

Negli ultimi due decenni il rapporto tra patrimonio culturale e tecnologie digitali conosce una trasformazione tanto rapida quanto profonda. Se nella fase iniziale dell'informatizzazione degli studi sul costruito storico gli strumenti digitali sono impiegati prevalentemente come supporto alla rappresentazione bidimensionale, disegno assistito, restituzioni grafiche, banche dati descrittive, oggi essi configurano veri e propri ambienti integrati di conoscenza. Infatti, nel campo del restauro e dell'archeologia urbana, la conoscenza del patrimonio è stata storicamente affidata a un sistema di rappresentazioni prevalentemente iconico-descrittive: disegni, rilievi, tavole bidimensionali, documentazioni fotografiche e relazioni tecniche prodotte in momenti diversi e secondo metodologie eterogenee. Questo modello, pur avendo costituito per decenni la base dell'azione progettuale e conservativa, ha generato un sapere frammentato, spesso disallineato rispetto all'evoluzione materiale dell'edificio e difficilmente trasferibile tra soggetti, discipline e fasi del processo (Moreira et al., 2018). Il confronto tra i diversi casi studio, sviluppati rispettivamente in Italia e in Argentina, mette in evidenza come tale approccio risulti oggi insufficiente a supportare processi complessi di conservazione, gestione e pianificazione degli interventi: la conoscenza rimarrebbe prevalentemente "per immagini", ovvero legata alla capacità interpretativa del singolo elaborato più che a un sistema strutturato di relazioni informative.

Le tecnologie digitali divengono spazi complessi nei quali confluiscono informazioni geometriche, storiche, materiche, diagnostiche e gestionali, rendendo possibile una visione unitaria e dinamica del bene culturale. Non si tratta più soltanto di "rappresentare" l'oggetto architettonico, ma di costruire un sistema informativo che ne restituisca la complessità fisica, temporale e funzionale.

In questo scenario di profonda ridefinizione epistemologica si colloca l'*Heritage Building Information Modeling* (HBIM), che negli ultimi anni si è progressivamente imposto come uno dei paradigmi più avanzati per lo studio, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico. L'HBIM nasce dall'applicazione dei principi del *Building Information Modeling* al costruito storico, ma se ne distacca in maniera sostanziale per obiettivi, metodi e criticità. Mentre il BIM per l'edilizia contemporanea opera su edifici progettati secondo logiche standardizzate, caratterizzati da regolarità geometrica, controllo dei materiali e processi costruttivi documentati, l'HBIM si confronta con manufatti segnati dall'irregolarità, dalla stratificazione nel tempo, dalla perdita parziale delle informazioni originarie e da un elevato grado di fragilità.

from Buenos Aires enables the development of a broad and diversified educational programme, capable of fostering dialogue among different approaches to 3D modelling, architectural history, and cultural heritage management.

Activities carried out in Rome include a total of 120 hours of training over four weeks. The programme consists of theoretical lectures, practical exercises, laboratory activities, visits to architectural and museum sites, and sessions dedicated to the presentation of intermediate and final results. The longer duration of the mobility period allows for more in-depth exploration of proposed themes of urban archaeology, as well as more intensive cultural exchange among the participating groups.

Overall, the mobility programme represents an effective instrument for an internationalisation of higher education, enabling participants to develop interdisciplinary skills, strengthen academic relationships, and experiment with new methodological approaches within a transnational and transcontinental context. The experience confirms the educational and scientific value of cooperation between university institutions operating in different socio-cultural settings.

1.3 Digital technologies as a new frontier in heritage knowledge

Over the past two decades, relationship between cultural heritage and digital technologies has undergone a transformation that is both rapid and profound. In an initial stage of the computerization of studies on historic built heritage, digital tools were primarily employed as aids to two-dimensional representation, including computer-aided drawing, graphic restitutions, and descriptive databases. Today, however, these tools have evolved into fully integrated knowledge environments. In a fields of architectural conservation and urban archaeology, heritage knowledge has historically relied on predominantly iconographic and descriptive systems of representation—drawings, surveys, two-dimensional plates, photographic documentation, and technical reports produced at different times and according to heterogeneous methodologies. While this model constituted the foundation of design and conservation practices for decades, it often generated fragmented

L'HBIM non rappresenta dunque una semplice estensione tecnica del BIM applicata al patrimonio storico, ma un vero e proprio cambiamento di paradigma rilevante: dalla rappresentazione statica alla costruzione di ambienti informativi complessi, nei quali dati geometrici, storici, materici, diagnostici e gestionali sono messi in relazione tra loro. Il modello non è più soltanto un esito grafico, ma diventa un'infrastruttura conoscitiva interrogabile, capace di supportare processi decisionali consapevoli lungo l'intero ciclo di vita del bene culturale. In questo senso, la conoscenza non risiede più nell'immagine in sé, ma nelle relazioni che collegano le informazioni e ne rendono esplicita l'affidabilità, l'origine e l'uso previsto. Questa visione sistemica consente di superare la tradizionale frammentazione disciplinare che a lungo caratterizza lo studio del patrimonio storico, separando le attività di rilievo, l'analisi storica, le indagini diagnostiche, la progettazione del restauro e la comunicazione al pubblico.

Il passaggio dalla rappresentazione al modello informativo segna un salto concettuale di grande rilevanza, soprattutto nel campo dell'archeologia urbana. In questo ambito, infatti, la conoscenza non si fonda mai su un dato completo e definitivo, ma su un processo continuo di interpretazione di evidenze frammentarie. Le complessità architettoniche e/o ubane sono il risultato di una lunga stratificazione di fasi costruttive, trasformazioni, riusi, crolli e restauri, spesso documentati in modo disomogeneo. Il loro stato di conservazione è condizionato da fattori ambientali, antropici e microclimatici che agiscono nel tempo in maniera dinamica. La possibilità di integrare in un unico ambiente digitale tutte queste informazioni, mantenendone la distinzione cronologica e tematica, rappresenta una delle più significative potenzialità dell'HBIM.

Nel modello informativo, infatti, ogni elemento architettonico non è soltanto definito dalla sua forma, ma è arricchito da attributi che ne descrivono la natura materica, l'epoca di realizzazione, le tecniche costruttive, lo stato di conservazione, le patologie in atto e gli interventi subiti nel tempo. Il modello diventa così una sorta di "archivio tridimensionale dinamico" della struttura o spazio indagati, costantemente aggiornabile e interrogabile da diversi punti di vista disciplinari. Questa dimensione dinamica e processuale della conoscenza è particolarmente coerente con la natura stessa del patrimonio archeologico, che non può essere inteso come un oggetto concluso, ma come un sistema aperto di dati in continua evoluzione.

Accanto alla dimensione conoscitiva e scientifica, il digitale assume negli ultimi anni un ruolo sempre più centrale anche nei processi di comunicazione e valorizzazione del patrimonio. La crescente diffusione di modelli 3D, applicazioni immersive, realtà virtuale e aumentata modifica profondamente le modalità di accesso ai beni culturali, offrendo nuove opportunità di fruizione sia in presenza sia a distanza. Il modello informativo può essere tradotto in strumenti divulgativi interattivi capaci di rendere comprensibili anche a un pubblico non specialistico la complessità storica e spaziale dei monumenti. In questo senso l'HBIM non è soltanto uno strumento per tecnici e studiosi, ma anche un potente mezzo di mediazione culturale.

Il valore di tale approccio emerge con particolare evidenza nel confronto tra contesti differenti, come quello italiano e argentino. In Italia l'adozione dell'HBIM si innesta su un sistema normativo e tecnico relativamente consolidato ed il contesto è caratterizzato da una maggiore disponibilità di strumenti di rilievo avanzati e da un quadro normativo in progressiva strutturazione.

knowledge, frequently misaligned with the material evolution of *building*s and difficult to transfer across actors, disciplines, and phases of the process (Moreira et al., 2018). A comparison between the case studies developed in Italy and Argentina clearly demonstrates that such an approach is now insufficient to support complex processes of conservation, management, and intervention planning, as knowledge remains largely "image-based," dependent on the interpretative capacity of individual documents rather than on a structured system of informational relationships.

Digital technologies have thus become complex spaces in which geometric, historical, material, diagnostic, and management-related information converges, enabling a unified and dynamic understanding of cultural assets. The objective is no longer merely to "represent" architectural objects, but to construct integrated information systems capable of conveying their physical, temporal, and functional complexity.

Within this profound epistemological shift, Heritage *Building Information Modeling* (HBIM) has emerged as one of the most advanced paradigms for the study, conservation, and enhancement of architectural heritage. Although HBIM derives from the application of *Building Information Modeling* principles to historic *building*s, it differs substantially from conventional BIM in terms of objectives, methods, and challenges. While BIM for contemporary construction operates on standardized designs characterized by geometric regularity, controlled materials, and well-documented construction processes, HBIM addresses artifacts marked by irregularity, temporal stratification, partial loss of original information, and a high degree of material fragility.

HBIM therefore represents not merely a technical extension of BIM, but a significant paradigm shift: from static representation to the construction of complex information environments in which geometric, historical, material, diagnostic, and managerial data are systematically interrelated. A model is no longer a purely graphic outcome, but an interrogable knowledge infrastructure capable of supporting informed decision-making throughout the entire life cycle of a cultural asset. In this framework, knowledge is not in the image itself, but in the relationships among data, which make explicit their sources, levels of reliability,

Il caso argentino evidenzia invece come la limitata disponibilità di risorse tecnologiche (pur essendo un paese *leader* in America Latina per l'utilizzo del BIM per le nuove costruzioni) renda necessario un approccio più critico e selettivo all'uso del digitale. Proprio in questi casi, il punto di forza risiede nell'integrazione tra riflessione teorica e applicazione tecnologica: il digitale non come fine, ma come mezzo per organizzare, trasmettere e far crescere la conoscenza. Diventa quindi essenziale concepire modelli HBIM scalabili, alimentati anche da fonti eterogenee e alternative, capaci di colmare i vuoti informativi e di strutturare il sapere accumulato.

Operare in questa direzione significa integrare la dimensione teorica con l' applicazione tecnologica: il trasferimento tecnologico è interpretato non come semplice acquisizione di strumenti, ma come processo culturale volto a trasformare competenze, pratiche e informazioni in un capitale conoscitivo condiviso. In tale prospettiva, la dimensione conoscitivo assume un ruolo centrale: l'HBIM permette di mettere in relazione il sapere operativo legato alle tecniche costruttive con la comprensione critica delle motivazioni storiche e culturali delle trasformazioni dell'edificio. Inoltre, il duplice impiego del modello, sia come strumento informativo per la conservazione e la gestione, sia come dispositivo per la comunicazione e la valorizzazione del patrimonio, rafforza ulteriormente la capacità dell'HBIM di supportare processi di diffusione e condivisione della conoscenza consapevoli e strutturati e la connessione tra teoria e applicazione.

1.4 Casi studio oggetto della ricerca

L'intero progetto si fonda sull'applicazione della metodologia dell'*Heritage Building Information Modeling* (HBIM) al patrimonio storico-architettonico di due contesti urbani profondamente diversi. Volendo analizzare i processi di formazione, trasformazione e sedimentazione dei valori architettonici e simbolici dei due casi studio, il lavoro assume come riferimento concettuale il paradigma dell' "archeologia urbana", intesa, come precedentemente detto, non soltanto come pratica di scavo, ma come approccio conoscitivo orientato alla lettura di lungo periodo delle trasformazioni del tessuto urbano.

Il processo che ha condotto l'Argentina, ed in particolare Buenos Aires, ad assumere un'identità urbana moderna si è consolidato tra la fine del XIX secolo e i primi decenni del XX, in un periodo caratterizzato da intensi scambi culturali tra Europa e Sud America. Tale trasformazione è strettamente legata ai flussi migratori di maestranze e tecnici dell'edilizia, in larga parte provenienti dall'Italia e dalla Spagna, che hanno introdotto competenze progettuali, conoscenze costruttive e modelli formativi maturati nel contesto europeo. Il loro contributo non si limitò alla realizzazione di singoli edifici, ma influenzò in modo più ampio le pratiche costruttive e il modo di concepire lo spazio urbano, lasciando un'eredità culturale ancora oggi leggibile nel patrimonio architettonico esistente (Basile, 2017). Nel contesto di questo trasferimento culturale, si assiste ad una rielaborazione di modelli architettonici e simbolici europei all'interno di un nuovo quadro: talvolta, (o si può dire molto spesso), i manufatti urbani ed edilizi divenivano strumento per evocare le radici culturali degli immigrati, divenendo veicolo di memoria, seppur attraverso elementi architettonici decontestualizzati e "svuotati" del loro valore originario.

Tuttavia, la distanza geografica e temporale dal contesto originario ha progressivamente indebolito la leggibilità di tali riferimenti, rendendo oggi necessaria una rilettura critica capace di ricostruirne il senso.

and intended uses. This systemic vision overcomes the traditional disciplinary fragmentation that has long characterized heritage studies, separating survey, historical analysis, diagnostics, restoration design, and public communication.

Transition from representation to information modeling is particularly significant in the field of urban archaeology, where knowledge is never complete or definitive but emerges through a continuous process of interpretation of fragmentary evidence. Architectural and urban complexity results from long-term stratification involving construction phases, transformations, reuse, collapses, and restorations, often documented unevenly. Conservation conditions are further influenced by dynamic environmental, anthropogenic, and microclimatic factors. The integration of these heterogeneous data within a single digital environment, while preserving their chronological and thematic distinctions, represents one of HBIM's most valuable potentials.

Within the information model, each architectural element is defined not only by its geometry, but also by attributes describing material composition, construction period, *building* techniques, conservation status, pathologies, and past interventions. The model thus becomes a dynamic three-dimensional archive of the investigated structure or space, continuously updatable and accessible from multiple disciplinary perspectives. This process-oriented dimension of knowledge aligns closely with the nature of archaeological heritage, which must be understood not as a finished object but as an open and evolving data system.

Beyond its scientific and analytical role, digital technology has increasingly become central to the communication and enhancement of heritage. The growing dissemination of 3D models, immersive applications, and virtual and augmented reality has profoundly transformed modes of access to cultural assets, both on-site and remotely. Information models can be translated into interactive dissemination tools capable of making historical and spatial complexity understandable to non-specialist audiences. In this sense, HBIM functions not only as a technical tool for experts, but also as a powerful medium of cultural mediation.

Value of this approach becomes particularly evident when comparing different national contexts, such as Italy and

I casi studio analizzati nel contesto argentino sono finalizzati ad approfondire la dimensione conoscitiva del patrimonio costruito attraverso l'individuazione di manufatti caratterizzati dalla compresenza di elementi simbolici di matrice ereditaria europea e di componenti reinterpretate o di nuova introduzione. Tale analisi riguarda sia gli aspetti costruttivi e materici, sia le soluzioni decorative e compositive, consentendo di mettere in evidenza i processi di adattamento, trasformazione e ibridazione che hanno accompagnato la definizione dell'identità architettonica locale.

In questo caso, dunque, l'HBIM, inteso come processo conoscitivo degli aspetti non solo architettonici, ma anche culturali di un edificio, diventa uno strumento di mediazione tra passato e presente, capace di ricomporre il legame tra "saper fare" costruttivo e "saper perché" culturale. La restituzione dei valori simbolici non è quindi un'operazione accessoria, ma parte integrante del processo conoscitivo, che consente di orientare l'intervento conservativo in modo consapevole, rispettoso delle identità storiche e coerente con le esigenze contemporanee di gestione e comunicazione del patrimonio.

Nel contesto romano, al contrario, la dimensione simbolica dell'architettura non è riconducibile a un singolo linguaggio, a una tipologia specifica o a un progetto unitario, ma si configura come esito di un processo di stratificazione continua, materiale e immateriale, che attraversa secoli di trasformazioni. Roma rappresenta un caso limite nel panorama del patrimonio costruito, in cui l'architettura è intrinsecamente palinsestica: ogni edificio, spazio urbano o infrastruttura è il risultato di sovrapposizioni storiche, riusi funzionali e risignificazioni culturali che rendono impossibile una lettura univoca del costruito. A differenza di contesti nei quali i valori simbolici derivano da un trasferimento culturale o da una volontà rappresentativa esplicita, nella realtà romana il significato è incorporato nella permanenza delle strutture e nella loro capacità di adattarsi nel tempo. Questa complessità incide profondamente sulle modalità di conoscenza e di intervento, rispetto a contesti caratterizzati da una più chiara identificabilità dei modelli culturali di riferimento come quelli argentini.

In tale senso, il digitale e l'HBIM assumono un ruolo diverso rispetto al caso del trasferimento culturale: non tanto come mezzo per ricostruire riferimenti perduti, quanto come dispositivo critico per rendere leggibile la complessità del patrimonio.

Pur nella marcata differenza dei contesti analizzati, i paragrafi che seguono servono a dimostrare come la metodologia HBIM adottata nei casi studio di Roma e Buenos Aires si fonda su un impianto unitario, condividendo principi, fasi operative e obiettivi conoscitivi comuni. Ciò che varia non è il metodo in sé, ma il modo in cui esso viene declinato in relazione alla natura del patrimonio e ai processi storici che ne hanno determinato la configurazione attuale.

L'obiettivo principale è quello di verificare la solidità, la flessibilità e la trasferibilità del percorso metodologico adottato, sperimentandolo su casi studio di archeologia urbana esemplificativi selezionati per caratteristiche tipologiche, criticità conservative e potenzialità di valorizzazione.

In questo quadro, le attività sono strutturate secondo un iter replicabile. Tale percorso permette di costruire un ponte metodologico tra le due realtà coinvolte, favorendo un confronto diretto sulle diverse modalità di gestione, tutela e rappresentazione del patrimonio architettonico e archeologico.

Per quanto riguarda Buenos Aires, l'attenzione si concentra sul *Conjunto Monumental San Francisco* (Fig. 5), un complesso settecentesco di straordinario valore storico, simbolico e urbano.

Argentina. In Italy, HBIM adoption builds upon a relatively consolidated technical and regulatory framework, characterized by greater availability of advanced survey tools and a progressively structured normative context. Argentine case, by contrast, highlights how limited access to technological resources, despite the country's *leader*ship in Latin America in BIM applications for new construction, necessitates a more critical and selective use of digital technologies. In such contexts, the true strength lies in the integration of theoretical reflection and technological application, where digital tools are conceived not as ends in themselves, but as means to organize, transmit, and expand knowledge.

This perspective underscores the need for scalable HBIM models, capable of integrating heterogeneous and alternative data sources, filling informational *gap*s, and structuring accumulated knowledge. Operating in this direction entails integrating theoretical foundations with technological implementation: technology transfer is understood not merely as the acquisition of tools, but as a cultural process that transforms skills, practices, and information into shared knowledge capital. Within this framework, the cognitive dimension becomes central, as HBIM enables the connection between operational knowledge of construction techniques and a critical understanding of the historical and cultural motivations underlying architectural transformations. Moreover, the dual use of the model, as an informational tool for conservation and management and as a device for communication and heritage enhancement, further strengthens HBIM's capacity to support structured, conscious processes of knowledge dissemination and sharing, reinforcing the connection between theory and application.

1.4 Case studies addressed by the research

Entire project is grounded in the application of Heritage *Building Information Modeling* (HBIM) methodology to historic–architectural heritage of two profoundly different urban contexts. In order to analyze the processes of formation, transformation, and sedimentation of architectural and symbolic values in the selected case studies, the research adopts a conceptual paradigm

Questo caso studio è scelto non solo per la sua rilevanza architettonica, ma anche per il diretto interesse da parte della *Secretaría de Obras y Servicios de la República Argentina*, che lo considera un nodo centrale nelle strategie di conservazione e valorizzazione del patrimonio monumentale della capitale. Il complesso, articolato in edifici ecclesiastici e spazi conventuali, costituisce un terreno ideale per sperimentare il rilievo integrato e la modellazione HBIM applicata a strutture storiche in elevazione, caratterizzate da materiali, tecniche costruttive e apparati decorativi eterogenei. L'analisi mette in evidenza criticità conservative, restauri stratificati nel tempo e potenziali linee di intervento, consentendo di testare la procedura HBIM non solo come strumento descrittivo, ma anche come supporto operativo alla gestione e manutenzione.

Parallelamente, per il contesto romano, la scelta dei casi studio si allinea alle esigenze della Sovrintendenza Capitolina, orientata alla conoscenza, diagnostica e valorizzazione del patrimonio archeologico funerario dell'antica Roma. In particolare, il progetto interessa due monumenti emblematici: il Mausoleo di Monte del Grano (Fig. 6) e il Sepolcro e Colombario degli Scipioni (Fig. 7). Entrambi rappresentano testimonianze fondamentali della cultura funeraria romana, ma presentano condizioni, articolazioni spaziali e stati di conservazione differenti, rendendoli casi ideali per l'applicazione della procedura HBIM all'archeologia urbana.

Il Mausoleo di Monte del Grano, imponente struttura ipogea con ambienti interni articolati e caratterizzata da una complessa storia di riuso e trasformazione, permette di sperimentare la modellazione su spazi sotterranei, dove le condizioni di illuminazione, le geometrie irregolari e le superfici degradate rappresentano una sfida tecnologica

of urban archaeology, understood, as previously outlined, not merely as an excavation practice but as a cognitive approach aimed at the long-term interpretation of transformations within the urban fabric.

Process through which Argentina, and Buenos Aires in particular, acquired a modern urban identity became consolidated between the late nineteenth century and the early decades of the twentieth century, during a period marked by intense cultural exchanges between Europe and South America. This transformation is closely linked to migratory flows of craftsmen and construction technicians, largely originating from Italy and Spain, who introduced design skills, construction knowledge, and educational models developed within the European context. Their contribution extended beyond the construction of individual *buildings*, profoundly influencing *building* practices and conceptions of urban space, and leaving a cultural legacy that remains clearly legible in the existing architectural heritage (Basile, 2017). Within this framework of cultural transfer, European architectural

Fig. 5 – Foto dall'alto della facciata della chiesa di San Francesco a Buenos Aires.

Fig. 5 – Aerial view of the façade of the Church of San Francesco in Buenos Aires.

Fig. 6 – Foto dall'alto del Mausoleo di Monte del Grano a Roma.

Fig. 6 – Aerial view of the Mausoleum of Monte del Grano in Rome.

e interpretativa. Il Sepolcro e Colombario degli Scipioni, invece, costituiscono il fulcro delle elaborazioni interpretative del progetto. La presenza di lacune strutturali, decorazioni frammentarie e fasi storiche sovrapposte richiede un lavoro approfondito di integrazione dei dati di rilievo con fonti storiche, confronti tipologici e ipotesi ricostruttive.

L'adozione di un medesimo approccio metodologico su casi studio così differenti, per epoca, tipologia, condizioni conservative e contesti istituzionali, consente di dimostrare la flessibilità e la robustezza della procedura HBIM utilizzata. Allo tempo stesso, il confronto tra Buenos Aires e Roma offre nuove prospettive sulla gestione del patrimonio, evidenziando come l'integrazione tra tecnologie digitali, interpretazione storica e strategie di valorizzazione possa generare modelli replicabili di conoscenza, tutela e comunicazione.

Volendo trarre delle conclusioni, nel quadro della transizione digitale applicata al patrimonio costruito, il ruolo del mondo accademico assume una duplice responsabilità. Da un lato, esso è chiamato a favorire e accompagnare l'evoluzione tecnologica dei processi di conoscenza; dall'altro, deve mantenere una funzione critica, capace di interrogare i presupposti culturali di tali strumenti, evitando semplificazioni eccessive o applicazioni distorte, soprattutto quando metodologie nate per la nuova edificazione vengono estese al costruito storico.

Questa tensione è particolarmente evidente nell'ambito dell'H-BIM, dove logiche organizzative e informative proprie del BIM vengono adattate a edifici caratterizzati da complessità storica, stratificazione e valori culturali non riconducibili a schemi standardizzati. Il rischio, soprattutto nei contesti in cui il trasferimento tecnologico è più recente o disomogeneo (come nel caso argentino rispetto a quello

and symbolic models were reinterpreted in a new context; very often, urban and architectural artifacts became instruments for evoking the cultural roots of immigrant communities, acting as vehicles of memory, albeit through decontextualized architectural elements partially detached from their original meanings.

Over time, however, geographical and temporal distance from the original context progressively weakened the legibility of these references, making a critical reinterpretation necessary in order to reconstruct their cultural significance. Argentine case studies examined in this research aim to deepen a cognitive understanding of the built heritage by identifying artifacts characterized by a coexistence of symbolic elements of European origin alongside reinterpreted or newly introduced components. This analysis addresses both constructional and material aspects as well as decorative and compositional solutions, highlighting processes of adaptation, transformation, and hybridization that accompanied the formation of local architectural identity.

In this context, HBIM, understood as a

Fig. 7 – Foto del complesso del Sepolcro degli Scipioni a Roma.

Fig. 7 – Picture of the Tomb and Columbarium of the Scipios in Rome.

italiano) è quello di privilegiare l'adozione dello strumento a discapito della costruzione della conoscenza, riducendo il modello a una mera replica digitale del manufatto.

Occorre, inoltre, considerare che il patrimonio edilizio non è costituito esclusivamente da architetture riconosciute come beni storici di eccellenza. Al contrario, una parte consistente del costruito è rappresentata da edifici ordinari, privi di una chiara etichetta "storica", ma portatori di valori culturali, sociali e ambientali rilevanti. È proprio su questo patrimonio diffuso che si gioca una parte significativa delle sfide legate alla rigenerazione e alla sostenibilità, rendendo necessaria una riflessione metodologica che superi una visione eccessivamente settoriale o frammentata dell'HBIM e che metta, al contrario, al centro una metodologia applicabile e declinabile sia in casi di "storicità accertata" che nei casi in cui il patrimonio è costituito da edifici di uso comune, non formalmente riconosciuti come beni storici, ma caratterizzati da rilevanti valori culturali e sociali, come spesso avviene sia nel caso italiano, che, in maggior numero, in quello argentino.

knowledge-oriented process encompassing not only architectural but also cultural dimensions, acts as a mediating tool between past and present, capable of reconnecting constructive "know-how" with the cultural "know-why." Restitution of symbolic values is therefore not an ancillary operation, but an integral component of a cognitive process, guiding conservation strategies in a manner that is both historically informed and responsive to contemporary needs for management and communication.

By contrast, in Roman context, a symbolic dimension of architecture cannot be traced back to a single language, typology, or unified project. Rather, it emerges from a continuous process of material and immaterial stratification spanning centuries of transformations. Rome represents an extreme case within a panorama of built heritage, where architecture is intrinsically palimpsestic: every *building*, urban space, or infrastructure results from successive historical overlays, functional reuses, and cultural re-significations, making any univocal

reading impossible. Unlike contexts in which symbolic values derive from cultural transfer or explicit representational intentions, in Rome meaning is embedded in the persistence of structures and in their capacity for adaptation over time. This complexity profoundly affects both knowledge production and intervention strategies, differentiating the Roman case from contexts, such as the Argentine one, where cultural reference models are more clearly identifiable.

In this sense, digital technologies and HBIM assume a different role compared to cases of cultural transfer: rather than reconstructing lost references, they function as critical devices for rendering the inherent complexity of heritage legible. Despite the marked differences between the contexts analyzed, the following sections demonstrate that HBIM methodology applied in Rome and Buenos Aires case studies is based on a unified framework, sharing common principles, operational phases, and cognitive objectives. What varies is not the method itself, but its application in relation to the nature of the heritage and the historical processes that shaped its current configuration.

Primary objective is to assess the robustness, flexibility, and transferability of the adopted methodological pathway by testing it on exemplary urban archaeology case studies selected for their typological characteristics, conservation challenges, and potential for enhancement. Within this framework, activities are structured according to a replicable *workflow*, enabling the construction of a methodological bridge between the two contexts and fostering direct comparison of different approaches to heritage management, protection, and representation.

In Buenos Aires, the research focuses on the *Conjunto Monumental San Francisco* (Fig. 5), an eighteenth-century complex of exceptional historical, symbolic, and urban value. This case study was selected not only for its architectural significance but also for its direct relevance to the *Secretaría de Obras y Servicios de la República Argentina*, which considers it a key element in strategies for the conservation and enhancement of the city's monumental heritage. Comprising ecclesiastical *building*s and conventual spaces, the complex provides an ideal context for experimenting with integrated survey techniques and HBIM modeling applied to above-ground historic structures characterized by heterogeneous materials, construction techniques, and decorative systems. An analysis highlights conservation issues, stratified restoration interventions, and potential lines of action, allowing HBIM to be tested not only as a descriptive tool but also as operational support for management and maintenance.

In parallel, Roman case studies align with the objectives of the Sovrintendenza Capitolina, focusing on the documentation, diagnosis, and enhancement of ancient Roman funerary archaeology. Specifically, the project examines two emblematic monuments: Mausoleum of Monte del Grano (Fig. 6) and Tomb and Columbarium of the Scipios (Fig. 7). Both are fundamental testimonies of Roman funerary culture, yet they differ in spatial articulation, conservation conditions, and historical development, making them particularly suitable for the application of HBIM within the field of urban archaeology.

Mausoleum of Monte del Grano, a monumental hypogeal structure with articulated internal spaces and a complex history of reuse and transformation, provides an opportunity to experiment with modeling underground environments, where lighting conditions, irregular geometries, and degraded surfaces pose both technological and interpretative challenges. Tomb and Columbarium of the Scipios, on the other hand, represents the core of the project's interpretative elaborations. Structural *gap*s, fragmentary decorations, and overlapping historical phases necessitate an in-depth integration of survey data with historical sources, typological comparisons, and reconstructive hypotheses.

An application of a shared methodological approach to case studies that differ so markedly in period, typology, conservation state, and institutional context demonstrates a flexibility and robustness of the adopted HBIM procedure. At the same time, the comparison between Buenos Aires and Rome offers new perspectives on heritage management, showing how a integration of digital technologies, historical interpretation, and enhancement strategies can generate replicable models for knowledge production, conservation, and communication.

In conclusion, within the framework of a digital transition applied to built heritage, the academic sphere assumes a dual responsibility. On the one hand, it is called upon to promote and guide a technological evolution of knowledge processes; on the other, it must maintain a critical role, capable of questioning the cultural assumptions underlying these tools and avoiding excessive simplifications or distorted applications, especially when methodologies originally developed for new construction are extended to historic *building*s.

This tension is particularly evident in the field of HBIM, where organizational and informational logics derived from BIM are adapted to structures characterized by historical complexity, stratification, and cultural values that cannot be reduced to standardized schemes. The risk—especially in contexts where technology transfer is more recent or uneven, as in Argentina compared to Italy, is that an adoption of tools may be prioritized over the construction of knowledge, reducing the model to a mere digital replica of the artifact.

Finally, it must be acknowledged that a built heritage is not composed exclusively of architecture officially recognized as outstanding historical assets. A substantial portion consists of ordinary *building*s lacking formal "historic" designation, yet bearing significant cultural, social, and environmental values. It is precisely within this diffuse heritage that many of the challenges related to regeneration and sustainability are concentrated. This condition calls for a methodological reflection that transcends an excessively sectorial or fragmented vision of HBIM, placing at its core an approach applicable both to cases of acknowledged historic significance and to more ordinary contexts, where *building*s of everyday use, often prevalent in both Italy and, even more so, Argentina, play a crucial role in shaping cultural identity and social memory.

PARTE 1
OBIETTIVI E CONTENUTI DEL PROGETTO

PART 1 – Project objectives and contents

Capitolo 2
Metodologia HBIM/ICT per il rilievo, la conoscenza e la valorizzazione del patrimonio storico-architettonico

CHAPTER 2 - HBIM/ICT methodology for survey, knowledge production, and enhancement of historic–architectural heritage

2.1 Introduzione alla metodologia

Negli ultimi anni, come già accennato, l'applicazione dell'*Heritage Building Information Modeling* (HBIM) al patrimonio culturale assume un ruolo di crescente rilevanza nel panorama internazionale. Questo metodo, fondato sull'integrazione tra rilievo digitale, modellazione parametrica e gestione organizzata dei dati, si configura come un'evoluzione degli strumenti tradizionalmente utilizzati per lo studio dei beni culturali.

È bene notare, però, che nella metodologia proposta, le rappresentazioni tridimensionali risultanti non costituiscono il fine, bensì uno degli strumenti attraverso cui il modello (o sarebbe meglio parlare de "i modelli") acquistano affidabilità e diventano condivisibili, consentendo di esplicitare le relazioni tra le componenti degli edifici che rappresentano.

Su questi presupposti il modello non è una copia del reale, ma una sua interpretazione, costruita per comprendere il fenomeno architettonico e per valutarne le possibili trasformazioni. In ambito HBIM, questo implica un passaggio dalla sola descrizione geometrica alla strutturazione di informazioni parametriche e semantiche, capaci di collegare il singolo manufatto a logiche tipologiche, costruttive e culturali più ampie. L'edificio esistente che viene analizzato non viene così modellato come un *unicum* isolato, ma come espressione concreta di un tipologia di edificio, la cui riconoscibilità consente di governare la complessità senza ridurla, mantenendo un equilibrio tra specificità del caso studio e trasferibilità del metodo.

La ricerca si propone di descrivere in modo narrativo e approfondito le fasi che compongono la metodologia HBIM, mostrando come l'intero processo, dalla raccolta dei dati alla comunicazione degli esiti, contribuisca alla costruzione di un sistema di conoscenza integrato e aperto.

Il *workflow* utilizzato è descritto in figura 8.

La metodologia adottata si fonda su un processo strutturato che ha come primo obiettivo la costruzione del quadro conoscitivo del manufatto oggetto di studio. Con tale espressione si intende un sistema organico di informazioni, eterogenee per natura e formato, finalizzate alla comprensione approfondita dell'edificio nella sua dimensione materiale, storica e culturale. Il quadro conoscitivo comprende sia dati quantificabili, quali quelli geometrici e materici, sia informazioni non quantificabili, riconducibili agli aspetti storici, sociali e culturali del contesto in cui l'opera è stata concepita e realizzata, configurando quella che può essere definita una conoscenza profonda dell'oggetto di studio.

La fase conoscitiva si articola attraverso attività di ricerca storica e documentaria, condotte mediante fonti archivistiche, bibliografiche e iconografiche, affiancate dall'acquisizione dei dati geometrici tramite tecniche di rilievo integrato. In particolare, l'impiego di *laser scanning* terrestre e di fotogrammetria da drone (aerea) consente di ottenere una descrizione metrica accurata del manufatto, funzionale alla successiva modellazione informativa. Parallelamente, vengono raccolti dati relativi ai materiali, alle tecniche costruttive e allo stato di conservazione, nonché eventuali informazioni diagnostiche e strutturali.

Le informazioni così acquisite risultano intrinsecamente eterogenee e sono prodotte in formati differenti, quali database tabellari, immagini, documenti testuali, nuvole di punti e risultati di analisi specialistiche. Per garantire la coerenza e l'integrazione di tali dati, il processo metodologico prevede l'adozione di un *Common Data Environment* (CDE), inteso come ambiente di riferimento per l'archiviazione, la gestione e la condivisione delle informazioni. All'interno del CDE, i diversi *dataset* vengono organizzati e resi accessibili, consentendo la loro connessione al modello HBIM secondo logiche differenziate.

2.1 Methodology introduction

In recent years, as previously noted, an application of Heritage *Building Information Modeling* (HBIM) to cultural heritage has assumed an increasingly prominent role in international context. This methodology, based on integration of digital surveying, parametric modeling, and structured data management, represents an evolution of tools traditionally employed in the study of cultural heritage assets.

It should be emphasized, however, that within the proposed methodology a resulting three-dimensional representations do not constitute an end in themselves, but rather one of the instruments through which a model (or, more accurately, a *set* of models) acquires reliability and becomes shareable, allowing relationships among components of represented *building*s to be made explicit.

On these premises, a model is not a mere copy of reality, but an interpretation of it, constructed to understand an architectural phenomenon and to assess its potential transformations. Within a HBIM framework, this entails a shift from purely geometric description toward the structuring of parametric and semantic information capable of linking individual artifact to broader typological, constructive, and cultural logics. Existing *building* under investigation is therefore not modeled as an isolated *unicum*, but as a concrete expression of a *building* type, whose recognizability makes it possible to manage complexity without reducing it, maintaining a balance between the specificity of the case study and the transferability of the method.

The research aims to describe in a narrative and in-depth manner the phases that compose a HBIM methodology, demonstrating how the entire process, from data acquisition to communication of results, contributes to a construction of an integrated and open knowledge system.

The *workflow* adopted is illustrated in Figure 8.

Methodology is grounded in a structured process whose primary objective is a construction of a knowledge framework of the artifact under study. This term refers to an organic system of information, heterogeneous in nature and format, aimed at achieving an in-depth understanding of the *building* in its material, historical, and cultural dimensions. Knowledge framework

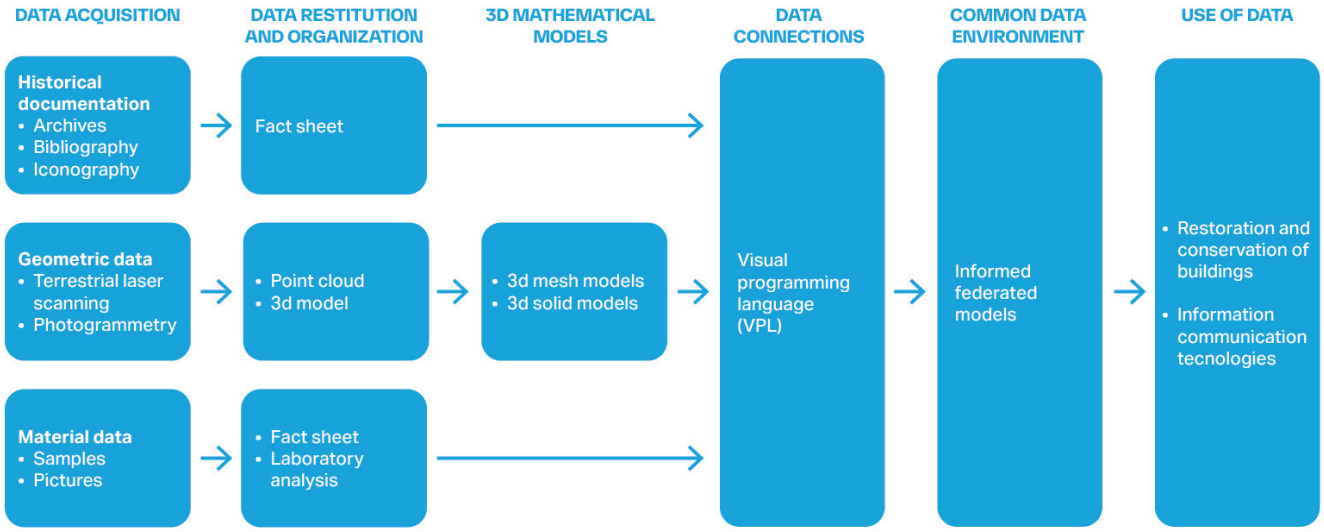


Fig. 8 – *Workflow* della procedura HBIM applicata.

Fig. 8 – HBIM Workflow.

Il modello HBIM non rappresenta quindi una semplice trasposizione tridimensionale dell'edificio, ma si configura come esito di un'analisi critica e interpretativa dei dati geometrici e non geometrici raccolti. A partire dalla base metrica fornita dal rilievo, il modello parametrico integra componenti geometriche, eventualmente affiancate da modelli *mesh* o solidi, e informazioni semantiche che restituiscono la complessità storica e costruttiva del manufatto.

Una volta strutturato, il modello informativo consente due principali ambiti di applicazione. Da un lato esso costituisce uno strumento operativo a supporto delle attività di conservazione, gestione e tutela del bene, mettendo a disposizione un sistema informativo condiviso per i diversi attori coinvolti nel processo. Dall'altro, una selezione delle informazioni, quali l'evoluzione storica dell'edificio o le ipotesi ricostruttive delle diverse fasi, può essere utilizzata per finalità di comunicazione e valorizzazione, attraverso l'impiego delle *Information and Communication Technologies.* In questo senso, il modello HBIM diventa la base per la produzione di contenuti digitali destinati a un pubblico più ampio, quali visualizzazioni immersive, applicazioni di realtà aumentata o ambienti di realtà virtuale, contribuendo alla diffusione della conoscenza del patrimonio in forme accessibili e consapevoli.

2.2 Acquisizione dati per la costruzione del corpus conoscitivo

La fase di acquisizione dei dati costituisce il punto di partenza dell'intero processo e rappresenta un momento fondamentale nel quale si raccolgono e si verificano le informazioni necessarie per comprendere il monumento.

La conoscenza, intesa non come semplice accumulo di dati relativi a un manufatto, ma come processo strutturato di costruzione del sapere, investe simultaneamente sia la configurazione del modello digitale sia le modalità attraverso cui le informazioni vengono rese accessibili e condivise. In questa prospettiva, la fase di modellazione e quella di comunicazione non possono essere considerate come momenti

includes both quantifiable data, such as geometric and material information, and non-quantifiable data related to the historical, social, and cultural aspects of the context in which the work was conceived and constructed, thereby constituting what may be defined as a form of deep knowledge of the object of study.

Knowledge stage is articulated through historical and documentary research activities, conducted using archival, bibliographic, and iconographic sources, alongside an acquisition of geometric data through integrated survey techniques. In particular, a use of *Terrestrial laser scanning* and aerial (drone-based) photogrammetry enables an acquisition of an accurate metric description of the artifact, suitable for subsequent information modeling. In parallel, data relating to materials, construction techniques, and state of conservation are collected, together with any available diagnostic and structural information.

Information, thus, acquired is intrinsically heterogeneous and produced in different formats, including tabular databases, images, textual documents, point clouds, and the results of specialized analyses. To ensure coherence and integration among these *datasets*, a methodological process refers to the adoption of a *Common Data Environment* (CDE), understood as a reference environment for storage, management, and sharing of information. Within a CDE, various *datasets* are organized and made accessible,

separati, ma come componenti integrate di un unico sistema conoscitivo. La loro interazione contribuisce a definire un quadro di trasparenza metodologica che rappresenta uno dei presupposti fondamentali per l'impiego consapevole delle tecnologie digitali nel campo del patrimonio architettonico. Tale trasparenza consente di rendere espliciti i criteri interpretativi adottati, rafforzando l'affidabilità del modello e permettendo di leggere criticamente non solo il risultato finale, ma anche la struttura logica e operativa del processo che ne ha guidato la costruzione (Attenni & Rossi, 2022).

L'impostazione metodologica adottata per la formazione del quadro conoscitivo e la modellazione HBIM di edifici appartenenti a tipologie architettoniche differenti, come quelli analizzati nel presente lavoro, si basa sull'integrazione di due ambiti distinti ma strettamente interdipendenti: il primo riguarda la dimensione culturale e interpretativa, connessa allo studio critico della tipologia architettonica analizzata; il secondo concerne l'organizzazione operativa del processo di lavoro collaborativo. Questi due livelli si sviluppano in parallelo e si influenzano reciprocamente, concorrendo alla costruzione di un quadro conoscitivo strutturato e orientando le successive fasi operative sulla base delle informazioni progressivamente acquisite.

Indipendentemente dalle specificità tipologiche, l'approccio conoscitivo mantiene una struttura costante: l'edificio viene indagato attraverso una lettura critica della sua configurazione, articolata mediante la scomposizione in parti funzionali e in unità riconducibili a specifiche fasi storiche. A tale analisi si affiancano le attività di rilievo, condotte mediante tecniche di acquisizione massiva, l'osservazione diretta delle relazioni geometriche e spaziali tra le componenti, l'analisi dei materiali e delle forme di degrado, nonché la raccolta e la sistematizzazione delle fonti documentarie necessarie a completare il profilo conoscitivo del manufatto.

La fase di acquisizione delle informazioni è organizzata attraverso una suddivisione del lavoro in sottogruppi, ciascuno responsabile di uno specifico ambito di indagine. I risultati di tali attività confluiscono successivamente in un unico gruppo di lavoro, all'interno del quale le informazioni vengono confrontate e integrate criticamente. Questo processo conduce alla costruzione di una base dati condivisa, organizzata in un primo modello concettuale, o proto-modello, in cui i contenuti informativi sono strutturati secondo relazioni logiche e interpretative. Tale struttura preliminare costituisce il fondamento per lo sviluppo del modello HBIM vero e proprio, inteso come sistema informativo capace di integrare in modo coerente geometria, semantica e conoscenza storica all'interno di un quadro unitario.

2.2.1 Ricerca storica e analisi documentaria

La costruzione di un modello HBIM affidabile e funzionale al patrimonio storico-architettonico richiede una integrazione sistematica con la ricerca documentale, storica e bibliografica, che costituisce il fondamento del processo conoscitivo (Tata, 2019). La documentazione storica permette, inoltre, di colmare i *gap* informativi inevitabili quando gli edifici non possono essere sottoposti a indagini invasive o distruttive (come nell'esperienza qui descritta), assicurando al contempo la coerenza interpretativa e la validità scientifica del modello (Attenni et al., 2019).

In questo senso, l'analisi dei disegni storici, delle fotografie, delle relazioni d'epoca e delle fonti bibliografiche consente di ricostruire la sequenza delle trasformazioni costruttive, di identificare le

enabling their connection to HBIM model according to differentiated logics.

HBIM model therefore does not represent a simple three-dimensional transposition of a *building*, but rather a outcome of a critical and interpretative analysis of the collected geometric and non-geometric data. Starting from a metric base provided by the survey, a parametric model integrates geometric components, potentially complemented by *mesh* or solid models, and semantic information that conveys the historical and constructive complexity of the artifact.

Once structured, information model enables two main fields of application. On one hand, it serves as an operational tool supporting conservation, management, and protection activities, providing a shared information system for the various stakeholders involved in the process. On the other hand, a selected subs*et* of information, such as the historical evolution of the *building* or reconstructive hypotheses of its different phases, can be employed for communication and enhancement purposes through the use of *Information and Communication Technologies.* In this sense, HBIM model becomes a basis for the production of digital content intended for a broader audience, including immersive visualizations, augmented reality applications, or virtual reality environments, thereby contributing to the dissemination of heritage knowledge in accessible and informed forms.

2.2 Data acquisition to construct a knowledge corpus

Data acquisition phase constitutes the starting point of the entire process and represents a fundamental moment where the information necessary to understand a monument is collected and verified.

Knowledge, understood not as a mere accumulation of data relating to an artifact but as a structured process of knowledge construction, simultaneously affects both the configuration of a digital model and the ways in which information is made accessible and shared. From this perspective, modeling stage and communication phase cannot be considered as separate moments, but rather as integrated components of a single knowledge system. Their interaction contributes to definition of a framework of methodological transparency,

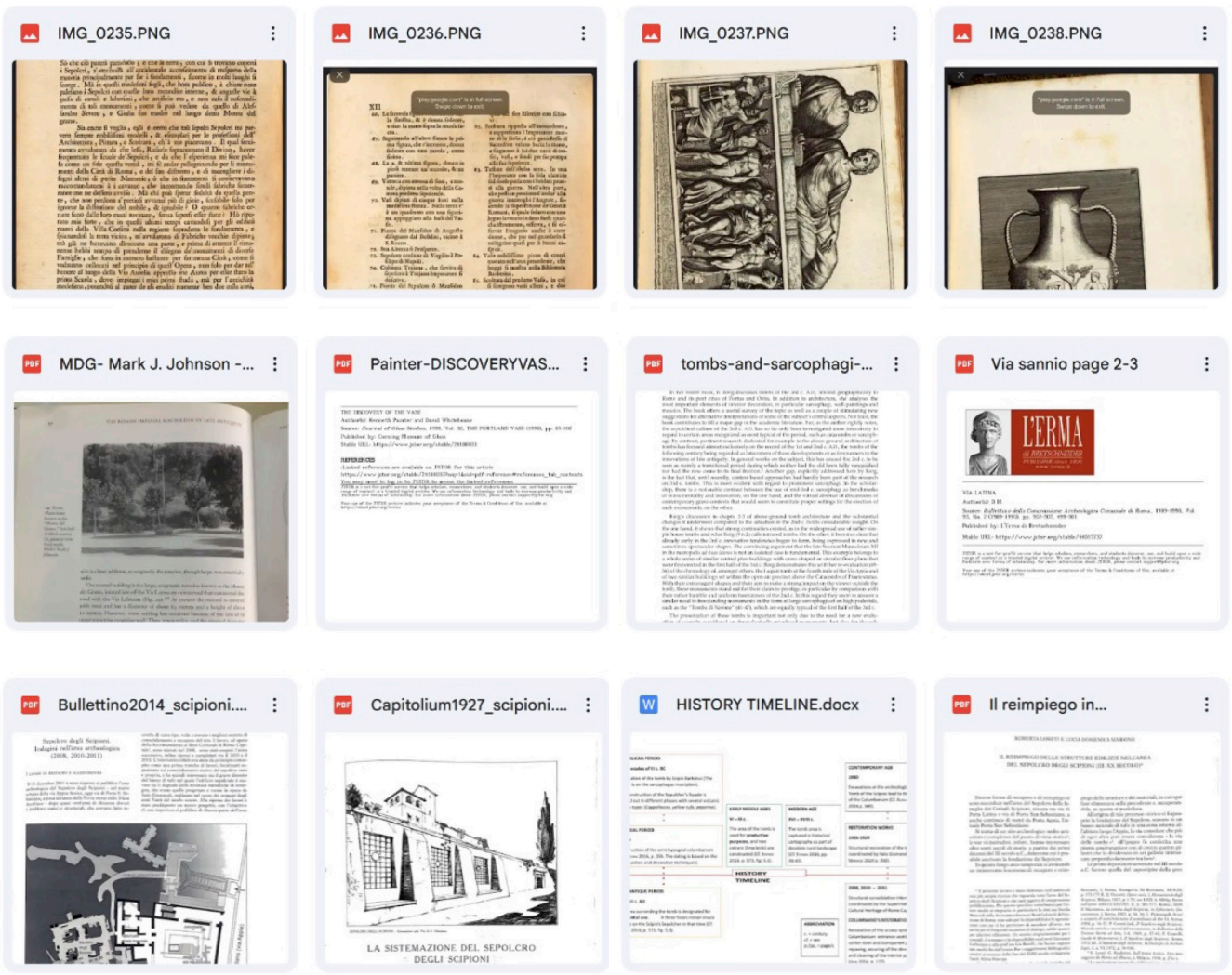


Fig. 9 – Ricerca storica e analisi documentaria. Documenti in formato immagine .jpg e testuale .doc e .pdf.

Fig. 9 – Historical research and documentary analysis. Documents in image format (.jpg) and textual format (.doc and .pdf).

stratificazioni materiali e tecniche, e di rilevare i valori simbolici e culturali che caratterizzano ciascun manufatto.

La ricerca storica riveste, infine, un ruolo essenziale nella trasparenza dei processi ricostruttivi e di modellazione. La trasparenza delle fonti aumenta l'affidabilità del modello, consentendo di collegare ogni elemento del modello a un dato storico, documentale o archivistico specifico, utile per analisi interdisciplinari e progettuali: ogni intervento è tracciato, documentato e collegato alle fonti originarie, garantendo la replicabilità del modello e la possibilità di aggiornamenti futuri sulla base di nuove acquisizioni.

Il processo prende avvio da un'attenta indagine sulle fonti (Fig. 9), che include la consultazione di archivi, documenti iconografici, testi archeologici e repertori fotografici.

Questa fase non si limita a raccogliere dati, ma mira a ricostruire un quadro organico già critico della storia del bene, individuando le trasformazioni, gli interventi conservativi eseguiti e le eventuali alterazioni. La ricerca storica permette così di orientare le fasi successive, fornendo una bussola interpretativa indispensabile per distinguere gli elementi originari da quelli ricostruiti nel corso dei secoli.

which represents one of the fundamental prerequisites for a conscious use of digital technologies in the field of architectural heritage. Such transparency makes it possible to render explicit the interpretative criteria adopted, strengthening reliability of a model and allowing a critical reading not only of the final outcome, but also of a logical and operational structure of the process that guided its construction (Attenni & Rossi, 2022).

Methodological approach adopted for the construction of a knowledge framework and for HBIM modeling of *buildings* belonging to different architectural typologies, such as those analyzed in the present study, is based on integration of two distinct yet closely interdependent domains. The first concerns a cultural and interpretative dimension, linked to critical study of architectural

2.2.2 Ricerca storica e analisi documentaria

Tra la fase di studio tramite analisi delle fonti e le attività di acquisizione si colloca un momento intermedio di particolare rilevanza, costituito dall'osservazione diretta del luogo oggetto d'indagine. Il sopralluogo consente infatti di integrare le informazioni derivate dalle fonti con una conoscenza empirica del manufatto, permettendo di rilevare caratteristiche difficilmente restituibili attraverso i soli strumenti digitali, quali la qualità percettiva delle superfici, le discontinuità geometriche, le relazioni spaziali e le condizioni di conservazione.

L'esperienza *in situ* favorisce inoltre una comprensione critica delle componenti architettoniche, tecnologiche e materiche dell'edificio, anticipando operazioni di interpretazione, classificazione semantica e individuazione delle relazioni geometriche tra le parti. Tali osservazioni vengono sistematizzate attraverso appunti grafici, schizzi interpretativi ed eidotipi, sia analogici che digitali, che costituiscono un ulteriore livello informativo a supporto del processo conoscitivo.

Infine, il sopralluogo rappresenta una fase preliminare indispensabile per l'impostazione consapevole delle successive campagne di rilievo, orientando la scelta delle tecniche di acquisizione e la definizione delle strategie operative in funzione delle specificità.

Durante questa fase, si procede con scatti fotografici sistematici (Fig. 10). Al fine di sviluppare una lettura sistemica del bene, capace di restituirne il significato in relazione al contesto territoriale, all'impianto spaziale e ai singoli elementi costruttivi, viene predisposta una campagna fotografica articolata su più livelli di scala, comprendente sia inquadrature d'insieme sia riprese di dettaglio.

La documentazione fotografica riveste un ruolo strategico nei processi di conoscenza: le immagini non assolvono esclusivamente a una funzione descrittiva, ma costituiscono un supporto operativo per l'interpretazione critica del manufatto, fornendo informazioni utili alla lettura delle caratteristiche morfologiche, materiche e costruttive. Affinché tali

typology under examination; the second relates to operational organization of collaborative *workflow*. These two levels develop in parallel and mutually influence one another, contributing to a construction of a structured knowledge framework and guiding the subsequent operational phases on the basis of the information progressively acquired.

Regardless of typological specificities, a knowledge-oriented approach maintains a constant structure: a *building* is investigated through a critical reading of its configuration, articulated through its decomposition into functional parts and into units attributable to specific historical phases. This analysis is complemented by survey activities carried out through mass data acquisition techniques, direct observation of geometric and spatial relationships among components, analysis of materials and forms of decay, as well as the collection and systematization of documentary sources necessary to complete the knowledge profile of the artifact.

Information acquisition phase is organized through a division of work into subgroups, each responsible for a specific area of investigation. Outcomes of these activities subsequently converge within a single working group, where the information is critically compared and integrated.

Fig. 10 – Sopralluogo e ispezione dei luoghi oggetti di studio, con rilievi fotografici e disegni eseguiti a mano libera.

Fig. 10 – Site visit and inspection of the areas under study, with photographic surveys and freehand drawings.

informazioni risultino scientificamente attendibili, la produzione fotografica deve rispondere a criteri metodologici e tecnici specifici. In primo luogo, è richiesta una copertura esaustiva del bene, tale da includere sia le componenti architettoniche principali sia i particolari significativi, permettendo di documentare la configurazione volumetrica, l'articolazione delle superfici, le tecniche esecutive e le condizioni di degrado.

Un ulteriore requisito fondamentale riguarda l'accuratezza cromatica delle immagini, che devono riprodurre in modo quanto più possibile fedele le tonalità reali dei materiali. La corretta restituzione del colore consente, infatti, di acquisire informazioni qualitative sulle tessiture murarie, sulle finiture superficiali e sull'eventuale presenza di fenomeni di alterazione o degrado, che risultano spesso determinanti per le successive fasi di analisi e interpretazione.

In tal modo, la campagna fotografica contribuisce a costruire un archivio visivo articolato e aggiornabile, utile sia per il monitoraggio evolutivo dello stato di conservazione, sia per la comunicazione e la diffusione della conoscenza del bene, favorendone una più ampia fruizione culturale.

2.2.3 Ricerca storica e analisi documentaria

Il rilievo condotto attraverso strumenti di acquisizione digitale è oggi riconosciuto come una componente imprescindibile nei processi di documentazione del patrimonio costruito. Nel contesto specifico di questa ricerca, tuttavia, il rilievo non è inteso esclusivamente come operazione finalizzata alla restituzione metrica dell'oggetto, ma come fase conoscitiva orientata, da un lato, all'analisi critica delle caratteristiche dimensionali e della complessità costruttiva del manufatto e, dall'altro, alla produzione di dati strutturati, progressivamente implementabili e integrabili all'interno di un sistema informativo aperto e condiviso quale il modello HBIM.

In questa prospettiva, il rilievo assume il ruolo di interfaccia tra realtà fisica e ambiente digitale, configurandosi come base dinamica per l'organizzazione, l'aggiornamento e la messa in relazione delle informazioni geometriche e semantiche nel tempo.

I diversi casi di studio, eterogenei per collocazione geografica, caratteristiche del contesto fisico, configurazione morfologica, destinazione d'uso e grado di conservazione, vengono ricondotti a un impianto metodologico unitario che, pur fondandosi su una sequenza di fasi intenzionalmente generalizzabili (acquisizione, restituzione, interpretazione) richiede di essere declinato in modo flessibile in relazione alle specificità di ciascun manufatto e alle condizioni ambientali e storiche del contesto in cui esso si inserisce.

L'impiego di tecniche digitali avanzate, *laser scanning* 3D e fotogrammetria da drone, consente di acquisire geometrie ad alta definizione, particolarmente necessarie per la modellazione HBIM.

Il *laser scanner* 3D è utilizzato sia per gli ambienti ipogei (come nel caso del Mausoleo di Monte del Grano e del Colombario degli Scipioni), sia per le strutture in elevazione, garantendo accuratezza metrica anche nelle superfici deformate o irregolari (Fig. 11).

La risoluzione del rilievo è stata definita di volta in volta attraverso la calibrazione dei parametri di acquisizione, in particolare la velocità di scansione e l'ampiezza dell'intervallo angolare tra i singoli impulsi, in funzione delle caratteristiche specifiche dei manufatti analizzati. Tali parametri, unitamente alla posizione delle prese, sono stati adattati considerando fattori quali la complessità geometrico-morfologica dell'oggetto, la natura dei materiali costitutivi (distinguendo, ad esempio, tra superfici regolari e paramenti murari articolati) e la presenza

This process leads to the construction of a shared database, organized into an initial conceptual model, or proto-model, in which informational contents are structured according to logical and interpretative relationships. This preliminary structure constitutes the foundation for the development of HBIM model proper, understood as an information system capable of coherently integrating geometry, semantics, and historical knowledge within a unified framework.

2.2.1 Historical Research and Documentary Analysis

The construction of a reliable HBIM model suitable for historic architectural heritage requires systematic integration with documentary, historical, and bibliographic research, which constitutes the foundation of the knowledge-*building* process (Tata, 2019). Historical documentation also makes it possible to bridge a inevitable information *gap*s that arise when *building*s cannot be subjected to invasive or destructive investigations, as in the case described here, while ensuring interpretative coherence and the scientific validity of the model (Attenni et al., 2019).

In this direction, an analysis of historical drawings, photographs, period reports, and bibliographic sources enables a reconstruction of the sequence of constructional transformations, a identification of material and technical stratifications, and a recognition of symbolic and cultural values that characterize each artifact.

Historical research ultimately plays a crucial role in ensuring a transparency of reconstruction and modeling processes. Explicit documentation of sources enhances a reliability of a model by allowing each modeled element to be linked to a specific historical, documentary, or archival reference, which is essential for interdisciplinary analyses and design-related applications. Each intervention is thus traceable, documented, and connected to its original sources, ensuring both a replicability of the model and a possibility of future updates based on newly acquired data.

The process begins with a careful investigation of sources (Fig. 9), including the consultation of archives, iconographic documents, archaeological texts, and photographic repositories. This phase is not limited to data collection, but aims to reconstruct an already critical and coherent historical framework of the asset, identifying

Fig. 11 – Acquisizione mediante *Laser scanner*.

Fig. 11 – Data acquisition using a Laser Scanner.

di elementi architettonici di particolare valore storico o formale, per i quali si è resa necessaria una maggiore densità informativa e un livello più elevato di accuratezza metrica.

Nel caso in esame è stato utilizzato un sistema Faro CAM2 Focus 70, integrato con *target* sferici per la fase di allineamento delle scansioni. Lo strumento, basato su tecnologia a differenza di fase, è dotato di sensori interni per il supporto alla georeferenziazione, all'orientamento spaziale e alla compensazione delle inclinazioni, garantendo condizioni di acquisizione stabili e una maggiore affidabilità complessiva del dato tridimensionale prodotto.

La fotogrammetria da drone integra il rilievo per le parti esterne non accessibili (Fig. 12) e per ottenere ortofoto e modelli fotorealistici delle superfici.

La campagna di acquisizione è stata preceduta da una fase di pianificazione del rilievo, che ha incluso la definizione preventiva delle traiettorie di volo del sistema SAPR[16] . Tale pianificazione ha consentito di verificare e ottimizzare la distribuzione delle prese fotografiche, garantendo una sovrapposizione longitudinale e trasversale non

16_L'acronimo SAPR sta per Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto. Si tratta di droni o velivoli senza persone a bordo, utilizzati per fini professionali, tecnici o scientifici, controllati a distanza tramite una stazione di pilotaggio remoto.
The acronym UAV stands for Unmanned Aerial Vehicles. These are aerial platforms, commonly referred to as drones, operated without onboard crew and employed for professional, technical, or scientific purposes. They are remotely controlled through a dedicated ground control station.

transformations, conservation interventions, and possible alterations. Historical research therefore guides the subsequent phases of the *workflow*, providing an indispensable interpretative compass for distinguishing original elements from those reconstructed over the centuries.

2.2.2 Direct inspection and on-site verification

Situated between the study phase, based on source analysis, and data acquisition activities, there exists an intermediate stage of particular significance: direct observation of site under investigation. A site visit allows integration of information derived from documentary sources with empirical knowledge of the artifact, enabling identification of characteristics that are often difficult to capture through digital tools alone, such as perceptual qualities of surfaces, geometric discontinuities, spatial relationships, and conservation conditions.

Fig. 12 – Acquisizione mediante Fotogrammetria da drone.

Fig. 12 – Data acquisition using drone-based photogrammetry.

inferiore al 70% tra fotogrammi consecutivi, nonché un'adeguata copertura dell'area oggetto di indagine.

Sulla base dei parametri operativi, quali quota di volo, risoluzione spaziale desiderata e lunghezza focale del sensore, sono stati quindi determinati il *Ground Sampling Distance* (GSD) e il numero complessivo di scatti necessari. Parallelamente, è stato effettuato un controllo qualitativo sulle immagini acquisite, con particolare attenzione all'omogeneità cromatica e alle condizioni di illuminazione, al fine di garantire l'affidabilità del dato fotogrammetrico.

La campagna di acquisizione ha previsto sia riprese nadirali sia riprese oblique con inclinazione di circa 45° rispetto al piano orizzontale, così da migliorare la ricostruzione tridimensionale delle superfici e degli spigoli, contribuendo a una restituzione più accurata della geometria e della morfologia complessiva dell'oggetto rilevato.

È stata inoltre realizzata una campagna fotografica di dettaglio rivolta a specifici elementi caratterizzati da particolare valore storico-artistico, sia collocati *in situ* all'interno dei manufatti (come, ad esempio, il sarcofago tradizionalmente attribuito a Lucio Cornelio Scipione Barbato nel Mausoleo degli Scipioni), sia riferibili a beni attualmente decontestualizzati rispetto alla loro collocazione originaria. In quest'ultimo caso rientra il sepolcro attribuito ad Alessandro Severo e a sua madre Giulia Mamea, originariamente ubicato nel Mausoleo di Monte del Grano e oggi conservato ed esposto presso i Musei Capitolini, come si esporrà nei paragrafi seguenti.

On-site experience further facilitates a critical understanding of architectural, technological, and material components of a *building*, anticipating tasks of interpretation, semantic classification, and a identification of geometric relationships among its elements. Such observations are systematically recorded through graphic notes, interpretative sketches, and eidotypes, both analog and digital, which constitute an additional informational layer supporting the knowledge acquisition process.

Moreover, a site visit represents an essential preliminary stage for informed planning of subsequent surveying campaigns, guiding a selection of acquisition techniques and a definition of operational strategies in accordance with specific characteristics of the site.

During this phase, systematic photographic documentation is undertaken (Fig. 10). To develop a holistic understanding of the asset, capable of conveying its

La fotogrammetria di dettaglio ha svolto un ruolo centrale nella documentazione e nell'analisi degli elementi di maggiore complessità formale e valore simbolico, consentendo di ottenere modelli tridimensionali ad alta risoluzione a partire da *set* fotografici dedicati. A differenza delle acquisizioni a scala architettonica o territoriale, questo tipo di rilievo è stato finalizzato alla restituzione fine delle superfici, delle geometrie minute e delle caratteristiche materiche, permettendo di cogliere aspetti difficilmente rilevabili con strumenti di misura tradizionali o con tecniche *laser*.

L'acquisizione è stata condotta attraverso sequenze di immagini con elevata sovrapposizione, realizzate secondo traiettorie multi-angolari, in modo da garantire una copertura completa dell'oggetto e una corretta ricostruzione delle discontinuità geometriche. Particolare attenzione è stata posta al controllo delle condizioni di illuminazione e alla stabilità cromatica delle immagini, al fine di ridurre artefatti e distorsioni nella fase di elaborazione.

Nelle fasi che seguono, la procedura prevede in prima istanza di analizzare il rapporto tra tecniche di acquisizione digitale del costruito e la costruzione di archivi tridimensionali informativi, ponendo particolare attenzione ai processi di conversione del dato metrico derivanti dalle nuvole i punti in modelli HBIM. Tale indagine è accompagnata da un approfondimento critico sulle metodologie di rilievo *reality-based*, considerate lungo un ampio spettro operativo che comprende sia procedure di acquisizione speditiva, sia strategie di rilevamento ad alta risoluzione finalizzate alla restituzione del dettaglio architettonico.

2.2.4 Ricerca storica e analisi documentaria

La documentazione digitale è affiancata dallo studio dei materiali e delle tecniche costruttive. L'analisi delle murature (opera cementizia, laterizia, reticolata), delle malte, degli intonaci e delle finiture superstiti consente di definire correttamente gli oggetti HBIM e le loro proprietà.

Questa fase è particolarmente rilevante nei monumenti archeologici, dove le stratificazioni costruttive sono spesso sovrapposte e non omogenee.

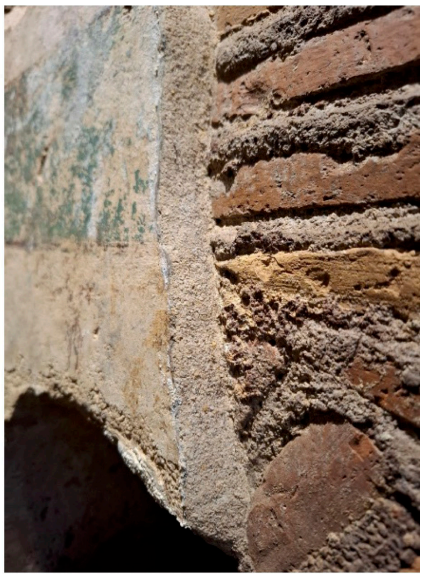
significance in relation to territorial context, spatial layout, and individual construction elements, a photographic campaign is organized across multiple scales, encompassing both general views and detailed shots.

Photographic documentation assumes a strategic role within the knowledge process: images do not serve merely a descriptive function but act as an operational tool for a critical interpretation of the artifact, providing information crucial for analyzing its morphological, material, and construction features. To ensure that such information is scientifically reliable, photographic production must adhere to precise methodological and technical criteria. First, comprehensive coverage of the as*set* is required, encompassing both principal architectural components and significant details, thereby documenting volumetric configuration, surface articulation, construction techniques, and conditions of deterioration.

Another essential requirement concerns a chromatic accuracy of images, which must reproduce true colors of materials as faithfully as possible. Accurate color representation enables an acquisition of qualitative information on masonry textures, surface finishes, and potential signs of alteration or decay, often crucial for subsequent stages of analysis and interpretation.

Mausoleo Monte del Grano.

Sepolcro degli Scipioni.



Colombario degli Scipioni.

Fig. 13 – Acquisizione dei materiali e delle tecniche costruttive.

Fig. 13 – Documentation of materials and construction techniques.

2.2.5 Analisi dello stato di conservazione

L'ultima sottofase prevede una indagine sullo stato degrado attraverso schede descrittive, fotografie georeferenziate e classificazioni tipologiche (Fig. 14). Le informazioni raccolte sono destinate a essere incorporate nel modello informativo, rendendolo uno strumento anche per la manutenzione programmata e per la diagnosi conservativa.

2.3 Fase di restituzione e organizzazione dei dati

Una volta acquisiti, i dati devono essere organizzati e integrati in un sistema strutturato. Questa fase è fondamentale perché consente di trasformare un insieme eterogeneo di informazioni in un *corpus* coerente e interoperabile. La parte che prevede elaborazioni articolate è riferita alla restituzione delle nuvole di punti.

Le nuvole di punti ottenute dal rilievo strumentale sono processate attraverso applicativi avanzati che permettono la registrazione delle scansioni (Fig. 15 e 16), la correzione degli errori e la creazione di modelli geometrici unificati. Tale operazione richiede grande attenzione, poiché eventuali discordanze nella registrazione possono compromettere le fasi successive. La nuvola di punti acquisita con il TLS viene integrata con quella ottenuta come risultato del processamento della fotogrammetria da drone (Fig. 17).

2.4 Modelli 3D matematici

La modellazione costituisce il momento di sintesi tra la base conoscitiva e l'obiettivo finale del progetto. Essa richiede scelte metodologiche consapevoli, in grado di restituire sia la complessità materiale dei monumenti sia il loro valore informativo.

La modellazione tridimensionale parte dalla nuvola di punti e si sviluppa attraverso la ricostruzione di oggetti 3D che rispettano la geometria reale della struttura analizzata (Fig. 18).

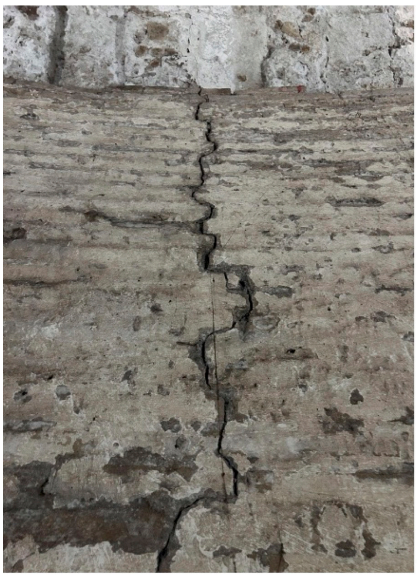
In this manner, a photographic campaign contributes to the construction of a detailed and updatable visual archive, valuable both for monitoring the evolution of the conservation state and for the dissemination of knowledge regarding the asset, thereby promoting broader cultural accessibility.

2.2.3 Instrumental surveying

Digital acquisition-based surveying is today recognized as an essential component of built heritage documentation processes. In specific context of this research, however, surveying is not conceived solely as an operation aimed at producing metric restitutions of a object, but as a knowledge-oriented phase, directed on one hand toward the critical analysis of the artifact's dimensional characteristics and constructional complexity, and on the other hand toward the generation of structured data, progressively implementable and integrable within an open and shared information system such as HBIM model.

From this perspective, surveying assumes a role of an interface between physical reality and digital environment, serving as a dynamic foundation for the organization, updating, and interrelation of geometric and semantic information over time.

Various case studies, heterogeneous in terms of geographical location, characteristics of physical context,



Mausoleo Monte del Grano.

Sepolcro degli Scipioni.

Colombario degli Scipioni.

Fig. 14 – Studio sullo stato del degrado.

Fig. 14 – Analysis of the state of decay

Fig. 15 – Schema con la posizione dei punti di acquisizione del TLS.

Fig. 15 – Diagram showing the positions of TLS acquisition points.

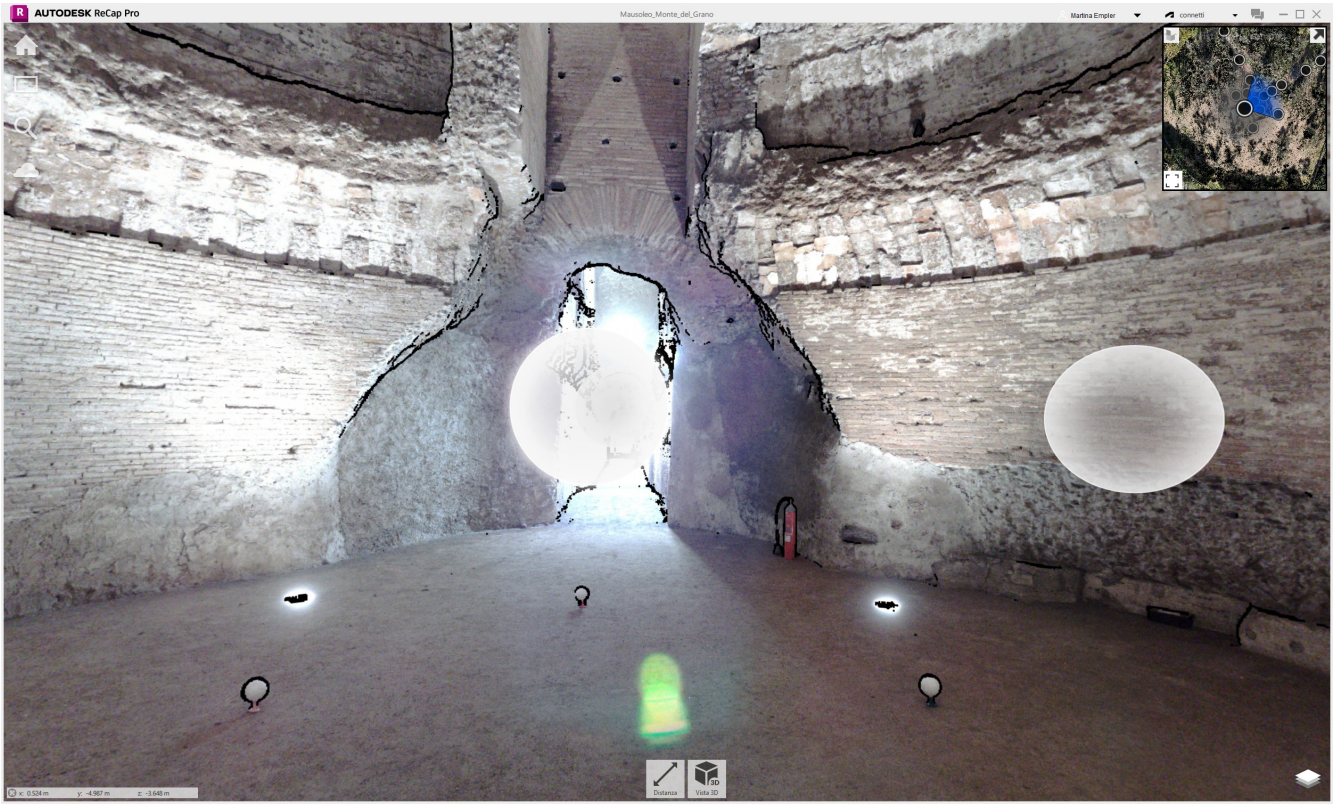


Fig. 16 – Collimazione mediante l'uso di *target* sferici tra prese successive con il TLS.

Fig. 16 – Alignment using spherical targets between successive TLS scans.

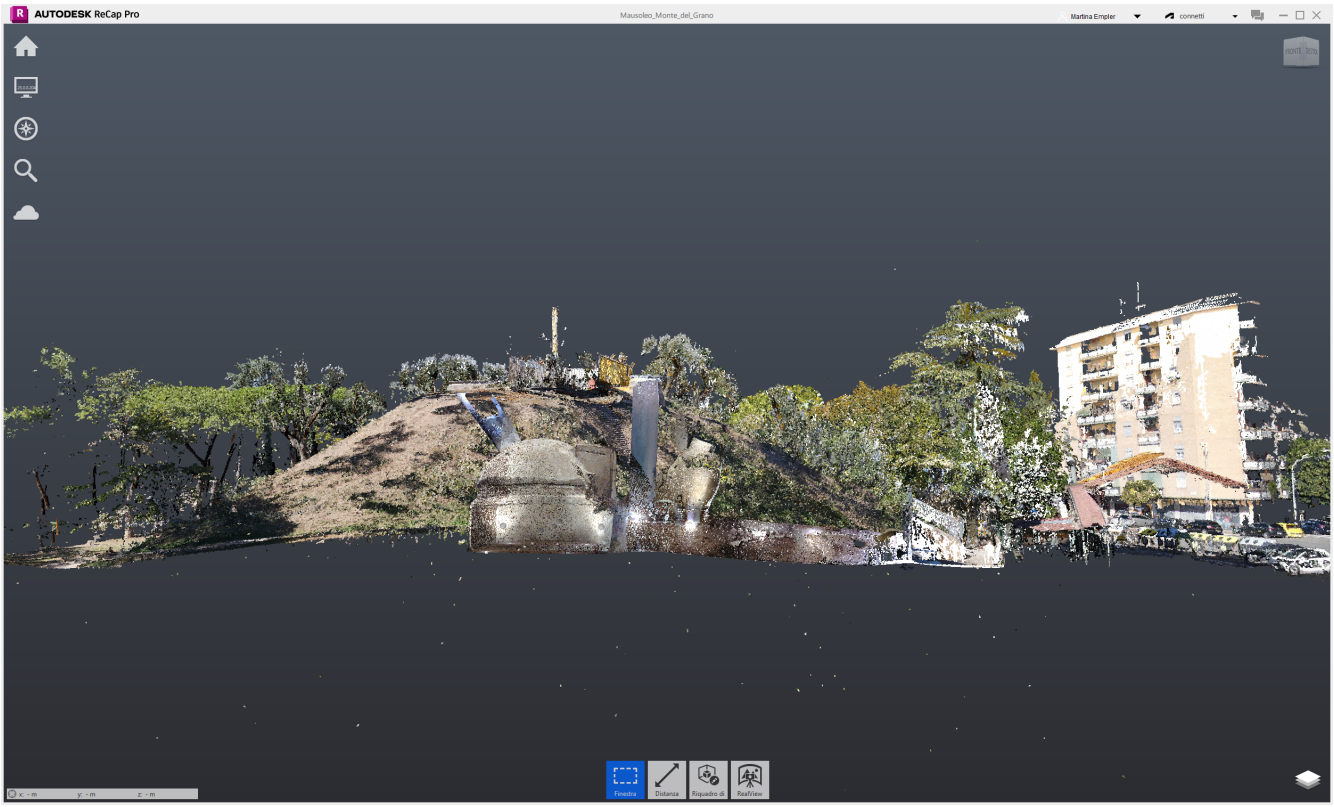


Fig. 17 – Nuvola di punti integrata tra acquisizione TLS e fotogrammetria da drone.

Fig. 17 – Integrated point cloud from TLS and drone photogrammetry acquisition.

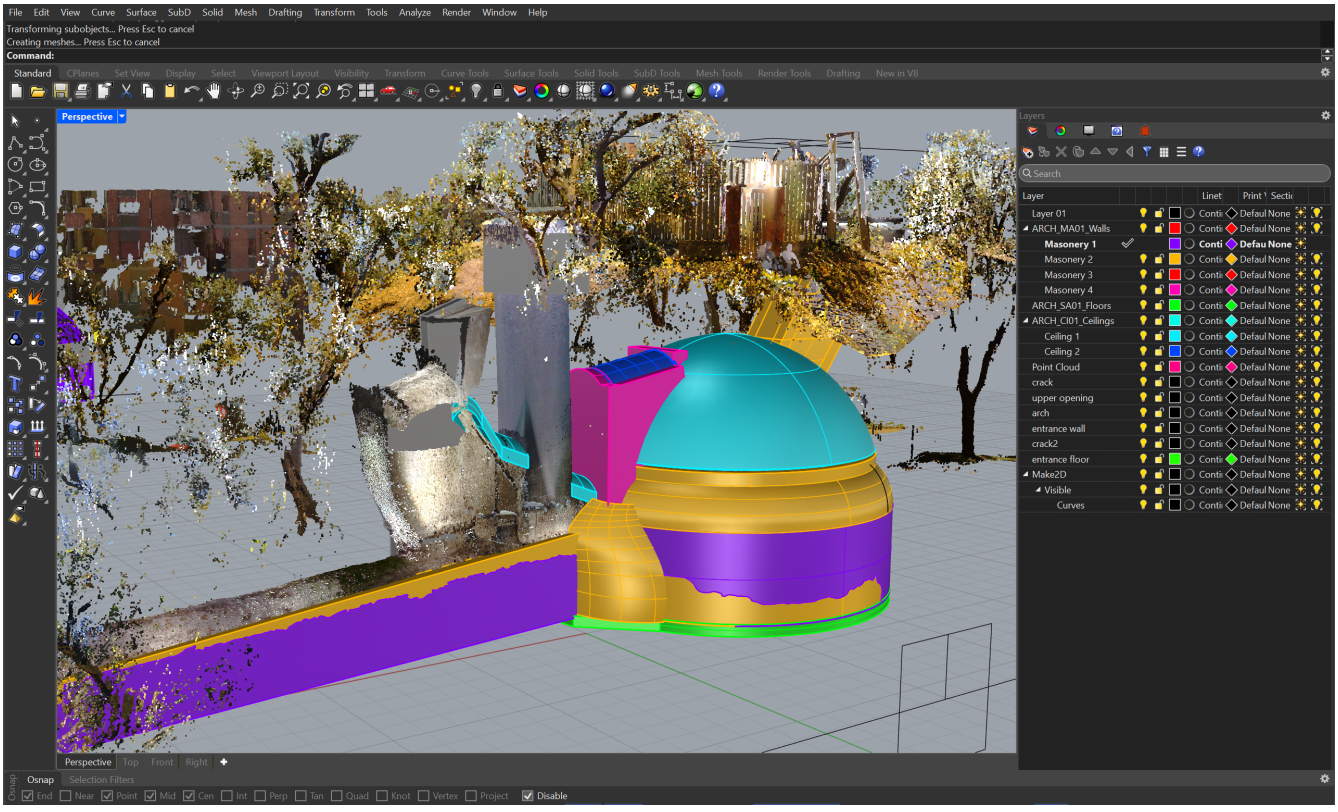


Fig. 18 – Dalla nuvola di punti si sviluppa una modellazione 3D che tiene conto della geometria reale della struttura analizzata.

Fig. 18 – Starting from a point cloud, a 3D model is developed that faithfully represents the actual geometry of the analyzed built heritage asset.

Questo processo richiede un equilibrio tra accuratezza metrica e riconoscibilità tipologica. Le geometrie irregolari sono restituite senza forzature, preservando la complessità morfologica del bene (Fig. 19).

2.5 Connessione dei dati

2.5.1 Visual Programming Language

La connessione dei dati acquisiti con i modelli 3D avviene attraverso l'uso di un *Visual Programming Language* (VPL), strumento che svolge un ruolo centrale nella metodologia descritta. All'interno del processo HBIM, il VPL consente di creare una relazione dinamica tra le informazioni raccolte durante il rilievo, metriche, materiche, diagnostiche, storiche, e gli oggetti tridimensionali del modello (Fig. 20). Questa integrazione non si basa su inserimenti manuali o operazioni isolate, ma su flussi logici strutturati attraverso nodi, algoritmi visivi e schemi parametrici.

Attraverso il VPL è possibile definire regole di comportamento degli elementi, stabilire gerarchie informative, automatizzare calcoli complessi e generare oggetti che rispondono a parametri misurabili e verificabili. Ciò permette di superare la mera rappresentazione geometrica a favore di un modello parametrico informato, in cui ogni componente non solo riproduce il suo equivalente fisico, ma lo descrive attraverso attributi coerenti e aggiornabili: materiali, stato di conservazione, fasi costruttive, condizioni ambientali, vulnerabilità strutturali.

morphological configuration, intended use, and conservation state, are brought together under a unified methodological framework which, while based on a sequence of intentionally generalizable phases (acquisition, restitution, interpretation), requires flexible adaptation to the specificities of each artifact and the environmental and historical conditions of its context.

Use of advanced digital techniques, including 3D *laser scanning* and drone-based photogrammetry, allows for an acquisition of high-definition geometries, which are particularly necessary for HBIM modeling. 3D *laser scanner* is employed both for subterranean environments (as in the cases of the Mausoleum of Monte del Grano and the Columbarium of the Scipios) and for above-ground structures, ensuring metric accuracy even on deformed or irregular surfaces (Fig. 11).

Resolution of survey was determined on a case-by-case basis through calibration of acquisition parameters, in particular scanning speed and angular step between

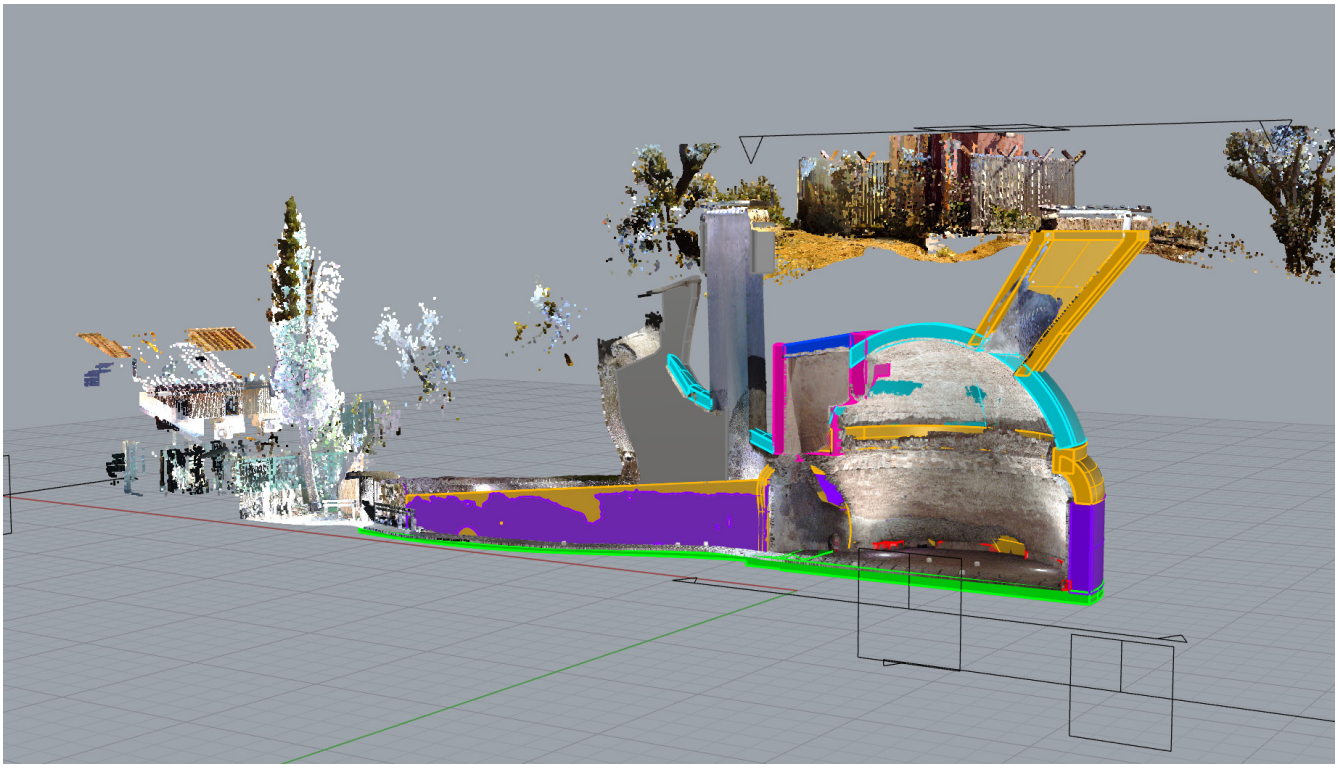


Fig. 19 – Nella modellazione 3D le geometrie complesse preservano la complessità morfologica di quanto denotato.

Fig. 19 – In 3D modeling, complex geometries preserve morphological complexity of the documented built heritage asset.

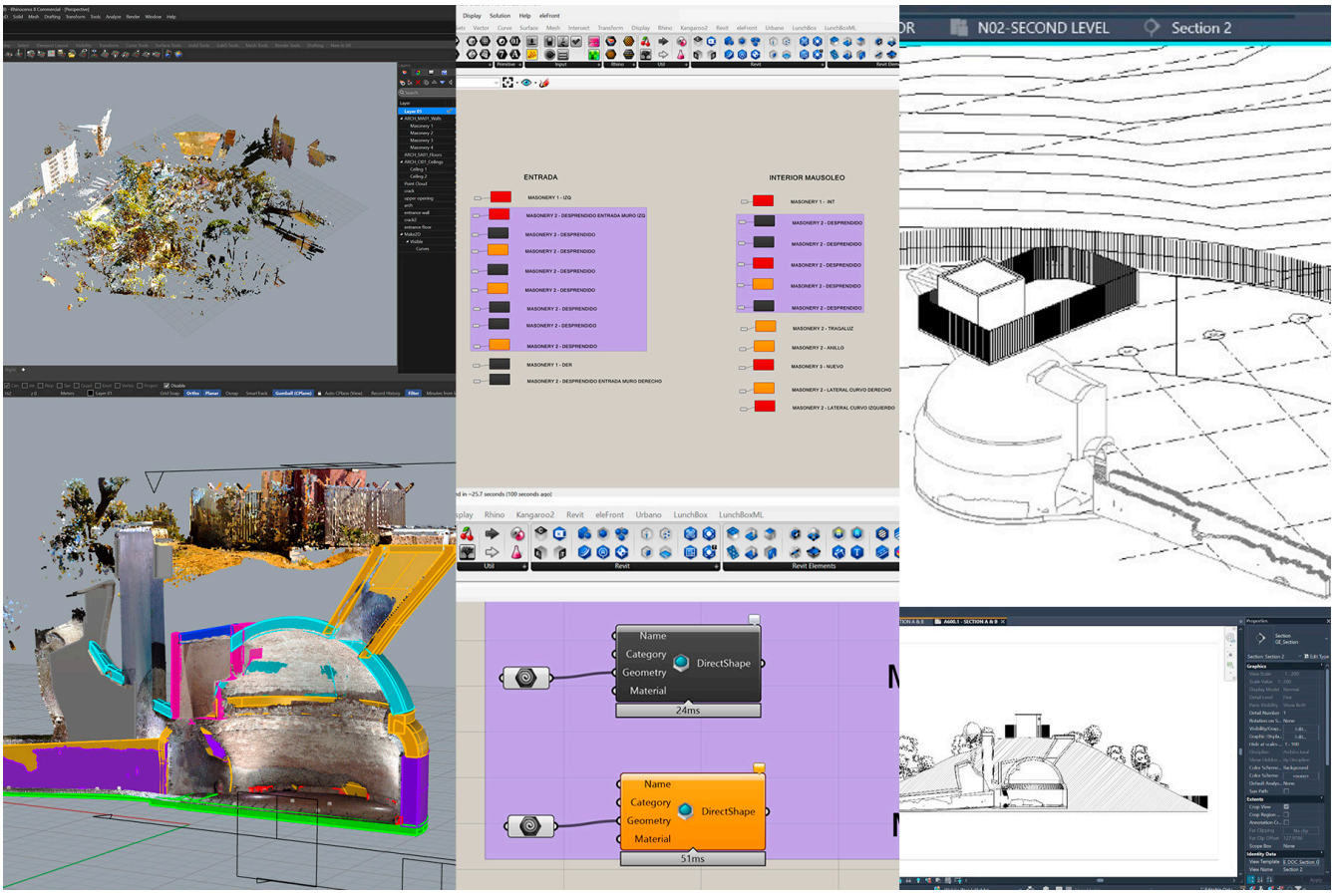


Fig. 20 – Il VPL consente di creare una relazione dinamica tra le informazioni raccolte durante il rilievo, metriche, materiche, diagnostiche, storiche, e gli oggetti tridimensionali del modello, favorendo la realizzazione di un modello parametrico informato.

Fig. 20 – Visual Programming Language (VPL) enables the creation of a dynamic relationship between information collected during the survey, metric, material, diagnostic, and historical, and three-dimensional objects of the model, supporting the development of an informed parametric HBIM model.

Il risultato è un modello che evolve insieme ai dati: se una misura cambia, il modello si aggiorna; se una fonte archivistica integra nuove informazioni, queste possono essere collegate senza discontinuità. In questo modo il VPL garantisce interoperabilità, trasparenza scientifica e una gestione del patrimonio basata su dati tracciabili, aumentando l'efficacia delle analisi, delle simulazioni e delle decisioni conservative.

2.5.2 Modellazione parametrica informativa

Gli elementi modellati non sono semplici oggetti geometrici, ma contenitori di informazioni. Ogni elemento è "informato" e possiede attributi relativi ai materiali, alle tecniche costruttive, allo stato di conservazione e alla cronologia (Fig. 21). Questo livello informativo trasforma il modello in uno strumento conoscitivo completo, utile tanto alla ricerca quanto alla gestione conservativa.

individual pulses, according to specific characteristics of analyzed artifacts. These parameters, together with a placement of scanning positions, were adapted considering factors such as the object's geometric-morphological complexity, the nature of its constituent materials (distinguishing, for example, between regular surfaces and articulated masonry façades), and the presence of architectural elements of particular historical or formal value, which required a higher density of information and an elevated level of metric accuracy.

In the present study, a Faro CAM2 Focus 3D 70 system was employed, integrated with spherical *target*s for scan alignment.

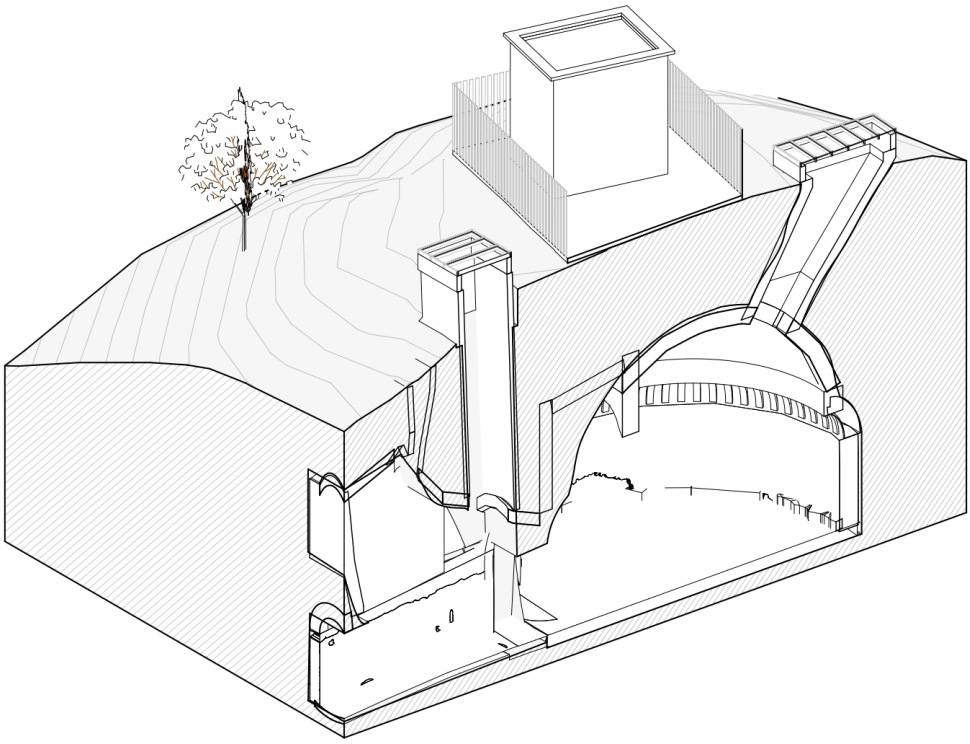


Fig. 21 – I modelli diventano parametrici e sono "informati" con attributi relativi ai materiali, alle tecniche costruttive, allo stato di conservazione e alla cronologia.

Fig. 21 – Models become parametric and are informed with attributes related to materials, construction techniques, conservation state, and chronology.

2.6 Common Data Environment (CDE)

Il progetto adotta un *Common Data Environment*, uno spazio digitale condiviso in cui sono archiviati, organizzati e aggiornati tutti i dati del progetto. Il CDE (Fig. 22) consente ai diversi gruppi di lavoro di accedere alle informazioni secondo livelli di autorizzazione definiti, favorendo un flusso di lavoro collaborativo e trasparente. Questo strumento diventa il punto di riferimento per tutta la durata del progetto, garantendo coerenza, tracciabilità e sicurezza dei dati.

Il CDE permette di gestire un *workflow* collaborativo basato su modelli tematici collegati e revisioni iterative. Ogni disciplina (architettura, archeologia, restauro, fotogrammetria) produce modelli che vengono in seguito federati, generando un ecosistema digitale unitario che conserva la specializzazione di ciascuna analisi.

2.7 Uso dei dati

I dati strutturati ed informati possono essere utilizzati con una duplice uscita: per il restauro e la conservazione degli edifici, da una parte, per la valorizzazione e comunicazione dall'altra.

2.7.1 Restauro e conservazione informati

L'utilizzo di dati informati all'interno di una procedura HBIM rappresenta oggi uno degli strumenti più efficaci per orientare in modo consapevole gli interventi di restauro e conservazione di spazi ed edifici

The instrument, based on phase-difference technology, is equipped with internal sensors to support georeferencing, spatial orientation, and inclination compensation, ensuring stable acquisition conditions and greater overall reliability of the produced three-dimensional data.

Drone photogrammetry complements the survey for inaccessible exterior areas (Fig. 12) and for obtaining orthophotos and photorealistic surface models.

The data acquisition campaign was preceded by a dedicated survey planning phase, which included the preliminary definition of the flight trajectories of the UAV[15]. This planning stage made it possible to assess and optimize the distribution of photographic viewpoints, ensuring both longitudinal and lateral overlaps of no less than 70% between consecutive images, as well as comprehensive coverage of the area under investigation.

Based on the operational parameters—namely flight altitude, *target* spatial resolution, and sensor focal length—the *Ground Sampling Distance* (GSD) and the

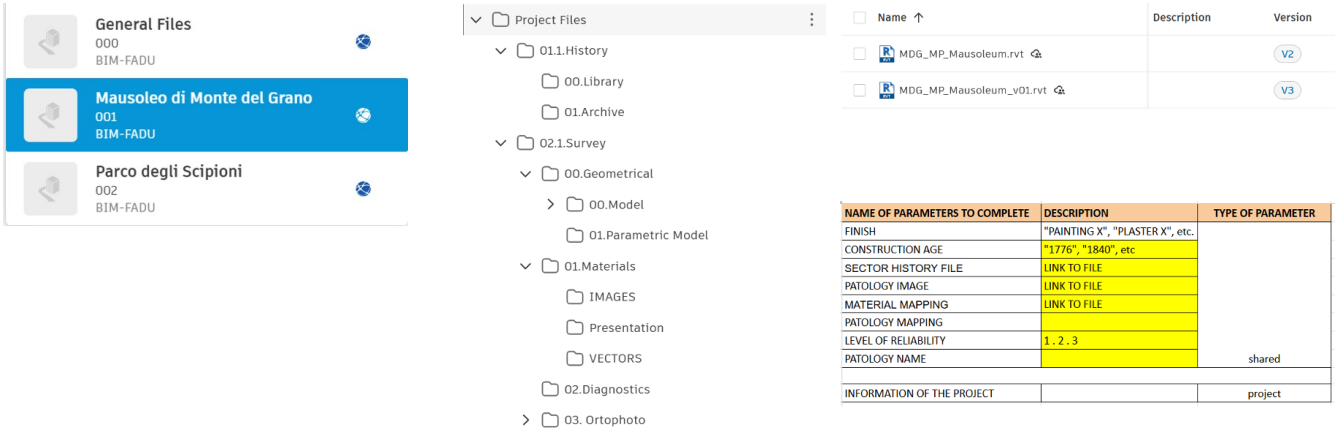


Fig. 22 – Il *Common Data Environment* raccoglie e gestisce dati eterogenei interoperabili.

Fig. 22 – Common Data Environment (CDE) collects and manages heterogeneous and interoperable data related to built heritage asset.

storici. A differenza degli approcci tradizionali, basati su documentazioni frammentarie e spesso statiche, il modello informativo consente di integrare in un unico ambiente digitale dati geometrici, storici, materici, diagnostici e gestionali, trasformando il progetto di restauro in un processo conoscitivo continuo.

All'interno di questo sistema, ogni elemento di un edificio, murature, volte, coperture, apparati decorativi, è associato a informazioni specifiche relative alla sua composizione, allo stato di conservazione, alle patologie riscontrate e agli interventi precedenti (Fig. 23). Ciò permette di leggere il manufatto non come un insieme indistinto, ma come una struttura complessa, stratificata e differenziata, in cui ogni parte richiede strategie conservative calibrate. I dati informati diventano così uno strumento decisionale fondamentale, capace di supportare scelte progettuali basate su evidenze verificabili e non su interpretazioni generiche.

In fase di restauro, il modello informativo consente di simulare scenari di intervento, valutando l'impatto delle operazioni previste sul comportamento strutturale, sull'equilibrio igrometrico e sulla compatibilità materica. La possibilità di interrogare il modello, filtrando le informazioni per tipologia di degrado, fase storica o livello di rischio, favorisce un approccio selettivo e minimo, in linea con i principi della conservazione. Inoltre, la tracciabilità degli interventi effettuati garantisce la continuità della memoria tecnica del bene, evitando la perdita di informazioni nel tempo.

In una prospettiva di lungo periodo, i dati informati costituiscono la base per la manutenzione programmata e per la gestione sostenibile del patrimonio. Il modello HBIM diventa così un archivio vivo, aggiornabile, in grado di accompagnare il bene nel tempo, supportando strategie di conservazione preventiva e favorendo una gestione integrata e responsabile degli spazi e degli edifici storici.

2.7.2 Information and Communication Technology

L'elaborazione dei dati informati all'interno dei modelli HBIM trova uno dei suoi principali esiti applicativi nelle *Information and Communication Technologies* (ICT), che rappresentano il livello di restituzione, diffusione e attivazione dei contenuti prodotti nel processo di conoscenza. In questa prospettiva, le ICT non sono strumenti accessori, ma costituiscono una naturale estensione del modello informativo, capace di tradurre dati complessi in sistemi comunicativi, gestionali e decisionali.

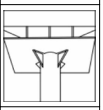
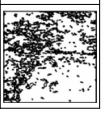
total number of required images were determined accordingly. In parallel, a quality control procedure was applied to the acquired imagery, with particular emphasis on chromatic consistency and lighting conditions, in order to ensure the reliability and metric accuracy of the photogrammetric *dataset*.

The acquisition strategy included both nadir images and oblique photographs captured at approximately a 45-degree angle relative to the horizontal plane. This configuration was adopted to enhance the three-dimensional reconstruction of surfaces and edges, thereby improving the overall accuracy of the geometric and morphological representation of the surveyed object.

In addition, a high-resolution photographic campaign was carried out for selected elements characterized by significant historical and artistic value, both *in situ* within the architectural structures—such as the sarcophagus traditionally attributed to Lucius Cornelius Scipio Barbatus in the Tomb of the Scipios—and for artifacts that are no longer located in their original context. The latter category includes the funerary monument attributed to Emperor Alexander Severus and his mother Julia Mamaea, originally situated in the Mausoleum of Monte del Grano and currently preserved and displayed at the Capitoline Museums, as discussed in the following sections.

2.2.4 Material and construction survey

Digital documentation is complemented by the study of materials and construction techniques. Analysis of masonry

Multi-Category Schedule				
Material Name	Level of Reliability	Patology Name	Patology Image	Patology Pattern
Bricks	2	Degradation		
Metal	2	Structural Reinforcement		
Plaster	3	Degradation		
Brick	1	Degradation		

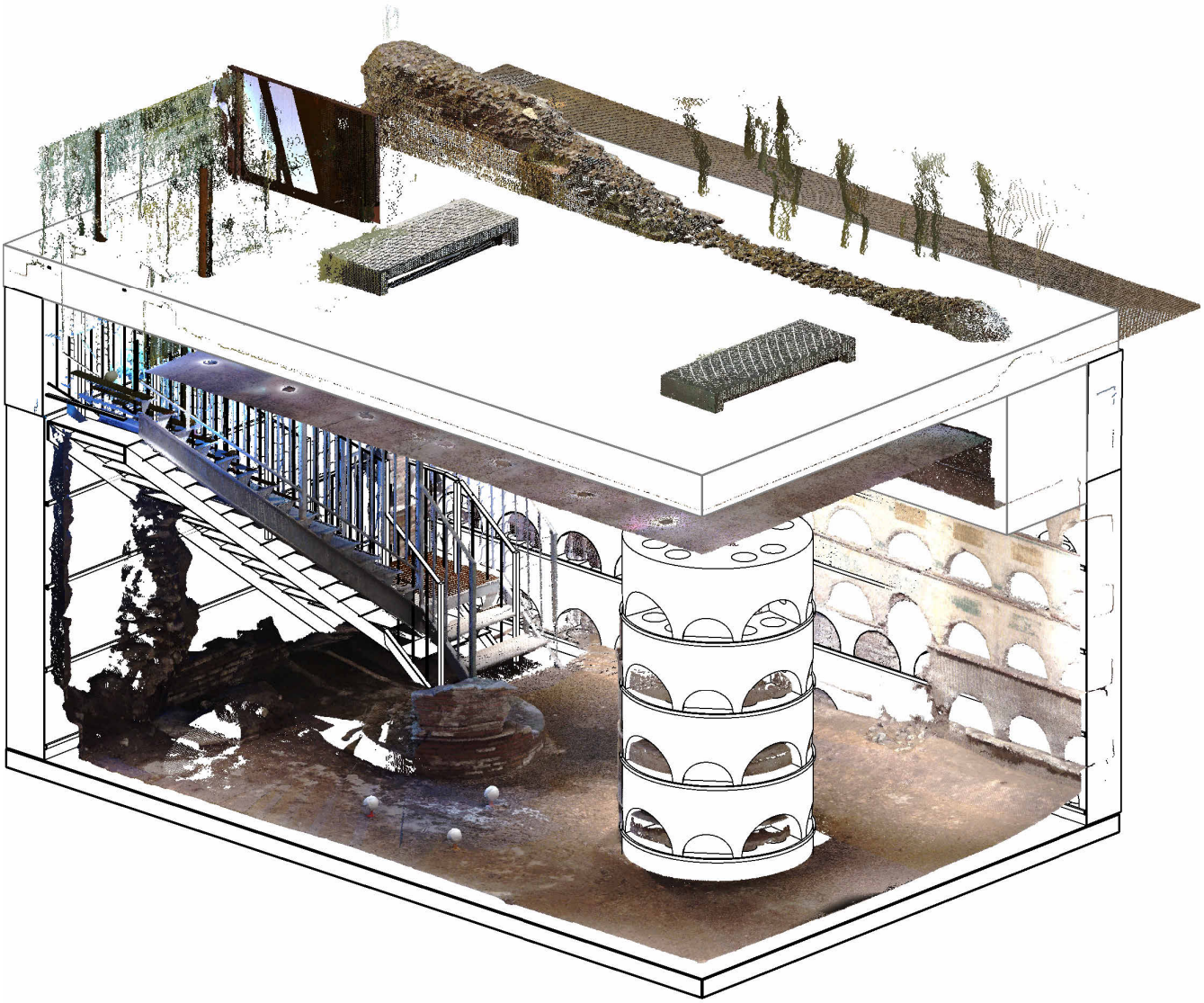


Fig. 23 – Ad ogni componente, dell'oggetto di indagine, sono associate informazioni sul materiale, lo stato di conservazione e il processo di conservazione o restauro.

Fig. 23 – Each component of a built heritage asset is associated with information concerning materials, conservation state, and conservation or restoration processes.

A partire dal modello HBIM, strutturato e interrogabile, è possibile generare *output* digitali differenziati in funzione dei destinatari e degli obiettivi: piattaforme *web*, applicazioni interattive, sistemi di realtà virtuale e aumentata, *digital twin*, database consultabili e sistemi di monitoraggio. I dati informati, opportunamente filtrati e riorganizzati, alimentano così ambienti digitali che consentono di visualizzare, comprendere e utilizzare il patrimonio in modo dinamico. Le ICT permettono di passare dalla conservazione come atto specialistico alla conservazione come processo condiviso.

Nel campo del restauro e della gestione del patrimonio, le ICT supportano il controllo dello stato di conservazione, la programmazione degli interventi e la documentazione delle trasformazioni nel tempo. Sensori ambientali, sistemi di monitoraggio e dashboard informative possono essere collegati al modello HBIM, aggiornandolo in tempo reale e trasformandolo in uno strumento operativo per la conservazione preventiva. In questo modo, il dato informato non è più statico, ma diventa parte di un ecosistema digitale reattivo.

Parallelamente, le ICT svolgono un ruolo fondamentale nella comunicazione e nella valorizzazione. Attraverso applicazioni immersive, percorsi virtuali e strumenti multimediali, i contenuti scientifici vengono tradotti in esperienze accessibili a un pubblico più ampio, senza perdere rigore (Fig. 24). Il modello informativo diventa così la matrice da cui derivano narrazioni, visualizzazioni e strumenti educativi, favorendo la democratizzazione della conoscenza del patrimonio.

Le ICT, alimentate dai dati informati, chiudono il ciclo metodologico HBIM, trasformando la conoscenza in azione, comunicazione e gestione consapevole del bene culturale.

(cementitious, brick, or opus reticulatum), mortars, plasters, and surviving finishes enables an accurate definition of HBIM objects and their associated properties.

This step is particularly significant in archaeological monuments, where construction stratifications are often superimposed and heterogeneous.

2.3 Data processing and organization stage

Once acquired, data must be organized and integrated into a structured system. This stage is fundamental, as it allows a heterogeneous *set* of information to be transformed into a coherent and interoperable *corpus*. Most complex operations pertain to processing of point clouds.

Point clouds obtained from instrumental surveys are processed using advanced software applications that enable a registration of scans (Figs. 15 and 16), correction of errors, and creation of unified geometric models. This operation requires great care, as any discrepancies during registration may compromise subsequent phases. Point cloud acquired via TLS is integrated with

Fig. 24 – I dati informati possono essere organizzati, per avere come *output*, un percorso di comunicazione e valorizzazione.

Fig. 24 – Informed data can be structured to generate, as an output, a communication and heritage valorization pathway.

that resulting from the processing of drone-based photogrammetry (Fig. 17).

2.4 Mathematical 3D models

Modeling represents a moment of synthesis between the knowledge base and the final objectives of the project. It requires informed methodological choices capable of conveying both material complexity of monuments and their informational value.

Three-dimensional modeling is developed starting from point cloud and proceeds through reconstruction of 3D objects that faithfully reflect actual geometry of the analyzed structure (Fig. 18). This process requires a careful balance between metric accuracy and typological recognizability. Irregular geometries are reproduced without simplification or distortion, preserving the morphological complexity of the ass*et* (Fig. 19).

2. 5 Data connection

2.5.1 Visual Programming Language

Connection between acquired data and 3D models is achieved through the use of a *Visual Programming Language* (VPL), a tool that plays a central role within the described methodology. Within HBIM process, VPL enables the creation of a dynamic relationship between information collected during the survey, metric, material, diagnostic, and historical, and three-dimensional objects of the model (Fig. 20). This integration is not based on manual data entry or isolated operations, but rather on structured logical *workflow*s developed through nodes, visual algorithms, and parametric schemes.

Through VPL, it is possible to define behavioral rules for model elements, establish informational hierarchies, automate complex calculations, and generate objects that respond to measurable and verifiable parameters. This approach makes it possible to move beyond mere geometric representation toward an informed parametric model, where each component not only reproduces its physical counterpart but also describes it through coherent and updatable attributes, including materials, conservation state, construction phases, environmental conditions, and structural vulnerabilities.

The result is a model that evolves in parallel with data: if a measurement changes, the model is updated accordingly; if archival sources provide new information, these can be seamlessly integrated. In this way VPL ensures interoperability, scientific transparency, and data-driven heritage management, enhancing the effectiveness of analytical processes, simulations, and conservation decision-making.

2.5.2 Informative parametric modeling

Modeled elements are not mere geometric objects, but information containers. Each element is "informed" and is endowed with attributes related to materials, construction techniques, conservation state, and chronology (Fig. 21). This informational layer transforms a model into a comprehensive knowledge tool, suitable both for research purposes and for conservation management.

2.6 Common Data Environment (CDE)

The project adopts a *Common Data Environment*, a shared digital space where all project data are stored, organized, and continuously updated. CDE (Fig. 22) allows a various working groups to access information according to predefined authorization levels, thereby fostering a collaborative and transparent *workflow*. This tool serves as a central reference throughout the entire project lifecycle, ensuring data consistency, traceability, and security.

CDE enables a management of a collaborative *workflow* based on interconnected thematic models and iterative review processes. Each discipline, architecture, archaeology, conservation, and photogrammetry, produces specific models that are subsequently federated, generating a unified digital ecosystem that preserves the specialization of each analytical contribution.

2.7 Use of data

Structured and informed data can be employed with a dual *output*: on the one hand, for restoration and conservation of *building*s, and on the other, for heritage valorization and communication.

2.7.1 Informed restoration and conservation

Use of informed data within an HBIM-based procedure currently represents one of the most effective tools for guiding restoration and conservation interventions in historic *building*s and spaces in a scientifically informed manner. Unlike traditional approaches, which rely on fragmented and often static documentation, information model allows geometric, historical, material, diagnostic, and management-related data to be integrated within a single digital environment, transforming the restoration project into a continuous knowledge-based process.

Within this system, each *building* component, such as masonry, vaults, roofs, and decorative elements, is associated with specific information concerning its composition, conservation state, identified pathologies, and previous interventions (Fig. 23). This approach enables the artifact to be interpreted not as an undifferentiated whole, but as a complex, stratified, and differentiated structure, where each part requires calibrated conservation strategies. In this sense, informed data become a fundamental decision-making tool, supporting design choices grounded in verifiable evidence rather than generic interpretations.

During restoration phase, information model allows for the simulation of intervention scenarios, assessing an impact of proposed actions on structural behavior, hygrothermal balance, and material compatibility. Possibility of querying the model by filtering information according to degradation typology, historical phase, or risk level promotes a selective and minimal intervention approach, consistent with conservation principles. Moreover, traceability of implemented interventions ensures continuity of asset's technical memory, preventing loss of information over time.

From a long-term perspective, informed data constitute the basis for scheduled maintenance and sustainable heritage management. HBIM model thus becomes a living, updatable archive capable of accompanying ass*et* over time, supporting preventive conservation strategies and fostering an integrated and responsible management of historic spaces and *building*s.

2.7.2 Information and Communication Technologies

Processing of informed data within HBIM models finds one of its primary fields of application in *Information and Communication Technologies* (ICT), which represent the level of restitution, dissemination, and activation of the content produced throughout a knowledge acquisition

process. From this perspective, ICT should not be regarded as ancillary tools, but rather as a natural extension of the information model, capable of translating complex data into communicative, managerial, and decision-support systems.

Starting from a structured and queryable HBIM model, it is possible to generate differentiated digital *output*s according to *target* users and objectives, including *web* platforms, interactive applications, virtual and augmented reality systems, *digital twins*, consultable databases, and monitoring systems. Informed data, appropriately filtered and reorganized, thus feed digital environments that enable the visualization, understanding, and dynamic use of cultural heritage assets. ICT facilitate a shift from conservation as a specialist-driven act toward conservation as a shared and participatory process.

In the field of heritage restoration and management, ICT support the monitoring of conservation conditions, the planning of interventions, and the documentation of transformations over time. Environmental sensors, monitoring systems, and informational dashboards can be connected to the HBIM model, enabling real-time updates and transforming it into an operational tool for preventive conservation. In this way, informed data cease to be static and become part of a responsive digital ecosystem.

At the same time, ICT play a fundamental role in communication and heritage valorization. Through immersive applications, virtual tours, and multimedia tools, scientific content is translated into experiences accessible to a wider audience without compromising scholarly rigor (Fig. 24). Information model thus becomes the matrix from which narratives, visualizations, and educational tools are derived, fostering the democratization of heritage knowledge.

Fueled by informed data, ICT close the HBIM methodological cycle, transforming knowledge into action, communication, and informed management of cultural heritage assets.

CAPILLA SAN ROQUE

PARTE 2
ATTIVITÀ SVOLTE A BUENOS AIRES

PART 2 – Activities carried out in Buenos Aires

Capitolo 3
Documentazione storica: il conjunto monumental San Francisco

CHAPTER 3 - Historical documentation: San Francisco monumental complex

3.1 Conjunto Monumental San Francisco

La selezione del *Conjunto Monumental San Francisco* e, in particolare, della *Capilla San Roque*, il chiostro e la sacrestia della Chiesa di San Francesco, che sono indagati, rispondono a una serie di criteri precisi che tengono conto non solo della rilevanza storico-artistica dell'isolato, ma anche della sua complessità architettonica, stratigrafica e conservativa, nonché del suo valore urbano e simbolico all'interno del tessuto della città di Buenos Aires (Fig. 25). Situato nel quartiere di Montserrat, uno dei nuclei più antichi della capitale argentina, il complesso costituisce un vero e proprio palinsesto di archeologia urbana, in cui si sovrappongono secoli di trasformazioni architettoniche, religiose, sociali e politiche.

La posizione del complesso all'incrocio tra le vie Defensa e Alsina, all'interno della storica "*Manzana Franciscana*", lo colloca in un ambito urbano di straordinaria densità simbolica. Tale isolato rappresenta uno dei primi insediamenti stabili dell'ordine francescano nel Río de la Plata ed è strettamente legato alle vicende della colonizzazione spagnola (Fig. 26), della formazione dello Stato argentino e dei successivi processi di modernizzazione urbana. L'area è prossima ai principali luoghi del potere politico nazionale e si inserisce sull'asse monumentale che collega la Casa Rosada, sede del potere esecutivo, al Congresso della Nazione, cuore del potere legislativo. In questo senso, il *Conjunto San Francisco* assume il ruolo di testimone silenzioso dei grandi mutamenti della città, mantenendo però intatta la propria funzione spirituale e identitaria.

Dal punto di vista storico, la presenza francescana a Buenos Aires risale ai primi decenni del XVII secolo. Il complesso ha conosciuto numerose fasi costruttive, ampliamenti, rifacimenti e restauri, che ne hanno progressivamente definito l'attuale configurazione. La *Capilla San Roque*, il chiostro e la sacrestia della Chiesa di San Francesco, in particolare, rappresentano alcuni degli elementi più significativi non solo per il valore artistico delle originali decorazioni e delle soluzioni architettoniche, ma anche per il ruolo all'interno della vita religiosa e sociale della comunità (Fig. 27 e 28).

La complessità architettonica della cappella, del chiostro e sella sacrestia rendono particolarmente interessante la scelta come caso pilota per la sperimentazione della metodologia HBIM. La modellazione di un bene storico di questo tipo pone infatti una serie di questioni metodologiche di grande rilievo, dalla gestione delle geometrie complesse alla definizione dei livelli di dettaglio informativo (LOD e LOI), dalla rappresentazione delle stratigrafie costruttive all'integrazione delle informazioni diagnostiche e conservative.

La scelta del caso studio è, inoltre, guidata da considerazioni di natura logistica, scientifica e didattica. Il *Conjunto San Francisco* costituisce un bene accessibile per le attività di rilievo diretto, grazie alla disponibilità delle autorità religiose e delle istituzioni locali a collaborare con il progetto. Tale apertura consente di svolgere campagne di rilievo integrate, comprendenti misurazioni dirette, rilievo fotografico, fotogrammetria digitale e acquisizioni tramite *laser scanner*. La disponibilità di tali dati rappresenta una condizione imprescindibile per la costruzione di un modello informativo accurato e affidabile.

Dal punto di vista scientifico, il complesso offre l'opportunità di affrontare tematiche di grande attualità nel campo della conservazione del patrimonio, quali il degrado dei materiali, le problematiche strutturali, le interferenze tra interventi storici e restauri più recenti, la gestione degli impianti e l'impatto della fruizione turistica. La possibilità

3.1 San Francisco monumental complex

The selection of *San Francisco* monumental complex, and in particular *San Roque* Chapel, cloister, and sacristy of *San Francisco* churc, objects of investigation in this study, responds to a *set* of precise criteria that take into account not only historical and artistic significance of the block, but also its architectural, stratigraphic, and conservation complexity, as well as its urban and symbolic value within the fabric of the city of Buenos Aires (Fig. 25).

Located in Montserrat district, one of the oldest cores of the Argentine capital, the complex constitutes a true palimpsest of urban archaeology, where centuries of architectural, religious, social, and political transformations overlap. Position of the complex at the intersection of Defensa and Alsina streets, within the historic *Manzana Franciscana*, places it in an urban context of extraordinary symbolic density. This block represents one of the earliest stable settlements of the Franciscan Order in Río de la Plata region and is closely linked to events of Spanish colonization (Fig. 26), formation of Argentine state, and subsequent processes of urban modernization.

The area lies in close proximity to the main sites of national political power and is located along the monumental axis connecting Casa Rosada, seat of the executive branch, with the National Congress, the heart of legislative power. In this sense, *San Francisco* complex assumes the role of a silent witness to the major transformations of the city, while preserving its spiritual and identity-related function intact.

From a historical perspective, the Franciscan presence in Buenos Aires dates back to the early decades of the seventeenth century. The complex has undergone numerous construction phases, expansions, reconstructions, and restoration campaigns, which have progressively shaped its current configuration. *San Roque* Chapel, the cloister, and the sacristy of the church of *San Francisco*, in particular, represent some of the most significant elements not only for the artistic value of their original decorations and architectural solutions, but also for their role in religious and social life of the community (Figs. 27 and 28).

Architectural complexity of the chapel, cloister, and sacristy makes this ensemble

Fig. 25 – Collocazione attuale del *Conjunto Monumental San Francisco* nel centro storico di Buenos Aires.

Fig. 25 – Current location of the Conjunto Monumental San Francisco in the historic center of Buenos Aires.

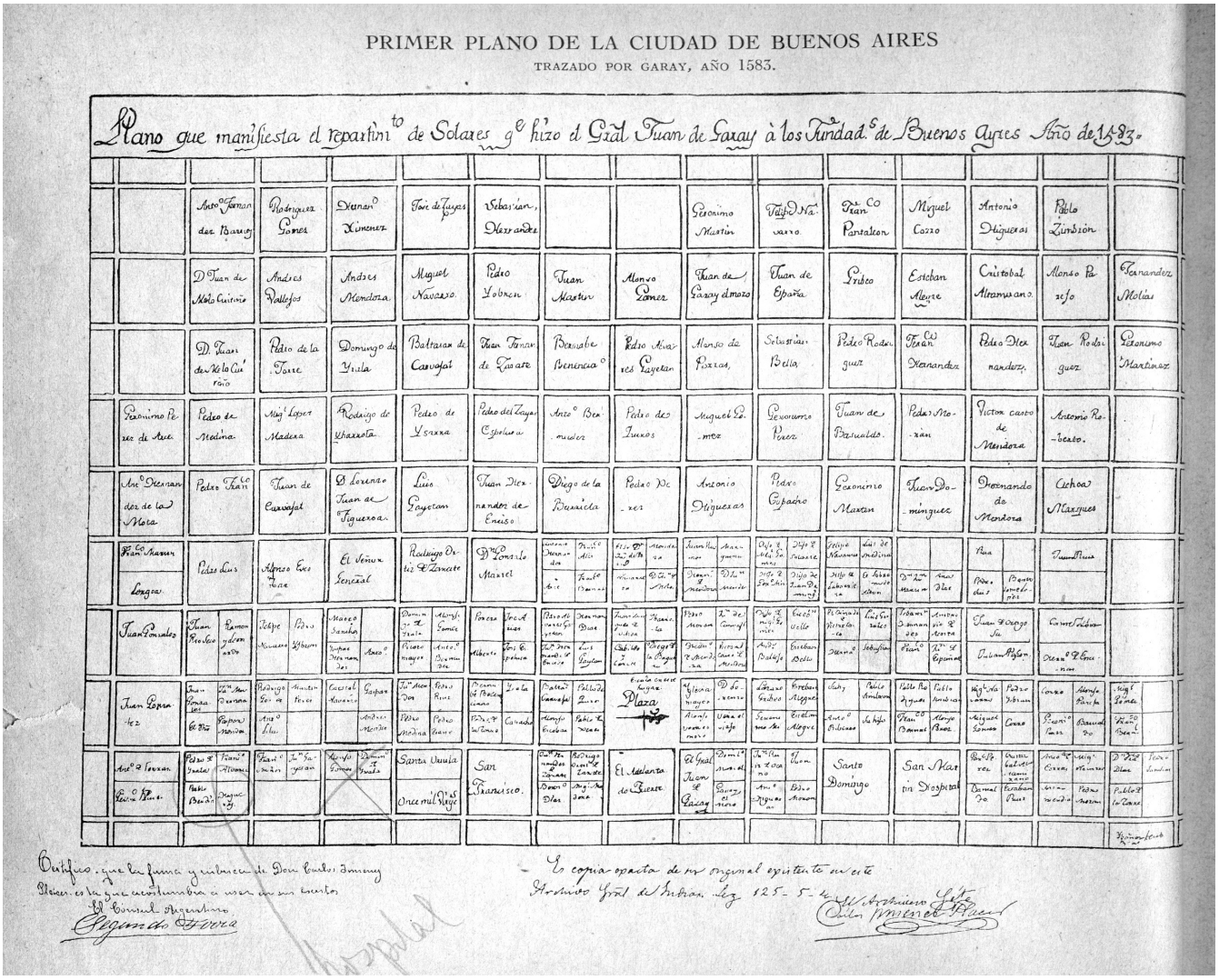


Fig. 26 – Primo piano di sviluppo della città di Buenos Aires di Juan de Garay del 1583.

Fig. 26 – First urban plan of the city of Buenos Aires by Juan de Garay, 1583.

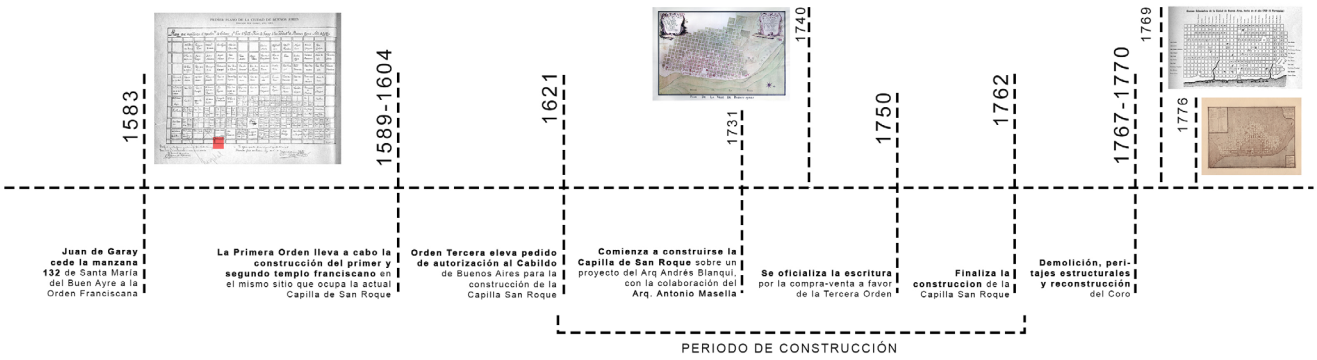


Fig. 27 – Linea del tempo dello sviluppo di Buenos Aires, dal 1583 al 1776.

Fig. 27 – Timeline of the development of Buenos Aires, from 1583 to 1776.

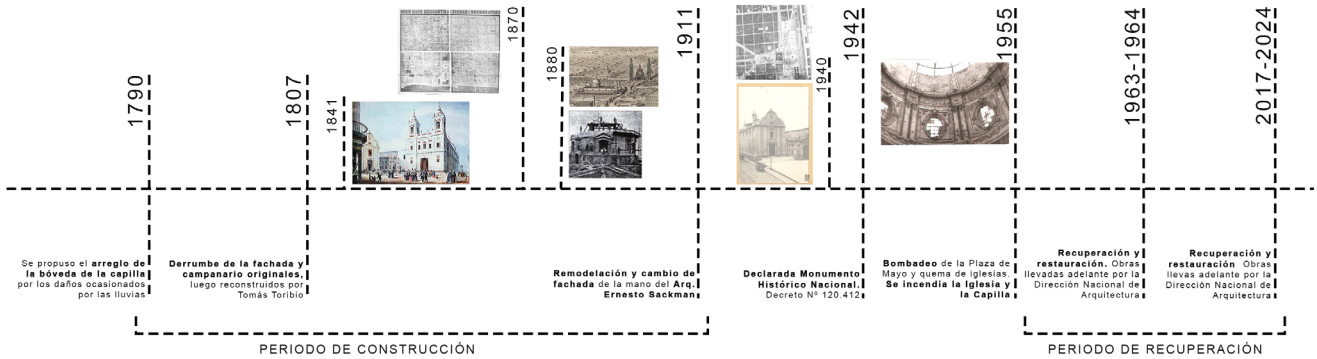


Fig. 28 – Linea del tempo dello sviluppo di Buenos Aires, dal 1790 al 2024.

Fig. 28 – Timeline of the development of Buenos Aires, from 1790 to 2024.

di integrare tutte queste informazioni all'interno di un unico modello concettuale HBIM consente non solo una lettura sinottica dello stato dell'edificio, ma anche la simulazione di scenari di intervento e la pianificazione delle strategie di manutenzione.

Un ulteriore elemento che ha inciso sulla scelta del caso studio è rappresentato dal forte valore identitario del complesso per la comunità locale. Il *Conjunto Monumental San Francisco* non è soltanto un oggetto di studio per specialisti, ma un luogo vissuto, frequentato, carico di significati simbolici e religiosi. Questo aspetto orienta il progetto verso una concezione del modello digitale non esclusivamente tecnica, ma aperta anche a finalità di divulgazione e di accessibilità culturale. Il modello HBIM, infatti, può diventare uno strumento di mediazione tra la comunità scientifica e il pubblico più ampio, favorendo una conoscenza più consapevole del patrimonio.

Nel contesto urbano di Buenos Aires, caratterizzato da una forte pressione edilizia e da continui processi di trasformazione, la tutela dei complessi storici assume un ruolo strategico. La *Manzana Franciscana* rappresenta uno dei pochi ambiti in cui è ancora possibile leggere in modo chiaro la trama della città coloniale. La presenza del *Conjunto San Francisco* contribuisce in maniera determinante alla percezione dell'identità storica del quartiere di Montserrat, fungendo

particularly suitable as a pilot case for experimenting with HBIM methodology. Modeling a historic asset of this type raises a series of highly relevant methodological issues, ranging from the management of complex geometries to the definition of appropriate Levels of Detail and Levels of Information (LOD and LOI), from the representation of construction stratigraphies to integration of diagnostic and conservation-related data.

Selection of the case study is also guided by logistical, scientific, and educational considerations. *San Francisco* complex constitutes an accessible asset for direct survey activities, thanks to willingness of religious authorities and local institutions to collaborate with the project. This openness makes it possible to carry out integrated survey campaigns, including direct measurements, photographic documentation, digital photogrammetry, and *laser scanning* acquisitions.

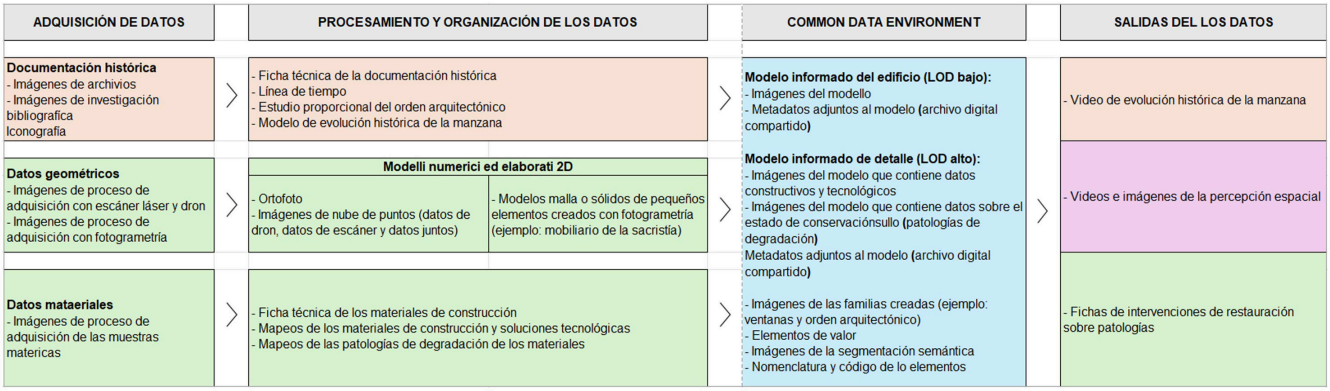


Fig. 29 – Metodologia HBIM applicata.

Fig. 29 – Applied HBIM methodology.

da elemento di continuità tra passato e presente. La sua valorizzazione, anche attraverso strumenti digitali avanzati, si inserisce in una più ampia politica di salvaguardia del centro storico e di promozione del turismo culturale.

Dal punto di vista metodologico (Fig. 29), il *Conjunto Monumental San Francisco* si rivela un laboratorio ideale per testare le potenzialità e i limiti della metodologia HBIM applicata a un complesso architettonico. La necessità di rappresentare con precisione geometrie irregolari, superfici decorate e strutture articolate consente di sperimentare soluzioni di modellazione avanzate, basate sull'integrazione tra dati di rilievo tridimensionale e modellazione parametrica. Allo stesso tempo, l'inserimento di informazioni storiche, bibliografiche e archivistiche permette di verificare le modalità di strutturazione del dato all'interno del modello informativo.

La scelta del caso studio risponde infine a una logica di replicabilità. Sebbene il complesso presenti caratteristiche uniche, le problematiche affrontate nel corso della ricerca, dal rilievo alla modellazione, dalla gestione delle informazioni alla pianificazione degli interventi, sono comuni a molti edifici e complessi storici del contesto latino-americano ed europeo. In questo senso, il metodo sviluppato può essere considerato un prototipo operativo, potenzialmente applicabile ad altri complessi monumentali con caratteristiche analoghe.

3.2 Evoluzione della "Manzana Franciscana"

Per una comprensione piena e consapevole del complesso architettonico è indispensabile analizzare in primo luogo il contesto urbano all'interno del quale è inserito, ovvero la storica "*Manzana Franciscana*". Tale isolato non rappresenta un semplice contenitore edilizio, ma un vero e proprio organismo urbano stratificato, il cui sviluppo è strettamente intrecciato con la nascita, l'evoluzione e le trasformazioni della città di Buenos Aires. L'analisi condotta nel corso della ricerca abbraccia un arco temporale molto ampio (Fig. 30), che va dalla seconda metà del XVI secolo fino ai giorni nostri, attraverso lo studio delle dinamiche di occupazione del suolo tra il 1769 e il 1870, per poi estendersi ai registri catastali novecenteschi (1929–2009) e alla documentazione urbanistica contemporanea.

Sin dalle sue origini coloniali, la *Manzana Franciscana* rappresenta uno dei poli fondamentali dell'insediamento urbano. La presenza

Availability of such data represents an essential prerequisite for the construction of an accurate and reliable information model.

From a scientific standpoint, the complex offers an opportunity to address highly topical issues in the field of heritage conservation, such as material degradation, structural problems, interactions between historical interventions and more recent restorations, management of *building* services, and impact of tourist use. Integration of all these aspects within a single HBIM conceptual model enables not only a synoptic reading of the *building*'s condition, but also a simulation of intervention scenarios and the planning of maintenance strategies.

A further factor influencing the choice of this case study is the strong identity value of the complex for the local community. *San Francisco* monumental complex is not merely an object of study for specialists, but a lived and frequented place, imbued with symbolic and religious meanings. This aspect directs the project toward a conception of digital model that is not exclusively technical, but also oriented toward dissemination and cultural accessibility. HBIM model can thus become a mediating tool between the scientific community and the wider public, fostering a more informed awareness of heritage.

Within the urban context of Buenos Aires, characterized by strong development pressure and ongoing processes of transformation, the protection of historic complexes assumes a strategic role. *Manzana Franciscana* represents one of the few areas where the fabric of the colonial city can still be clearly perceived. Presence of *San Francisco* complex contributes decisively

Fig. 30 – Planimetria della città di Buenos Aires del 1713 (autore José Bermudez).

Fig. 30 – Plan of the city of Buenos Aires, 1713 (author: José Bermúdez).

dell'Ordine dei Frati Minori nel Río de la Plata risale agli inizi del XVII secolo, in un momento in cui la città di Buenos Aires sta progressivamente consolidando il proprio ruolo di nodo strategico per i traffici commerciali e amministrativi del Vicereame. Il primo impianto conventuale, realizzato in forme semplici e con materiali poveri, riflette le caratteristiche tipiche dell'architettura francescana, improntata a criteri di sobrietà, funzionalità e forte integrazione con la vita comunitaria.

Nel corso del XVIII secolo, la *Manzana Franciscana* subisce una progressiva densificazione edilizia, determinata sia dall'espansione delle attività religiose e assistenziali dell'Ordine, sia dalla crescente pressione urbana. Gli spazi aperti originari vengono progressivamente occupati da nuovi corpi di fabbrica, ampliamenti, cortili secondari e percorsi di collegamento, dando luogo a un sistema edilizio complesso e altamente articolato. Le mappe storiche del periodo testimoniano una configurazione in continua evoluzione, in cui il rapporto tra vuoti e pieni, tra spazi pubblici e ambiti di pertinenza conventuale, si modifica costantemente.

to the perception of the historical identity of the Montserrat district, functioning as an element of continuity between past and present. Its valorization, also through advanced digital tools, forms part of a broader policy aimed at safeguarding the historic center and promoting cultural tourism.

From a methodological perspective (Fig. 29), *San Francisco* monumental complex proves to be an ideal laboratory for testing the potential and limitations of HBIM methodology applied to an architectural ensemble. The need to accurately represent irregular geometries, decorated surfaces, and articulated structures allows the experimentation of advanced modeling solutions based on integration of three-dimensional

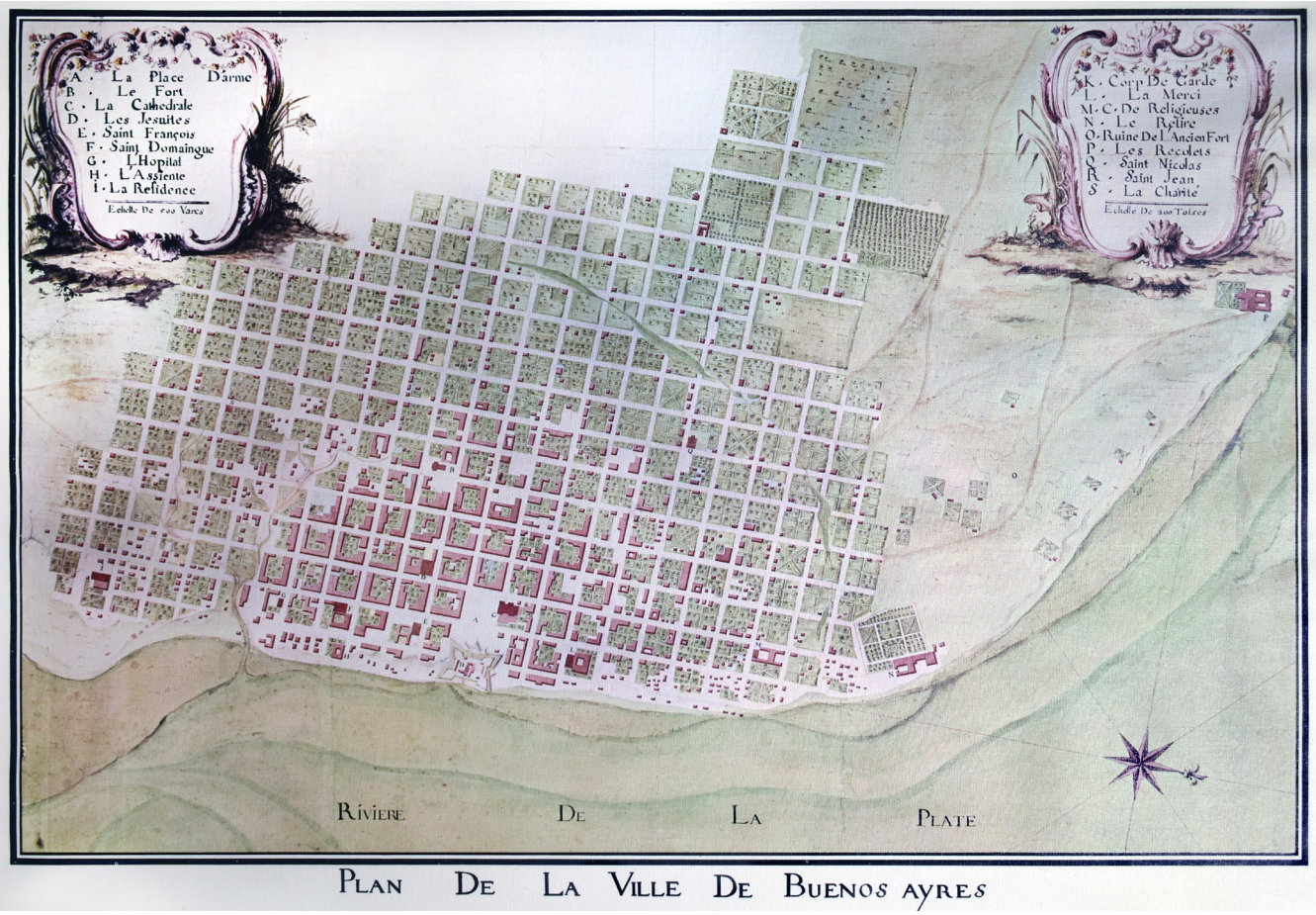


Fig. 31 – Planimetria della città di Buenos Aires del 1740 circa (autore anonimo).

Fig. 31 – Plan of the city of Buenos Aires, circa 1740 (anonymous author).

L'analisi delle dinamiche di occupazione del suolo tra il 1769 e il 1870 consente di ricostruire in modo puntuale le principali fasi di crescita dell'isolato. In questo periodo, la *Manzana Franciscana* si configura come un microcosmo urbano caratterizzato dalla sovrapposizione di funzioni religiose, assistenziali, educative e residenziali. Accanto alla chiesa e al convento, si sviluppano spazi destinati all'insegnamento, alla cura dei bisognosi, all'accoglienza dei pellegrini e, in alcuni casi, anche ad attività produttive.

Con l'avvio dei processi di indipendenza e la nascita dello Stato argentino nel corso del XIX secolo, la *Manzana* assume un nuovo significato simbolico e istituzionale. Le politiche di secolarizzazione e di riorganizzazione delle proprietà ecclesiastiche incidono profondamente sull'assetto del complesso. Alcuni edifici vengono espropriati, trasformati o demoliti per fare spazio a nuove funzioni pubbliche, mentre altri vengono riconvertiti per rispondere alle esigenze della città in rapida crescita. La *Manzana*, da enclave religiosa, si trasforma progressivamente in un nodo urbano multifunzionale, pur mantenendo una forte identità legata alla presenza francescana.

Il passaggio tra XIX e XX secolo segna una fase di intensa trasformazione per Buenos Aires, caratterizzata da un'imponente espansione demografica e da profondi mutamenti socio-economici. La modernizzazione delle infrastrutture, l'apertura di nuove arterie viarie, l'introduzione dei trasporti pubblici e l'affermazione di nuovi modelli edilizi determinano un profondo impatto anche sulla *Manzana*

survey data and parametric modeling. At the same time, incorporation of historical, bibliographic, and archival information makes it possible to verify data structuring strategies within the information model.

Finally, selection of this case study responds to a logic of replicability. Although the complex presents unique characteristics, issues addressed throughout the research, from surveying to modeling, from information management to intervention planning, are common to many historic *buildings* and complexes in both Latin American and European contexts. In this sense, the developed method may be considered an operational prototype, potentially applicable to other monumental complexes with similar characteristics.

3.2 Manzana Franciscana evolution

A full and informed understanding of architectural complex requires, first and

Franciscana. Alcuni settori dell'isolato vengono interessati da interventi di ristrutturazione e riallineamento stradale, con conseguente perdita di porzioni dell'edificato storico.

L'analisi dei registri catastali tra il 1929 e il 2009 consente di seguire nel dettaglio le trasformazioni dell'isolato in epoca contemporanea. Emergono fenomeni di ulteriore densificazione, sostituzioni edilizie, cambi di destinazione d'uso e modifiche delle altezze degli edifici. Nonostante tali trasformazioni, il nucleo monumentale francescano continua a rappresentare un polo di resistenza storica all'interno di un tessuto urbano in continuo mutamento.

Particolarmente rilevanti risultano le trasformazioni legate all'introduzione di funzioni amministrative, culturali e didattiche negli edifici un tempo destinati esclusivamente alla vita conventuale. Questo processo contribuisce a ridefinire il rapporto tra la *Manzana* e la città, rendendo il complesso sempre più permeabile e integrato nel sistema urbano, ma al tempo stesso esponendolo a nuove criticità di tipo funzionale e conservativo.

La *Manzana Franciscana* non può essere letta come un'entità statica o come un semplice "fossile urbano", ma come un organismo vivente, in cui ogni fase storica ha lasciato tracce materiali, spaziali e funzionali. Le densificazioni, le demolizioni, le trasformazioni d'uso e gli interventi di adeguamento normativo hanno costruito nel tempo una stratigrafia complessa, spesso difficile da decifrare, ma estremamente significativa dal punto di vista conoscitivo.

foremost, an analysis of the urban context in where it is embedded, namely the historic *Manzana Franciscana*. This block does not constitute a simple aggregation of *buildings*, but rather a truly stratified urban organism, whose development is closely intertwined with the foundation, evolution, and transformations of the city of Buenos Aires. Analysis conducted in this research spans a very broad chronological framework (Fig. 30), ranging from the second half of sixteenth century to present day, encompassing the study of land-use dynamics between 1769 and 1870, and extending to twentieth-century cadastral records (1929–2009) and contemporary urban planning documentation.

From its earliest colonial origins, *Manzana Franciscana* represented one of the fundamental poles of urban settlement. The presence of the Order of Friars Minor in Río de la Plata region dates back to early seventeenth century, at a time when the city of Buenos Aires was progressively consolidating its role as a strategic node

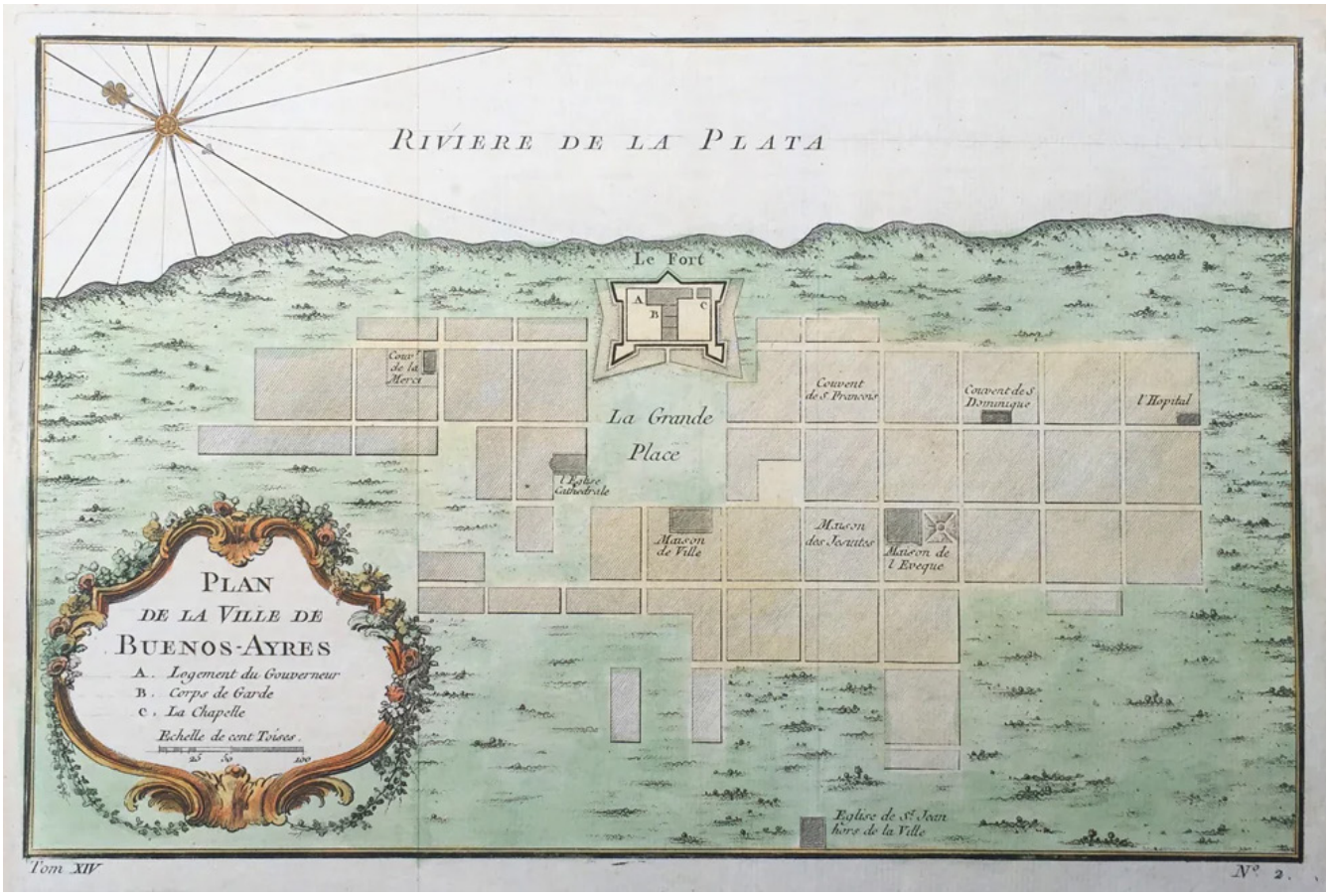


Fig. 32 – Planimetria della città di Buenos Aires del 1757 (autore Nicolas Bellin).

Fig. 33 – Plan of the city of Buenos Aires from 1757 (author Nicolas Bellin)

Dal punto di vista metodologico, lo studio diacronico dell'isolato rappresenta una base imprescindibile per l'impostazione della procedura HBIM. La ricostruzione delle fasi di crescita urbana e delle trasformazioni edilizie consente di definire una cronologia delle stratificazioni, che costituisce il presupposto per la corretta interpretazione dei dati geometrici e materici rilevati. Ogni muro, ogni corpo di fabbrica, ogni variazione planimetrica acquista senso solo se collocata all'interno di questo quadro evolutivo.

Inoltre, la conoscenza delle dinamiche urbane permette di comprendere meglio il ruolo specifico della Cappella *San Roque*, del chiostro e della sacrestia all'interno del sistema della *Manzana*. Le strutture, infatti, non sono elementi isolati, ma parte integrante di un organismo complesso, le cui relazioni spaziali, funzionali e simboliche sono mutate nel corso del tempo. La sua posizione, le sue connessioni con gli spazi conventuali e con il tessuto urbano circostante sono il risultato di scelte storiche contingenti, legate alle esigenze dell'Ordine, alle disponibilità economiche e alle trasformazioni della città.

for commercial and administrative activities within the Viceroyalty. The first conventual complex, characterized by simple forms and modest materials, reflects typical features of Franciscan architecture, grounded in principles of sobriety, functionality, and strong integration with community life.

During the eighteenth century *Manzana Franciscana* underwent a process of progressive *building* densification, driven both by the expansion of the Order's religious and charitable activities and by increasing urban pressure. Original open spaces were gradually occupied by new *building* volumes, extensions, secondary courtyards, and connective pathways, resulting in a complex and highly articulated built system. Historical maps from this period document a constantly evolving configuration, where relationship between voids and solids, as well as between public spaces and areas of conventual pertinence, was continuously redefined.

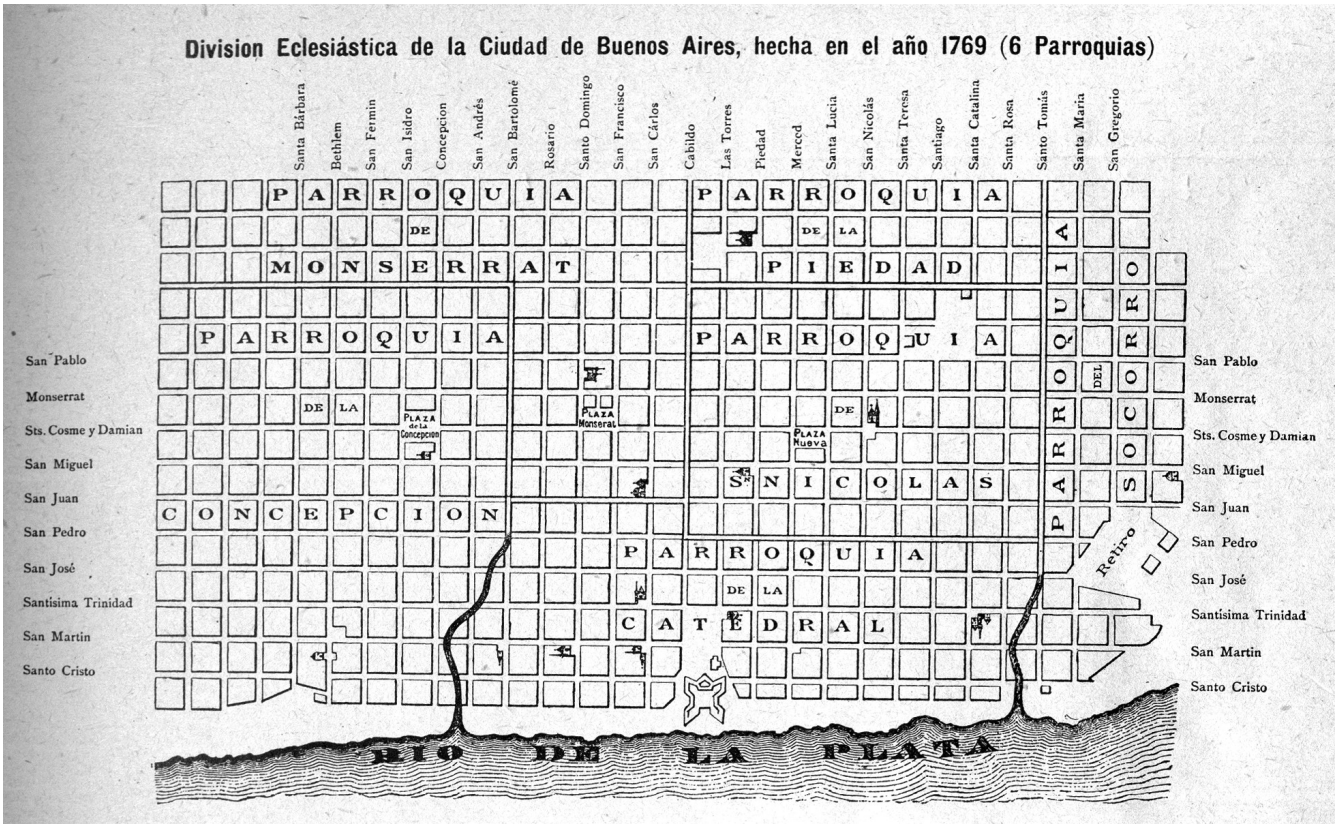


Fig. 33 – Planimetria della città di Buenos Aires del 1769 con la divisione ecclesiastica (Taullard, Alfredo (1940). Los libros más antiguos de Buenos Aires: 1580-1880. Buenos Aires: Jacobo Peuser SA).

Fig. 33 – Plan of the city of Buenos Aires, 1769, showing the ecclesiastical divisions (Taullard, Alfredo, 1940. Los libros más antiguos de Buenos Aires: 1580-1880. Buenos Aires: Jacobo Peuser SA).

Fig. 34 – Planimetria della città di Buenos Aires del 1776 (autore José María Cabrer).

Fig. 34 – Plan of the city of Buenos Aires, 1776 (author: José María Cabrer).

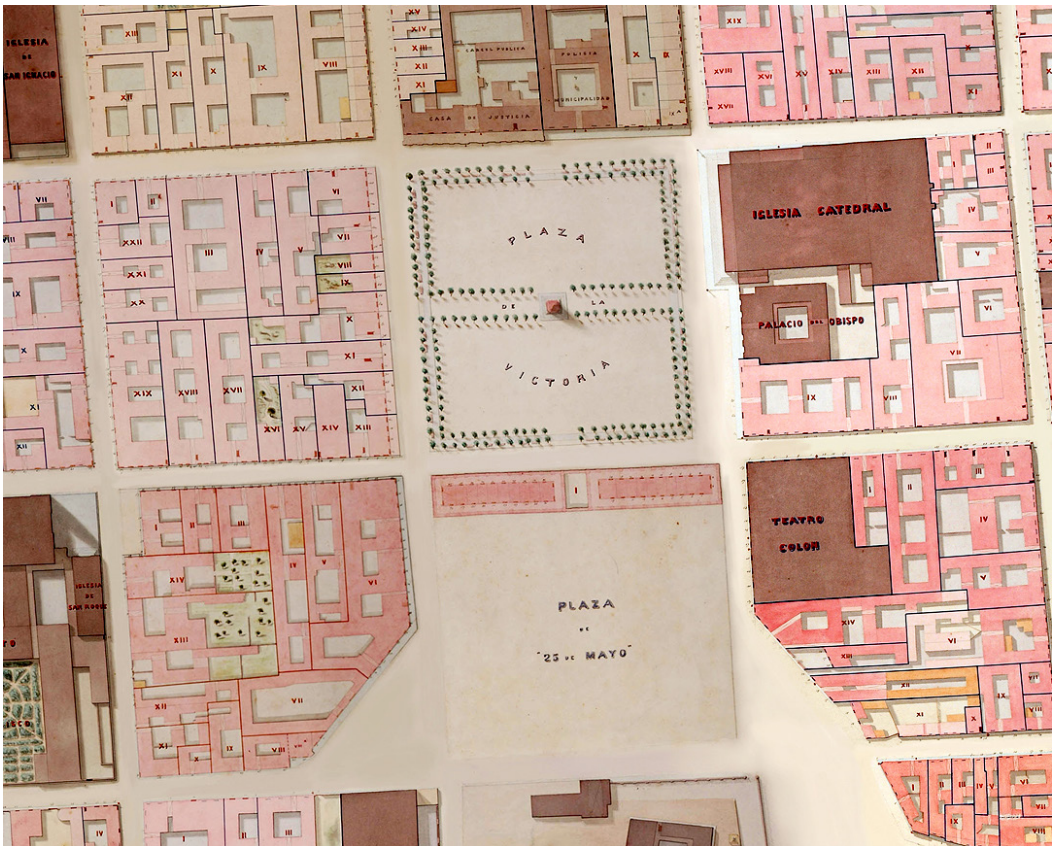


Fig. 35 – Planimetria catastale della città di Buenos Aires del 1860 (autore Peter Beare).

Fig. 35 – Cadastral map of the city of Buenos Aires, 1860 (author: Peter Beare).

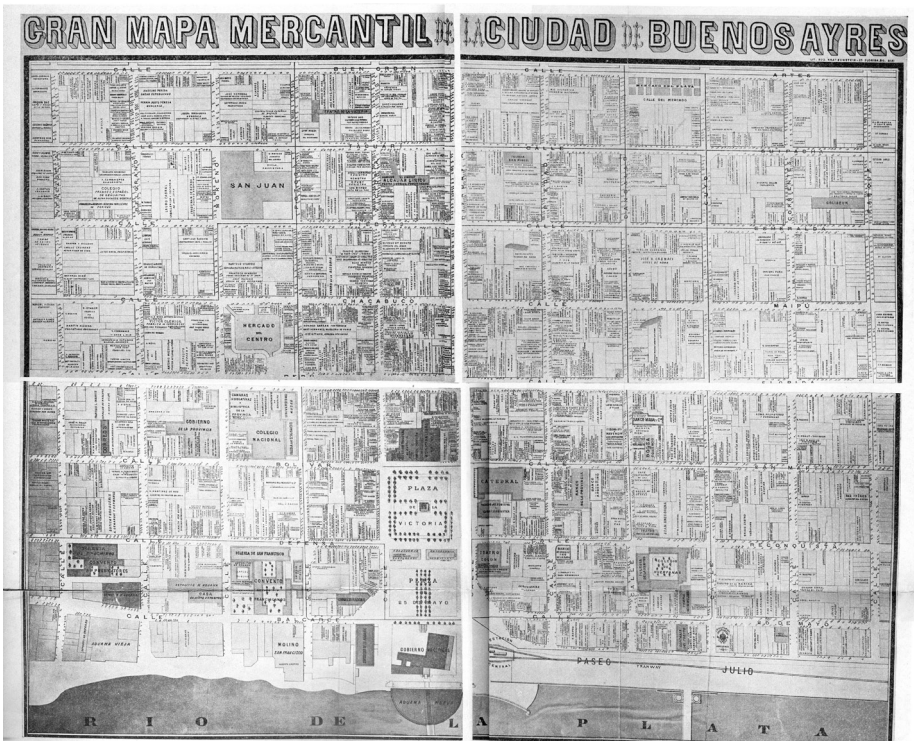


Fig. 36 – Gran mappa commerciale della città di Buenos Aires del 1870 (autore Rodolfo Kratzenstein).

Fig. 36 – Large commercial map of the city of Buenos Aires, 1870 (author: Rodolfo Kratzenstein).

Fig. 37 – Planimetria catastale della città di Buenos Aires del 1940 (Intendente Arturo Goyeneche).

Fig. 37 – Cadastral map of the city of Buenos Aires, 1940 (Mayor Arturo Goyeneche).

Fig. 38 – Foto aerea del 1937.

Fig. 38 – Aerial photograph, 1937.

Fig. 39 – Foto aerea del 1965.

Fig. 39 – Aerial photograph, 1965.

Fig. 40 – Foto aerea del 1989.

Fig. 40 – Aerial photograph, 1989.

Fig. 41 – Foto aerea del 2009.

Fig. 41 – Aerial photograph, 2009.

3.3 Genesi e trasformazioni della Cappella di San Roque

La Cappella *San Roque*, opera tradizionalmente attribuita all'architetto Masella, rappresenta uno degli esempi più raffinati di architettura religiosa di epoca coloniale presenti a Buenos Aires. Pur inserendosi nel solco della tradizione francescana, caratterizzata da sobrietà compositiva e chiarezza spaziale, la cappella manifesta una particolare attenzione per la qualità architettonica e per il rapporto tra spazio, luce e decorazione. La sua storia costruttiva è il risultato di un processo lungo e complesso, segnato da interventi successivi, trasformazioni funzionali, eventi traumatici e fasi di ricostruzione.

La ricerca condotta ha consentito di individuare quattro momenti cardine per la comprensione del manufatto: la fase fondativa nella metà del XVIII secolo, le modifiche del primo Novecento, i danni subiti nel 1955 e i lavori di restauro e ricostruzione del 1963. Questa scansione temporale non rappresenta una semplice successione di date, ma costituisce la struttura portante per l'interpretazione delle stratificazioni materiali e per la costruzione del modello informativo HBIM.

Fase fondativa XVIII Secolo

La fase fondativa della Cappella *San Roque* si colloca intorno al 1750, in un periodo caratterizzato da un certo fermento edilizio per l'Ordine francescano. L'iniziativa della costruzione è legata alla necessità di dotare il complesso di uno spazio specificamente destinato al culto di San Rocco, santo particolarmente venerato come protettore contro le epidemie e le calamità. La scelta di dedicare una cappella a tale figura assume un significato particolare in un contesto urbano spesso colpito da emergenze sanitarie.

Il progetto originario, attribuito a Masella (Fig. 42), riflette i caratteri tipici dell'architettura coloniale del Río de la Plata, con un impianto

Analysis of land-use dynamics between 1769 and 1870 makes it possible to reconstruct in detail the principal phases of the block's growth. During this period, *Manzana Franciscana* functioned as an urban microcosm characterized by the superimposition of religious, charitable, educational, and residential functions. Alongside the church and convent, spaces dedicated to teaching, care for the needy, the reception of pilgrims, and, in some cases, productive activities were developed.

With the onset of independence processes and the establishment of Argentine state in the nineteenth century, *Manzana* acquired a new symbolic and institutional significance. Policies of secularization and the reorganization of ecclesiastical properties profoundly affected the configuration of the complex. Some *building*s were expropriated, transformed, or demolished to accommodate new public functions, while others were repurposed to meet the needs of a rapidly growing city. *Manzana*, once a predominantly religious enclave, gradually evolved into a multifunctional urban node, while nevertheless retaining a strong identity linked to the Franciscan presence.

Transition between nineteenth and twentieth centuries marked a phase of intense transformation for Buenos Aires, characterized by substantial demographic

Fig. 42 – Litografia dell'ingresso della Chiesa di San Francesco d'Assisi e della Cappella di San Rocco. 1841, autore Charles Henri Pellegrini.

Fig. 42 – Lithograph of the entrance of the Church of San Francisco de Asís and the Chapel of San Rocco, 1841, by Charles Henri Pellegrini.

semplice, a navata unica, con copertura voltata e un presbiterio appena accennato. La composizione è improntata a criteri di chiarezza strutturale e di equilibrio proporzionale, mentre l'apparato decorativo, pur presente, rimane contenuto entro limiti di sobrietà coerenti con l'identità francescana.

Dal punto di vista costruttivo, la cappella viene realizzata con tecniche e materiali tradizionali, con murature portanti in laterizio, intonaci a base di calce, strutture lignee per gli elementi secondari. Le superfici interne sono caratterizzate da decorazioni pittoriche e stucchi di gusto tardo-barocco, con una progressiva transizione verso forme più sobrie e razionali. La luce naturale, proveniente da aperture laterali e da un sistema di finestre alte, gioca un ruolo fondamentale nella definizione dello spazio liturgico.

Questa fase fondativa costituisce il nucleo originario della cappella, su cui si innesteranno tutti gli interventi successivi (Fig. 43 e 44). Dal punto di vista della procedura HBIM, essa rappresenta il livello stratigrafico più antico, da modellare e interpretare come base di riferimento per la lettura delle trasformazioni successive.

Modifiche del primo Novecento

Il secondo momento fondamentale nella vita della Cappella *San Roque* è rappresentato dagli interventi del primo decennio del '900, che si inseriscono nel più ampio quadro delle trasformazioni che interessano Buenos Aires tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento. In questi anni, la città vive una fase di forte crescita economica e di rinnovamento urbano, accompagnata da una riconsiderazione degli spazi del culto alla luce delle nuove esigenze liturgiche e funzionali.

growth and profound socio-economic changes. Modernization of infrastructure, opening of new roadways, introduction of public transport, and emergence of new *building* typologies had a significant impact on *Manzana Franciscana* as well. Certain sectors of the block were affected by restructuring interventions and street realignments, resulting in the loss of portions of the historic built fabric.

Analysis of cadastral records from 1929 to 2009 allows for a detailed tracing of the block's transformations in the contemporary period. Phenomena of further densification, *building* replacement, changes in use, and modifications in *building* heights emerge clearly. Despite these transformations, Franciscan monumental core continues to function as a locus of historical resistance within an urban fabric in constant flux.

Particularly significant are transformations associated with the introduction of administrative, cultural, and educational functions into *building*s that were once exclusively devoted to conventual life. This process contributes to redefining the relationship between *Manzana* and the city, making the complex increasingly permeable

Fig. 43 – Vista a volo d'uccello di Buenos Aires del 1880 (Jean Desire Dulin).

Fig. 43 – Bird's-eye view of Buenos Aires, 1880 (Jean Désiré Dulin).

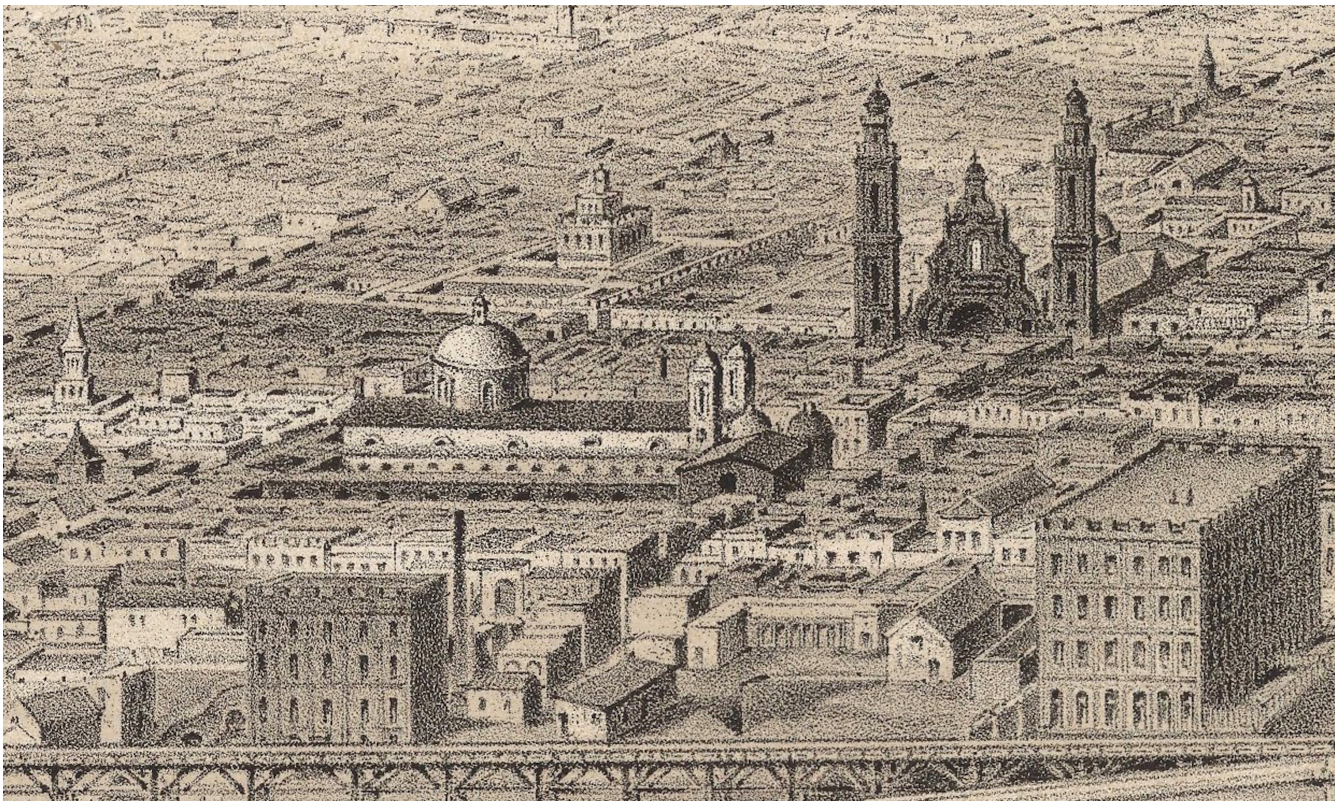


Fig. 44 – Dettaglio della vista a volo d'uccello di Buenos Aires del 1880 (Jean Desire Dulin).

Fig. 44 – Detail of the bird's-eye view of Buenos Aires, 1880 (Jean Désiré Dulin).

Gli interventi del 1911 riguardano principalmente l'adeguamento liturgico della cappella (Fig. 45), in linea con le indicazioni ecclesiastiche del tempo, e una parziale rilettura stilistica degli apparati decorativi. Vengono introdotti nuovi elementi d'arredo, ridefinite alcune superfici interne e modificati i rapporti tra presbiterio e aula. In alcuni punti si interviene anche sulle strutture, con rinforzi locali delle murature e aggiornamenti degli impianti.

Dal punto di vista formale, questa fase introduce un dialogo tra l'impianto coloniale originario e linguaggi decorativi di gusto più eclettico, tipici del primo Novecento. Tale sovrapposizione genera una stratigrafia stilistica di grande interesse, che testimonia l'evoluzione del gusto e delle pratiche liturgiche nel corso del tempo. Per il modello HBIM, questa fase rappresenta un livello informativo fondamentale, poiché molte delle soluzioni oggi visibili risalgono proprio a questo momento.

and integrated within the urban system, while simultaneously exposing it to new functional and conservation-related challenges.

Manzana Franciscana cannot be interpreted as a static entity or as a simple "urban fossil," but rather as a living organism where each historical phase has left material, spatial, and functional traces. Processes of densification, demolition, functional transformation, and regulatory adaptation have over time produced a complex stratigraphy, often difficult to decipher, yet extremely significant from a knowledge-based perspective.

From a methodological standpoint, diachronic study of the block represents an

Fig. 45 – Facciata della Cappella di San Rocco nel primo decennio del '900.

Fig. 45 – Façade of the Chapel of San Rocco in the first decade of the 1900s.

Incendio del 1955

Il 1955 rappresenta un anno drammatico nella storia della Cappella *San Roque* (Fig. 46 e 47) e, più in generale, del patrimonio religioso argentino. In seguito ai tragici eventi legati al bombardamento di *Plaza de Mayo* e ai successivi incendi che colpirono numerosi edifici di culto, anche la cappella subisce danni significativi. Le fiamme e le esplosioni compromettono l'integrità di alcune strutture, distruggono parti dell'apparato decorativo e causano il collasso di porzioni delle coperture.

Le conseguenze di questi eventi sono particolarmente gravi sul piano materiale, ma anche su quello simbolico. La perdita di elementi originali, la distruzione di arredi storici e il danneggiamento delle superfici decorate segnano una frattura profonda nella continuità storica dell'edificio. Le testimonianze fotografiche e documentarie dell'epoca restituiscono l'immagine di un edificio ferito, privato di parte della propria identità.

Dal punto di vista della ricerca, questa fase rappresenta uno dei nodi più delicati dell'analisi storica. La ricostruzione dei danni e delle parti perdute richiede un attento confronto tra fonti archivistiche, rilievi precedenti agli eventi e documentazione successiva. Nella procedura HBIM, tali informazioni vengono trattate come dati diacronici, utili a distinguere tra ciò che è stato ricostruito e ciò che invece è originale.

indispensable foundation for implementation of HBIM procedure. Reconstruction of phases of urban growth and *building* transformation makes it possible to define a chronology of stratifications, which constitutes the prerequisite for a correct interpretation of geometric and material data acquired through survey activities. Each wall, each *building* volume, and each planimetric variation acquires meaning only when situated within this evolutionary framework.

Moreover, an understanding of urban dynamics allows for a more accurate interpretation of the specific role of *San Roque* Chapel, cloister, and sacristy within the system of *Manzana*. These structures are not isolated elements, but integral components of a complex organism whose spatial, functional, and symbolic relationships have evolved over time. Their location, connections with conventual spaces, and

Fig. 46 – Facciata della Cappella di San Rocco dopo l'incendio del 1955.

Fig. 46 – Façade of the Chapel of San Rocco after the 1955 fire.

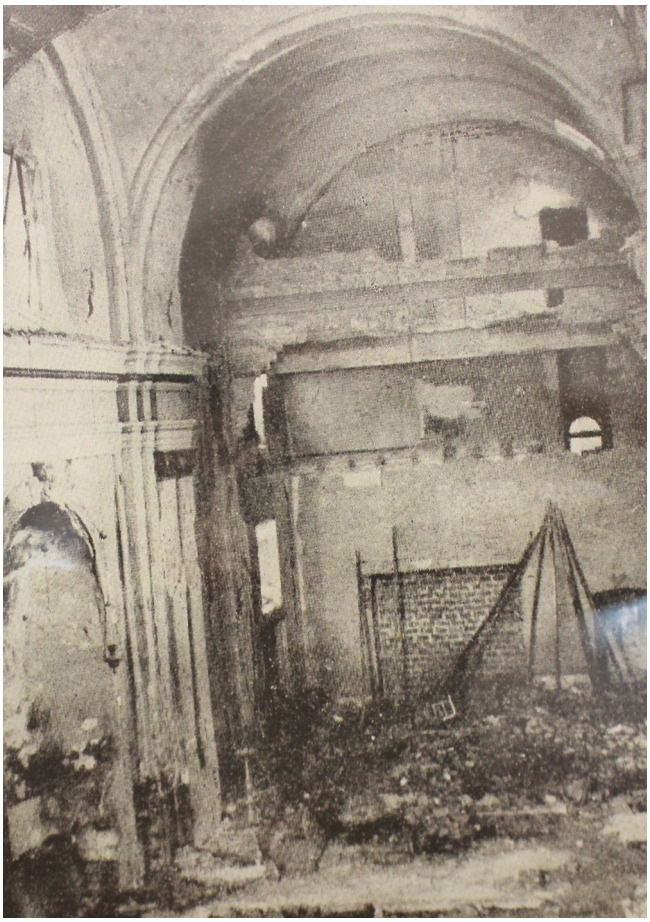


Fig. 47 – Interno della Cappella di San Rocco dopo l'incendio del 1955.

Fig. 47 – Interior of the Chapel of San Rocco after the 1955 fire.

Rinascita del 1963

A seguito dei gravi danni subiti nel 1955, la Cappella *San Roque* è oggetto, nel 1963, di un importante intervento di restauro e ricostruzione, che ne determina in larga misura la configurazione attuale. L'obiettivo principale di questo intervento è il recupero della funzionalità liturgica dell'edificio, unito alla volontà di ripristinare, per quanto possibile, l'immagine storica della cappella.

Le scelte progettuali adottate riflettono il clima culturale del periodo, caratterizzato da un approccio al restauro ancora fortemente orientato al ripristino formale, talvolta a scapito della riconoscibilità delle aggiunte. In alcune parti si opta per una ricostruzione fedele sulla base delle documentazioni disponibili, mentre in altri casi sono introdotte soluzioni semplificate o reinterpretazioni moderne degli elementi originari.

Dal punto di vista strutturale, l'intervento del 1963 comporta il consolidamento delle murature, la ricostruzione delle coperture danneggiate e l'adeguamento degli impianti. Sul piano decorativo, vengono restaurate le superfici ancora integre e ricostruite quelle irrimediabilmente compromesse. Il risultato finale è un edificio che conserva molti caratteri dell'impianto originario, ma che al tempo stesso porta evidenti segni delle ricostruzioni novecentesche.

Questa fase rappresenta l'ultimo grande momento trasformativo della Cappella *San Roque*, ed è quella che maggiormente influisce sulla percezione attuale del manufatto. Per la procedura HBIM, essa costituisce la stratificazione più recente e, al tempo stesso, quella più documentata dal punto di vista tecnico.

3.4 Cronologia come struttura portante del modello conoscitivo

La successione delle quattro fasi individuate, fondazione, modifiche novecentesche, incendio del 1955 e rinascita del 1963 (Fig. 48), non rappresenta una semplice periodizzazione storica, ma costituisce la struttura portante del modello conoscitivo su cui si fonda la metodologia HBIM. Ogni fase è associata a specifiche trasformazioni materiali, costruttive e funzionali, che si riflettono direttamente nella configurazione dell'edificio.

Il modello informativo, infatti, non è concepito come una rappresentazione statica dello stato attuale, ma come uno strumento capace di raccontare la storia dell'edificio attraverso le sue stratificazioni. Le diverse unità costruttive sono classificate secondo la loro appartenenza cronologica, rendendo possibile la lettura diacronica del manufatto e la comprensione delle relazioni tra le parti originarie e quelle di epoca successiva.

In questo senso, la cronologia diventa una vera e propria chiave interpretativa, che consente di superare una visione puramente geometrica dell'edificio per approdare a una lettura storica e critica. Il modello HBIM si configura così come un archivio dinamico della memoria costruttiva della cappella, in grado di integrare dati storici, informazioni diagnostiche, rilievi geometrici e documentazione archivistica.

La ricostruzione delle fasi evolutive della Cappella *San Roque*, pertanto, non costituisce solo un capitolo preliminare dell'analisi, ma il fondamento stesso dell'intero processo conoscitivo e progettuale. Essa permette di orientare le scelte di conservazione, di programmare in modo consapevole gli interventi futuri e di restituire all'edificio la sua complessità storica e materica, nella piena consapevolezza del suo valore culturale.

relationship with surrounding urban fabric are result of contingent historical choices, shaped by the needs of the Order, economic resources, and transformations of the city.

3.3 Genesis and transformations of the chapel of San Roque

San Roque Chapel, traditionally attributed to the architect Masella, represents one of the most refined examples of colonial-era religious architecture in Buenos Aires. Although rooted in the Franciscan tradition, characterized by compositional sobriety and spatial clarity, the chapel displays particular attention to architectural quality and to the relationship between space, light, and decoration. Its construction history is the result of a long and complex process, marked by successive interventions, functional transformations, traumatic events, and phases of reconstruction.

The research conducted has identified four key moments essential to understanding the *building*: the foundational phase in the mid-eighteenth century, the modifications of the early twentieth century, the damage sustained in 1955, and the restoration and reconstruction works of 1963. This chronological framework does not merely represent a sequence of dates, but rather constitutes the structural basis for interpreting the material stratifications and for constructing the HBIM informational model.

Foundational phase – 18th Century

Foundational phase of the Chapel of *San Roque* dates to around 1750, during a period characterized by significant *building* activity within the Franciscan Order. The initiative for its construction was linked to the need to provide the complex with a space specifically dedicated to the worship of Saint Roch, a saint particularly venerated as a protector against epidemics and calamities. The decision to dedicate a chapel to this figure held particular significance in an urban context frequently affected by public health emergencies.

The original design, attributed to Masella (Fig. 42), reflects the typical features of colonial architecture in the Río de la Plata region, with a simple single-nave layout, vaulted roofing, and a slightly defined presbytery. The composition is guided by principles of structural clarity and proportional balance,

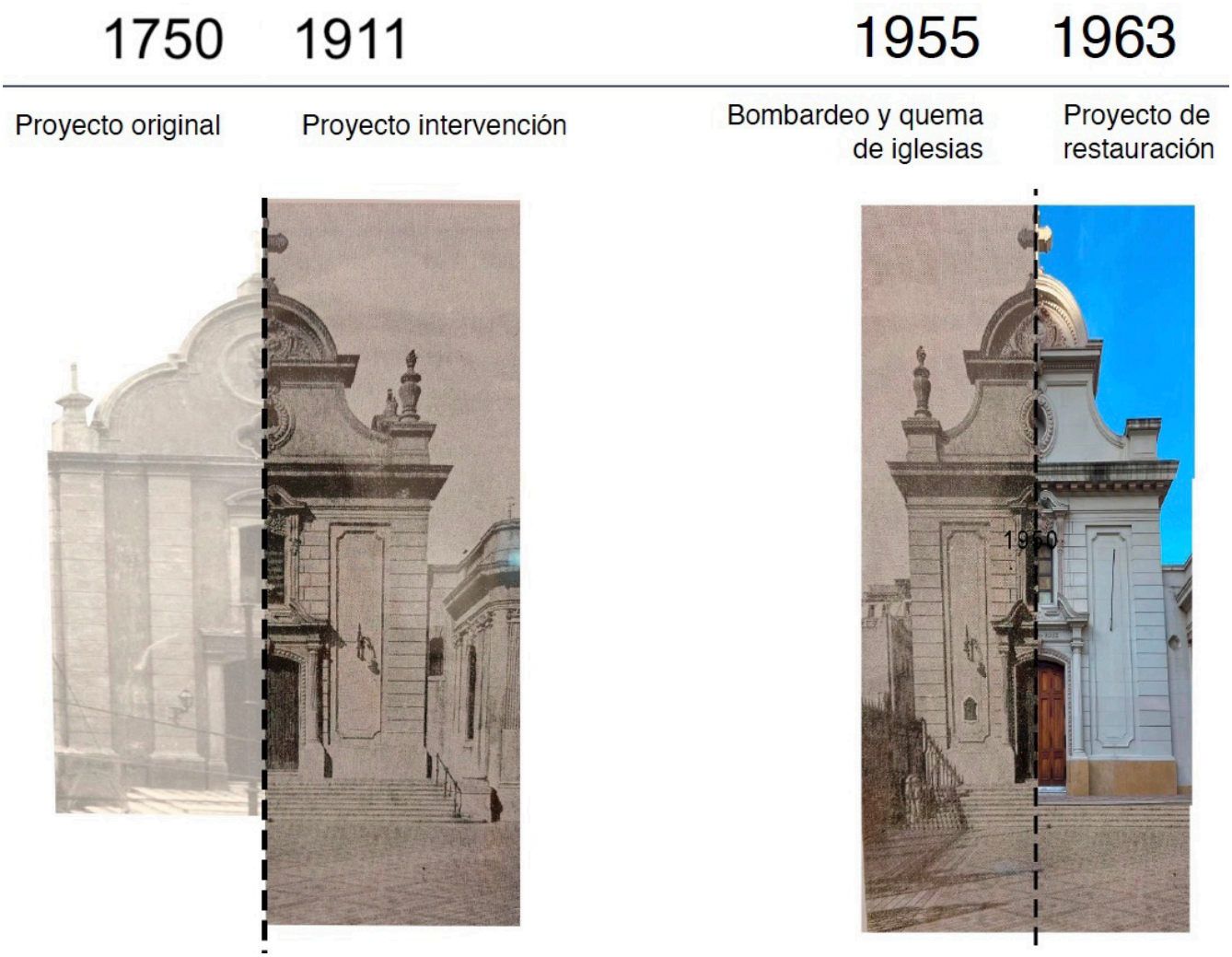


Fig. 48 – Cronologia delle trasformazioni della Cappella di San Rocco dal 1750 al 1963.

Fig. 48 – Chronology of the transformations of the Chapel of San Rocco from 1750 to 1963.

3.5 Ricerca delle fonti bibliografiche e d'archivio

La ricerca delle fonti bibliografiche e d'archivio costituisce una fase fondamentale del processo conoscitivo e viene svolta direttamente all'interno dell'archivio francescano conservato nel complesso, garantendo un accesso diretto alle fonti primarie. Questa scelta metodologica consente di stabilire un rapporto immediato tra documentazione storica, spazio architettonico e manufatti ancora presenti, favorendo una lettura integrata e contestualizzata del bene.

I registri d'archivio, dal punto di vista architettonico, si presentano tuttavia parziali e discontinui. Essi documentano solo alcuni episodi significativi delle trasformazioni subite dal complesso nel corso del tempo, spesso legati a interventi puntuali o a eventi straordinari, senza fornire una narrazione sistematica delle fasi costruttive. Questa frammentarietà rende necessario un confronto costante con altre fonti, come il rilievo diretto, l'analisi stratigrafica e la modellazione HBIM, per ricostruire in modo critico l'evoluzione architettonica dell'edificio.

while the decorative apparatus, though present, remains restrained within the limits of sobriety consistent with Franciscan identity.

From a construction standpoint, the chapel was built using traditional techniques and materials: load-bearing brick masonry, lime-based plasters, and timber structures for secondary elements. The interior surfaces are characterized by painted decorations and stucco work in a late Baroque style, gradually transitioning toward more sober and rational forms. Natural light, entering through lateral openings and a system of high windows, plays a fundamental role in defining the liturgical space.

This foundational phase constitutes the original core of the chapel, upon which all subsequent interventions were grafted

Al contrario, la documentazione archivistica risulta particolarmente ricca e dettagliata per quanto riguarda gli apparati liturgici e le suppellettili religiose. I registri descrivono con precisione acquisizioni, spostamenti, restauri e donazioni, come nel caso del trasporto di una delle campane nella seconda metà del XVIII secolo, episodio che assume valore non solo storico ma anche interpretativo per la comprensione del complesso (Fig. 49).

La bibliografia secondaria, invece, è costituita prevalentemente da studi recenti dedicati alla storia del complesso (Fig. 50). Questi contributi offrono una lettura critica e aggiornata, utile per integrare e interpretare le informazioni archivistiche, fornendo un quadro storico coerente da mettere in relazione con i dati materiali e digitali emersi nel progetto.

(Figs. 43 and 44). From the perspective of the HBIM procedure, it represents the earliest stratigraphic level, to be modeled and interpreted as the reference base for understanding subsequent transformations.

Early twentieth-century modifications

The second key moment in the history of *San Roque* Chapel is represented by interventions carried out in the first decade of the twentieth century, within broader framework of transformations that affected Buenos Aires between the late nineteenth

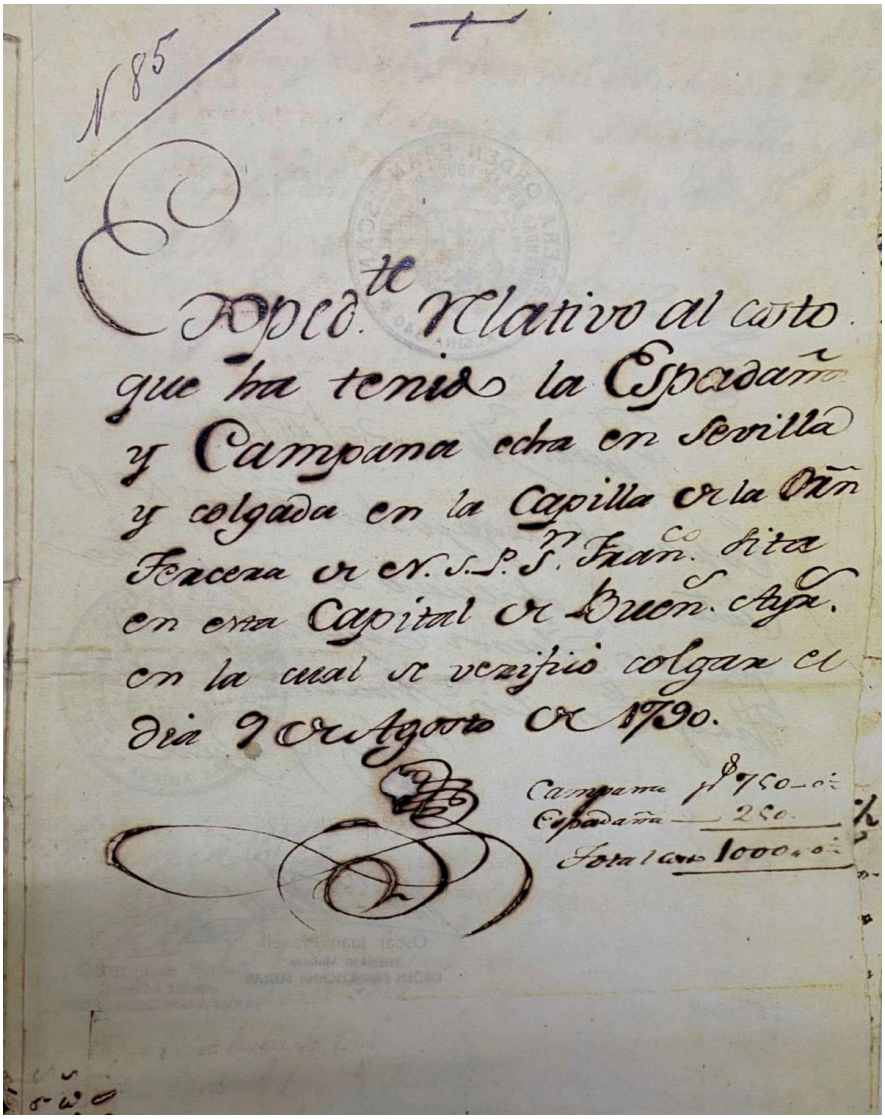
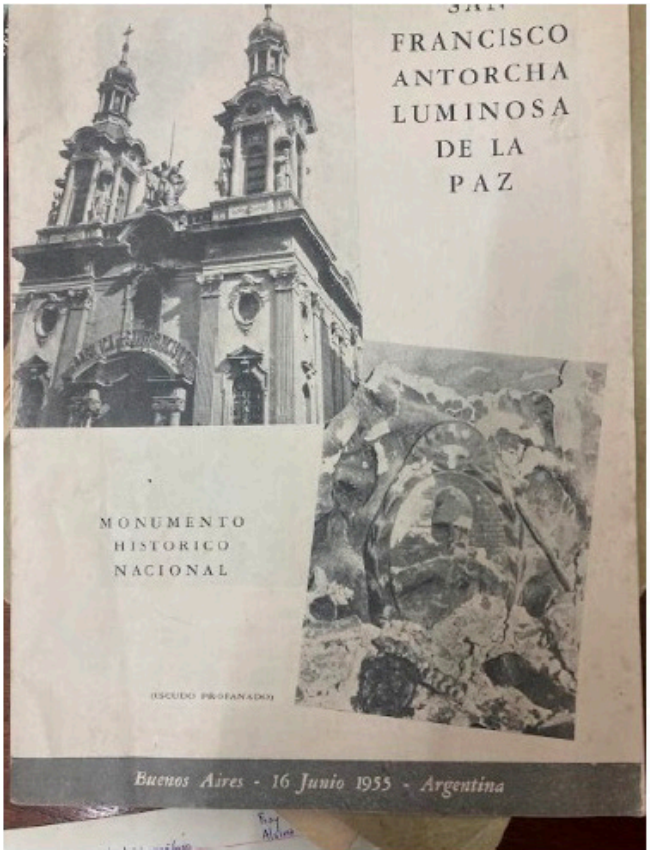
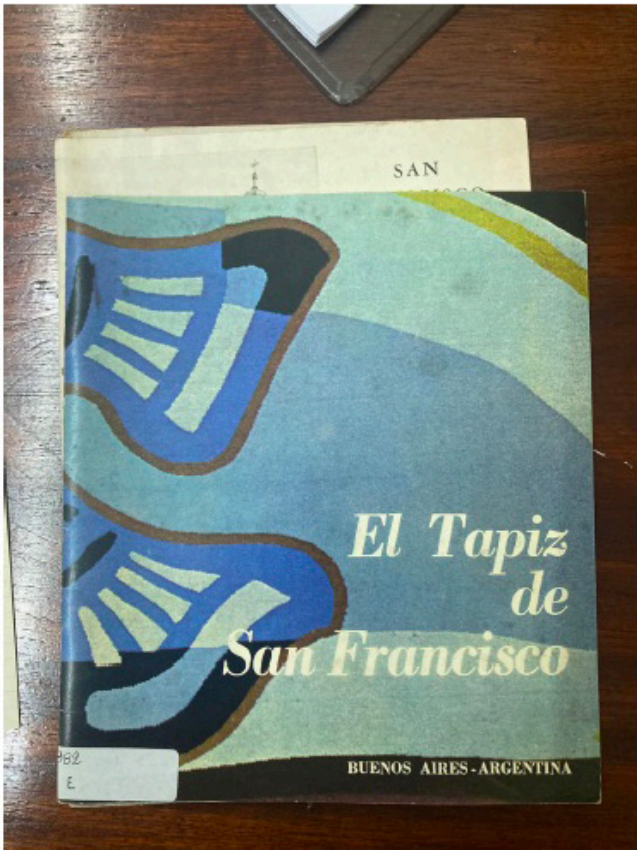


Fig. 49 – Documentazione d'archivio inerente una delle campane del complesso.

Fig. 49 – Archival documentation concerning one of the bells of the complex.





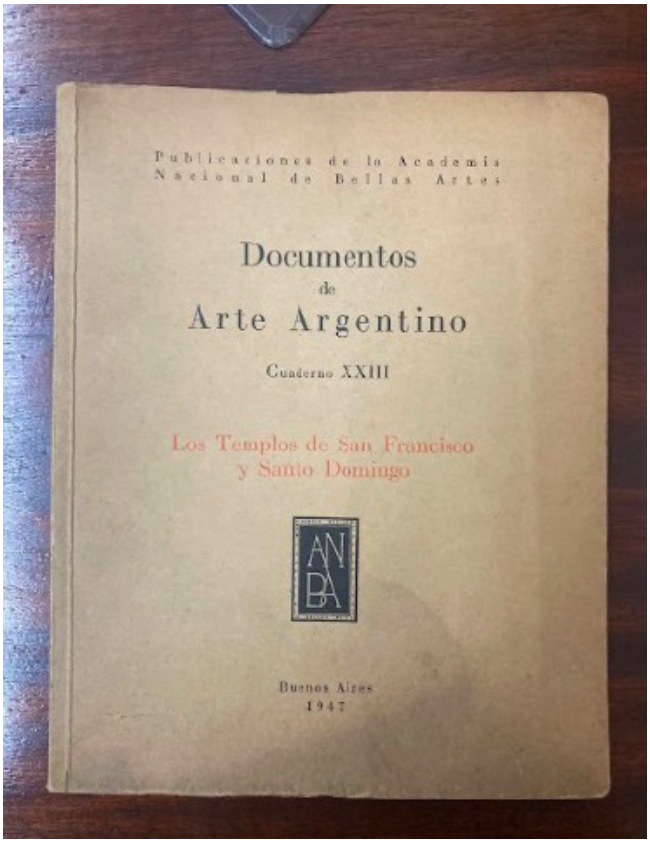


Fig. 50 – Bibliografia presente nell'archivio francescano.

Fig. 50 – Bibliographic materials preserved in the Franciscan archive.

and early twentieth centuries. During these years, city experienced a phase of strong economic growth and urban renewal, accompanied by reconsideration of worship spaces in light of new liturgical and functional requirements.

Interventions of 1911 primarily concerned liturgical adaptation of chapel (Fig. 45), in accordance with ecclesiastical guidelines of the time, as well as partial stylistic reinterpretation of decorative elements. New furnishings were introduced, certain interior surfaces were redefined, and relationship between presbytery and nave was modified. In some areas, structural work was also undertaken, including localized reinforcement of masonry and upgrading of *building* systems.

From a formal point of view, this phase introduced dialogue between original colonial layout and decorative languages of more eclectic taste, typical of early twentieth century. This superimposition generated stylistic stratigraphy of considerable interest, testifying to evolution of taste and liturgical practices over time. For HBIM model, this phase represents fundamental informational layer, since many of the solutions visible today date precisely from this period.

The 1955 fire

The year 1955 represents a dramatic moment in the history of Chapel of *San Roque* (Figs. 46 and 47) and, more broadly, of Argentine religious heritage. Following tragic events connected to the bombing of *Plaza de Mayo* and the subsequent fires that affected numerous places of worship, the chapel also suffered significant damage. Flames and explosions compromised integrity of several structural elements, destroyed portions of decorative apparatus, and caused collapse of parts of roof structures.

Consequences of these events were particularly severe not only on material level, but also on symbolic one. Loss of original elements, destruction of historic furnishings, and damage to decorated surfaces marked a profound rupture in historical continuity of *building*. Photographic and documentary evidence from the time conveys image of a wounded structure, deprived of part of its identity.

From research perspective, this phase represents one of the most delicate points in historical analysis. Reconstruction of damage and lost elements requires careful comparison between archival sources, surveys carried out prior to events, and subsequent documentation. Within HBIM procedure, such information is treated as diachronic data, useful for distinguishing between what was reconstructed and what remains original.

Rebirth of 1963

Following severe damage sustained in 1955, Chapel of *San Roque* underwent major restoration and reconstruction campaign in 1963, which largely determined its current configuration. Primary objective of this intervention was recovery of *building*'s liturgical function, combined with intention to restore, as far as possible, historical image of chapel.

Design choices adopted reflect cultural climate of period, characterized by restoration approach still strongly oriented toward formal reinstatement, sometimes at expense of clear distinguishability of additions. In some areas, faithful reconstruction was carried out on basis of available documentation, while in other cases simplified solutions or modern reinterpretations of original elements were introduced.

From structural standpoint, 1963 intervention involved consolidation of masonry, reconstruction of damaged roof structures, and upgrading of *building* systems. On decorative level, surfaces that remained intact were restored, while those irreparably compromised were reconstructed. Final result is *building* that retains many features of original layout, yet at same time bears evident marks of twentieth-century reconstruction.

This phase represents last major transformative moment in history of Chapel of *San Roque* and is the one that most significantly shapes current perception of *building*. For HBIM procedure, it constitutes most recent stratification and, at same time, best documented from technical perspective.

3.4 Chronology as the structural framework of the knowledge model

The sequence of the four identified phases, foundation, twentieth-century modifications, the 1955 fire, and the rebirth of 1963 (Fig. 48), does not represent a mere historical periodization, but rather constitutes the structural framework of the knowledge model upon which HBIM methodology is based. Each phase is associated with specific material, constructive, and functional transformations that are directly reflected in the *building*'s configuration.

The informational model, in fact, is not conceived as a static representation of the current state, but as a tool capable of narrating the *building*'s history through its stratifications. The different construction units are classified according to their chronological attribution, making it possible to carry out a diachronic reading of the structure and to understand the relationships between original elements and those from later periods.

In this sense, chronology becomes a true interpretative key, allowing a shift from a purely geometric vision of the *building* to a historical and critical reading. The HBIM model thus takes shape as a dynamic archive of the chapel's construction memory, capable of integrating historical data, diagnostic information, geometric surveys, and archival documentation.

The reconstruction of the evolutionary phases of the Chapel of *San Roque*, therefore, does not constitute merely a preliminary chapter of the analysis, but rather the very foundation of the entire knowledge and design process. It makes it possible to guide conservation choices, to plan future interventions in an informed manner, and to restore to the *building* its historical and material complexity, in full awareness of its cultural value.

3.5 Research on bibliographic and archival sources

Research on bibliographic and archival sources constitutes a fundamental phase of the knowledge process and is carried out directly within Franciscan archive preserved in complex, ensuring direct access to primary sources. This methodological choice makes it possible to establish immediate relationship between historical documentation, architectural space, and artifacts still present, fostering integrated and contextualized interpretation of heritage asset.

From architectural standpoint, archival records appear partial and discontinuous. They document only certain significant episodes in transformations undergone by complex over time, often linked to specific interventions or extraordinary events, without providing systematic narrative of construction phases. This fragmentary nature makes constant comparison with other sources necessary, such as direct survey,

stratigraphic analysis, and HBIM modeling, in order to critically reconstruct architectural evolution of *building*.

By contrast, archival documentation proves particularly rich and detailed with regard to liturgical furnishings and religious objects. Registers accurately describe acquisitions, relocations, restorations, and donations, as in case of transport of one of bells in second half of eighteenth century, an episode that holds not only historical but also interpretative value for understanding complex (Fig. 49).

Secondary bibliography, on other hand, consists mainly of recent studies devoted to history of complex (Fig. 50). These contributions provide updated and critical interpretation, useful for integrating and contextualizing archival information, offering coherent historical framework to be related to material and digital data emerging from project.

PARTE 2
ATTIVITÀ SVOLTE A BUENOS AIRES

PART 2 – Activities carried out in Buenos Aires

Capitolo 4
Acquisizione dei dati geometrici

CHAPTER 4 - Acquisition of geometric data

4.1 Predisposizione del programma di rilevamento

Per organizzare in modo efficace l'acquisizione dei dati geometrici, il processo di rilievo prende avvio con una o più visite preliminari sul luogo di indagine (Fig. 51 e 52), finalizzate alla conoscenza diretta del manufatto e del suo contesto. Durante queste ricognizioni vengono raccolte informazioni attraverso fotografie (Fig. 53), appunti descrittivi e schizzi manuali (Fig. 54), strumenti essenziali per comprendere la complessità spaziale, le condizioni di accessibilità e le criticità operative del sito. Questa fase conoscitiva consente di definire con precisione il programma delle attività di rilievo, evitando interventi ridondanti o lacune nella documentazione.

Una volta impostata la strategia di acquisizione, viene elaborato un eidotipo, ovvero uno schema di riferimento che sintetizza l'organizzazione delle operazioni sul campo (Fig. 55). In esso vengono individuate sia le posizioni ottimali delle stazioni di scansione per il rilievo tramite *laser scanner* terrestre (TLS), sia i punti idonei alla collocazione dei *target* necessari alla fotogrammetria da drone. L'eidotipo ha il compito di garantire una corretta sovrapposizione dei dati acquisiti con strumenti differenti, facilitando le successive operazioni di integrazione e allineamento.

Questa fase è particolarmente rilevante poiché i dati prodotti dal *laser scanner* sono acquisiti direttamente in scala reale 1:1, mentre quelli ottenuti tramite fotogrammetria da drone non possiedono una scala intrinseca. Di conseguenza, essi devono essere correttamente scalati e riferiti dimensionalmente al rilievo TLS in fase di restituzione. La pianificazione accurata dell'acquisizione permette quindi di assicurare coerenza metrica, precisione geometrica e affidabilità scientifica all'intero processo di documentazione digitale.

4.1 Preparation of the Survey Program

In order to effectively organize acquisition of geometric data, survey process begins with one or more preliminary site visits (Figs. 51 and 52), aimed at gaining direct knowledge of *building* and its context. During these inspections, information is collected through photographs (Fig. 53), descriptive notes, and freehand sketches (Fig. 54), which are essential tools for understanding spatial complexity, accessibility conditions, and operational constraints of site. This preliminary knowledge phase makes it possible to define survey program with precision, avoiding redundant operations or *gaps* in documentation.

Once acquisition strategy has been established, an eidotype is developed, that is, a reference scheme summarizing organization of on-site operations (Fig. 55). It identifies both optimal positions of scanning stations for *Terrestrial laser scanning* (TLS) survey and suitable locations for placement of *target*s required for drone-based photogrammetry. The eidotype ensures correct overlap of data acquired with different instruments, facilitating subsequent integration and alignment procedures.

Fig. 51 – Sopralluogo all'interno della Capella di San Rocco.

Fig. 51 – Site inspection inside the Chapel of San Rocco.

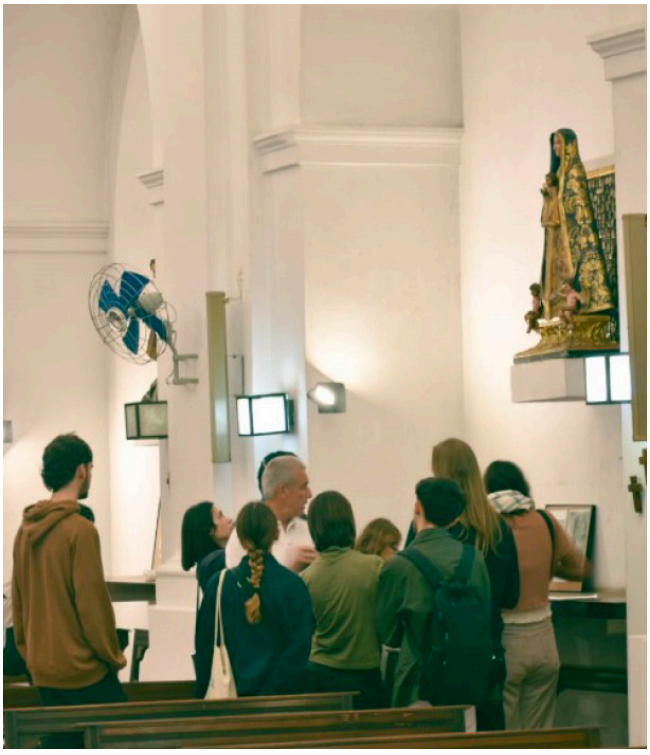


Fig. 52 – Sopralluogo all'interno della Capella di San Rocco.

Fig. 52 – Site inspection inside the Chapel of San Rocco.

Fig. 53 – Acquisizione documentazione fotografica.

Fig. 53 – Acquisition of photographic documentation.

Fig. 54 – Fase in cui vengono realizzati appunti descrittivi e schizzi manuali.

Fig. 54 – Phase during which descriptive notes and freehand sketches are produced.

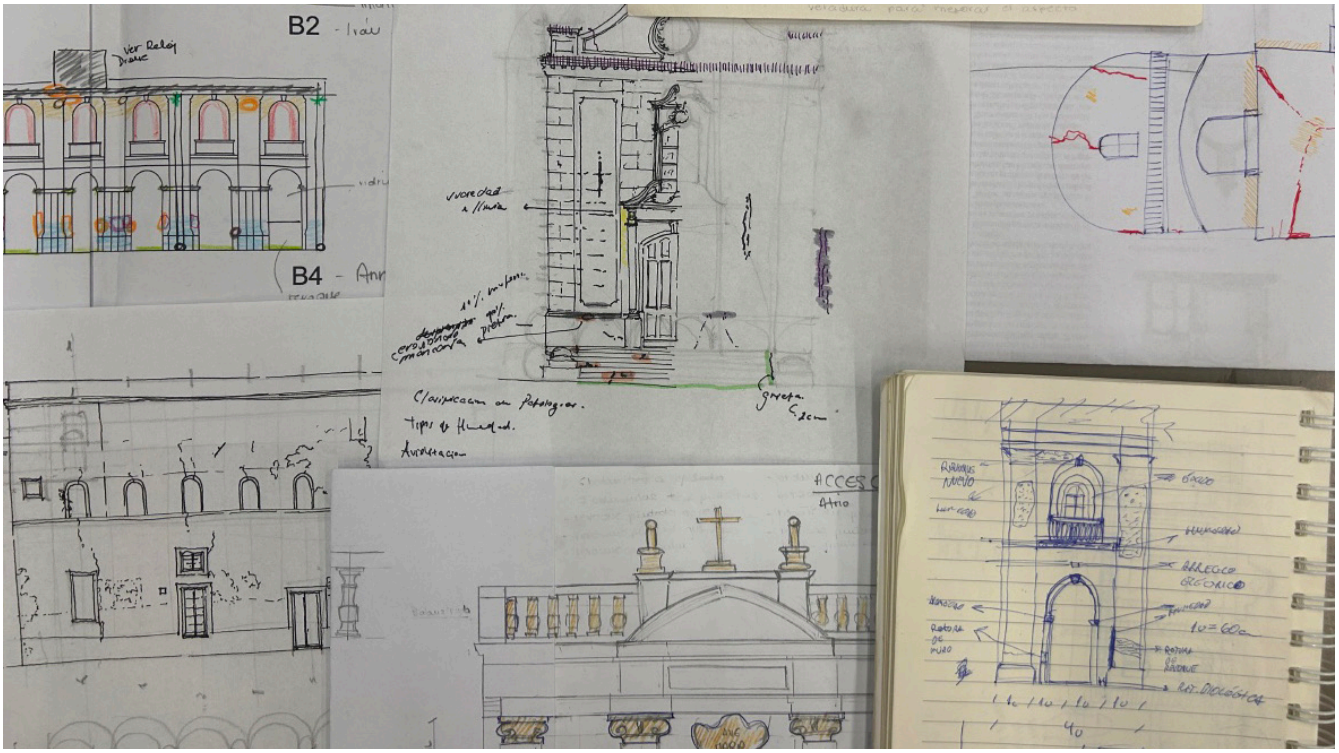


Fig. 55 – Eidotipi per l'organizzazione delle operazioni di acquisizione da svolgere sul campo.

Fig. 55 – Eidotypes for organizing on-site data acquisition operations.

4.2 Approccio “Scan-to-BIM”

La documentazione metrica e conoscitiva del complesso Francescano pone una serie di problematiche che rendono inadeguati i tradizionali metodi di rilievo. Le architetture storiche sono infatti caratterizzate da irregolarità geometriche, deformazioni strutturali, discontinuità materiche e ricchezza di apparati decorativi, che difficilmente possono essere restituite con strumenti bidimensionali o con rilievi basati esclusivamente su misure dirette. Muri fuori piombo, inclinazioni impercettibili, superfici non ortogonali, volte deformate nel tempo e dettagli scultorei complessi richiedono tecnologie in grado di acquisire l’edificio nella sua reale configurazione tridimensionale.

Per rispondere a tali esigenze, il *team* di ricerca ha adottato un protocollo di rilievo integrato massivo, fondato sull’approccio “*Scan-to-BIM*”. Con questa espressione si intende un processo che parte dall’acquisizione di dati tridimensionali ad alta densità mediante tecniche di rilievo digitale e conduce, attraverso successive fasi di elaborazione, alla costruzione di un modello informativo parametrico. Il modello HBIM non è dunque un semplice risultato finale, ma l’esito di un percorso metodologico che integra rilievo, interpretazione critica e modellazione.

L’approccio *Scan-to-BIM* si fonda su alcuni principi. In primo luogo, la centralità del dato geometrico reale, inteso come base oggettiva su cui impostare qualsiasi successiva interpretazione. A differenza del rilievo tradizionale, che implica inevitabilmente un processo di sintesi e semplificazione già in fase di acquisizione, le tecniche di rilievo 3D consentono di catturare l’intero edificio in modo globale, senza selezionare a priori quali parti misurare. Questo consente di disporre di una “copia digitale” dello stato di fatto, completa e interrogabile in qualsiasi momento.

Il secondo principio è quello della integrazione dei dati. Nessuna singola tecnica di rilievo è in grado, da sola, di restituire in modo esaustivo tutte le componenti dell’edificio, dalla geometria globale ai dettagli minuti, dalle superfici accessibili a quelle difficilmente raggiungibili. Per questo motivo, il protocollo adottato prevede l’integrazione di più tecnologie: *laser scanning* terrestre, fotogrammetria da drone, rilievo fotografico tradizionale e misure dirette di controllo. L’obiettivo non è quello di sovrapporre tecniche in modo ridondante, ma di sfruttarne le rispettive potenzialità in modo complementare.

Un terzo principio fondamentale riguarda il rapporto tra dato grezzo e interpretazione. La nuvola di punti, per quanto estremamente accurata, non costituisce di per sé una conoscenza dell’edificio. Essa rappresenta un insieme di coordinate spaziali che deve essere interpretato, filtrato, segmentato e tradotto in elementi architettonici dotati di significato costruttivo, storico e funzionale. Il passaggio dalla nuvola di punti al modello HBIM non è un’operazione automatica, ma un processo critico che richiede competenze interdisciplinari, in cui convergono il rilievo, la storia dell’architettura, la tecnologia dei materiali e la modellazione digitale.

Nel caso del complesso analizzato, l’approccio *Scan-to-BIM* è scelto non solo per la complessità geometrica dell’edificio, ma anche per la necessità di integrare nel modello le stratificazioni storiche individuate nella parte riferita al capitolo sulla “Documentazione Storica”. L’obiettivo non è solo quello di rappresentare lo stato attuale, ma di costruire un modello in grado di restituire la memoria storica del manufatto, articolando i diversi livelli cronologici all’interno di una struttura informativa unitaria.

This phase is particularly relevant because data produced by *laser scanner* are acquired directly at real scale (1:1), whereas those obtained through drone photogrammetry do not possess intrinsic scale. Consequently, they must be properly scaled and dimensionally referenced to TLS survey during processing stage. Careful planning of acquisition therefore guarantees metric consistency, geometric accuracy, and scientific reliability of entire digital documentation process.

4.2 Scan-to-BIM approach

Metric and knowledge-based documentation of the Franciscan complex presents a series of issues that makes traditional survey methods inadequate. Historic architecture is characterized by geometric irregularities, structural deformations, material discontinuities, and richly articulated decorative elements, which are difficult to represent using two-dimensional tools or surveys based solely on direct measurements. Out-of-plumb walls, subtle inclinations, non-orthogonal surfaces, vaults deformed over time, and complex sculptural details require technologies capable of capturing the *building* in its true three-dimensional configuration.

To address these needs, the research *team* adopted an integrated, large-scale survey protocol based on “*Scan-to-BIM*” approach. This term refers to a process that begins with the acquisition of high-density three-dimensional data through digital survey techniques and leads, through subsequent stages of processing, to the construction of a parametric informational model. HBIM model is therefore not merely a final *output*, but the result of a methodological path that integrates survey, critical interpretation, and modeling.

Scan-to-BIM approach is grounded in several principles. First, the centrality of real geometric data, understood as objective basis for any subsequent interpretation. Unlike traditional survey, which inevitably involves synthesis and simplification already at acquisition stage, 3D survey techniques make it possible to capture entire *building* globally, without selecting in advance which parts to measure. This ensures availability of a complete and queryable “digital copy” of existing state at any time.

Dal punto di vista operativo, il *workflow Scan-to-BIM* adottato si è articolato in diverse fasi:

1. pianificazione della campagna di rilievo;
2. acquisizione dei dati 3D tramite TLS e fotogrammetria;
3. registrazione, pulizia e allineamento e integrazione delle nuvole di punti;
4. verifica metrica e controllo di accuratezza;
5. importazione della nuvola nel programma di modellazione parametrica HBIM;
6. modellazione degli elementi architettonici per livelli di dettaglio;
7. attribuzione delle informazioni storiche, materiche e conservative.

Ogni fase è condotta secondo protocolli condivisi tra i partner italiani e argentini, con l'obiettivo di garantire riproducibilità, coerenza metodologica e affidabilità scientifica. In questo modo, il rilievo non è concepito come un'operazione isolata, ma come parte integrante di un processo conoscitivo più ampio, finalizzato alla costruzione di un sistema informativo per la gestione del patrimonio.

4.3 Acquisizione Laser Scanner (TLS)

La fase di acquisizione dei dati tramite *Terrestrial Laser Scanning* (TLS) costituisce la fase centrale dell'intera campagna di rilievo. Il *laser scanner* consente di misurare in modo automatico milioni di punti mediante l'emissione di un raggio *laser* che, colpendo le superfici dell'edificio, viene riflesso verso lo strumento. Il tempo di ritorno del segnale permette di calcolare con estrema precisione la distanza tra lo strumento e il punto colpito, generando così una nuvola di punti tridimensionale ad altissima densità.

Nel caso della Cappella *San Roque* e degli ambienti connessi (Chiostro e Sacrestia), sono state eseguite 75 stazioni di scansione (Fig. 56 e 57), distribuite in modo strategico per garantire la copertura completa di tutti gli spazi interni ed esterni accessibili. La pianificazione delle stazioni è una fase cruciale della procedura. Si rende, infatti, necessario individuare i punti di posizionamento in modo da:

- ridurre le zone d'ombra non rilevate;
- assicurare un adeguato overlap tra le scansioni per favorire una corretta registrazione;
- ottimizzare i tempi di acquisizione in relazione alle condizioni operative del sito;
- minimizzare le interferenze con la fruizione liturgica e turistica degli spazi.

Le scansioni interne alla cappella e alla sacrestia sono effettuate con una particolare attenzione alle superfici decorate, alle volte, agli stucchi e agli elementi di arredo liturgico (Fig. 58). L'alta densità del dato permette di restituire non solo le geometrie principali, ma anche micro-deformazioni delle superfici, disallineamenti strutturali e irregolarità costruttive dovute alla stratificazione storica dell'edificio.

Un aspetto particolarmente rilevante del TLS è la possibilità di acquisire, oltre alle coordinate spaziali, anche informazioni sul valore di riflettanza delle superfici. Questo dato, pur non essendo di natura cromatica completa, consente di distinguere materiali con comportamenti ottici differenti e di individuare discontinuità superficiali, fessurazioni e alterazioni materiche. Tali informazioni si rivelano preziose nella fase di analisi dello stato di conservazione.

Second principle concerns integration of data. No single survey technique is capable, on its own, of exhaustively documenting all components of *building*, from global geometry to minute details, from accessible surfaces to those that are difficult to reach. For this reason, adopted protocol integrates multiple technologies: *Terrestrial laser scanning* (TLS), drone-based photogrammetry, traditional photographic survey, and direct control measurements. Objective is not to overlap techniques redundantly, but to exploit their respective strengths in complementary manner.

A third fundamental principle relates to relationship between raw data and interpretation. The point cloud, however accurate, does not in itself constitute knowledge of *building*. It represents a *set* of spatial coordinates that must be interpreted, filtered, segmented, and translated into architectural elements endowed with constructive, historical, and functional meaning. Transition from point cloud to HBIM model is not an automatic operation, but a critical process requiring interdisciplinary expertise, where survey, history of architecture, material technology, and digital modeling converge.

In the case of complex under analysis, *Scan-to-BIM* approach was chosen not only because of geometric complexity of *building*, but also because of need to integrate into model the historical stratifications identified in chapter dedicated to "Historical Documentation." Objective is not simply to represent current state, but to construct model capable of conveying historical memory of asset, articulating different chronological layers within unified informational structure.

From operational standpoint, adopted *Scan-to-BIM workflow* was structured into several phases:

1. planning of survey campaign;
2. acquisition of 3D data through TLS and photogrammetry;
3. registration, cleaning, alignment, and integration of point clouds;
4. metric verification and accuracy control;
5. import of point cloud into HBIM parametric modeling software;
6. modeling of architectural elements according to levels of detail;
7. attribution of historical, material, and conservation-related information.

Fig. 56 – Acquisizione con *Laser scanner* Faro Focus 70 della facciata della Cappella di San Rocco.

Fig. 56 – Acquisition of the façade of the Chapel of San Rocco using Faro Focus 70 laser scanner.

Fig. 57 – Acquisizione con *Laser scanner* Faro Focus 70 del chiostro francescano.

Fig. 57 – Acquisition of the Franciscan cloister using Faro Focus 70 laser scanner.

Il risultato complessivo della campagna TLS è una nuvola di punti ad alta densità, costituita da centinaia di milioni di punti, in grado di restituire la geometria dell'intero complesso con precisione millimetrica. Questo dato rappresenta, a tutti gli effetti, la "verità geometrica" dell'edificio, ovvero una fotografia tridimensionale oggettiva dello stato di fatto al momento del rilievo. A differenza delle rappresentazioni tradizionali, che sono sempre il frutto di un'interpretazione, la nuvola di punti costituisce una base neutra e verificabile su cui costruire successive elaborazioni.

Le scansioni provenienti dalle diverse stazioni sono successivamente sottoposte a un processo di registrazione, attraverso l'allineamento delle nuvole parziali in un unico sistema di riferimento. Questo processo è realizzato mediante l'identificazione di punti omologhi e *target* di riferimento (sfruttando i *target* sferici utilizzati per ogni singola acquisizione) (Fig. 59 e 60), e successivamente affinato con algoritmi di *best-fit* automatico. La qualità della registrazione è verificata attraverso il calcolo degli scarti medi tra le scansioni sovrapposte, che sono mantenuti entro valori compatibili con gli standard richiesti per applicazioni accurate da utilizzare in una procedura HBIM.

Una volta ottenuta la nuvola complessiva, si procede alla fase di pulizia del dato, finalizzata all'eliminazione di rumori, punti spuri, elementi temporanei (persone, arredi mobili, attrezzature di cantiere) e interferenze dovute a riflessioni anomale (Fig. 61). Questa operazione richiede un lavoro accurato di *editing*, indispensabile per garantire la leggibilità del dato e la sua successiva utilizzabilità in ambiente HBIM.

Dal punto di vista metodologico, la nuvola TLS svolge un duplice ruolo. Da un lato, costituisce la base per la modellazione geometrica accurata dell'edificio. Dall'altro, rappresentato un archivio digitale permanente, interrogabile nel tempo per verifiche, confronti e futuri studi. Il rilievo *laser scanner* non è dunque un dato "consumato" nella

Each phase was conducted according to protocols shared between Italian and Argentine partners, with aim of ensuring reproducibility, methodological consistency, and scientific reliability. In this way, survey is not conceived as isolated operation, but as integral part of broader knowledge process aimed at *building* an informational system for heritage management.

4.3 Laser Scanner Acquisition (TLS)

The acquisition phase carried out through *Terrestrial Laser scanning* (TLS) represents the core stage of the entire survey campaign. The *laser scanner* automatically measures millions of points by emitting a *laser* beam which, once it strikes the *building*'s surfaces, is reflected back to the instrument. Return time of the signal allows the distance between the instrument and the impacted point to be calculated with extreme precision, thus generating a very high-density three-dimensional point cloud.

In the case of Chapel of *San Roque* and the connected spaces (Cloister and Sacristy), 75 scanning stations were carried out (Figs. 56 and 57), strategically distributed

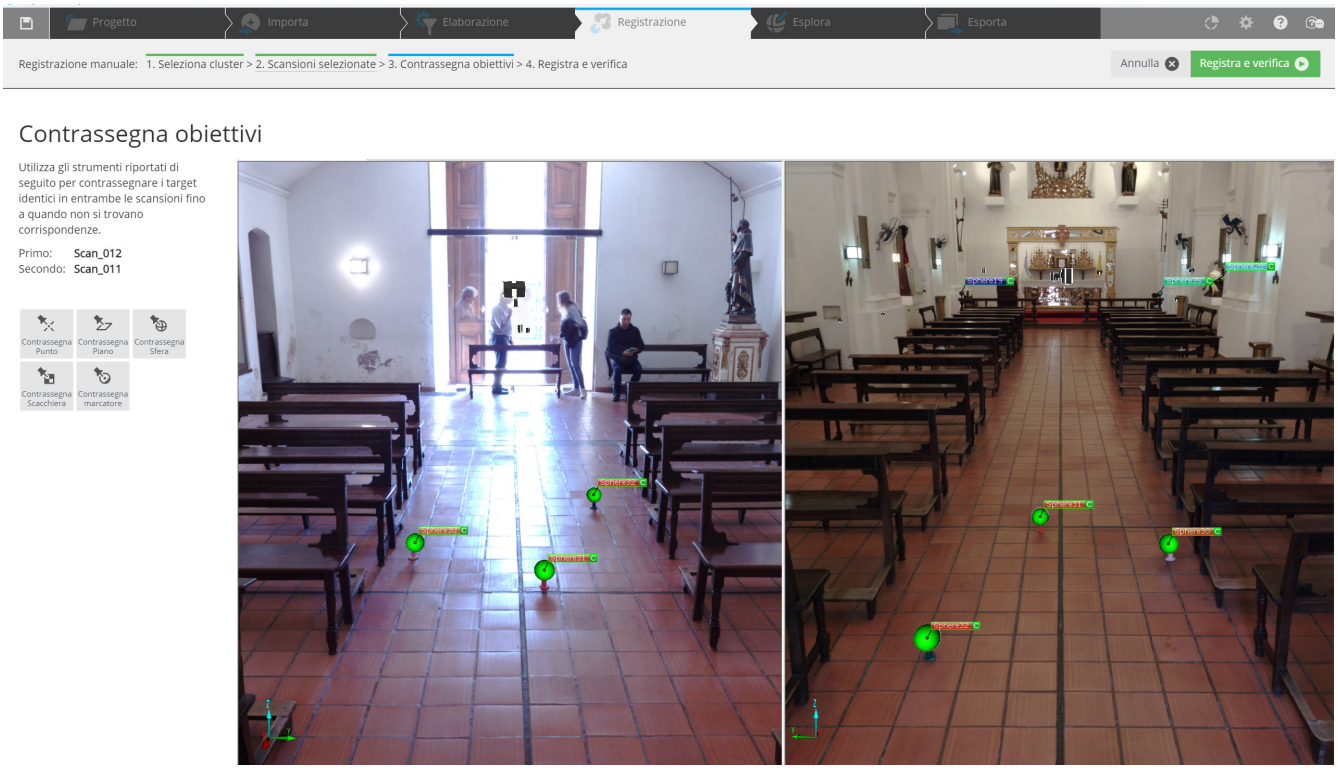


Fig. 58 – La procedura di acquisizione prevede l'uso di *target* sferici, per velocizzare l'operazione di collimazione tra le nuvole acquisite con prese successive.

Fig. 58 – Acquisition procedure includes the use of spherical targets to speed up the collimation process between point clouds captured in successive scans.

Fig. 59 – Panorami sferici generati con il *Laser scanner* per facilitare l'operazione di riscontro dei punti omologhi.

Fig. 59 – Spherical panoramas generated with the laser scanner to facilitate the identification of homologous points.

Fig. 60 – Panorami sferici generati con il *Laser scanner* per facilitare l'operazione di riscontro dei punti omologhi.

Fig. 60 – Spherical panoramas generated with the laser scanner to facilitate the identification of homologous points.

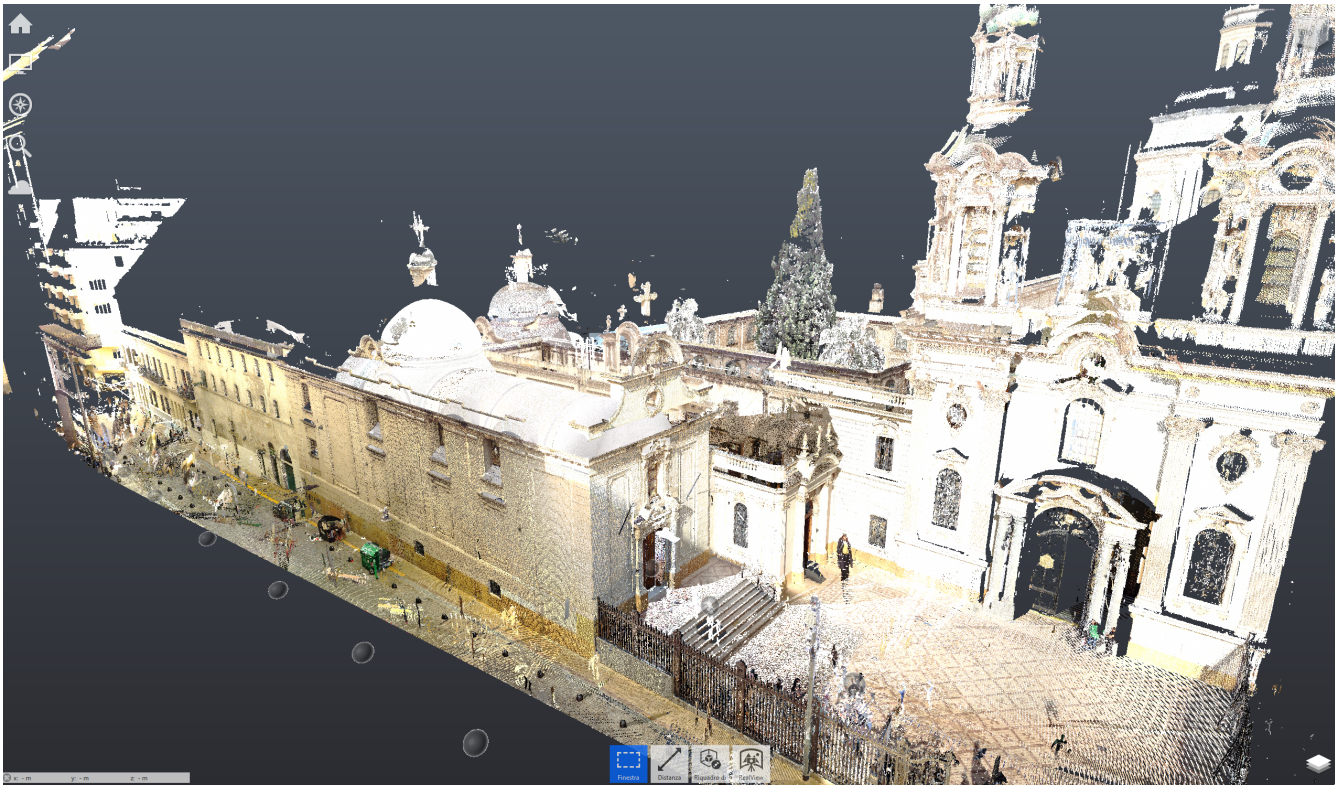


Fig. 61 – Visualizzazione della nuvola di punti generata con *Laser scanner* Focus 70.

Fig. 61 – Visualization of the point cloud generated with Focus 70 laser scanner.

fase di modellazione, ma un patrimonio informativo che rimane disponibile per ogni ulteriore esigenza conoscitiva.

4.4 Fotogrammetria aerea e terrestre

Laddove la tecnologia TLS non garantisce una copertura completa, in particolare sulle coperture, sulle parti più alte delle facciate e in alcune zone difficilmente accessibili (come la parte superiore degli arredi lignei della sacrestia) si ricorre alla fotogrammetria digitale, sia di tipo aereo, mediante drone, sia di prossimità, mediante riprese terrestri ad alta risoluzione (Fig. 62).

La campagna aerofotogrammetrica è realizzata tramite un drone dotato di sensore fotografico in risoluzione 4K, capace di acquisire immagini ad elevata qualità geometrica e cromatica. Sono effettuate oltre 300 fotografie, con traiettorie di volo pianificate in modo da garantire una copertura completa delle coperture e delle superfici verticali esterne (Fig. 63). Le immagini sono acquisite con un'elevata percentuale di sovrapposizione longitudinale e trasversale, condizione indispensabile per una corretta elaborazione mediante algoritmi fotogrammetrici.

Le fotografie aeree non sono utilizzate esclusivamente come documentazione visiva, ma sono elaborate tramite programmi basati sulla tecnologia *Structure from Motion* (SfM). Questo processo consente di ricostruire la geometria tridimensionale a partire da una serie di immagini bidimensionali, individuando automaticamente i punti omologhi tra le fotografie e calcolando la posizione spaziale delle camere.

to ensure complete coverage of all accessible interior and exterior spaces. Planning the station locations is a crucial phase of the procedure. It is necessary to identify optimal positioning points in order to:

- reduce unrecorded shadow areas;
- ensure adequate overlap between scans to facilitate correct registration;
- optimize acquisition time in relation to site operating conditions;
- minimize interference with liturgical and tourist use of the spaces.

The scans inside the chapel and the sacristy were performed with particular attention to decorated surfaces, vaults, stuccoes, and liturgical furnishings (Fig. 58). The high density of the data makes it possible to record not only the main geometries, but also micro-deformations of surfaces, structural misalignments, and construction irregularities resulting from the *building*'s historical stratification.

A particularly relevant aspect of TLS is the possibility of acquiring, in addition to

Fig. 62 – Fotografia realizzata con drone DJI Mavic 2 Enterprise.

Fig. 62 – Photograph taken with a DJI Mavic 2 Enterprise drone.

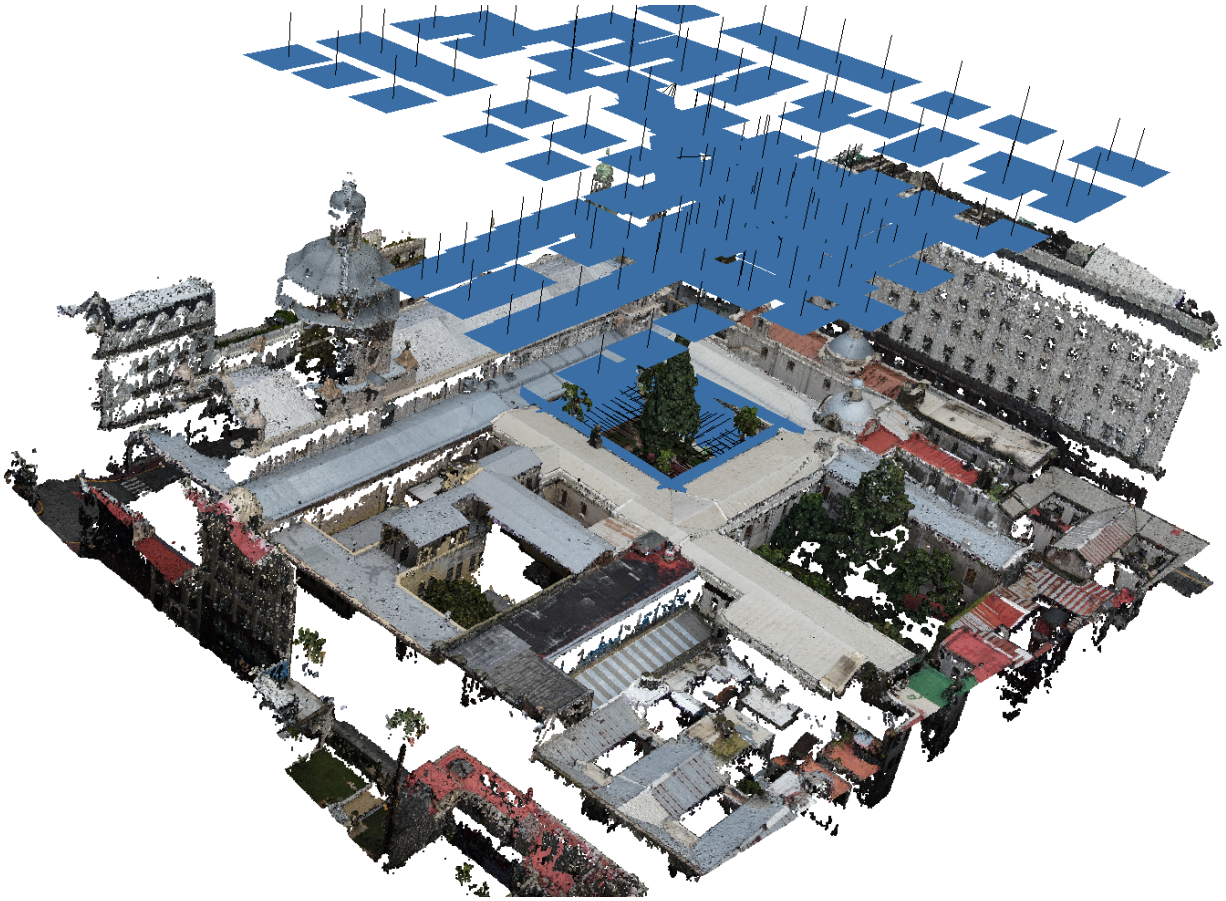


Fig. 63 – Indicazione delle immagini catturate con il drone.

Fig. 63 – Indication of the images captured by the drone.

Il risultato è la generazione di una nuvola di punti fotogrammetrica, che, pur non raggiungendo in tutti i casi l'accuratezza del TLS, risulta particolarmente efficace per le superfici esterne e per le coperture.

L'integrazione tra nuvola TLS e nuvola SfM consentito di ottenere un modello geometrico completo dell'edificio, privo di lacune significative. Le due nuvole sono allineate in un unico sistema di riferimento, sfruttando punti comuni e controlli metrici, in modo da garantire una coerenza geometrica complessiva. Questa integrazione rappresenta uno degli aspetti più qualificanti del rilievo integrato, poiché consente di unire l'elevata accuratezza del *laser scanner* alla flessibilità della fotogrammetria.

Accanto alla fotogrammetria aerea, è impiegata anche la fotogrammetria di prossimità per la documentazione di elementi architettonici e decorativi di piccole dimensioni, in particolare all'interno della Sacrestia (Fig. 64). Arredi lignei, apparati decorativi, cornici, e dettagli scultorei sono rilevati tramite sequenze fotografiche dedicate, con camere posizionate a distanza ravvicinata. Tali immagini sono elaborate con lo stesso approccio SfM, producendo modelli tridimensionali ad alta risoluzione dei singoli oggetti (Fig. 65).

Questi modelli di dettaglio svolgono un ruolo fondamentale all'interno dell'HBIM, poiché consentono di superare i limiti della modellazione parametrica tradizionale, spesso inadatta a restituire forme fortemente irregolari e complesse. Nei casi in cui la modellazione manuale risulterebbe eccessivamente semplificata, i modelli fotogrammetrici sono utilizzati come riferimento geometrico diretto o,

spatial coordinates, reflectance values of surfaces. Although this information does not provide full chromatic data, it makes it possible to distinguish materials with different optical behaviors and to identify surface discontinuities, cracks, and material alterations. Such information proves valuable during conservation state analysis.

The overall result of the TLS campaign is a high-density point cloud composed of hundreds of millions of points, capable of representing the geometry of the entire complex with millimetric precision. This *dataset* effectively represents the *building*'s "geometric truth"—an objective three-dimensional snapshot of its condition at the time of the survey. Unlike traditional representations, which are always the outcome of interpretation, the point cloud constitutes a neutral and verifiable basis upon which subsequent processing can be built.

The scans obtained from the various stations are subsequently subjected to a registration process, aligning the partial point clouds into a single reference system.

Fig. 64 – Fotogrammetria di prossimità eseguita sugli oggetto di arredo in legno presenti all'interno della sacrestia.

Fig. 64 – Close-range photogrammetry carried out on wooden furnishings inside the sacristy.

in alcuni casi, come veri e propri oggetti da integrare all'interno del sistema informativo.

Un ulteriore valore aggiunto della fotogrammetria è rappresentato dalla possibilità di generare ortofoto ad alta risoluzione delle superfici. Le ortofoto delle facciate, delle coperture e delle superfici interne decorate costituiscono una base fondamentale per l'analisi del degrado, la mappatura delle patologie e la classificazione dei materiali. Tali elaborati consentono una lettura bidimensionale metrica delle superfici, indispensabile per molte attività di studio e di progetto.

Dal punto di vista metodologico, la fotogrammetria ha, quindi, svolto tre funzioni principali, come l'integrazione del rilievo geometrico del TLS, la documentazione visiva ad alta risoluzione e il supporto alla modellazione dei dettagli. L'uso combinato di queste tecnologie ha consentito di costruire un sistema di dati multiscalare, capace di restituire l'edificio sia nel suo insieme sia nei suoi elementi più minuti.

4.5 Considerazioni sulla metodologia di rilievo integrato

La metodologia di rilievo integrato adottata per il complesso si configura come un processo complesso e fortemente interdisciplinare, in cui le tecnologie digitali non si sostituiscono alla competenza del rilievo tradizionale, ma la affiancano e la potenziano. L'approccio *Scan-to-BIM* permette di superare le limitazioni dei metodi

This process is carried out by identifying homologous points and reference *target*s (using the spherical *target*s employed for each individual acquisition) (Figs. 59 and 60), and is then refined using automatic *best-fit* algorithms. Registration quality is verified through calculation of mean deviations between overlapping scans, which are kept within values compatible with standards required for accurate applications in an HBIM *workflow*.

Once the complete point cloud has been generated, a data-cleaning phase follows, aimed at removing noise, spurious points, temporary elements (people, movable furnishings, construction equipment), and interferences caused by anomalous reflections (Fig. 61). This operation requires careful *editing* work, essential to ensure readability of the *dataset* and its subsequent usability within HBIM environment.

From methodological perspective, the TLS point cloud plays a dual role. On one hand, it constitutes the basis for accurate geometric modeling of *building*. On the

convenzionali, garantendo una documentazione completa, accurata e scientificamente affidabile.

L'uso combinato di TLS e fotogrammetria (Fig. 66 e 67) consente di ottenere un quadro geometrico esaustivo dell'edificio, mentre l'interpretazione critica del dato permette di trasformare la nuvola di punti in un modello informativo strutturato. Il rilievo non è, quindi, un semplice atto di misura, ma un vero e proprio strumento di conoscenza, capace di restituire la complessità storica, materica e spaziale del complesso francescano.

Questa base conoscitiva costituisce il presupposto indispensabile per le successive fasi di modellazione HBIM, analisi dello stato di conservazione, simulazione degli interventi e pianificazione della manutenzione, che verranno approfondite nei capitoli successivi.

other, it represents a permanent digital archive, queryable over time for verification, comparison, and future studies. *Laser scanner* survey data are therefore not "consumed" during modeling phase, but remain an informational ass*et* available for any further knowledge requirement.

4.4 Aerial and terrestrial photogrammetry

Where TLS technology does not guarantee complete coverage, particularly

Fig. 65 – Immagini elaborate con approccio SfM, producendo modelli tridimensionali ad alta risoluzione degli oggetti di arredo della sacrestia.

Fig. 65 – Images processed using SfM approach, producing high-resolution three-dimensional models of the sacristy furnishings.

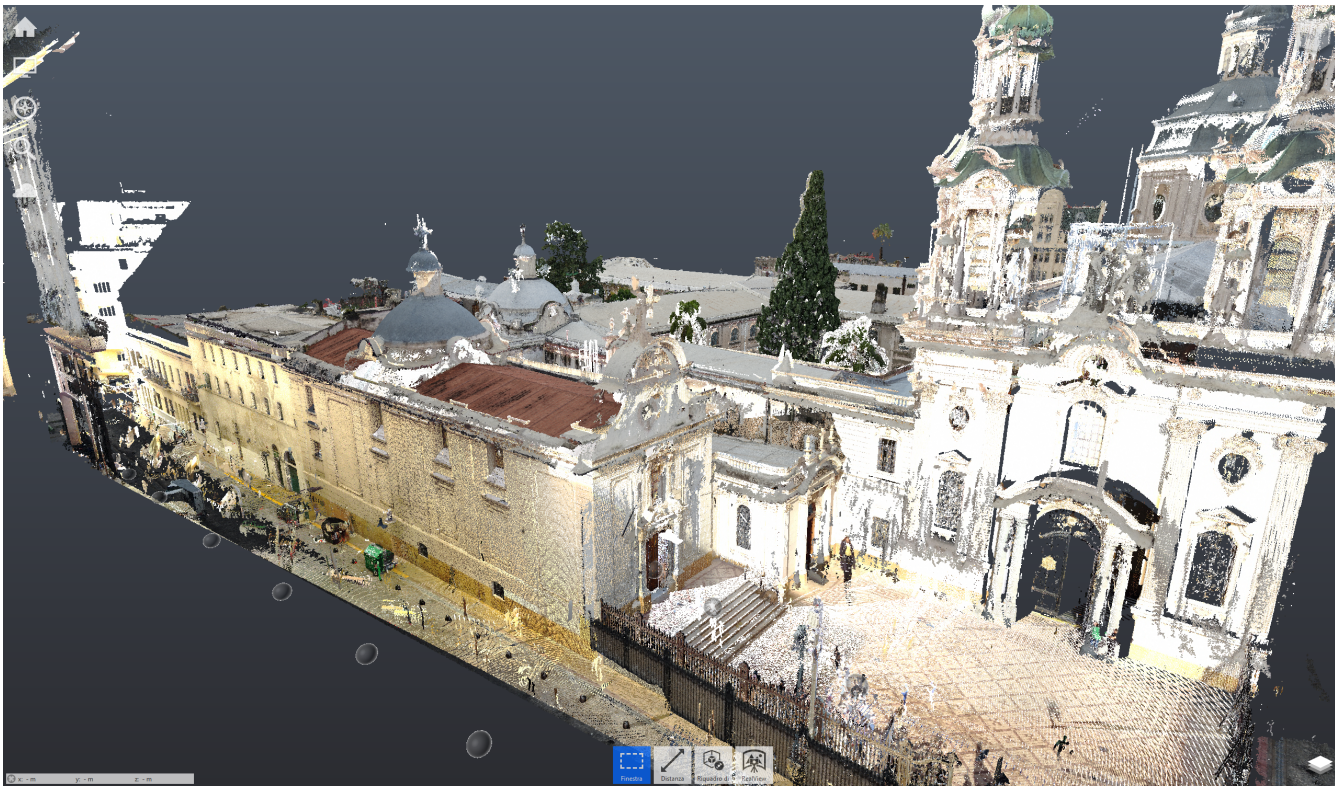


Fig. 66 – Visualizzazione della nuvola di punti integrata tra acquisizione TLS e fotogrammetria da drone.

Fig. 66 – Visualization of integrated point cloud generated from TLS acquisition and drone-based photogrammetry.

Fig. 67 – Visualizzazione della nuvola di punti integrata tra acquisizione TLS e fotogrammetria da drone.

Fig. 67 – Visualization of integrated point cloud generated from TLS acquisition and drone-based photogrammetry.

on roof structures, upper portions of façades, and in certain hard-to-access areas (such as the upper sections of the wooden furnishings in the sacristy), digital photogrammetry is employed, both aerial (using a drone) and close-range *Terrestrial* (using high-resolution ground-based photography) (Fig. 62).

Aerial photogrammetric campaign was carried out using a drone equipped with a 4K-resolution photographic sensor, capable of capturing images with high geometric and chromatic quality. More than 300 photographs were taken, with flight paths planned to ensure full coverage of roof structures and external vertical surfaces (Fig. 63). The images were captured with a high percentage of longitudinal and transverse overlap, a condition essential for correct processing through photogrammetric algorithms.

Aerial photographs were not used solely as visual documentation; rather, they were processed using software based on *Structure from Motion* (SfM) technology. This process enables three-dimensional geometry to be reconstructed from a series of two-dimensional images by automatically identifying homologous points between photographs and calculating camera positions in space. The result is the generation of a photogrammetric point cloud which, although not always reaching the same level of accuracy as TLS, proves particularly effective for external surfaces and roof areas.

Integration of TLS point cloud and SfM point cloud made it possible to obtain a complete geometric model of the *building*, free of significant *gaps*. The two *datasets* were aligned within a single reference system using shared control points and metric checks to ensure overall geometric consistency. This integration represents one of the most significant aspects of the integrated survey, as it combines the high accuracy of *laser scanning* with the flexibility of photogrammetry.

In addition to aerial photogrammetry, close-range photogrammetry was employed to document small-scale architectural and decorative elements, particularly inside the sacristy (Fig. 64). Wooden furnishings, decorative elements, moldings, and sculptural details were recorded through dedicated photographic sequences, with cameras positioned at close distance. These images were processed using the same SfM approach, producing high-resolution three-dimensional models of individual objects (Fig. 65).

These detailed models play fundamental role within HBIM, as they overcome limitations of traditional parametric modeling, which is often unsuitable for representing highly irregular and complex forms. In cases where manual modeling would result in excessive simplification, photogrammetric models were used as direct geometric references or, in some cases, as actual objects integrated into the informational system.

An additional advantage of photogrammetry lies in the possibility of generating high-resolution orthophotos of surfaces. Orthophotos of façades, roof structures, and decorated interior surfaces constitute fundamental basis for deterioration analysis, pathology mapping, and material classification. These *output*s allow for metric two-dimensional reading of surfaces, indispensable for many research and design activities.

From methodological perspective, photogrammetry therefore fulfilled three main functions: integration of TLS geometric survey, high-resolution visual documentation, and support for detailed modeling. Combined use of these technologies made it possible to construct multiscale data system capable of representing *building* both as whole and in its finest elements.

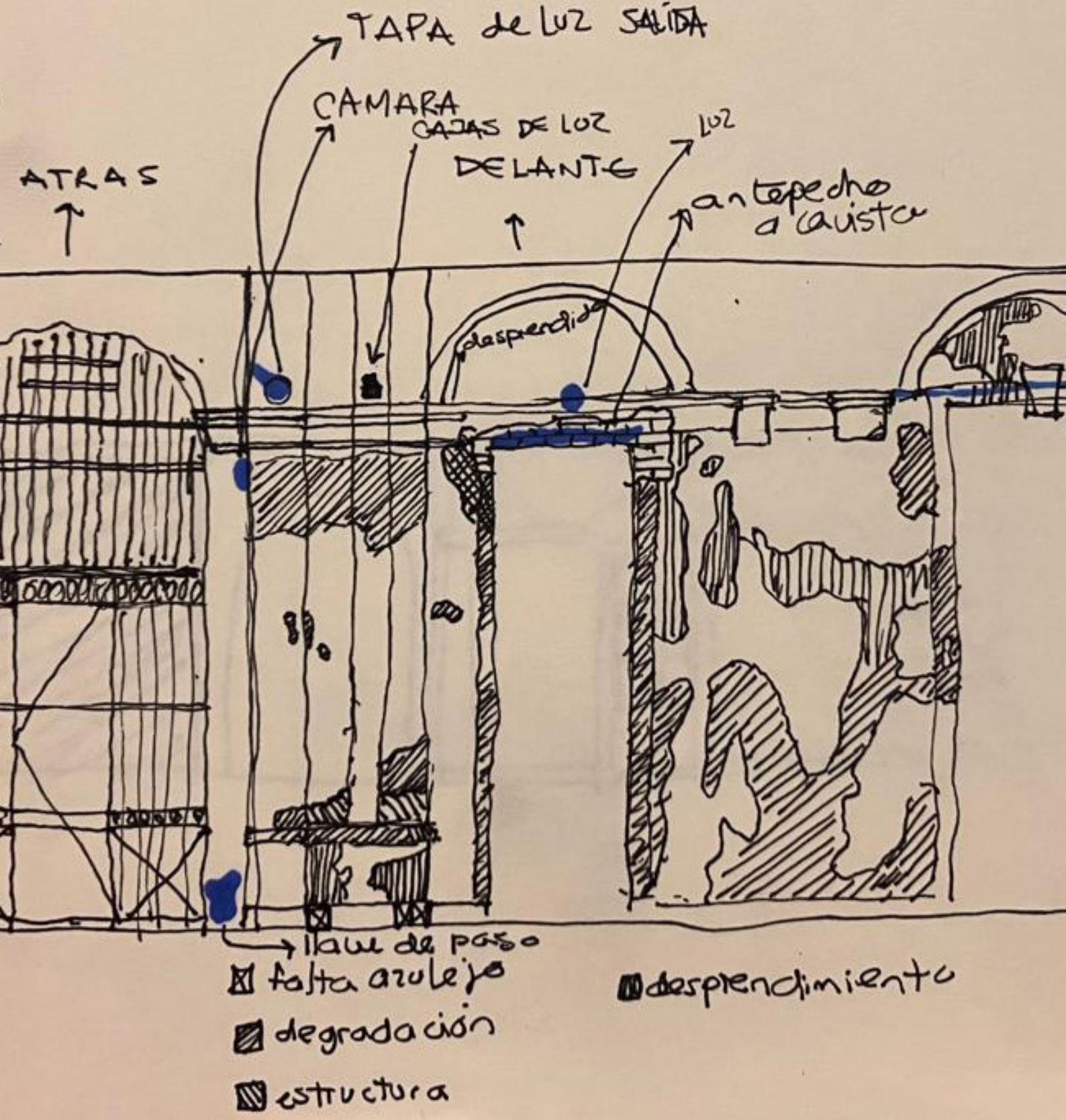
4.5 Considerations on integrated survey methodology

Integrated survey methodology adopted for the complex is configured as a complex and strongly interdisciplinary process, in which digital technologies do not replace traditional surveying expertise, but rather support and enhance it. The *Scan-to-BIM* approach makes it possible to overcome limitations of conventional methods, ensuring documentation that is comprehensive, accurate, and scientifically reliable.

The combined use of TLS and photogrammetry (Figs. 66 and 67) provides an exhaustive geometric representation of the *building*, while critical interpretation of the data allows the point cloud to be transformed into structured informational model. Surveying is therefore not merely an act of measurement, but a true instrument of knowledge, capable of conveying historical, material, and spatial complexity of Franciscan complex.

This knowledge base constitutes indispensable prerequisite for subsequent phases of HBIM modeling, conservation state analysis, intervention simulation, and maintenance planning, which will be examined in the following chapters.

CAPILLA SAN ROQUE


TAPA de LUZ SALIDA
CAMARA
CAJAS DE LUZ
LUZ
ATRAS
DELANTE
antepecho a cuista
desprendido
llave de paso
falta azulejo
degradación
estructura
desprendimiento

PARTE 2
ATTIVITÀ SVOLTE A BUENOS AIRES

PART 2 – Activities carried out in Buenos Aires

Capitolo 5
Analisi dei materiali costruttivi e diagnostica

CHAPTER 5 - Analysis of construction materials and diagnostics

5.1 Materiali costruttivi

Parallelamente al rilevamento è condotta un rilievo per la catalogazione sistematica dei materiali costruttivi, sia originali sia frutto di interventi successivi. Questo censimento materico (Fig. 68, 69, 70, 71) costituisce uno degli aspetti più rilevanti per il successivo modello informativo, poiché permette di comprendere non solo "come sta" l'edificio, ma anche "di cosa è fatto" e "come è cambiato nel tempo".

5.1 Construction Materials

Alongside the survey activities, a systematic cataloguing of construction materials, both original and resulting from later interventions, was carried out. This material census (Figs. 68, 69, 70, 71) represents one of the most significant aspects for

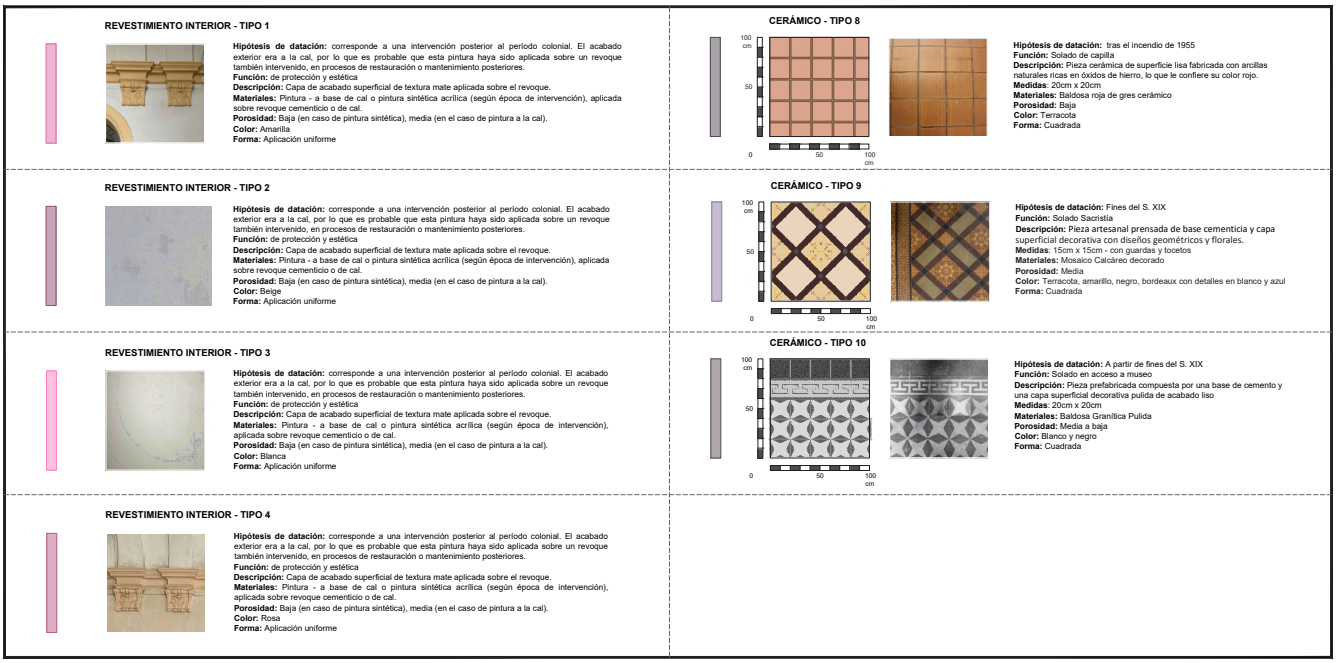


Fig. 68 – Scheda tecnica dei materiali da costruzioni riferiti alla tipologia "rivestimenti interni".

Fig. 68 – Technical data sheet of construction materials related to the category "interior finishes."

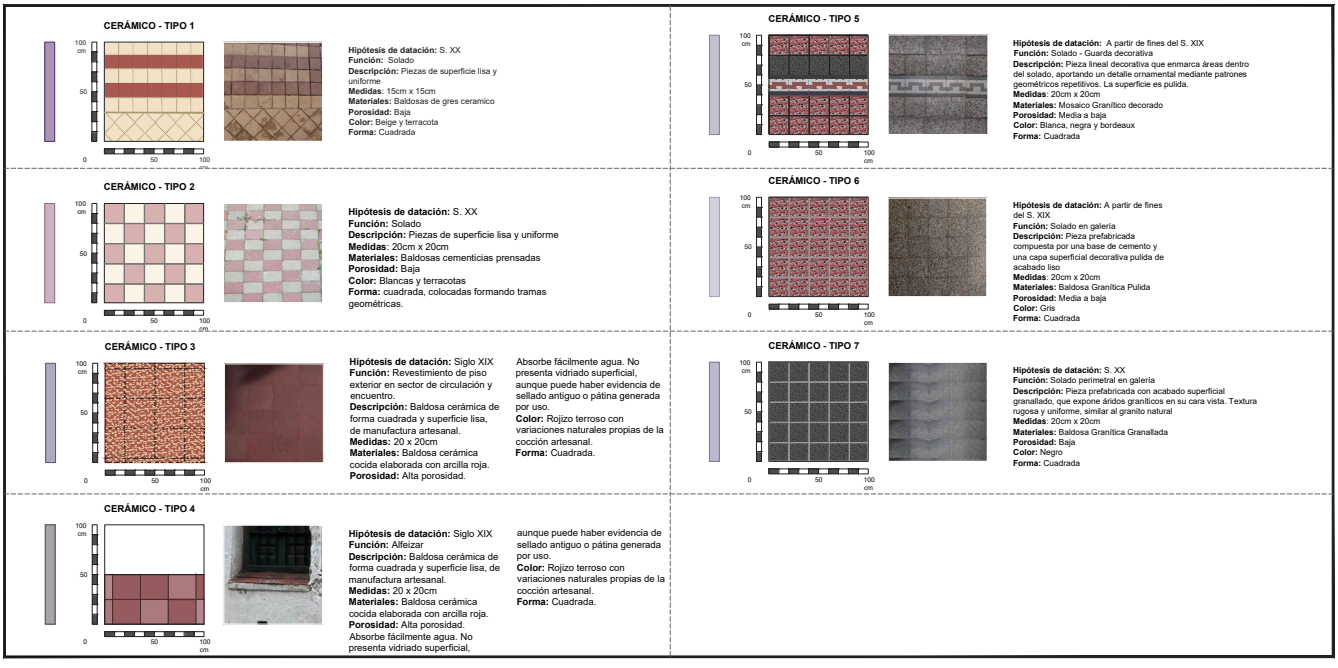


Fig. 69 – Scheda tecnica dei materiali da costruzioni riferiti alla tipologia "rivestimenti esterni".

Fig. 69 – Technical data sheet of construction materials related to the category "exterior finishes."

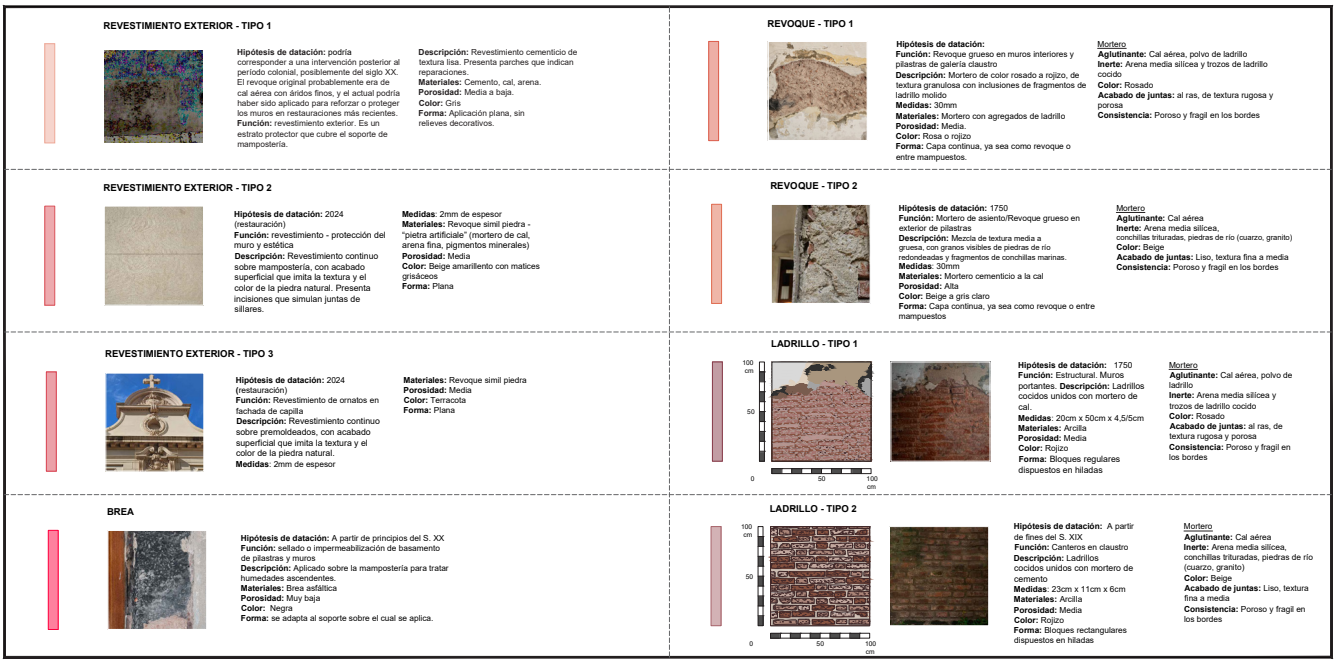


Fig. 70 – Scheda tecnica dei materiali da costruzioni riferiti alla tipologia "malte e murature".

Fig. 70 – Technical data sheet of construction materials related to the category "mortars and masonry."

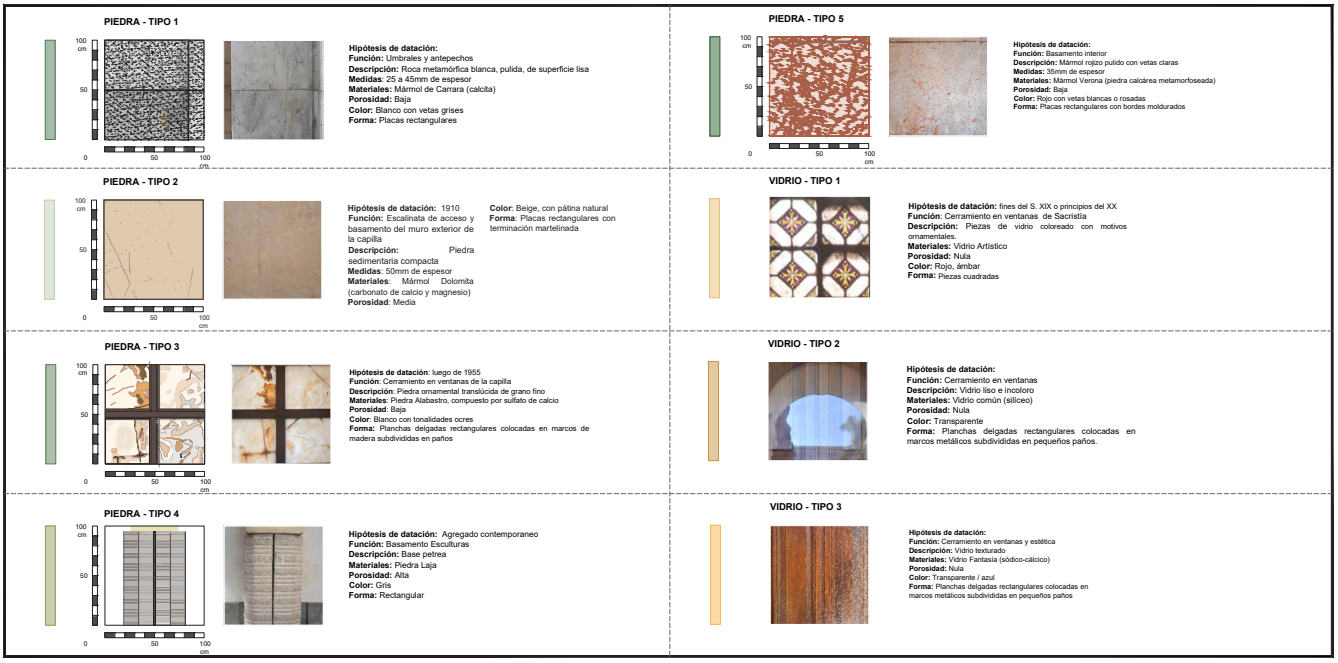


Fig. 71 – Scheda tecnica dei materiali da costruzioni riferiti alla tipologia "petre e vetri".

Fig. 71 – Technical data sheet of construction materials related to the category "stone and glass."

Ogni elemento del complesso analizzato è associato a una Scheda Materiale, contenente informazioni quali:

- tipologia del materiale (pietra, laterizio, malta, legno, metallo, intonaco, ecc.);
- rappresentazione grafica e foto 1mt x 1 mt;
- epoca di posa;
- funzione;
- descrizione;
- descrizione dei singoli elementi;
- caratteristiche fisico-meccaniche note o deducibili.

Questa base conoscitiva è fondamentale per garantire la compatibilità dei futuri interventi di restauro, evitare l'utilizzo di materiali incompatibili e preservare l'autenticità materica del manufatto. Nel caso del complesso francescano, la stratificazione storica dei materiali racconta una storia complessa di sovrapposizioni (Fig. 72, 73, 74), restauri, riparazioni e interventi emergenziali, ciascuno dei quali ha lasciato tracce riconoscibili nel corpo dell'edificio.

the subsequent informational model, as it makes it possible to understand not only the *building*'s current condition, but also what it is made of and how it has changed over time.

Each element of the analyzed complex is associated with a Material Record Sheet, containing information such as:

- type of material (stone, brick, mortar, wood, metal, plaster, etc.);
- graphic representation and 1 m × 1 m photographic sample;
- period of installation;
- function;
- general description;
- description of individual components;
- known or deducible physical and mechanical characteristics.

Fig. 72 – Materiali applicati su una sezione della Cappella di San Rocco.

Fig. 72 – Materials applied to a section of the Chapel of San Rocco.

Fig. 73 – Materiali applicati su un prospetto del chiostro.

Fig. 73 – Materials applied to an elevation of the cloister.

Fig. 74 – Materiali applicati su una sezione della sacrestia.

Fig. 74 – Materials applied to a section of the sacristy.

5.2 Diagnostica

Le procedure di diagnostica adottate nel progetto si inseriscono in un quadro metodologico orientato alla conoscenza approfondita e non invasiva del manufatto, in coerenza con i principi della conservazione e con l'approccio HBIM finora descritto. In particolare, sono state impiegate tecniche diagnostiche avanzate che non comportano alcun contatto diretto o alterazione delle superfici, consentendo di raccogliere informazioni fondamentali sullo stato di conservazione e sul comportamento strutturale dell'edificio.

Tra queste, un ruolo centrale è stato svolto dalla termografia a infrarossi, applicata attraverso l'uso del drone sia in ambiente esterno sia in ambiente interno (fig. 75, 76). All'esterno, la termografia è stata utilizzata per l'analisi delle coperture della cappella, consentendo di individuare discontinuità termiche riconducibili a difetti di impermeabilizzazione, degrado dei materiali o presenza di umidità. All'interno, le riprese termografiche hanno permesso di rilevare tracce di precedenti infiltrazioni, come nel caso degli ambienti della segreteria, dove le variazioni di temperatura evidenziano fenomeni non sempre percepibili a occhio nudo. La lettura delle immagini termiche, interpretata in relazione ai dati storici e costruttivi, fornisce indicazioni preziose per orientare gli interventi di restauro in modo mirato e selettivo.

Parallelamente, l'analisi strutturale indiretta è stata condotta a partire dalla lettura geometrica della nuvola di punti generata dal rilievo *laser scanner*. Questo tipo di analisi consente di verificare con estrema precisione la perpendicolarità delle pareti rispetto al piano di appoggio e di individuare eventuali anomalie geometriche (Fig. 77). In presenza di fuori piombo, la nuvola di punti permette di quantificare l'entità e la localizzazione del fenomeno di "spanciamento", offrendo una base oggettiva per la valutazione delle deformazioni strutturali.

L'integrazione tra termografia e analisi geometrica, entrambe confluite nel modello HBIM, consente di correlare dati fisici, diagnostici e spaziali, trasformando la diagnostica in uno strumento operativo a supporto della progettazione del restauro e della conservazione preventiva.

This knowledge base is essential to ensure compatibility of future restoration interventions, avoid the use of incompatible materials, and preserve material authenticity of the *building*. In the case of the Franciscan complex, historical stratification of materials reveals a complex history of superimpositions (Figs. 72, 73, 74), restorations, repairs, and emergency interventions, each of which has left recognizable traces within the structure of the *building*.

5.2 Diagnostics

Diagnostic procedures adopted in the project are framed within a methodological approach oriented toward in-depth and non-invasive knowledge of the *building*, in coherence with conservation principles and with the HBIM approach described so far. In particular, advanced diagnostic techniques were employed that do not involve direct contact with or alteration of surfaces, making it possible to collect essential information about conservation state and structural behavior of the *building*.

Among these, infrared thermography played central role, applied through use of drone both in exterior and interior environments (Figs. 75, 76). Externally, thermography was used to analyze roof structures of the chapel, making it possible to identify

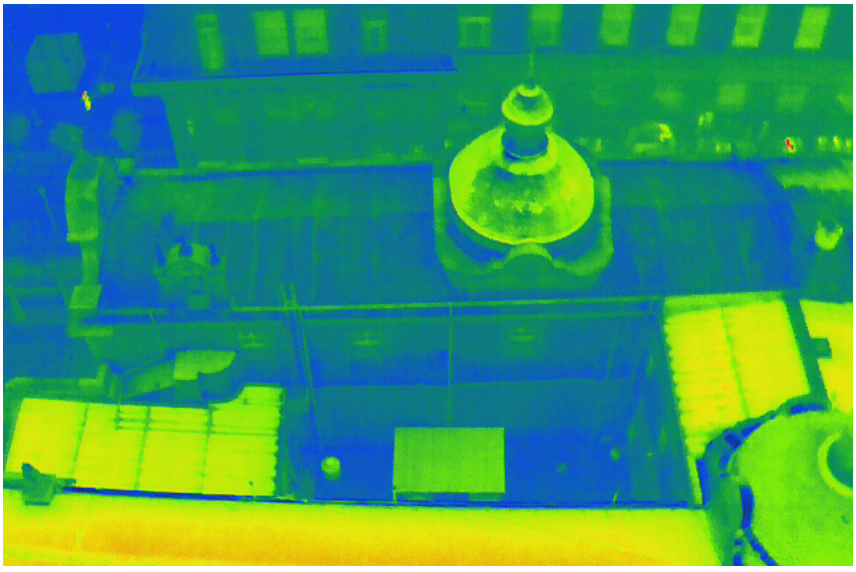


Fig. 75 – Immagine termografica della copertura della Cappella di San Rocco.

Fig. 75 – Thermographic image of the roof of the Chapel of San Rocco.

thermal discontinuities attributable to waterproofing defects, material degradation, or presence of moisture. Internally, thermographic imaging allowed detection of traces of previous infiltrations, as in the case of secretariat rooms, where temperature variations reveal phenomena not always perceptible to naked eye. Interpretation of thermal images, correlated with historical and construction data, provides valuable indications for directing restoration interventions in *target*ed and selective manner.

At the same time, indirect structural analysis was conducted through geometric interpretation of point cloud generated by *laser scanner* survey. This type of analysis makes it possible to verify, with extreme precision, perpendicularity of walls in relation to supporting plane and to identify any geometric anomalies (Fig. 77). In presence of out-of-plumb conditions, point cloud enables quantification of extent and localization of bulging phenomena, providing objective basis for evaluation of structural deformations.

Integration of thermography and geometric analysis, both incorporated into HBIM model, makes it possible to correlate physical, diagnostic, and spatial data, transforming diagnostics into operational tool supporting restoration design and preventive conservation.

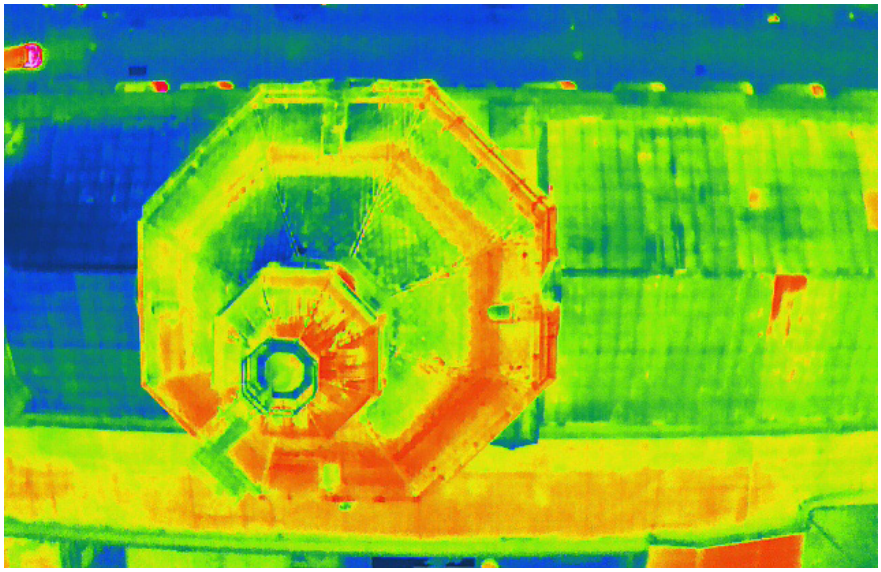


Fig. 76 – Immagine termografica della copertura della sacrestia.

Fig. 76 – IThermographic image of the roof of the sacristy.

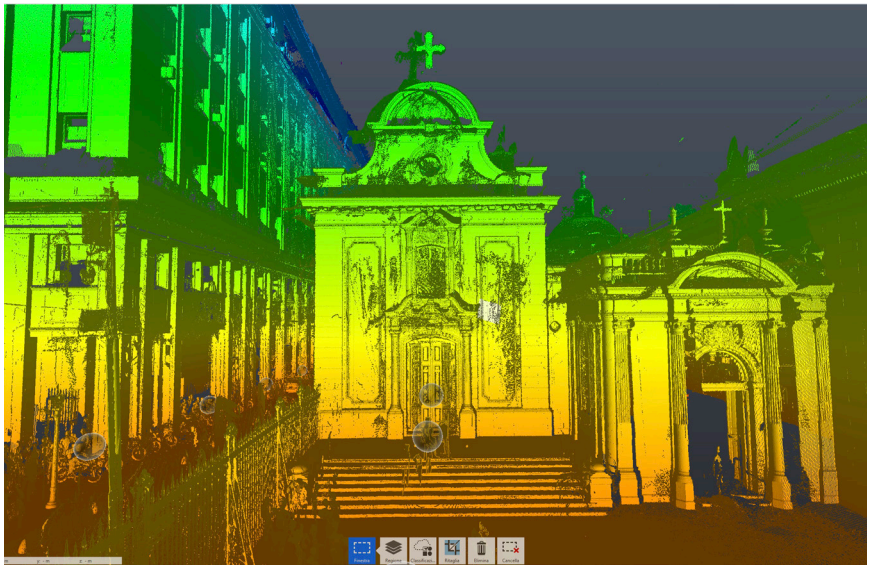


Fig. 77 – Analisi strutturale indiretta.

Fig. 77 – Indirect structural analysis.

PARTE 2
ATTIVITÀ SVOLTE A BUENOS AIRES

PART 2 – Activities carried out in Buenos Aires

Capitolo 6
Elaborazione e modellazione HBIM

CHAPTER 6 - HBIM processing and modeling

6.1 Dal dato grezzo all'informazione strutturata

La fase di elaborazione dei dati di rilievo rappresenta uno dei momenti più delicati e strategici dell'intero processo HBIM. Se da un lato le tecnologie descritte nel capitolo precedente consentono di acquisire una elevata quantità di informazioni geometriche sotto forma di nuvole di punti, dall'altro tali dati, nella loro forma originaria, sono privi di struttura semantica. La nuvola di punti costituisce, infatti, un insieme di coordinate tridimensionali non organizzate in oggetti architettonici riconoscibili. Essa descrive la realtà fisica, ma non ne esplicita il significato costruttivo, funzionale o storico.

Nel caso del *Conjunto Monumental San Francisco*, la fase di processing prevede innanzitutto l'unione delle diverse nuvole di punti, provenienti sia dal *laser scanner* terrestre sia dalle campagne fotogrammetriche, in un unico modello digitale complessivo. L'allineamento dei *dataset* è effettuato all'interno di un unico sistema di riferimento spaziale, verificando la coerenza metrica tra i diversi contributi e controllando eventuali discontinuità mediante sezioni di confronto e misure di controllo incrociato. Questa operazione permette di ottenere una rappresentazione tridimensionale completa, continua e metricamente affidabile dell'intero complesso, comprensiva della Cappella, del chiostro, della Sacrestia e degli spazi connessi.

Una volta ottenuta la nuvola di punti unificata, si procede alla sua ottimizzazione mediante operazioni di pulizia, decimazione selettiva e segmentazione preliminare. La straordinaria densità del dato, pur costituendo un indubbio valore scientifico, rende infatti complessa la gestione diretta in ambiente di modellazione. È necessario bilanciare il livello di dettaglio con le esigenze operative, mantenendo intatte le informazioni indispensabili per la modellazione e riducendo invece le ridondanze superflue.

Da questo momento inizia la fase più delicata dell'intero processo HBIM, definita come "semantizzazione" del dato. Con questo termine si intende il passaggio dalla semplice rappresentazione geometrica alla trasformazione dei punti in entità architettoniche dotate di significato: muri, pilastri, volte, solai, coperture, elementi decorativi. Tale passaggio rappresenta una vera e propria operazione interpretativa, in cui la competenza del modellatore e la conoscenza storico-costruttiva dell'edificio assumono un ruolo centrale. A differenza del BIM per il nuovo, in cui gli oggetti vengono generati secondo logiche progettuali predefinite, nell'HBIM l'oggetto è la risultante di un processo inverso, che va dall'edificio reale al modello digitale.

Il processo di semantizzazione è articolato in due livelli distinti ma complementari. Il primo livello riguarda l'individuazione delle macro-categorie costruttive, ovvero dei grandi sistemi del complesso, come le strutture verticali, le strutture orizzontali, le coperture, i sistemi di collegamento, gli apparati decorativi, i serramenti e gli impianti. Il secondo livello, invece, interessa la definizione degli elementi costruttivi elementari, ciascuno dei quali è identificato come oggetto parametrico dotato di attributi specifici.

Ogni elemento modellato è associato a una serie di proprietà informative che vanno dai dati geometrici, alle caratteristiche materiche, ai riferimenti storici, all'appartenenza cronologica, allo stato di conservazione e la relazione con le fasi precedentemente individuate. In questo modo, si costruisce progressivamente un vero e proprio database tridimensionale dell'edificio, in cui la forma e l'informazione sono indissolubilmente legate.

6.1 From raw data to structured information

The processing stage of survey data represents one of the most critical and strategic steps within the entire HBIM *workflow*. While the technologies described in the previous chapter enable the acquisition of large volumes of geometric information in the form of point clouds, these *dataset*s, in their raw form, lack semantic organization. A point cloud, in fact, consists of a collection of three-dimensional coordinates that are not structured into recognizable architectural components. It accurately describes physical reality, but it does not explicitly convey its constructive, functional, or historical significance.

In the case of the *Conjunto Monumental San Francisco*, the processing phase initially involves merging multiple point clouds derived from both *Terrestrial laser scanning* and photogrammetric survey campaigns into a single comprehensive digital model. *Dataset* registration is performed within a unified spatial reference system, ensuring metric consistency across the different data sources and checking for potential discrepancies through sectional comparisons and cross-validation measurements. This procedure enables the generation of a complete, continuous, and metrically reliable three-dimensional representation of the entire complex, including the Chapel, the cloister, the Sacristy, and the connected spaces.

Once the unified point cloud has been generated, it is optimized through cleaning operations, selective decimation, and preliminary segmentation. Although the extremely high data density represents significant scientific value, it also complicates direct handling within modeling environments. It is therefore necessary to balance the level of detail with operational efficiency, preserving information essential for modeling while reducing unnecessary data redundancy.

At this stage, the most critical phase of the HBIM *workflow* begins, commonly referred to as data semantic enrichment. This process involves transitioning from simple geometric representation to the transformation of point-based data into meaningful architectural entities such as walls, columns, vaults, floor slabs, roofing systems, and decorative elements. This step constitutes a genuine interpretative operation, in which the modeler's

Un aspetto particolarmente complesso riguarda la gestione delle irregolarità geometriche tipiche dell'architettura storica. Le murature fuori piombo, le superfici non ortogonali, le deformazioni delle volte e le variazioni di spessore non sono anomalie da correggere, ma testimonianze materiali della storia costruttiva dell'edificio. L'obiettivo non è quello di "regolarizzare" il modello secondo logiche ideali, ma di restituire fedelmente la realtà geometrica, mantenendo traccia delle deviazioni rispetto alla teoria.

In molti casi si rende necessaria una modellazione di tipo ibrido, combinando elementi parametrici standard con superfici modellate per adattamento diretto alla nuvola di punti (modelli "*in place*" o oggetti "*mesh*"). Questa scelta consente di mantenere un buon equilibrio tra accuratezza geometrica e possibilità di gestione informativa degli oggetti.

Il passaggio dal dato grezzo al dato strutturato rappresenta non solo un'operazione tecnica, ma un vero e proprio processo di interpretazione del manufatto, in cui rilievo, storia dell'architettura e tecnologia delle costruzioni si integrano in un unico flusso operativo.

6.2 Analisi geometrica e proporzionale

Prima di procedere alla modellazione parametrica vera e propria, è stata condotta un'approfondita analisi geometrica e proporzionale dell'edificio, con l'obiettivo di comprendere le logiche compositive che ne hanno guidato la progettazione originaria e le successive trasformazioni. Questa fase, spesso trascurata nei processi puramente tecnici di modellazione, ha invece rappresentato un momento fondamentale per la costruzione di un modello HBIM realmente consapevole.

L'architettura della Cappella *San Roque* si inserisce nel solco della tradizione coloniale di matrice europea, profondamente influenzata dai trattati classici di architettura. Lo studio degli ordini architettonici, delle proporzioni e dei rapporti modulari è stato condotto mediante il confronto diretto tra le misure ricavate dalla nuvola di punti e i sistemi teorici codificati a partire dal Rinascimento. In particolare, il riferimento ai principi esposti nel trattato di Andrea Palladio ha offerto un utile strumento interpretativo per comprendere l'organizzazione delle partiture architettoniche, la scansione delle paraste, i rapporti tra altezza e larghezza degli alzati e la gerarchia degli elementi decorativi.

L'analisi comparata ha evidenziato come la Cappella presenti una struttura compositiva coerente con un impianto modulare di base (Fig. 78, 79), riconducibile a un sistema di proporzioni razionali. Tuttavia, il confronto con la geometria reale, restituita dal rilievo *laser scanner*, ha messo in luce una serie di scarti significativi tra il modello teorico e l'effettiva realizzazione. Tali scarti non devono essere interpretati come errori in senso moderno, ma come espressione della concreta realtà costruttiva del cantiere storico, in cui la disponibilità dei materiali, le competenze delle maestranze, le condizioni economiche e le esigenze contingenti influivano profondamente sull'esito finale.

Emerge, in questo senso, una vera e propria dialettica tra la regola e la pratica, tra l'ideale proporzionale del progetto e la realtà imperfetta dell'esecuzione. Le paraste, ad esempio, pur rispettando uno schema generale riconducibile a un ordine classico semplificato, presentano lievi variazioni dimensionali e allineamenti non perfettamente ortogonali. Analogamente, le volte mostrano curvature non perfettamente regolari, testimoniando probabili assestamenti strutturali o approssimazioni costruttive.

Questa analisi ha avuto ricadute dirette sulla fase di modellazione. Laddove il rilievo evidenziava la presenza di una chiara logica modulare,

expertise and knowledge of the *building*'s construction history play a fundamental role. Unlike BIM for new constructions, where objects are generated according to predefined design rules, HBIM objects are derived through a reverse-engineering process that translates the physical *building* into a digital model.

The semantic enrichment process is structured into two distinct but complementary levels. The first level focuses on identifying macro *building* systems, namely the primary components of the complex, including vertical load-bearing structures, horizontal structural systems, roofing assemblies, circulation systems, decorative features, openings and fenestration systems, and *building* service installations. The second level concerns the definition of elementary construction components, each classified as a parametric object enriched with specific attribute data.

Each modeled component is associated with a *set* of information parameters ranging from geometric properties and material characteristics to historical documentation, chronological classification, conservation status, and relationships with previously identified construction phases. Through this approach, a comprehensive three-dimensional *building* database is progressively developed, where geometry and information are intrinsically interconnected.

A particularly challenging aspect involves managing geometric irregularities typical of historic architecture. Out-of-plumb masonry, non-orthogonal surfaces, vault deformations, and thickness variations are not errors to be corrected, but rather material evidence of the *building*'s construction evolution. The objective is not to regularize the model according to idealized geometric assumptions, but to accurately represent the existing conditions while preserving deviations from theoretical geometries.

In many cases, hybrid modeling strategies are required, combining standard parametric components with surfaces generated through direct fitting to the point cloud data (in-place families or *mesh*-based objects). This approach allows for maintaining an effective balance between geometric accuracy and the capability to manage object-based information.

The transition from raw data to structured information therefore represents

si è proceduto a una modellazione parametrica basata su rapporti proporzionali ricostruiti. Nei casi, invece, in cui le deformazioni risultavano particolarmente evidenti, si è privilegiata una modellazione aderente alla forma reale, anche a scapito della regolarità geometrica.

Lo studio delle proporzioni ha riguardato non solo l'organismo architettonico nel suo insieme, ma anche i dettagli decorativi: cornici, modanature, capitelli, basi e apparati di finitura. Qui il confronto con i modelli teorici ha consentito di individuare matrici culturali di riferimento e di interpretare le successive sovrapposizioni stilistiche come il risultato di fasi operative differenti.

Dal punto di vista dell'HBIM, questa fase di analisi critica ha avuto un valore fondamentale poiché ha permesso di definire, per ciascun elemento, se esso dovesse essere modellato come oggetto "ideale" parametrico o come oggetto "reale" deformato, direttamente aderente alla nuvola di punti. Tale scelta non è stata puramente tecnica, ma ha avuto implicazioni dirette sulla leggibilità storica del modello, che è stato strutturato per distinguere, anche visivamente, le diverse logiche costruttive.

In questo modo, il modello HBIM non si limita a rappresentare una forma, ma diventa uno strumento capace di raccontare le tensioni tra progetto e costruzione, tra teoria architettonica e prassi del cantiere storico.

not only a technical operation, but also a comprehensive interpretative process of the architectural heritage asset, in which surveying, architectural history, and construction technology converge into a unified digital *workflow*.

6.2 Geometric and proportional analysis

Before proceeding with the actual parametric modeling, a thorough geometric and proportional analysis of the *building* was carried out, with the aim of understanding the compositional principles that guided its original design and subsequent transformations. This phase, often overlooked in purely technical modeling *workflow*s, instead proved to be a fundamental step in the construction of a truly informed HBIM model.

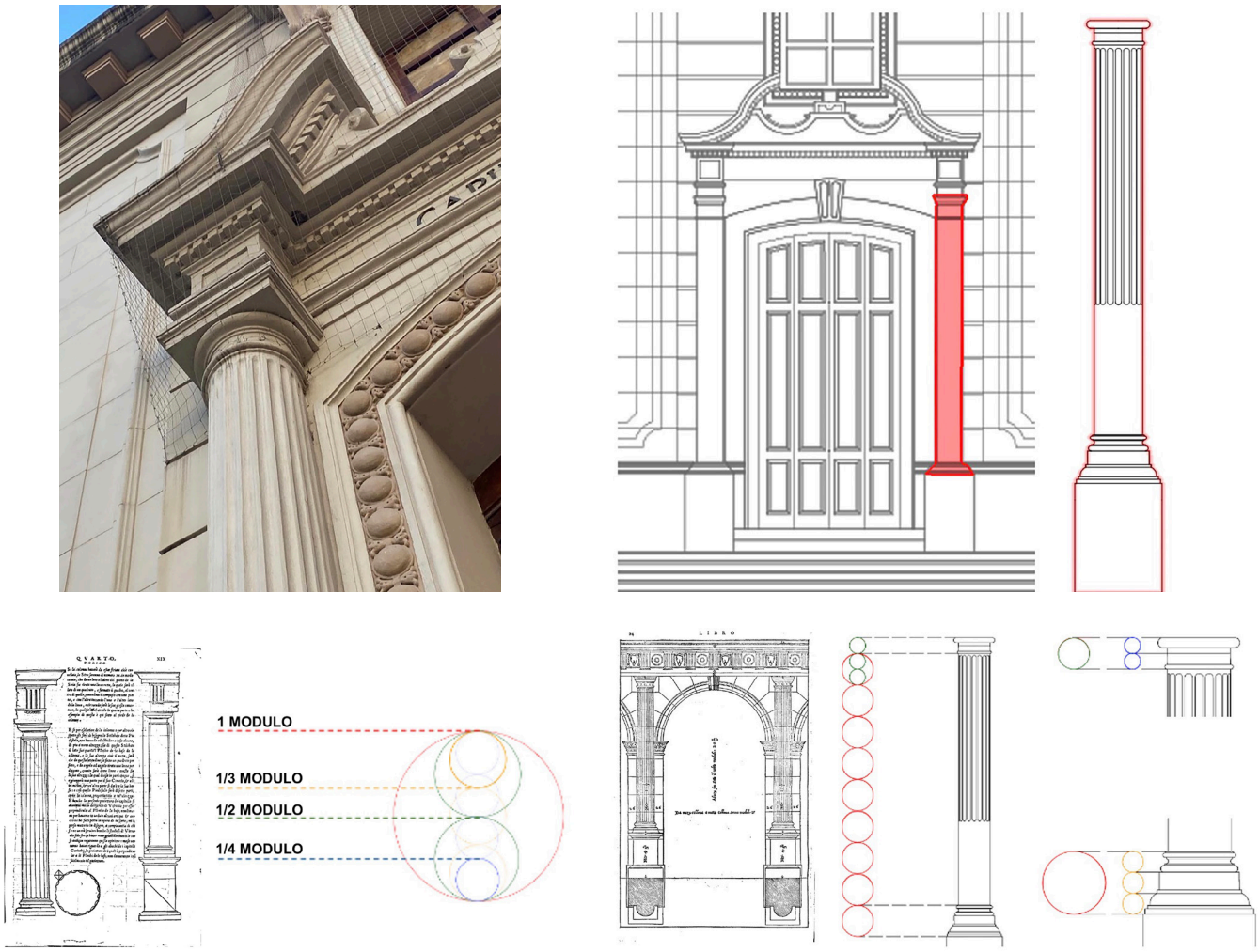


Fig. 78 – Analisi delle proporzioni della facciata della Cappella di San Rocco.

Fig. 78 – Proportional analysis of the façade of the Chapel of San Roque.

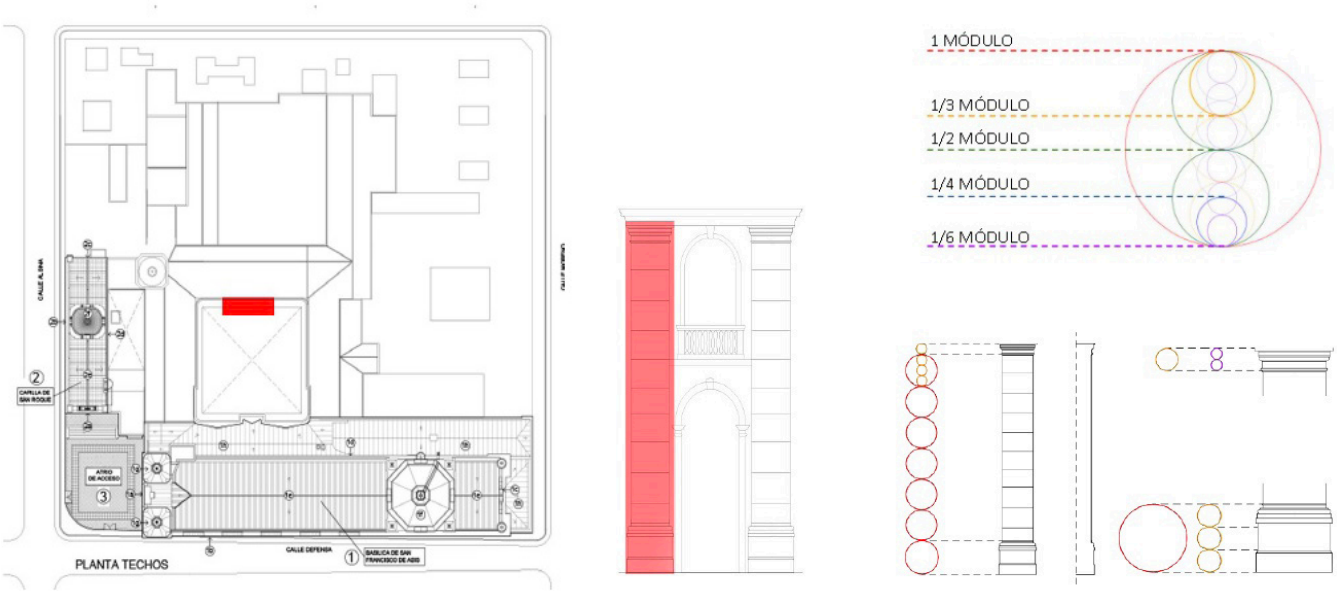


Fig. 79 – Analisi delle proporzioni di un prospetto del chiostro.

Fig. 79 – Proportional analysis of a cloister elevation.

6.3 Livelli di Dettaglio (LOD) e parametrizzazione

Il modello HBIM della Cappella *San Roque* è stato concepito come un sistema scalabile, in grado di rispondere a esigenze diverse: dalla gestione spaziale generale fino all'analisi puntuale dei singoli elementi costruttivi. Per questo motivo, la modellazione è stata articolata secondo differenti Livelli di Dettaglio (LOD), definiti in modo coerente con gli standard internazionali, ma adattati alle specificità del patrimonio storico.

Sono stati individuati due livelli principali di sviluppo del modello:

LOD Basso (modello semplificato):

Questo livello è stato concepito per una lettura globale dell'edificio e dell'intero complesso monumentale. Gli elementi architettonici sono stati modellati con geometrie semplificate, sufficienti a restituire correttamente volumi, altezze, ingombri e relazioni spaziali. Il LOD basso è stato utilizzato per:

- la gestione spaziale complessiva del complesso,
- l'analisi dei rapporti tra gli ambienti,
- le simulazioni di uso e fruizione,
- la verifica delle interferenze tra spazi e impianti.

In questa fase, la priorità è stata data alla coerenza volumetrica e topologica, piuttosto che alla restituzione minuziosa dei dettagli.

LOD Alto (modello informativo avanzato):

Il LOD alto costituisce il vero cuore del modello HBIM. In questo livello, ogni elemento costruttivo significativo è stato modellato come famiglia parametrica specifica, dotata di geometria accurata e di un elevato contenuto informativo. Paraste, cornici, archi, volte, infissi, elementi decorativi e apparati lignei sono stati ricostruiti in modo dettagliato, sulla base della nuvola di punti e della documentazione storica.

The architecture of the Chapel of *San Roque* fits within the tradition of European-influenced colonial architecture, deeply shaped by classical architectural treatises. The study of architectural orders, proportions, and modular relationships was conducted through a direct comparison between the measurements extracted from the point cloud and the theoretical systems codified since the Renaissance. In particular, reference to the principles *set* out in Andrea Palladio's treatise provided a useful interpretative framework for understanding the organization of the architectural articulation, the rhythm of the pilasters, the height-to-width ratios of the elevations, and the hierarchy of decorative elements.

The comparative analysis revealed that the Chapel exhibits a compositional structure consistent with a basic modular layout (Figs. 79, 80), attributable to a system of rational proportions. However, comparison with the actual geometry, as captured by the *laser scanner* survey, highlighted a series of significant discrepancies between the theoretical model and the built reality. These deviations should not be interpreted as "errors" in a modern sense, but rather as expressions of the concrete conditions of the historical construction site, where material availability,

Ogni famiglia parametrica è stata strutturata secondo un *set* di parametri condivisi:

- parametri dimensionali (altezza, spessore, raggio, ecc.);
- parametri materici;
- parametri cronologici (fase costruttiva di appartenenza);
- parametri relativi allo stato di conservazione;
- parametri di classificazione funzionale.

Questa struttura ha reso possibile interrogare il modello secondo molteplici chiavi di lettura: storica, tecnologica, conservativa e gestionale.

Un aspetto centrale del lavoro è stato la rigorosa standardizzazione del sistema di modellazione. La nomenclatura dei file, delle viste, delle famiglie e dei parametri ha seguito protocolli precisi e condivisi fin dalle prime fasi del progetto. Tale scelta si è rivelata fondamentale per consentire a più operatori di lavorare simultaneamente sullo stesso modello senza generare conflitti, duplicazioni o incoerenze.

Il modello è stato strutturato in *workset* e sotto-modelli tematici, in modo da separare, ad esempio, le strutture dagli apparati decorativi, oppure gli elementi originali da quelli ricostruiti nel XX secolo. Questo ha favorito non solo la gestione del lavoro collaborativo, ma anche la leggibilità critica del modello, che può essere filtrato e interrogato per fasi, per materiali o per epoche.

La parametrizzazione ha inoltre consentito di introdurre nel modello una serie di relazioni associative tra gli oggetti (Fig. 80). L'aggiornamento di un parametro su un elemento, ad esempio, può riflettersi automaticamente su tutti gli oggetti appartenenti alla medesima famiglia, garantendo coerenza e velocità di aggiornamento (Fig. 81). Questo aspetto risulta particolarmente rilevante in vista della futura gestione del bene e della pianificazione degli interventi di manutenzione.

craftsmen's skills, economic constraints, and contingent needs strongly influenced the final outcome.

In this sense, a genuine dialectic emerges between rule and practice, between the proportional ideal of the design and the imperfect reality of execution. The pilasters, for example, although conforming to a general scheme referable to a simplified classical order, display slight dimensional variations and alignments that are not perfectly orthogonal. Similarly, the vaults show irregular curvatures, likely reflecting structural settlements or construction approximations.

This analysis had direct implications for the modeling phase. Where the survey revealed a clear modular logic, parametric modeling based on reconstructed proportional relationships was adopted. Conversely, in cases where deformations were particularly evident, a modeling approach closely adhering to the real geometry was preferred, even at the expense of geometric regularity.

The study of proportions concerned not only the architectural organism as a whole, but also decorative details: cornices, moldings, capitals, bases, and finishing

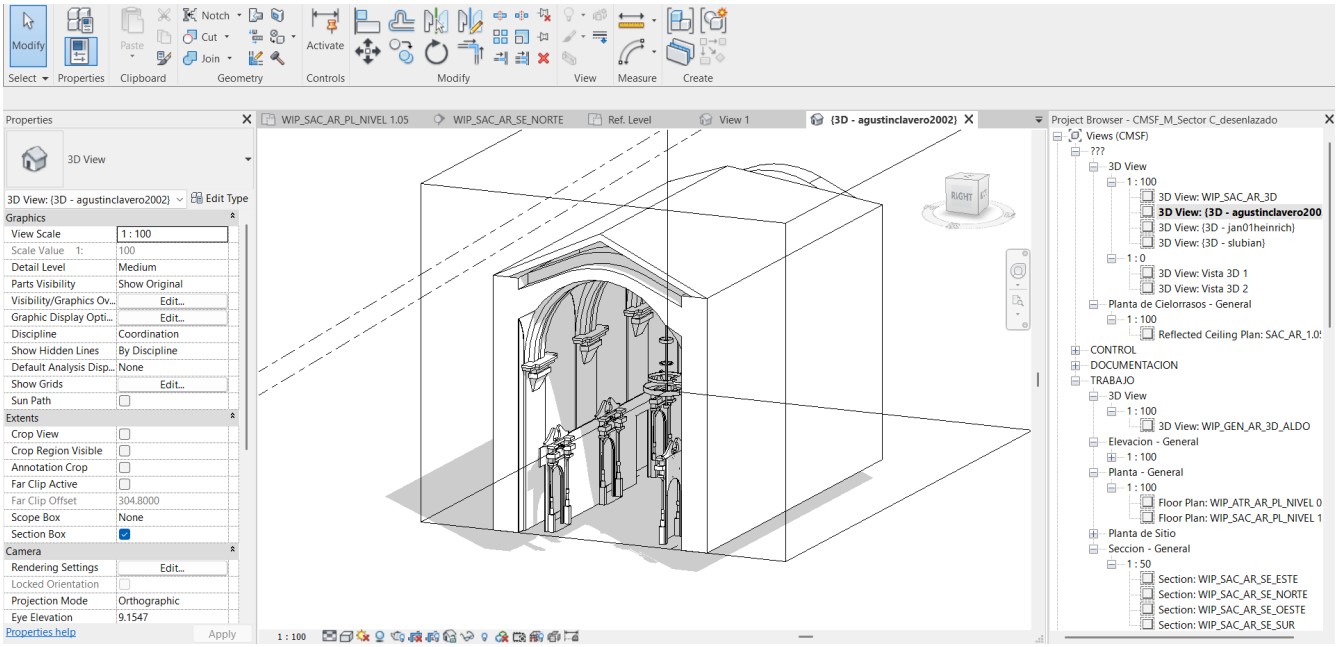


Fig. 80 – Modello parametrico informato della Cappella di *San Roque*.

Fig. 80 – Informed parametric model of the Chapel of San Roque.

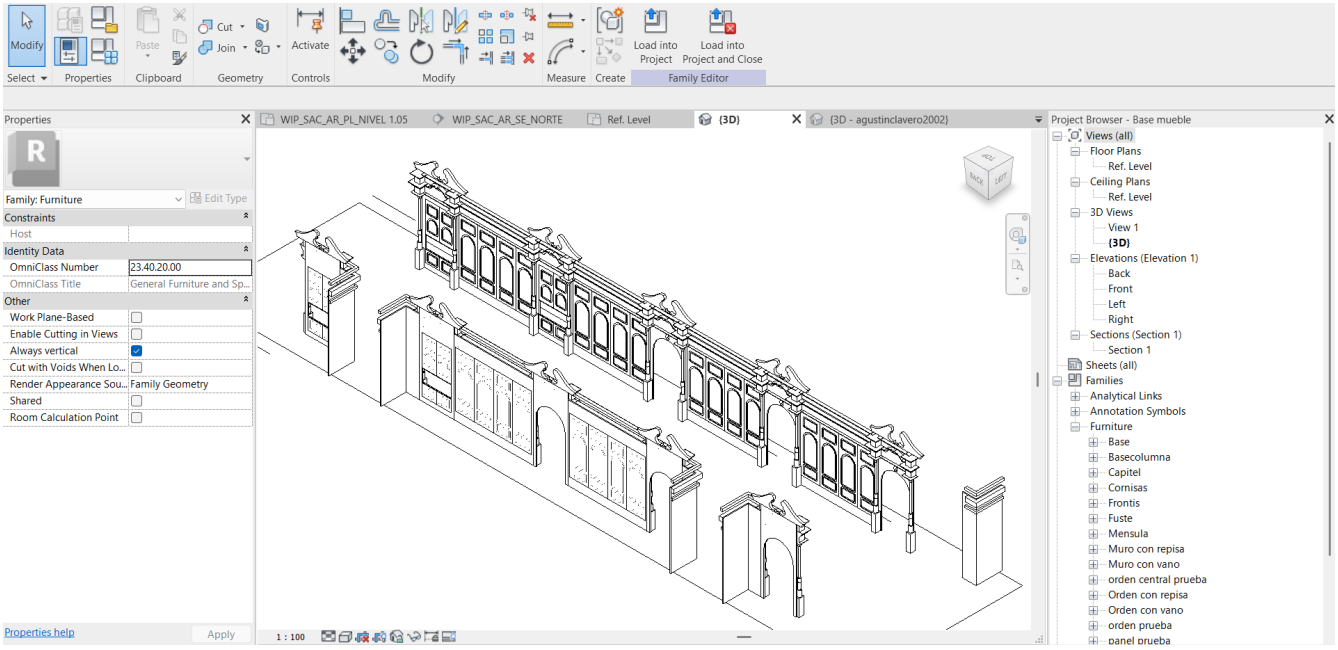


Fig. 81 – Modello parametrico informato della sacrestia.

Fig. 81 – Informed parametric model of the sacristy.

Il processo di elaborazione e modellazione HBIM della Cappella *San Roque* (Fig. da 82 a 86), del chiostro (Fig. 87 e 88) e della sacrestia (Fig. 89 e 90) rappresenta un passaggio decisivo nel percorso di conoscenza del complesso. Dal dato grezzo, indifferenziato e puramente metrico, si è giunti alla costruzione di un sistema informativo complesso, in cui forma, storia, materia e funzione convivono in un unico ambiente digitale.

La semantizzazione del dato ha trasformato la nuvola di punti in architettura digitale, dotata di senso e di memoria. L'analisi geometrica e proporzionale ha restituito profondità critica al modello, rivelando le tensioni tra teoria e pratica costruttiva. La strutturazione per livelli di dettaglio e la rigorosa parametrizzazione hanno reso il modello uno strumento flessibile, adatto tanto alla lettura scientifica quanto alla gestione operativa.

Il modello HBIM così costruito non è un semplice elaborato grafico, ma una vera e propria infrastruttura digitale della conoscenza, destinata a supportare le successive fasi di analisi strutturale, conservazione, valorizzazione e gestione del bene, che costituiranno l'oggetto dei capitoli successivi.

elements. Here, comparison with theoretical models made it possible to identify cultural reference frameworks and to interpret later stylistic overlays as the result of different construction phases.

From an HBIM perspective, this critical analytical phase was essential, as it allowed for defining, for each element, whether it should be modeled as an "ideal" parametric object or as a "real" deformed object, directly derived from the point cloud. This choice was not merely technical, but had direct implications for the historical readability of the model, which was structured to distinguish—also visually—between different construction logics.

In this way, the HBIM model does not simply represent a form, but becomes a tool capable of narrating the tensions between design and construction, between architectural theory and the practical realities of the historical *building* site.

6.3 Levels of Detail (LOD) and parametrization

The HBIM model of the Chapel of *San Roque* was conceived as a scalable system, capable of responding to different needs, ranging from general spatial management to the detailed analysis of

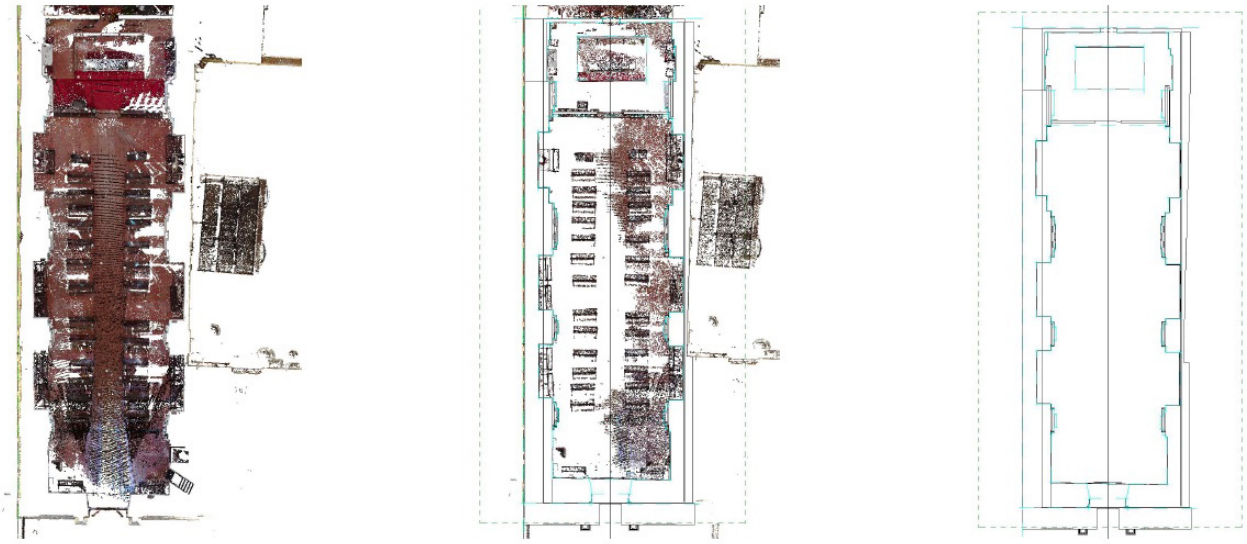


Fig. 82 – Modello parametrico della Cappella di San Rocco. Visualizzazione in pianta.

Fig. 82 –Parametric model of the Chapel of San Roque. Plan view.

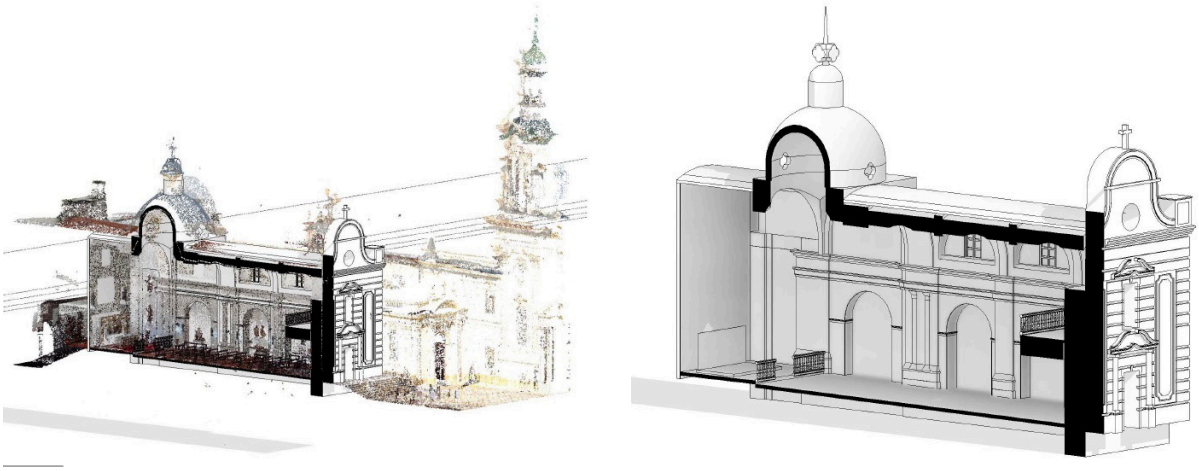


Fig. 83 – Modello parametrico della Cappella di San Rocco. Sezione1.

Fig. 83 – Parametric model of the Chapel of San Roque. Section view1.

Fig. 84 – Modello parametrico della Cappella di San Rocco. Prospetto della facciata e sezioni trasversali.

Fig. 84 – Parametric model of the Chapel of San Roque. Façade elevation and transverse sections.

Fig. 85 – Modello parametrico della Cappella di San Rocco. Interno della navata verso l'ingresso.

Fig. 85 – Parametric model of the Chapel of San Roque. Interior of the nave looking toward the entrance.

Fig. 86 – Modello parametrico della Cappella di San Rocco. Visualizzazione di parte della navata.

Fig. 86 – Parametric model of the Chapel of San Roque. View of a part of the nave.

Fig. 87 – Modello parametrico del chiostro. Visualizzazione sotto il portico.

Fig. 87 – Parametric model of the cloister. View from under the arcade.

Fig. 88 – Modello parametrico del chiostro. Visualizzazioni dal centro de chiostro.

Fig. 88 – Parametric model of the cloister. Views from the center of the cloister.

individual *building* components. For this reason, the modeling process was structured according to different Levels of Detail (LOD), defined in line with international standards but adapted to the specific requirements of historical heritage.

Two main levels of model development were identified:

Low LOD (simplified model):

This level was designed for a global reading of the *building* and the entire monumental complex. Architectural elements were modeled using simplified geometries, sufficient to accurately represent volumes, heights, overall dimensions, and spatial relationships. The low LOD was used for:

- overall spatial management of the complex;
- analysis of relationships between spaces;
- use and occupancy simulations;
- checking for clashes between spaces and *building* services.

At this stage, priority was given to volumetric and topological coherence rather than to a meticulous representation of details.

High LOD (advanced information model):

The high LOD constitutes the true core of the HBIM model. At this level, each significant *building* element was modeled as a specific parametric family, characterized by accurate geometry and a high level of embedded information. Pilasters, cornices, arches, vaults, openings, decorative elements, and wooden components were reconstructed in detail, based on the point cloud and historical documentation.

Each parametric family was structured according to a shared *set* of parameters:

- dimensional parameters (height, thickness, radius, etc.);
- material parameters;
- chronological parameters (construction phase);
- conservation state parameters;
- functional classification parameters.

This structure made it possible to query the model through multiple interpretative lenses: historical, technological, conservation-oriented, and managerial.

A central aspect of the work was the rigorous standardization of the modeling system. File naming, views, families, and parameters followed precise and shared protocols established from the early stages of the project. This choice proved essential in enabling multiple operators to work simultaneously on the same model without generating conflicts, duplications, or inconsistencies.

The model was organized into *worksets* and thematic sub-models, for instance separating structural components from decorative apparatuses, or original elements from those reconstructed in the twentieth century. This not only facilitated collaborative *workflows*, but also enhanced the critical readability of the model, which can be filtered and queried by phases, materials, or historical periods.

Parametrization also made it possible to introduce a series of associative relationships between objects (Fig. 81). Updating a parameter on a given element, for example, can automatically propagate to all objects belonging to the same family, ensuring consistency and rapid updating (Fig. 82). This feature is particularly relevant in view of the future management of the a*sset* and the planning of maintenance interventions.

The HBIM processing and modeling *workflow* of the Chapel of *San Roque* (Figs. 83–87), the cloister (Figs. 88–89), and the sacristy (Figs. 90–91) represents a decisive step in the knowledge-*building* process of the complex. From raw, undifferentiated, and purely metric data, the process led to the construction of a complex information system in which form, history, materiality, and function coexist within a single digital environment.

The semantic enrichment of the data transformed the point cloud into a meaningful digital architecture, endowed with both sense and memory. Geometric and proportional analysis provided critical depth to the model, revealing the tensions between theoretical design and construction practice. The structuring into levels of detail and the rigorous parametrization turned the model into a flexible tool, suitable both for scientific interpretation and for operational management.

The HBIM model thus constructed is not merely a graphic *output*, but a true digital knowledge infrastructure, intended to support subsequent phases of structural analysis, conservation, enhancement, and a*sset* management, which will be addressed in the following chapters.

Fig. 89 – Modello parametrico della sacrestia. Visualizzazione dall'interno.

Fig. 89 – Parametric model of the sacristy. Interior view.

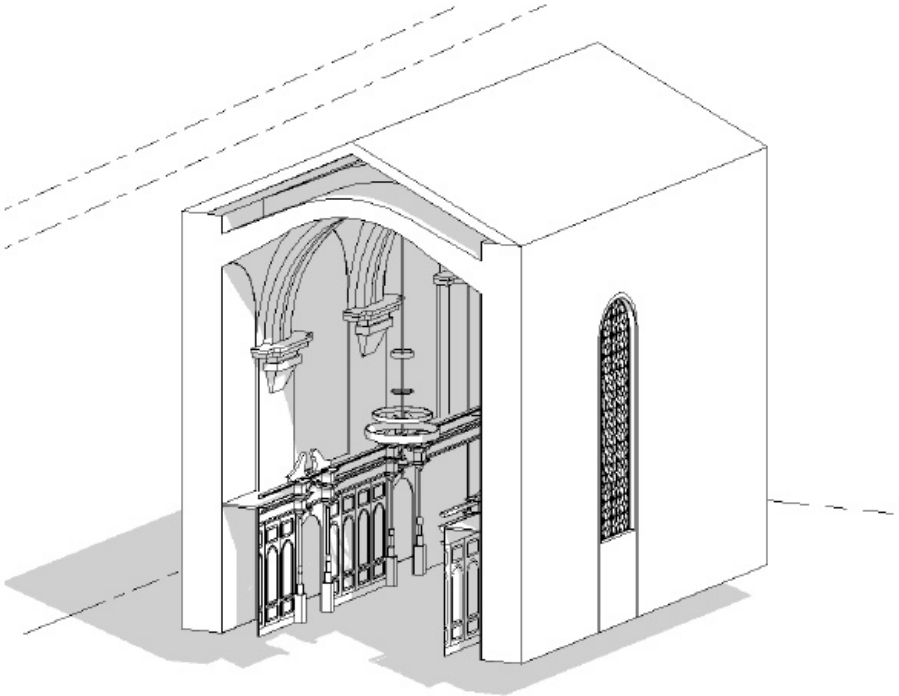


Fig. 90 – Modello parametrico della sacrestia. Sezione.

Fig. 90 – Modello parametrico della sacrestia.

1750
CAPILLA SAN ROQUE

PARTE 2
ATTIVITÀ SVOLTE A BUENOS AIRES

PART 2 – Activities carried out in Buenos Aires

Capitolo 7
Dimensione informativa e diagnostica

CHAPTER 7 - Information content and diagnostics

7.1 “I” di Information

Il passaggio dal semplice modello tridimensionale al modello BIM rappresenta un vero salto paradigmatico nel modo di concepire il rilievo e la gestione dell’architettura storica. Se il modello 3D restituisce la forma, il modello BIM, e in particolare l’HBIM applicato ai beni culturali, integra alla geometria un sistema informativo strutturato, trasformando l’oggetto digitale in un archivio dinamico di conoscenze. È proprio questa la “I” di *Information* che distingue radicalmente i due approcci.

Nel caso del complesso francescano, il modello HBIM non è concepito come una mera restituzione grafica dell’edificio, bensì come un repository centrale per la diagnostica, la manutenzione, il restauro e la gestione futura del bene. Ogni elemento architettonico è dotato di un *set* di attributi informativi che ne descrivono non solo la geometria, ma anche la materia, la fase storica, lo stato di conservazione, le patologie rilevate e gli interventi subiti nel tempo.

Il modello diviene così una sorta di “cartella clinica digitale” dell’edificio, capace di raccogliere, organizzare e rendere interrogabili dati eterogenei provenienti da discipline diverse come la storia dell’architettura, la tecnologia dei materiali, diagnostica, le strutture, il restauro e la gestione del patrimonio (Fig. 92, 93, 94, 95). Questa integrazione consente di superare la frammentazione tradizionale delle informazioni, spesso disperse in relazioni cartacee, schede fotografiche, disegni tecnici e archivi separati.

Il valore aggiunto del modello informativo risiede nella possibilità di mettere in relazione diretta il dato con la sua collocazione spaziale. Ogni informazione non è astratta, ma è sempre ancorata a un preciso elemento del modello. In questo modo, l’utente non interroga un database generico, ma un sistema che restituisce immediatamente il contesto geometrico e architettonico del dato.

Nel processo di costruzione del database informativo del complesso francescano, sono definite diverse categorie di informazioni:

- informazioni geometriche e dimensionali;
- informazioni storiche e cronologiche;
- informazioni sui materiali;
- informazioni sullo stato di conservazione;
- informazioni sugli interventi pregressi;
- informazioni sulle proposte di intervento future.

Ogni categoria è strutturata attraverso parametri condivisi, in modo da garantire uniformità, confrontabilità e interoperabilità dei dati. L’adozione di codifiche standard consente, inoltre, di preparare il modello a futuri scambi informativi con altri sistemi di gestione del patrimonio.

Dal punto di vista operativo, il modello informativo consente un accesso multilivello al dato. L’utente può interrogare il modello per ottenere informazioni generali sull’edificio, oppure può scendere nel dettaglio del singolo elemento costruttivo. Questo rende l’HBIM uno strumento estremamente versatile, utilizzabile sia in ambito scientifico sia in ambito operativo.

Il modello non è, inoltre, una struttura statica. Esso è concepito come un sistema aperto e aggiornabile nel tempo, in cui nuove campagne diagnostiche, nuovi rilievi e nuovi interventi possono essere progressivamente integrati. In questa prospettiva, l’HBIM diventa il fulcro di una strategia di gestione “*life-cycle oriented*”, in cui l’edificio viene seguito lungo l’intero arco della sua esistenza.

7.1 “I” as Information

The transition from a simple three-dimensional model to a full BIM model represents a true paradigm shift in how historical architecture is surveyed and managed. While a 3D model captures shapes, a BIM model, and specifically HBIM applied to cultural heritage, integrates geometry with a structured information system, transforming the digital object into a dynamic repository of knowledge. This is precisely the “I” in Information that fundamentally distinguishes the two approaches.

In the case of the Franciscan complex, the HBIM model is not conceived as a mere graphic reproduction of the *building*, but as a central repository for diagnostics, maintenance, restoration, and future management of the asset. Each architectural element is equipped with a *set* of informational attributes describing not only its geometry, but also its material, historical phase, conservation status, detected pathologies, and interventions carried out over time.

The model thus becomes a sort of “digital medical record” for the *building*, capable of collecting, organizing, and making queryable heterogeneous data from diverse disciplines such as architectural history, materials technology, diagnostics, structural analysis, restoration, and heritage management (Figs. 91–94). This integration overcomes the traditional fragmentation of information, which is often dispersed across paper reports, photographic sheets, technical drawings, and separate archives.

The added value of the informational model lies in its ability to directly link data to its spatial context. Every piece of information is not abstract, but always anchored to a specific element of the model. In this way, the user does not query a generic database, but a system that immediately provides the geometric and architectural context of the data.

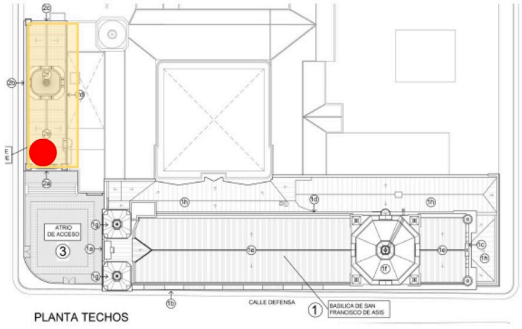
In *building* the information database for the Franciscan complex, different categories of information were defined:

- geometric and dimensional information;
- historical and chronological information;
- material information;
- conservation status information;
- information on past interventions;
- information on proposed future interventions.

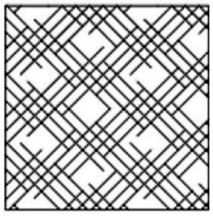
Conjunto Monumental San Francisco	Heritage Building Information Modeling e patrimonio storico architettonico / Heritage Building Information Modeling y patrimonio histórico arquitectónico
Patologías- Intervencion	

SECTOR: A- CAPILLA **PATOLOGIA:** DISGREGACIÓN

UBICACIÓN: **HATCH:**



PLANTA TECHOS



RELEVAMIENTO FOTOGRAFICO

DESCRIPCIÓN

Separación característica del revoque a la mínima solicitación mecánica. Las causas pueden ser por Infiltración de agua, reacción a otro material y a la atmósfera.

RECOMENDACIONES

Realizar cateos, muestra y análisis de laboratorio para determinar la materialidad e identificar la fuente causante de la patología. En muros bajos, puede deberse a humedad ascendente. Se podría considerar barreras físicas o el tratamiento con agentes químicos en el caso de ser necesario. Se deberán consolidar los revoques originales en buen estado y recomponer los revoques con material macroporoso.

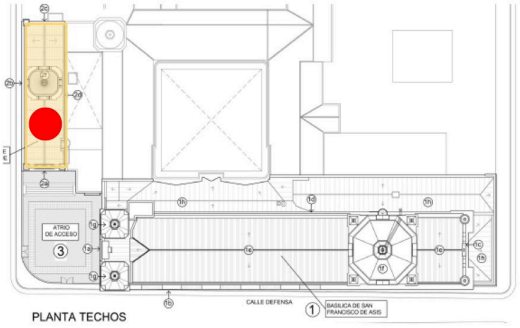
	P_DISGREGACIÓN_REVOQUE	FECHA: 15/05/2025

Fig. 91 – Scheda di lettura della patologia riferita alla disgregazione dell'intonaco presente all'interno della Capella di San Rocco.

Fig. 91 – Diagnostic sheet for plaster disintegration inside the Chapel of San Roque.

Conjunto Monumental San Francisco	Heritage Building Information Modeling e patrimonio storico architettonico / Heritage Building Information Modeling y patrimonio histórico arquitectónico
Patologías- Intervencion	

SECTOR: A-CAPILLA
UBICACIÓN:



PATOLOGIA: FISURA
HATCH:

RELEVAMIENTO FOTOGRAFICO

DESCRIPCIÓN

Degradación que se manifiesta con la interrupción de la continuidad del material, de menor tamaño. Su causa puede ser incompatibilidad mecánica, dilatación diferencial o problemas estructurales.

RECOMENDACIONES

Realizar cateos, muestra y análisis de laboratorio para determinar la materialidad e identificar la fuente causante de la patología. Consolidar zonas activas con inyecciones de cal líquida o lechadas de cal si es necesario. Reparar revoques con mezcla compatible.En fisuras significativas, costurar con bandas o pasadores inoxidables si hay riesgo de desprendimientos. Evaluar si se necesita refuerzo estructural (tirantes, anillos de compresión, etc.) si las fisuras indican falla estructural.

	P_FISURA_REVOQUE	FECHA: 15/05/2025

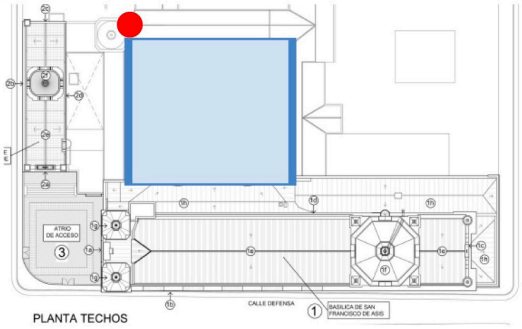
Fig. 92 – Scheda di lettura della patologia riferita alle fessure strutturali presenti all'interno della Capella di San Rocco.

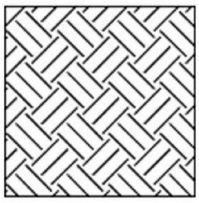
Fig. 92 – Diagnostic sheet for structural cracks inside the Chapel of San Roque.

Conjunto Monumental San Francisco	Heritage Building Information Modeling e patrimonio storico architettonico / Heritage Building Information Modeling y patrimonio histórico arquitectónico
Patologías- Intervencion	

SECTOR: B-CLAUSTRO **PATOLOGIA:** EXFOLIACIÓN

UBICACIÓN: **HATCH:**





RELEVAMIENTO FOTOGRAFICO

DESCRIPCIÓN

Degradación que se manifiesta en el revoque en varias capas. Movimiento interno de agua, acción de microorganismos, presencia de carbonato de calcio.

RECOMENDACIONES

Realizar cateos, muestras y análisis de laboratorio para determinar la materialidad e identificar la fuente causante de la patología. Puede deberse a la acción de la humedad o a la incompatibilidad del material inserto con el existente. Se deberá remover lo que este suelto y reponer según los análisis hechos que ademas sea compatible con la tecnologia existente.

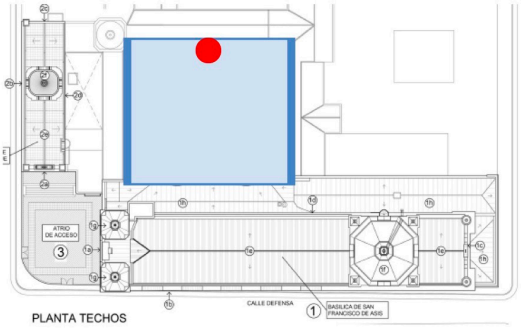
	P_EXFOLIACIÓN_REVOQUE	FECHA: 15/05/2025

Fig. 93 – Scheda di lettura della patologia riferita allo sfogliamento dell'intonaco presente nel chiostro.

Fig. 93 – Diagnostic sheet for plaster flaking in the cloister.

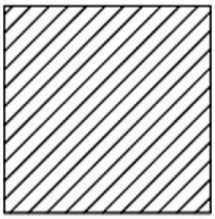
Conjunto Monumental San Francisco	Heritage Building Information Modeling e patrimonio storico architettonico / Heritage Building Information Modeling y patrimonio histórico arquitectónico
Patologías- Intervencion	

SECTOR: B-CLAUSTRO
UBICACIÓN:



PLANTA TECHOS

PATOLOGIA: MANCHA HUMEDAD
HATCH:



RELEVAMIENTO FOTOGRAFICO

DESCRIPCIÓN

Alteración que se manifiesta con pigmentación accidental y localizada de la superficie y se corresponde con presencia de materiales extraños al sustrato. Las causas pueden ser varias, humedad ascendente, por infiltración de la cubierta, por condensación.

RECOMENDACIONES

Realizar cateos, muestra y análisis de laboratorio para determinar la materialidad e identificar la fuente causante de la patología. Puede deberse a la humedad tanto ascendente como por filtración. Se podría considerar barreras físicas o el tratamiento con agentes químicos en el caso de ser necesario. Se deberán consolidar los revoques originales en buen estado y recomponer los revoques con material macroporoso.

	P_MANCHA HUMEDAD_REVOQUE	FECHA: 15/05/2025

Fig. 94 – Scheda di lettura della patologia riferita all'umidità di risalita capillare nel chiostro.

Fig. 94 – Diagnostic sheet for rising damp in the cloister.

7.2 Mappatura del degrado e delle patologie

Uno degli esiti più rilevanti dell'applicazione della procedura HBIM è la realizzazione di una mappatura tematica del degrado e delle patologie, strettamente integrata con la geometria dell'edificio (Fig. 96). Tale mappatura costituisce uno strumento essenziale non solo per la conoscenza dello stato di conservazione, ma anche per la pianificazione degli interventi di manutenzione e restauro.

Tradizionalmente, la rappresentazione del degrado avviene attraverso tavole bidimensionali, spesso complesse da interpretare e difficilmente aggiornabili. L'HBIM consente invece di trasferire la logica della mappatura direttamente sulla superficie tridimensionale dell'edificio, rendendo l'informazione immediatamente comprensibile e consultabile da qualsiasi punto di vista.

Nel caso in esame, le superfici del modello sono "disegnate" digitalmente mediante l'attribuzione di colori tematici agli elementi o alle porzioni di elementi interessate da specifici fenomeni di degrado. Ogni colore corrisponde a una tipologia patologica, secondo una legenda condivisa che consente una lettura rapida e intuitiva dello stato conservativo complessivo.

Le principali tipologie di degrado mappate (Fig. 97, 98, 99, 100, 101) includono:

- umidità di risalita capillare, con manifestazioni di aloni, disgregazione superficiale e perdita di coesione degli intonaci;
- distacchi e rigonfiamenti d'intonaco, spesso correlati a fenomeni di umidità e a incompatibilità materiche tra supporto e finitura;
- efflorescenze saline, legate alla migrazione dei sali solubili verso la superficie;
- fessurazioni e cavillature, sia di natura superficiale sia strutturale;
- degradi biologici, quali colonizzazioni di microrganismi e biodeteriogeni in zone particolarmente umide.

Each category is structured through shared parameters to ensure uniformity, comparability, and data interoperability. The adoption of standard coding also prepares the model for future information exchanges with other heritage management systems.

From an operational perspective, the informational model allows multi-level access to data. The user can query the model for general information about the *building*, or delve into the details of individual construction elements. This makes HBIM an extremely versatile tool, usable in both scientific and operational contexts.

Furthermore, the model is not a static structure. It is conceived as an open and continuously updatable system, where new diagnostic campaigns, surveys, and interventions can be progressively integrated. In this perspective, HBIM becomes the core of a life-cycle–oriented management strategy, in which the *building* is monitored and managed throughout its entire existence.

7.2 Mapping of deterioration and pathologies

One of the most important results of applying HBIM is the creation of a thematic map of deterioration and pathologies, fully integrated with the *building*'s geometry

	PATOLOGÍA	LEYENDA	HATCH	CAUSAS
1	Alteración cromática	Alteración que se manifiesta a través de la variación de uno o varios parámetros que definen el color.		Radiación solar, fenómenos atmosféricos, absorción diferencial del material.
2	Alveolización	Degradación que se manifiesta con la formación de cavidades de forma y dimensión variable. Los alveolos están interconectados y tienen distribución no uniforme.		Movimiento del agua en el interior del sustrato, presión por la cristalización de sales, corriente eólica con rápida evaporación superficial.
3	Escorrentía	Formación de manchas y degradación en las fachadas de edificios.		Debido al agua de lluvia que arrastra suciedad y partículas de la superficie.
5	Concreción - Incrustración	Depósito compacto generalmente formado por elementos de extensión limitada, ordenados en una dirección que no coincide con la superficie.		Infiltración de agua, presencia de costra negra, presencia de humedad en el tiempo.
6	Costras	Estrato superficial de alteración del material pétreo o del producto de terminación. Espesor variable, polvoriento.		Acción de mircoorganismos, oxidación, residuo de la combustión de derivados del petróleo. Hollín.
7	Deformación	Variación de las dimensiones en todo el espesor del material, sobretodo en elementos con forma de cinta.		Dilatación térmica por radiación solar.

Fig. 95 – Scheda di lettura delle diverse patologie con riferimento alla tipologia, alla descrizione della patologia, al simbolo "normal" d'identificazione utilizzato e alle cause che l'anno prodotta.

Fig. 95 – Pathology data sheet showing type, description, identification symbol, and likely causes of each deterioration.

Ogni area degradata non è trattata come una semplice macchia cromatica, ma è collegata a una Scheda Tecnica di Patologia, accessibile direttamente dal modello. Selezionando l'elemento interessato, l'utente può consultare un insieme strutturato di informazioni, tra cui:

- descrizione della patologia;
- localizzazione precisa;
- estensione e livello di gravità;
- documentazione fotografica di dettaglio;
- data del rilievo;
- ipotesi interpretative sulle cause;
- possibili evoluzioni nel tempo.

Questo sistema consente una lettura integrata e dinamica del degrado, superando la frammentazione tra rilievo visivo, descrizioni testuali e supporti iconografici. La patologia diventa così parte integrante del modello informativo e non un dato esterno ad esso.

Particolare attenzione è dedicata alla mappatura dei quadri fessurativi strutturali, poiché rappresentano uno dei principali indicatori dello stato di salute dell'edificio. Le fessure sono rilevate con grande accuratezza grazie alla densità della nuvola di punti e alla fotogrammetria di dettaglio. Ogni fessura è modellata come entità dedicata, caratterizzata da parametri quali:

- lunghezza;
- apertura;
- andamento;
- inclinazione;
- correlazione con altri fenomeni di degrado.

Queste informazioni costituiscono la base per un futuro monitoraggio evolutivo della stabilità strutturale, permettendo di verificare se determinate lesioni risultino stabili, in progressione o in regressione nel tempo. L'HBIM diventa, in questo senso, uno strumento fondamentale anche per la prevenzione del rischio e la sicurezza del bene.

La mappatura consente, inoltre, di individuare correlazioni spaziali tra diverse patologie, ad esempio tra l'umidità di risalita e il distacco degli intonaci, oppure tra la presenza di efflorescenze saline e specifiche tipologie di murature. Queste relazioni, difficilmente leggibili su elaborati bidimensionali, emergono con grande chiarezza all'interno del modello tridimensionale.

Dal punto di vista operativo, la possibilità di filtrare e visualizzare selettivamente le diverse tipologie di degrado rende il modello uno strumento estremamente efficace anche in fase di cantiere, supportando le decisioni dei restauratori e dei direttori dei lavori.

(Fig. 95). This mapping is a key tool not only for understanding the state of conservation, but also for planning maintenance and restoration interventions.

Traditionally, deterioration has been represented through two-dimensional drawings, which are often difficult to interpret and hard to update. HBIM, instead, allows this mapping to be applied directly to the *building*'s three-dimensional surfaces, making the information immediately clear and accessible from any viewpoint.

In this project, model surfaces are digitally "color-coded" according to the type of deterioration affecting each element or portion of an element. Each color corresponds to a specific pathology, following a shared legend that enables a quick and intuitive reading of the *building*'s overall condition.

The main types of deterioration mapped (Figs. 96–100) include:

- Rising damp, with visible halos, surface breakdown, and loss of plaster cohesion;
- Plaster detachment and blistering, often caused by moisture or material incompatibility between substrate and finish;
- Salt efflorescence, resulting from soluble salts migrating to the surface;
- Cracks and fissures, both superficial and structural;
- Biological decay, such as microorganism growth in particularly damp areas.

Each degraded area is not treated as a simple colored patch but is linked to a Pathology Data Sheet, directly accessible in the model. By selecting an element, users can consult a structured *set* of information, including:

- description of the pathology;
- exact location;
- extent and severity;
- detailed photographic documentation;
- survey date;
- possible causes;
- predicted evolution over time.

This system allows an integrated, dynamic reading of deterioration, overcoming the fragmentation typical of separate visual surveys, text reports, and photo archives. Pathology becomes an integral part of the information model, not an external *dataset*.

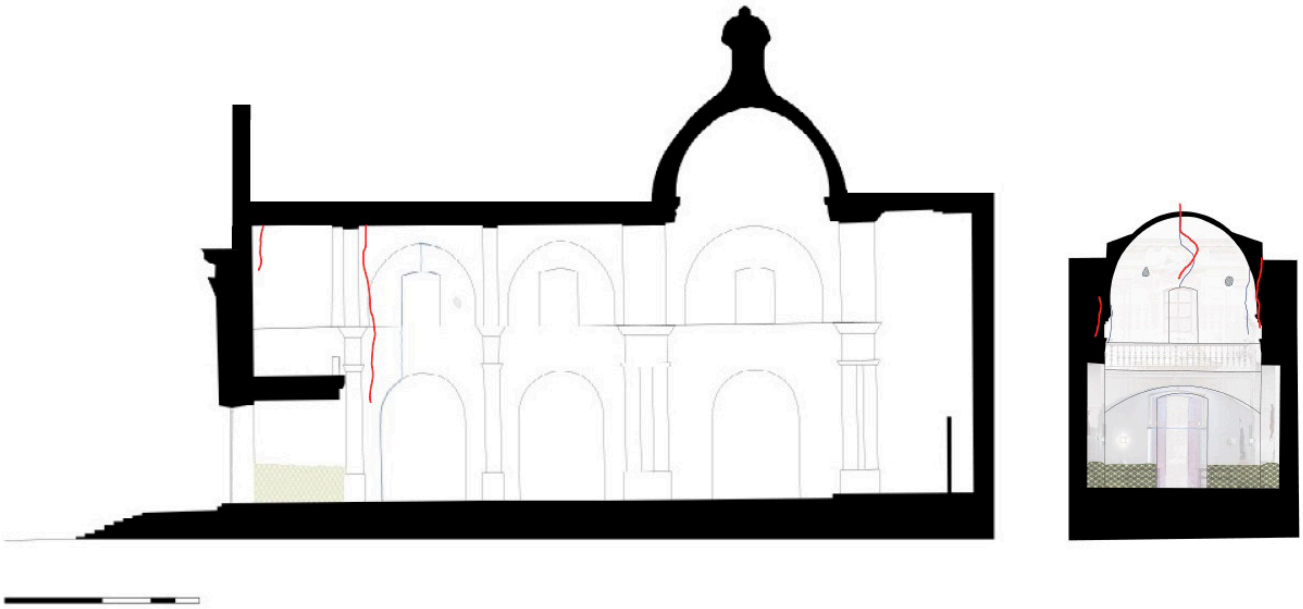


Fig. 96 – Mappatura delle patologie. Identificazione delle zone interessate dal quadro fessurativo all'interno della cappella di San Rocco.
Fig. 96 – Pathology mapping. Identification of areas affected by cracking inside the Chapel of San Roque.

Fig. 97 – Mappatura delle patologie presenti sul lato est del chiostro.
Fig. 97 – Pathology mapping on the east side of the cloister.

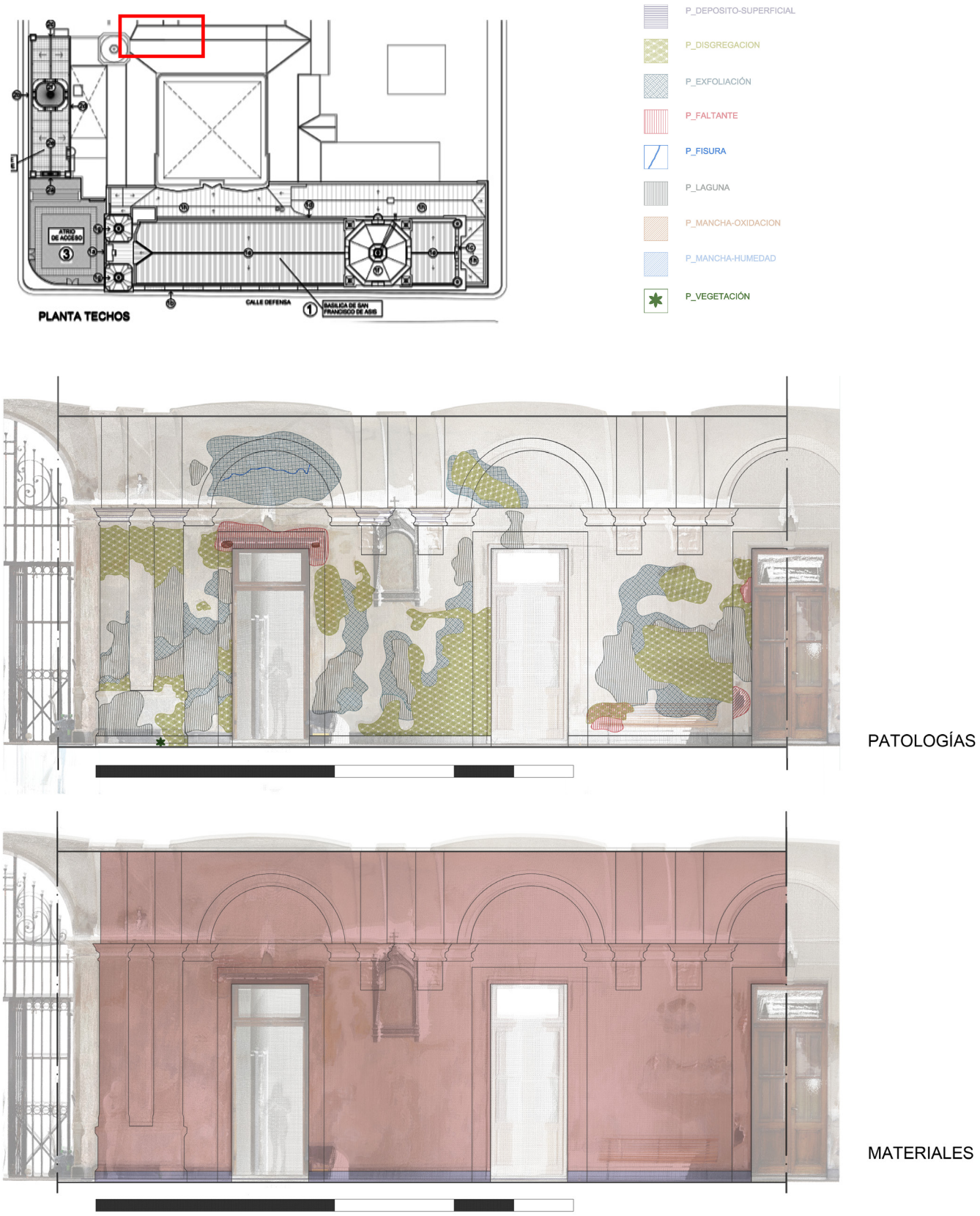


Fig. 98 – Dettaglio della mappatura delle patologie e dei materiali presenti sul lato est della galleria del chiostro (lato interno).

Fig. 98– Detailed pathology and materials mapping on the east side of the cloister gallery (interior side).

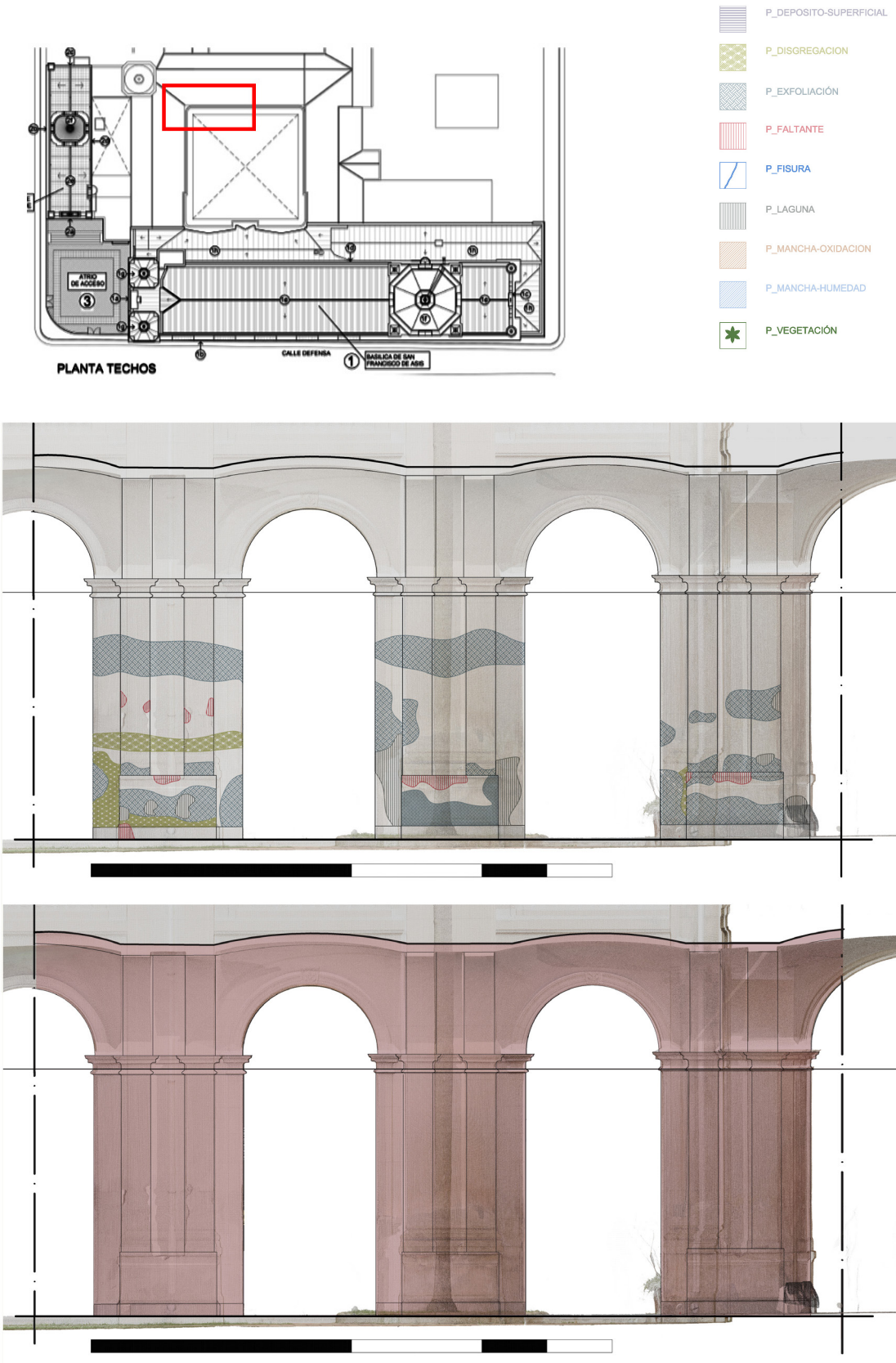


Fig. 99 – Dettaglio della mappatura delle patologie presenti sul lato est della galleria del chiostro (lato esterno).

Fig. 99 – Detailed mapping of pathologies on the east side of the cloister gallery (exterior side).

Fig. 100 – Dettaglio della mappatura delle patologie presenti sul lato delle finestre della sacrestia.

Fig. 100 – Detailed mapping of pathologies on the window side of the sacristy.

7.3 Schede di intervento

Il modello parametrico consente di visualizzare le diverse fasi materiche attraverso filtri tematici, permettendo di distinguere gli elementi originali di fine Settecento da quelli introdotti nei restauri del Novecento. Questa lettura stratigrafica digitale rappresenta uno strumento di grande valore per la ricerca storica e per la pianificazione degli interventi.

Accanto alle schede materiali, il modello 3D integra anche le Schede di Intervento, che descrivono gli interventi già eseguiti e quelli previsti o raccomandati. Per ogni elemento o porzione di edificio è possibile associare (Fig. 101):

- tipologia di intervento (consolidamento, pulitura, integrazione, protezione, ecc.);
- materiali impiegati;
- data dell'intervento;
- esecutori;
- risultati ottenuti;
- eventuali criticità riscontrate.

Questo sistema consente di tenere traccia della storia manutentiva dell'edificio, evitando la perdita di informazioni nel tempo e favorendo una gestione consapevole del bene. L'HBIM diventa così un vero e proprio strumento di manutenzione programmata, in cui ogni intervento futuro può essere pianificato sulla base di una conoscenza approfondita e documentata.

L'integrazione tra storia, stato attuale e indicazioni per il futuro rappresenta uno degli elementi di maggiore innovazione del modello informativo. Il passato dell'edificio non è più relegato a un archivio separato, ma convive con il presente e dialoga con le strategie future di conservazione.

Dal punto di vista metodologico, questa integrazione richiede una stretta collaborazione interdisciplinare tra storici dell'architettura, tecnologi dei materiali, restauratori, strutturisti e modellatori HBIM. Il modello informativo (Fig. 102, 103) non è il risultato del lavoro di una singola figura, ma l'esito di un processo collettivo di costruzione della conoscenza.

Particular attention is given to mapping structural cracks, as they are key indicators of the *building*'s health. Cracks are recorded with high precision using the dense point cloud and detailed photogrammetry. Each crack is modeled as a dedicated object, defined by parameters such as:

- length;
- width;
- direction;
- slope;
- correlation with other deterioration phenomena.

These data provide the foundation for future monitoring of structural stability, allowing verification of whether cracks are stable, worsening, or improving over time. In this way, HBIM becomes a critical tool for risk management and the safety of the *building*.

The mapping also makes it possible to identify spatial correlations between different pathologies — for example, between rising damp and plaster detachment, or between salt efflorescence and certain masonry types. These relationships, which are hard to see in 2D drawings, are immediately clear in the 3D model.

From a practical standpoint, the ability to filter and selectively view different types of deterioration makes the model a powerful on-site tool, supporting decision-making by restorers and project managers.

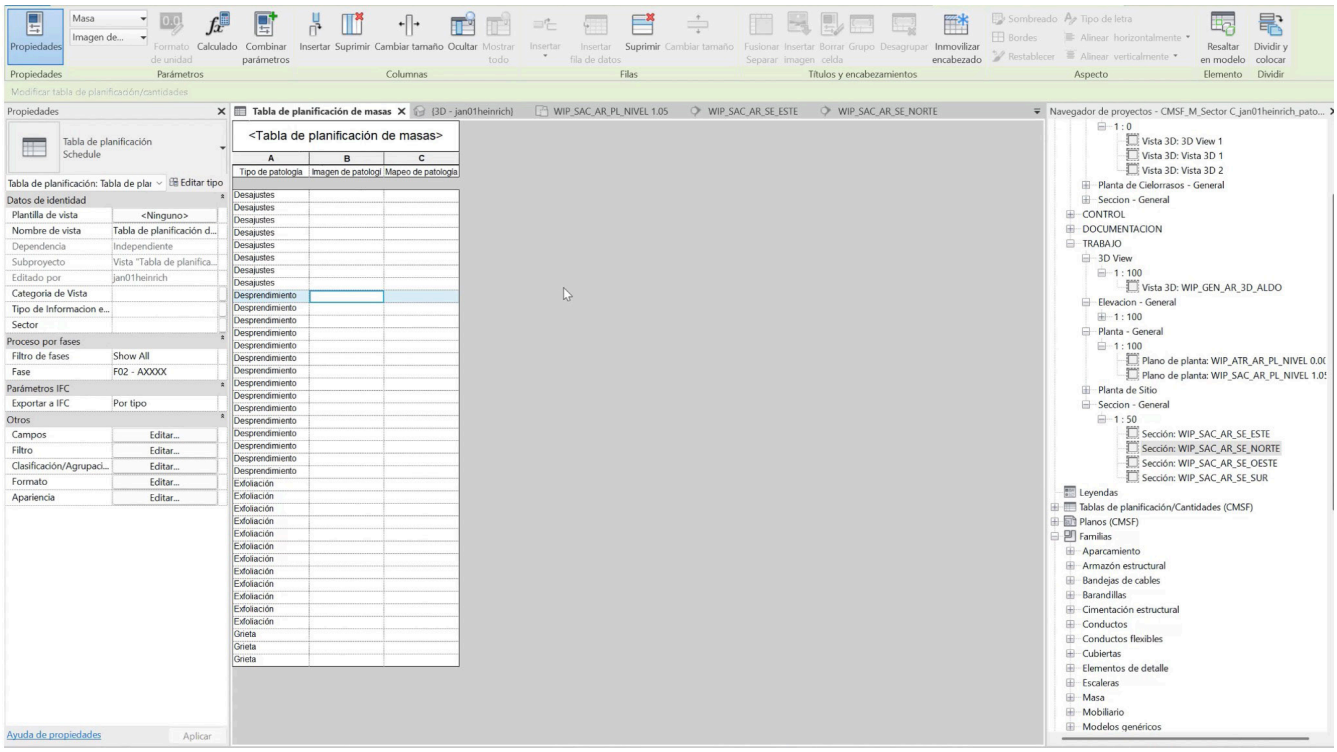


Fig. 101 – Ad ogni porzione di edificio è possibile associare informazioni di diversa natura.

Fig. 101 – Different types of information can be associated with each part of the building.

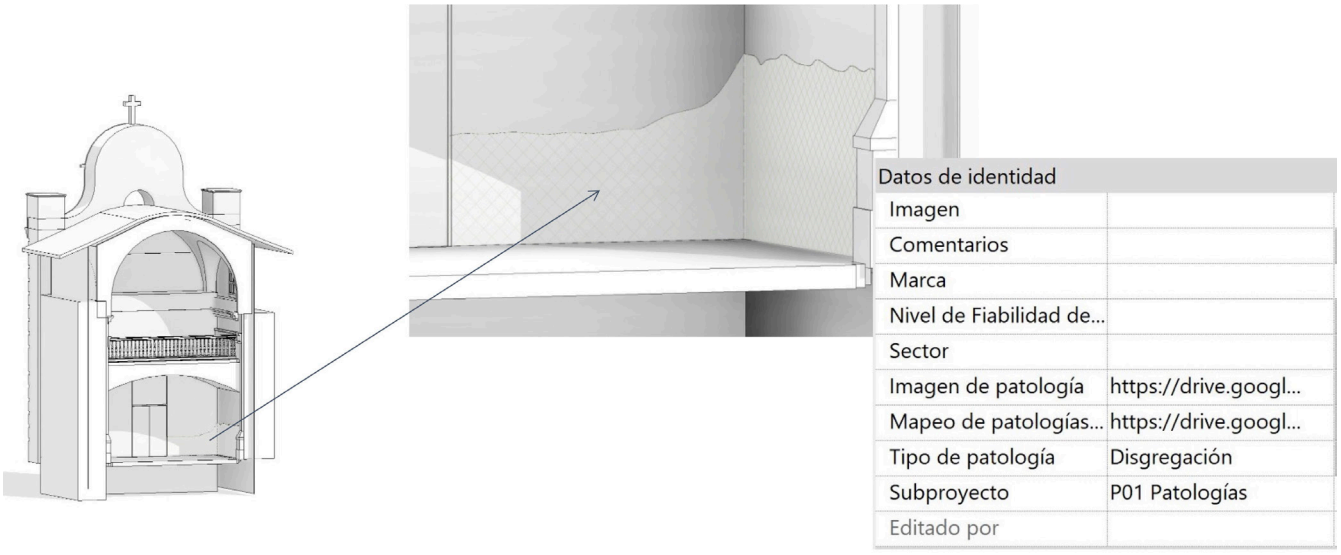


Fig. 102 – Associazione delle patologie al modello parametrico architettonico della Cappella di San Rocco.

Fig. 102 – Linking pathologies to the parametric architectural model of the Chapel of San Roque.

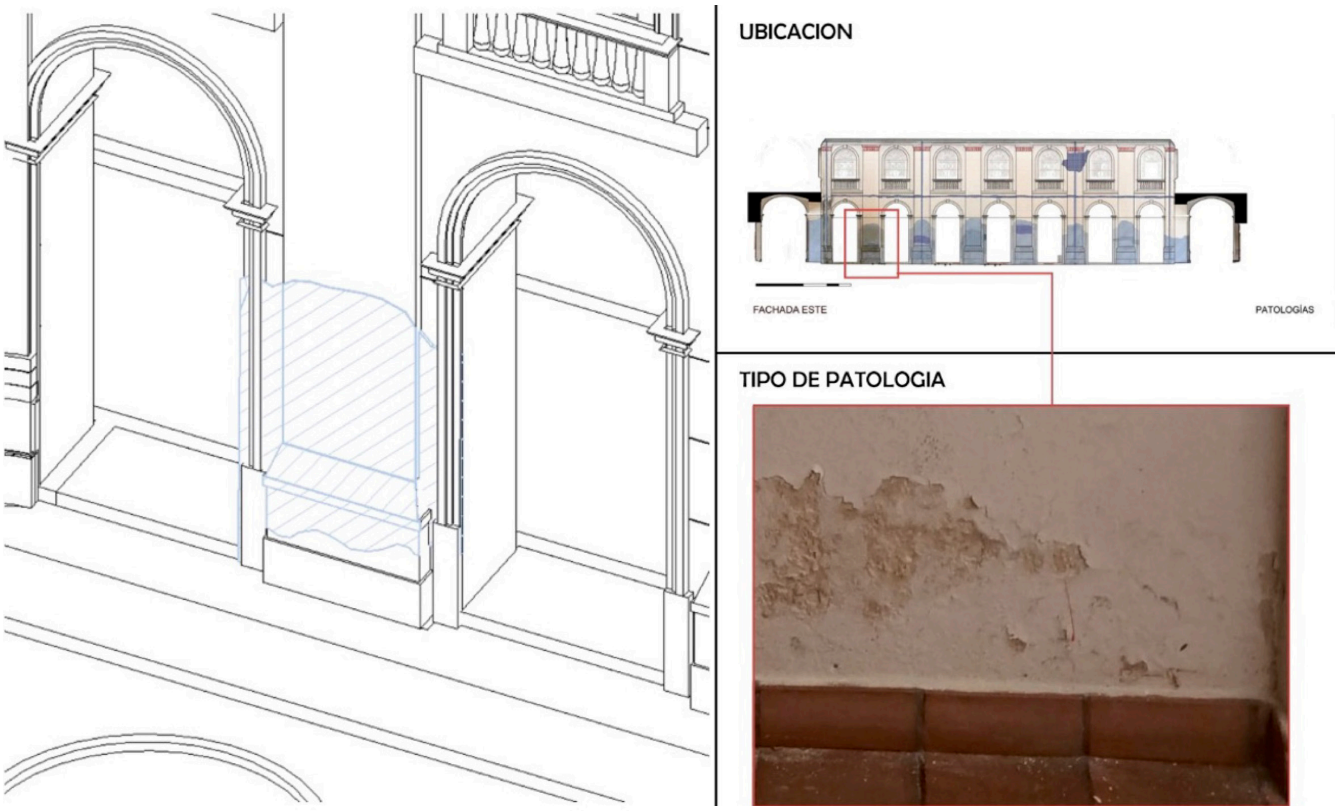


Fig. 103 – Associazione delle patologie al modello parametrico architettonico del chiostro.

Fig. 103 – Linking pathologies to the parametric architectural model of the cloister.

7.4 Considerazioni sulla dimensione informativa e diagnostica

La costruzione del modello informativo e la sua integrazione con la diagnostica rappresentano uno dei risultati più significativi del lavoro svolto sul complesso francescano. Il passaggio dal 3D al vero e proprio sistema informativo multidimensionale (Fig. 104) permette di trasformare il modello HBIM in uno strumento operativo, capace di supportare non solo la conoscenza scientifica, ma anche la gestione concreta del bene.

La mappatura del degrado, l'integrazione delle schede patologiche, la catalogazione dei materiali e la registrazione degli interventi configurano un modello che non si limita a rappresentare, ma interpreta, monitora e proietta nel futuro l'edificio. In questo senso, l'HBIM si conferma come uno strumento fondamentale per una conservazione consapevole, programmata e sostenibile del patrimonio architettonico.

Il modello del complesso si pone così come un caso studio emblematico di come le tecnologie digitali possano essere integrate con il rigore scientifico delle discipline del restauro e della diagnostica, offrendo nuove prospettive per la tutela e la valorizzazione dei beni culturali nel XXI secolo.

7.3 Intervention sheets

The parametric model allows different material phases of the *building* to be visualized through thematic filters, making it possible to distinguish the original late-18th-century elements from those added during 20th-century restorations. This digital stratigraphic view is a valuable tool for historical research and for planning interventions.

In addition to the material sheets, the 3D model also includes Intervention Sheets, which record both completed and planned or recommended interventions. For each element or *building* portion, it is possible to document (Fig. 101):

- type of intervention (e.g., consolidation, cleaning, replacement, protection);
- used materials;
- date of the intervention;
- contractors or *teams* involved;
- outcomes achieved;
- any issues encountered.

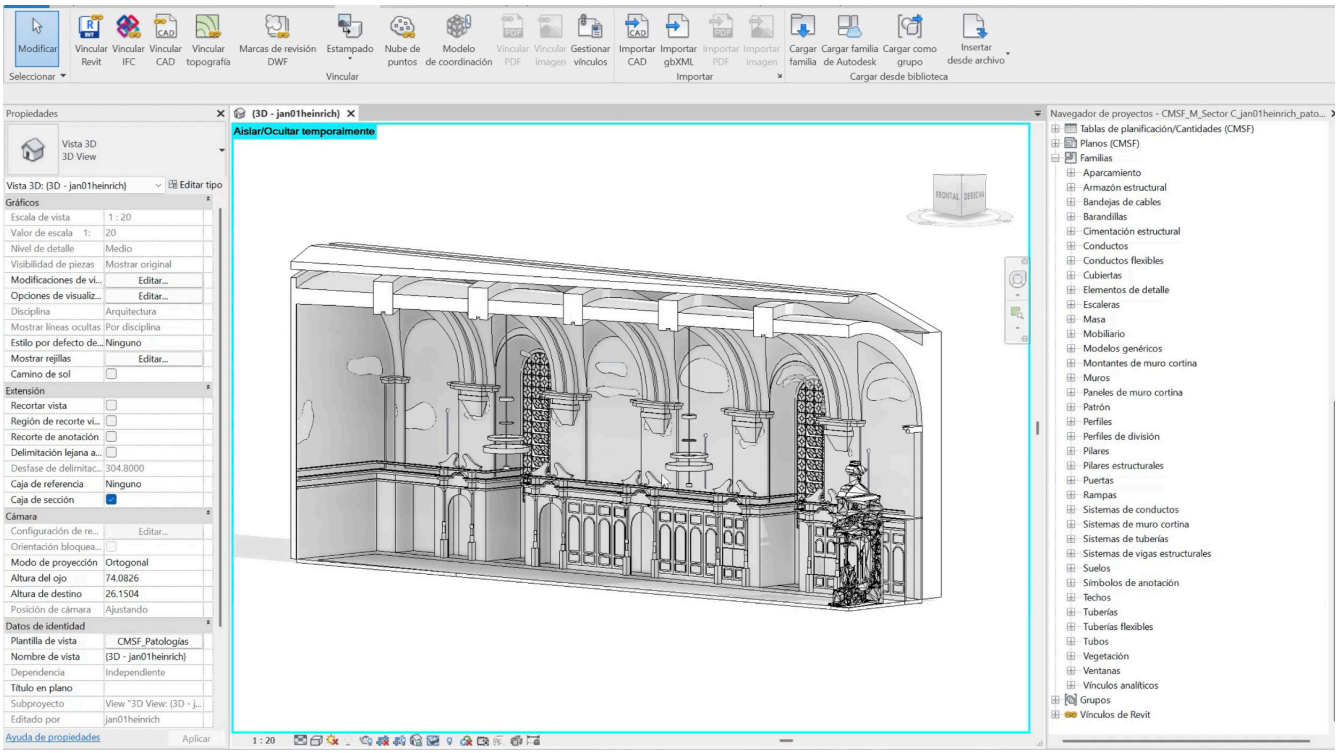


Fig. 104 – Sistema informativo multidimensionale della sacrestia.

Fig. 104 – Multidimensional information system for the sacristy.

This system enables a complete record of the *building*'s maintenance history, preventing loss of information over time and supporting informed asset management. HBIM thus becomes a practical tool for scheduled maintenance, allowing future work to be planned based on accurate, documented knowledge of the *building*.

The integration of historical data, current condition, and recommendations for the future is one of the most innovative aspects of the information model. The *building*'s past is no longer kept in a separate archive but coexists with the present and informs future conservation strategies.

Methodologically, this approach requires close interdisciplinary collaboration between architectural historians, materials specialists, restorers, structural engineers, and HBIM modelers. The information model (Figs. 102–103) is not the work of a single person, but the result of a collective, collaborative process of knowledge creation.

7.4 Reflections on the information and diagnostic dimension

The development of the information model and its integration with diagnostics represents one of the most significant outcomes of the work on the Franciscan complex. The shift from a 3D model to a fully multidimensional information system (Fig. 104) transforms the HBIM model into a practical tool, capable of supporting not only scientific understanding but also the hands-on management of the asset.

The mapping of deterioration, integration of pathology sheets, cataloging of materials, and recording of interventions create a model that does more than represent the *building*—it interprets, monitors, and projects its condition into the future. In this way, HBIM proves to be a fundamental tool for informed, planned, and sustainable conservation of architectural heritage.

The complex's model stands as a paradigmatic case study of how digital technologies can be combined with the scientific rigor of restoration and diagnostic disciplines, offering new opportunities for the protection and enhancement of cultural heritage in the 21st century.

PARTE 2
ATTIVITÀ SVOLTE A BUENOS AIRES

PART 2 – Activities carried out in Buenos Aires

Capitolo 8
Valorizzazione, fruizione digitale e gestione del modello HBIM

CHAPTER 8 - Enhancement, digital access, and management of the HBIM model

8.1 Sintesi dei risultati

Il progetto di ricerca applicato al *Conjunto Monumental San Francisco* dimostra in modo chiaro e verificabile la piena validità dell'approccio HBIM (*Historic Building Information Modeling*) come strumento avanzato di conoscenza, gestione e valorizzazione del patrimonio architettonico storico in contesti complessi e fortemente stratificati come quello sudamericano. L'intero processo, dal rilievo integrato alla modellazione parametrica, dalla costruzione del database informativo alla diagnostica, porta alla realizzazione di un gemello digitale affidabile, scientificamente fondato e interrogabile in tutte le sue componenti.

Uno dei principali risultati del progetto è il superamento delle difficoltà tradizionalmente legate allo studio di edifici storici in contesti urbani densi, caratterizzati da accessibilità limitata, geometrie irregolari, sovrapposizioni costruttive e documentazione storica frammentaria. Attraverso l'integrazione tra *laser scanner* terrestre, fotogrammetria aerea e terrestre, analisi storica e modellazione parametrica, è possibile ricostruire con elevato grado di accuratezza lo stato di fatto del complesso francescano e del suo contesto immediato.

Il modello HBIM risultante non rappresenta una semplice replica digitale dell'edificio, ma un sistema conoscitivo complesso, capace di restituire simultaneamente:

- la geometria tridimensionale ad alta accuratezza;
- la stratificazione storica delle diverse fasi costruttive;
- la distribuzione dei materiali;
- lo stato di conservazione;
- la mappatura puntuale delle patologie;
- la memoria degli interventi passati e le indicazioni per quelli futuri.

In questo senso, il modello può essere definito come una vera e propria infrastruttura informativa del bene culturale, in cui convergono dati eterogenei, organizzati in modo strutturato e interrogabile. Tale infrastruttura consente di superare la tradizionale separazione tra rilievo, analisi storica, diagnostica e progetto di restauro, favorendo invece una visione integrata e sistemica del patrimonio.

Dal punto di vista scientifico, il progetto conferma come l'HBIM non sia solo uno strumento tecnologico, ma un metodo di lavoro interdisciplinare, capace di mettere in dialogo discipline diverse: storia dell'architettura, rilievo, tecnologie dei materiali, strutture, restauro, informatica e comunicazione. La costruzione del modello diventa così il risultato di un processo collettivo di produzione della conoscenza, più che un mero esito tecnico.

Infine, il valore del progetto risiede anche nella sua replicabilità. Il protocollo metodologico messo a punto, dalla fase di rilievo al processamento dei dati, dalla modellazione alla gestione informativa, può essere applicato ad altri complessi monumentali del contesto latino-americano e non solo, costituendo una base solida per future esperienze di ricerca, tutela e valorizzazione.

8.2 Comunicazione e disseminazione

Uno degli assunti fondamentali che guida il progetto è il principio secondo cui la conoscenza del patrimonio non deve rimanere confinata agli addetti ai lavori, ma deve essere restituita alla collettività in forme accessibili, comprensibili e coinvolgenti. La valorizzazione

8.1 Summary of results

The research project applied to the *Conjunto Monumental San Francisco* clearly demonstrates the full validity of the HBIM (Historic *Building Information Modeling*) approach as an advanced tool for understanding, managing, and enhancing historic architectural heritage, particularly in complex, heavily layered contexts such as those found in South America. The entire *workflow*—from integrated surveying to parametric modeling, and from *building* the information database to diagnostic analysis—results in a reliable, scientifically grounded *digital twin*, fully queryable in all its components.

One of the main outcomes of the project is overcoming challenges traditionally associated with studying historic *buildings* in dense urban contexts, characterized by limited access, irregular geometries, overlapping construction phases, and fragmented historical documentation. By integrating *Terrestrial laser scanning*, aerial and *Terrestrial* photogrammetry, historical analysis, and parametric modeling, it is possible to reconstruct the current state of the Franciscan complex and its immediate context with a high degree of accuracy.

The resulting HBIM model is not a simple digital replica of the *building*, but a complex knowledge system capable of simultaneously representing:

- high-accuracy three-dimensional geometry;
- historical stratification of different construction phases;
- material distribution;
- conservation status;
- detailed mapping of pathologies;
- records of past interventions and guidance for future ones.

In this sense, the model can be considered a true information infrastructure for the cultural asset, where heterogeneous data are integrated, structured, and fully queryable. This infrastructure overcomes the traditional separation between surveying, historical analysis, diagnostics, and restoration planning, promoting instead an integrated, systemic vision of heritage.

From a scientific perspective, the project confirms that HBIM is not merely a technological tool, but an interdisciplinary

digitale, in questo senso, non è intesa esclusivamente come uno strumento di supporto alla gestione tecnica, ma anche come un potente mezzo di mediazione culturale e divulgazione scientifica.

A partire dal modello HBIM, sono sviluppati diversi *output* comunicativi ad alto impatto, destinati a pubblici differenti, quali la comunità locale, i visitatori, gli studenti, i ricercatori e i decisori istituzionali. Tra questi assumono particolare rilievo:

- video sull'evoluzione storica della "*Manzana Franciscana*";
- animazioni tridimensionali sulla percezione spaziale degli interni degli ambienti analizzati (105, 106);
- documentari sul processo di rilievo, modellazione e analisi;
- ricostruzioni virtuali delle diverse fasi storiche dell'evoluzione del complesso (Fig. 107, 108, 109, 110).

working method, enabling dialogue between diverse fields: architectural history, surveying, material technology, structural engineering, restoration, informatics, and communication. The construction of the model thus becomes the outcome of a collective knowledge-*building* process, rather than a purely technical product.

Finally, the project's value also lies in its replicability. The methodological protocol developed—from surveying to data processing, from modeling to information management—can be applied to other

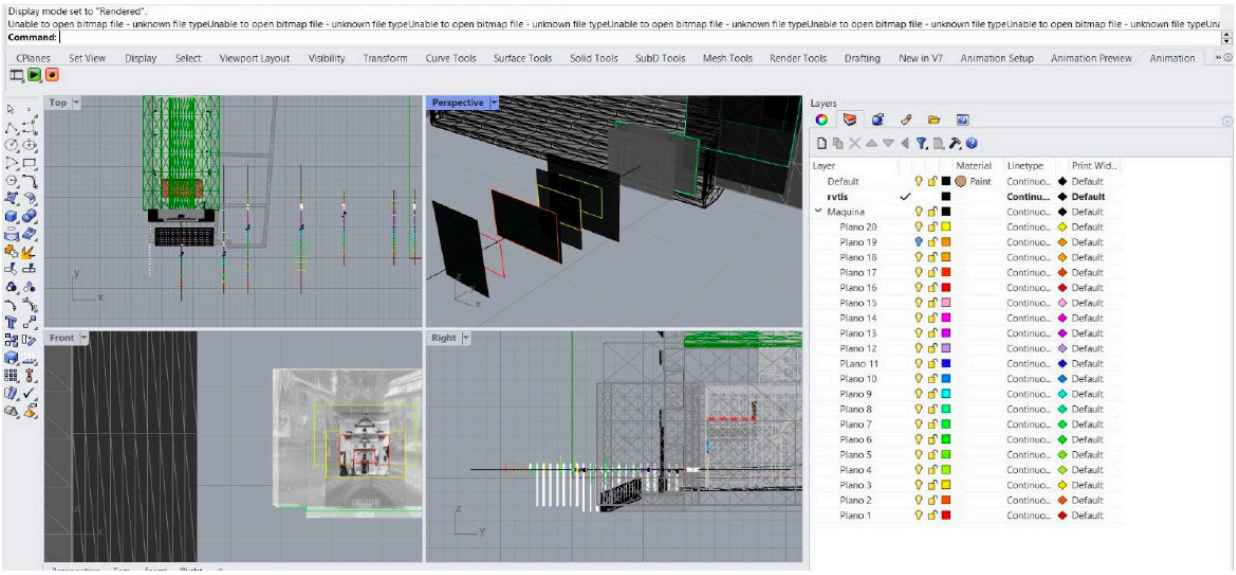


Fig. 105 – Predisposizione dell'animazione tridimensionale per la percezione degli spazi interni.

Fig. 105 – Preparation of the 3D animation for exploring the interior spaces.

Fig. 106 – Sequenza di frame dell'animazione tridimensionale per la percezione degli spazi interni.

Fig. 106 – Sequence of frames from the 3D animation illustrating the perception of interior spaces.

Fig. 107 – Evoluzione del complesso visualizzata sulla cartografia del 1769.

Fig. 107 – Evolution of the complex visualized on the 1769 map.

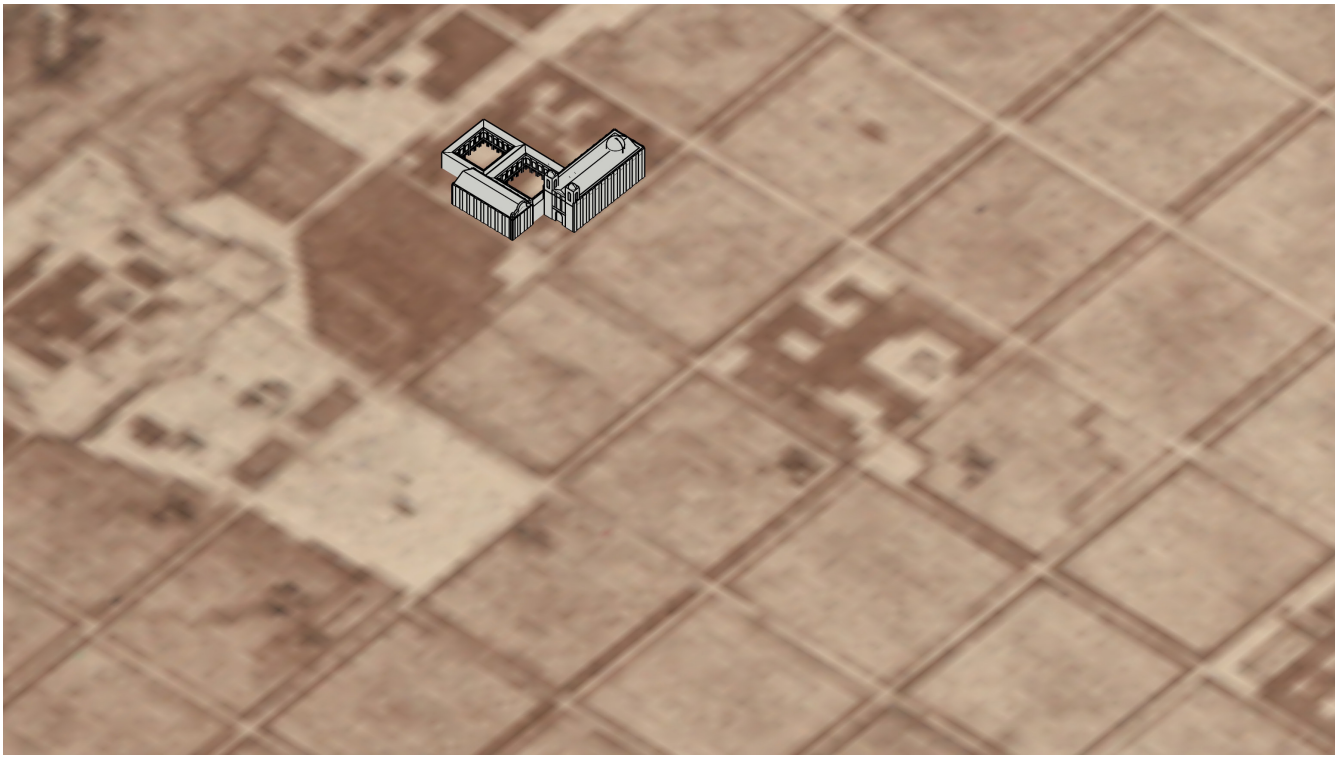


Fig. 108 – Evoluzione del complesso sulla cartografia del 1776.

Fig. 108 – Evolution of the complex visualized on the 1776 map.

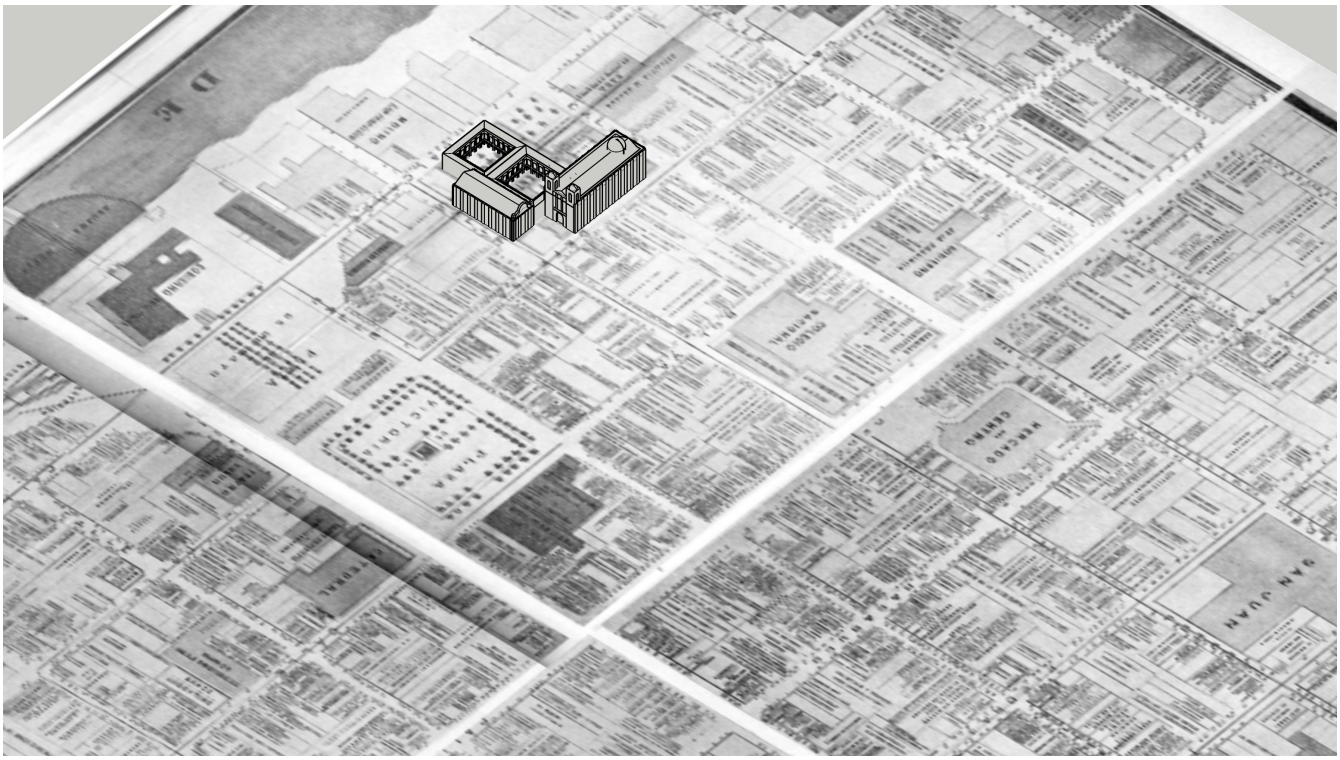


Fig. 109 – Evoluzione del complesso sulla cartografia del 1870.

Fig. 109 – Evolution of the complex visualized on the 1870 map.

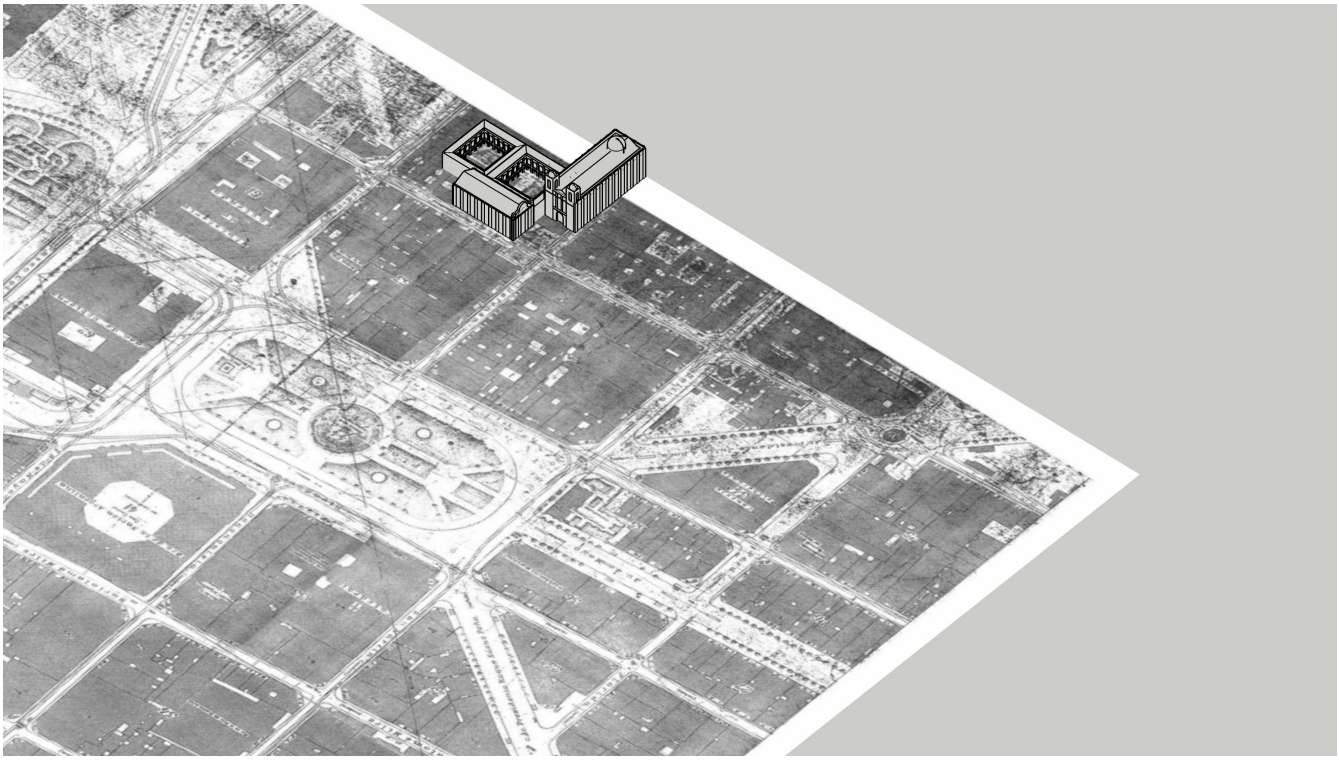


Fig. 110 – Evoluzione del complesso sulla cartografia del 1940.

Fig. 110– Evolution of the complex visualized on the 1940 map.

I video dedicati all'evoluzione urbana della *Manzana* permettono di raccontare in modo chiaro ed evocativo la trasformazione del tessuto urbano dal XVIII secolo a oggi, mostrando come il complesso francescano si sia progressivamente adattato ai mutamenti politici, sociali e culturali della città di Buenos Aires. Attraverso sequenze animate basate sui dati storici e sul modello tridimensionale, è possibile visualizzare le fasi di ampliamento, demolizione e riorganizzazione funzionale, rendendo immediatamente percepibile un processo che, se descritto solo con testi e tavole statiche, risulterebbe di difficile comprensione.

Le animazioni degli interni della Cappella e della sacrestia hanno una duplice funzione; da un lato quella divulgativa, rivolta al grande pubblico, dall'altro quella didattica, destinata alla formazione di studenti e professionisti. La possibilità di attraversare virtualmente gli spazi, osservare da punti di vista non accessibili, leggere in trasparenza le stratificazioni murarie e gli apparati decorativi, permette una fruizione nuova, immersiva e consapevole dell'architettura.

Particolarmente rilevante è anche il ruolo dei documentari sul processo di lavoro, che raccontano le fasi del rilievo con *laser scanner* e drone, le difficoltà operative riscontrate, le procedure di modellazione, l'analisi delle patologie e la costruzione del modello informativo. Questi prodotti audiovisivi non hanno solo documentato un risultato, ma rendono visibile il processo scientifico e tecnico che sta dietro alla costruzione della conoscenza del patrimonio.

Dal punto di vista della disseminazione scientifica, il progetto trova numerosi canali di restituzione mediante convegni internazionali, *workshop*, seminari universitari, pubblicazioni, presentazioni istituzionali. Il modello HBIM è utilizzato come strumento dimostrativo per mostrare le potenzialità dell'approccio digitale applicato al patrimonio storico, stimolando un ampio dibattito sul ruolo delle tecnologie nelle discipline del restauro e della valorizzazione.

Un aspetto di grande importanza può essere il coinvolgimento della comunità locale. La restituzione dei risultati attraverso eventi pubblici, proiezioni, visite guidate virtuali e materiali divulgativi può contribuire a rafforzare il senso di appartenenza e di consapevolezza attorno al valore del *Conjunto San Francisco*. La popolazione non è solo destinataria passiva di informazioni, ma è può diventare parte attiva di un processo di riconoscimento del proprio patrimonio culturale.

La comunicazione digitale assume, quindi, un ruolo strategico non solo per la diffusione dei risultati scientifici, ma anche per la costruzione di una coscienza collettiva del valore del bene, condizione indispensabile per la sua tutela nel lungo periodo. In questa prospettiva, l'HBIM non è solo uno strumento tecnico, ma un vero e proprio ponte tra ricerca, istituzioni e società.

8.3 Futuro del Complesso San Francisco

Il modello HBIM del *Conjunto San Francisco* non rappresenta un punto di arrivo definitivo, ma un punto di partenza per una nuova stagione di gestione consapevole, programmata e integrata del complesso monumentale. La sua vera forza risiede nella capacità di accompagnare il bene nel tempo, adattandosi alle esigenze future di conservazione, valorizzazione e fruizione.

Uno dei principali sviluppi prospettici riguarda la manutenzione programmata. Grazie alle informazioni raccolte nel modello, materiali, stato di conservazione, patologie, interventi pregressi, è possibile costruire un piano di manutenzione basato su dati oggettivi, aggiornabili e verificabili. Il modello consente di individuare le aree più vulnerabili,

monumental complexes in Latin America and beyond, providing a solid foundation for future research, preservation, and enhancement initiatives.

8.2 Communication and dissemination

A core principle guiding the project is that knowledge of cultural heritage should not remain confined to specialists, but must be shared with the wider public in ways that are accessible, understandable, and engaging. In this context, digital enhancement is not intended solely as a tool to support technical management, but also as a powerful means of cultural mediation and scientific communication.

Based on the HBIM model, a variety of high-impact communication *output*s have been developed for different audiences, including the local community, visitors, students, researchers, and policymakers. Key *output*s include:

- videos on the historical evolution of the *Manzana Franciscana*;
- 3D animations illustrating the spatial perception of the interiors studied (Figs. 105–106);
- documentaries on the surveying, modeling, and analysis process;
- virtual reconstructions of the different historical phases of the complex (Figs. 107–110).

Videos documenting the urban evolution of the *Manzana* allow a clear and evocative storytelling of the city's transformation from the 18th century to today, showing how the Franciscan complex gradually adapted to political, social, and cultural changes in Buenos Aires. Through animated sequences based on historical data and the 3D model, viewers can visualize phases of expansion, demolition, and functional reorganization, making processes that would be difficult to convey through text and static plans immediately understandable.

Interior animations of the Chapel and sacristy serve a dual purpose: on one hand, they are aimed at public outreach; on the other, they have an educational function, supporting the training of students and professionals. The ability to virtually navigate the spaces, observe from otherwise inaccessible viewpoints, and see wall stratifications and decorative elements in transparency

prevedere interventi preventivi, monitorare l'evoluzione delle lesioni e ridurre il ricorso a interventi emergenziali, spesso più costosi e invasivi.

In questo senso, l'HBIM si configura come uno strumento fondamentale per una gestione sostenibile del patrimonio, orientata non solo alla conservazione materiale, ma anche all'ottimizzazione delle risorse economiche e delle strategie di intervento. La manutenzione diventa così un processo continuo, informato e controllato, e non una successione discontinua di operazioni episodiche.

Un secondo ambito di sviluppo riguarda la simulazione degli interventi di restauro. Il modello consente di testare virtualmente diverse ipotesi progettuali, valutandone l'impatto sia dal punto di vista tecnico sia da quello formale e conservativo. È possibile, ad esempio, simulare il consolidamento di una muratura, l'integrazione di un intonaco, la sostituzione di un elemento degradato, valutando preventivamente le interferenze con le parti storiche e con gli equilibri strutturali.

Questa possibilità di simulazione riduce il margine di incertezza nelle decisioni progettuali e favorisce un approccio più consapevole e scientificamente fondato al restauro. L'intervento non è più solo il risultato di una scelta progettuale *ex-post*, ma l'esito di un processo di verifica preventiva supportato dal modello informativo.

Un terzo ambito fondamentale è quello della gestione turistica e della valorizzazione culturale. Il modello HBIM costituisce la base per lo sviluppo di sistemi avanzati di fruizione digitale, come tour virtuali, applicazioni interattive, realtà aumentata, percorsi multimediali. Tali strumenti possono arricchire l'esperienza di visita, offrendo contenuti personalizzati e livelli di approfondimento differenziati per tipologia di pubblico.

In un contesto urbano come quello di Buenos Aires, caratterizzato da un forte afflusso turistico e da una crescente domanda di esperienze culturali innovative, la valorizzazione digitale basata sull'HBIM rappresenta un'opportunità strategica per coniugare attrattività, conoscenza e tutela. La fruizione virtuale può inoltre ridurre la pressione fisica sul bene, contribuendo indirettamente alla sua conservazione.

Dal punto di vista istituzionale, il modello HBIM può diventare uno strumento di supporto alle decisioni per gli enti preposti alla tutela e alla gestione del complesso. La possibilità di disporre di un quadro conoscitivo aggiornato, completo e facilmente consultabile facilita la pianificazione degli interventi, la redazione di bandi e l'attivazione di finanziamenti mirati.

La cooperazione Italia-Argentina rappresenta uno degli aspetti più significativi in prospettiva futura. Il progetto dimostrato che il trasferimento di competenze non è un processo unidirezionale, ma uno scambio reciproco di saperi, esperienze e approcci culturali. Il metodo HBIM, adattato al contesto argentino, può essere a sua volta arricchito dalle specificità locali, dando luogo a nuove sperimentazioni e sviluppi metodologici.

In questa prospettiva, il Complesso *San Francisco* può diventare un laboratorio permanente di ricerca, formazione e innovazione nel campo della conservazione digitale del patrimonio. Il modello HBIM potrà essere progressivamente implementato con nuovi dati, nuove campagne diagnostiche, nuovi rilievi e nuovi materiali, mantenendo viva e aggiornata la conoscenza del bene.

8.4 Considerazioni sul valore della valorizzazione digitale

Il percorso sviluppato nel presente lavoro dimostra come la tecnologia, se guidata da una solida base storica e metodologica, non rappresenti un fine in sé, ma un mezzo potentissimo al servizio della

provides a new, immersive, and informed way to experience the architecture.

Documentaries focusing on the *workflow* are particularly important, as they illustrate the phases of *laser scanning* and drone surveying, operational challenges, modeling procedures, pathology analysis, and the construction of the information model. These audiovisual products not only document outcomes but also make the scientific and technical process behind knowledge creation visible.

For scientific dissemination, the project has been shared through international conferences, *workshop*s, university seminars, publications, and institutional presentations. The HBIM model serves as a demonstrative tool, showcasing the potential of digital approaches applied to historic heritage and stimulating broad discussion on the role of technology in restoration and heritage enhancement disciplines.

Local community engagement is also crucial. Sharing results through public events, screenings, virtual guided tours, and outreach materials can strengthen awareness and a sense of ownership of the *Conjunto San Francisco*. The public is not just a passive recipient of information, but can become an active participant in recognizing and valuing their cultural heritage.

Digital communication, therefore, plays a strategic role not only in disseminating scientific results but also in fostering collective awareness of the asset's value—a key condition for its long-term preservation. In this perspective, HBIM is not just a technical tool, but a true bridge between research, institutions, and society.

8.3 Future of San Francisco complex

The HBIM model of the *Conjunto San Francisco* is not a final endpoint, but a starting point for a new phase of informed, planned, and integrated management of the monumental complex. Its real strength lies in its ability to accompany the as*set* over time, adapting to future needs in conservation, enhancement, and use.

One of the main prospective developments concerns scheduled maintenance. Thanks to the information contained in the model, materials, conservation status, pathologies, past interventions it is

memoria, della tutela e della valorizzazione del patrimonio culturale. L'HBIM, in particolare, si rivela uno strumento capace di unire rigore scientifico, efficacia operativa e potenzialità comunicative.

La valorizzazione digitale non sostituisce l'esperienza diretta dell'architettura, ma la arricchisce, la completa e la rende accessibile a un pubblico più ampio. Attraverso il gemello digitale della Cappella *San Roque*, è possibile non solo vedere, ma anche comprendere, interrogare, interpretare e proiettare nel futuro un bene che incarna secoli di storia, arte e spiritualità.

Il modello HBIM consegnato al termine del progetto si configura dunque come un patrimonio nel patrimonio: un archivio di conoscenze, uno strumento di gestione, una piattaforma di comunicazione e un laboratorio di sperimentazione. La sua reale efficacia si misurerà nel tempo, nella capacità di essere aggiornato, utilizzato, condiviso e valorizzato dalle istituzioni, dagli studiosi e dalla comunità.

La cooperazione tra Italia e Argentina dimostra che la tecnologia, quando è sostenuta da una visione culturale ampia e da un autentico dialogo tra saperi, può diventare il più potente alleato della conservazione e della trasmissione della memoria. In questo senso, il progetto sul Complesso *San Francisco* non rappresenta solo un caso studio riuscito, ma un modello per il futuro della tutela del patrimonio storico in un'epoca di profonda trasformazione digitale.

possible to develop a maintenance plan based on objective, updatable, and verifiable data. The model allows the identification of the most vulnerable areas, enables preventive interventions, monitors the evolution of damage, and reduces reliance on emergency interventions, which are often more costly and invasive.

In this sense, HBIM becomes a key tool for sustainable heritage management, oriented not only toward material preservation but also toward optimizing economic resources and intervention strategies. Maintenance becomes a continuous, informed, and controlled process, rather than a series of episodic, ad-hoc operations.

A second area of development concerns restoration simulation. The model allows for virtual testing of different design solutions, evaluating their impact both technically and in terms of aesthetics and conservation. For example, it is possible to simulate the consolidation of masonry, the integration of plaster, or the replacement of a degraded element, while assessing potential conflicts with historic parts and structural balance.

This capability reduces uncertainty in design decisions and promotes a more informed, scientifically grounded approach to restoration. Interventions are no longer just the outcome of *ex-post* design choices but the result of a process of proactive verification supported by the information model.

A third fundamental area is tourism management and cultural enhancement. The HBIM model provides the foundation for developing advanced digital access systems, such as virtual tours, interactive applications, augmented reality, and multimedia pathways. These tools can enrich the visitor experience, offering customized content and varying levels of detail tailored to different audiences.

In an urban context like Buenos Aires, with high tourist flows and growing demand for innovative cultural experiences, HBIM-based digital enhancement represents a strategic opportunity to combine attractiveness, knowledge, and protection. Virtual access can also reduce physical pressure on the site, indirectly contributing to its conservation.

From an institutional perspective, the HBIM model can serve as a decision-support tool for agencies responsible for the protection and management of the complex. Having an up-to-date, complete, and easily consultable knowledge base facilitates intervention planning, preparation of calls for projects, and access to *target*ed funding.

The Italy-Argentina collaboration represents one of the most significant aspects for future development. The project demonstrates that knowledge transfer is not unidirectional but a reciprocal exchange of expertise, experience, and cultural approaches. The HBIM method, adapted to the Argentine context, can in turn be enriched by local specificities, giving rise to new methodological experiments and developments.

In this perspective, the *San Francisco* Complex can become a permanent laboratory for research, training, and innovation in the digital conservation of heritage. The HBIM model can be progressively updated with new data, diagnostic campaigns, surveys, and materials, keeping knowledge of the site alive and current.

8.4 Reflections on the value of digital enhancement

The path developed in this work demonstrates that technology, when guided by a solid historical and methodological foundation, is not an end in itself but a powerful tool in the service of memory, preservation, and enhancement of cultural heritage. HBIM, in particular, proves to be an instrument capable of combining scientific rigor, operational efficiency, and strong communicative potential.

Digital enhancement does not replace the direct experience of architecture, but enriches it, completes it, and makes it accessible to a wider audience. Through the *digital twin* of the Chapel of *San Roque*, it is possible not only to see, but also to understand, query, interpret, and project into the future a site that embodies centuries of history, art, and spirituality.

The HBIM model delivered at the conclusion of the project thus constitutes a heritage within heritage: a knowledge archive, a management tool, a communication platform, and an experimental laboratory. Its true value will be measured over time in its capacity to be updated, used, shared, and leveraged by institutions, scholars, and the community.

The collaboration between Italy and Argentina demonstrates that technology, when supported by a broad cultural vision and genuine dialogue between knowledge domains, can become the most powerful ally in the conservation and transmission of memory. In this sense, the project on the *San Francisco* Complex is not just a successful case study, but a model for the future of historic heritage preservation in an era of profound digital transformation.

SCIPIO·HISP
TR·MIL·II·X·VI
X·VIR·SAC
I
EATVM

PARTE 3
ATTIVITÀ SVOLTE A ROMA

PART 3 – Activities carried out in Rome

Capitolo 9
Contesto scientifico dell'HBIM applicato all'archeologia

CHAPTER 9 - Scientific context of HBIM applied to archaeology

9.1 HBIM e archeologia

L'adozione del *Building Information Modeling* nel campo dell'archeologia e dell'architettura storica rappresenta una delle trasformazioni più significative che hanno interessato, negli ultimi anni, le discipline del rilievo, della rappresentazione, della conservazione e della gestione del patrimonio. Come già accennato, nato come strumento per l'edilizia contemporanea, il BIM è concepito per accompagnare l'intero ciclo di vita dell'opera, dalla progettazione alla costruzione, dalla gestione alla dismissione, in un contesto caratterizzato da processi standardizzati, materiali controllati e geometrie regolari. Quando questo paradigma viene trasferito al patrimonio costruito storico e, ancor più, all'archeologia, esso è costretto a confrontarsi con una realtà radicalmente diversa, nella quale il progetto non precede l'opera, ma l'opera precede il progetto; i materiali non sono selezionabili liberamente, ma ricevuti dal passato; le geometrie non rispondono a moduli ripetibili, ma a logiche costruttive spesso empiriche e trasformate nel tempo.

In questo passaggio dall'edilizia contemporanea al costruito storico, il BIM subisce una profonda rielaborazione concettuale che dà origine all'*Heritage Building Information Modeling*. L'HBIM non può limitarsi a trasporre strumenti, software e procedure dal mondo del *new building* a quello del patrimonio, ma deve essere ripensato a partire dalle specificità epistemologiche, storiche e conservative del bene culturale. Le architetture storiche e archeologiche presentano infatti caratteristiche che ne rendono estremamente complessa la modellazione informativa, poiché presentano geometrie irregolari e non standardizzabili, lacune documentarie, stratificazioni cronologiche sovrapposte, fragilità dei materiali, nonché una fitta rete di vincoli culturali, etici e normativi che ne regolano ogni forma di intervento.

Una delle principali criticità è rappresentata dalla natura stessa del dato di partenza. Nel BIM per l'edilizia contemporanea, il modello nasce da un progetto digitale che precede e guida la costruzione. Nell'HBIM, al contrario, il modello nasce da un rilievo del costruito esistente, spesso incompleto, deformato, alterato da crolli, restauri e rifacimenti. Il rilievo non restituisce quindi un oggetto "ideale", ma un manufatto reale, segnato dal tempo e dagli eventi. Il passaggio dal dato acquisito al modello informativo non è mai un'operazione neutra, ma implica sempre un atto interpretativo, nel quale il ricercatore deve distinguere tra ciò che è misurabile con certezza, ciò che è ricostruibile per analogia e ciò che rimane ipotetico.

Le lacune documentarie costituiscono un'altra specificità fondamentale. Per molti edifici storici, e ancor più per quelli archeologici, non esistono progetti originari, né descrizioni complete delle fasi costruttive. Le informazioni disponibili derivano spesso da fonti indirette, quali testi antichi, rilievi storici, campagne di scavo, confronti tipologici. In questo contesto, il modello HBIM non può essere un semplice contenitore di certezze, ma deve essere in grado di registrare anche l'incertezza, articolandola in livelli di attendibilità e di affidabilità del dato. La possibilità di associare a ogni elemento architettonico differenti gradi di conoscenza rappresenta uno dei tratti distintivi dell'HBIM rispetto al BIM tradizionale.

La stratificazione nel tempo è forse l'aspetto più emblematico dell'architettura storica e archeologica. Ogni monumento è il risultato di una successione complessa di fasi costruttive, trasformazioni funzionali, crolli, riusi e restauri. Questa dimensione temporale, che nei disegni tradizionali è spesso sintetizzata in poche tavole stratigrafiche,

9.1 HBIM and Archaeology

Adoption of *Building Information Modeling* in the fields of archaeology and historic architecture represents one of the most significant transformations to have affected, in recent years, the disciplines of surveying, representation, conservation, and heritage management. As previously discussed, BIM was originally developed for contemporary construction and is intended to support the entire life cycle of a *building*, from design and construction to operation and eventual decommissioning, within a context defined by standardized *workflow*s, controlled materials, and regular geometries. When this paradigm is applied to the historic built environment—and even more so to archaeology—it must confront a radically different reality, in which the project does not precede the *building*, but the *building* precedes the project; materials are not freely selected but inherited from the past; and geometries do not follow repeatable modules, but reflect construction logics that are often empirical and shaped by long-term transformations.

In this shift from contemporary construction to historic fabric, BIM undergoes a profound conceptual rethinking that gives rise to Heritage *Building Information Modeling* (HBIM). HBIM cannot simply transfer tools, software, and *workflow*s from the domain of new construction to that of cultural heritage, but must instead be reformulated based on the epistemological, historical, and conservation-specific characteristics of heritage assets. Historic and archaeological architecture presents features that make information modeling particularly complex, including irregular and non-standardized geometries, documentary *gap*s, overlapping chronological layers, material fragility, and a dense network of cultural, ethical, and regulatory constraints that govern any form of intervention.

One of the main challenges lies in the very nature of the input data. In conventional BIM for contemporary construction, the model is generated from a digital design that precedes and guides the *building* process. In HBIM, by contrast, the model is derived from the survey of an existing structure, often incomplete, deformed, and altered by collapses, restorations, and reconstructions. The survey therefore does not capture an "ideal" object, but a real artifact marked by time and historical events. The transition

trova nell'HBIM uno strumento particolarmente efficace di rappresentazione. Il modello informativo consente infatti di associare a ogni oggetto architettonico una collocazione cronologica, permettendo la visualizzazione selettiva delle diverse fasi attraverso filtri temporali. In tal modo l'edificio non è più rappresentato come un'entità statica, ma come un organismo in continua trasformazione.

Accanto alle problematiche legate alla conoscenza storica e geometrica, l'HBIM deve confrontarsi con la fragilità intrinseca dei materiali antichi. Murature in opera incerta, laterizi romani, tufi, malte storiche, superfici decorate e intonaci sono caratterizzati da comportamenti fisico-meccanici complessi e spesso difficilmente prevedibili. Il modello informativo deve quindi integrare dati relativi ai materiali, al loro stato di conservazione, alle patologie in atto e ai fattori di rischio ambientale. In questo senso, l'HBIM si colloca all'intersezione tra rilievo, diagnostica e progetto di restauro, diventando uno strumento centrale per la gestione consapevole del bene.

Un ulteriore livello di complessità è rappresentato dai vincoli culturali, etici e normativi che regolano l'intervento sul patrimonio. A differenza dell'edilizia contemporanea, dove il progetto è espressione di una volontà creativa e funzionale, nel campo del restauro ogni azione è fortemente condizionata da principi teorici, come la reversibilità, la riconoscibilità, la compatibilità dei materiali, e da normative stringenti. Il modello HBIM deve quindi essere in grado di rappresentare non solo lo stato di fatto, ma anche il quadro dei vincoli e delle prescrizioni che incidono sulle future trasformazioni del bene.

In questo scenario complesso, l'HBIM assume una funzione duplice e inscindibile. Da un lato esso è strumento di documentazione scientifica, capace di restituire in modo rigoroso e verificabile la geometria, la materia, la storia e lo stato di conservazione del manufatto. Dall'altro lato è un dispositivo di governo del patrimonio, poiché integra informazioni utili alla pianificazione della manutenzione, alla progettazione del restauro, alla gestione del rischio e alla valorizzazione. Il modello non si limita a rappresentare ciò che è visibile, ma incorpora anche ipotesi interpretative, livelli di attendibilità, dati diagnostici e previsioni di intervento, diventando una piattaforma conoscitiva aperta e dinamica.

Dal punto di vista epistemologico, l'HBIM applicato all'archeologia introduce un importante cambiamento nel modo stesso di produrre conoscenza. Tradizionalmente, lo studio dei monumenti archeologici si è basato su una molteplicità di elaborati separati, costituiti da rilievi grafici, relazioni storiche, schedature materiche, tavole di degrado, progetti di restauro. Ciascun documento risponde a una specifica finalità e viene spesso prodotto in momenti differenti da specialisti diversi. L'HBIM, al contrario, tende a ricondurre questa molteplicità di saperi all'interno di un unico ambiente integrato, favorendo il dialogo tra le discipline e la coerenza complessiva dell'interpretazione.

Nel campo dell'archeologia, questo approccio integrato risulta particolarmente significativo. Il monumento archeologico non è mai solo un oggetto architettonico, ma anche un documento storico, un deposito stratigrafico, un manufatto tecnico e un bene culturale da trasmettere alle generazioni future. L'HBIM consente di trattare simultaneamente tutte queste dimensioni, offrendo uno strumento unitario per l'analisi e la gestione del complesso archeologico.

Nel caso specifico dei complessi funerari romani, l'applicazione dell'HBIM acquista un valore strategico ancora più marcato. Le architetture funerarie presentano infatti problematiche peculiari rispetto ad altre tipologie monumentali. Si tratta spesso di strutture ipogee o

from measured data to an information model is never neutral, but always involves an interpretive act, in which the researcher must distinguish between what can be measured with certainty, what can be reconstructed by analogy, and what remains hypothetical.

Documentary *gap*s constitute another fundamental specificity. For many historic *buildings*—and even more so for archaeological ones—original design drawings and complete construction records simply do not exist. Available information often derives from indirect sources, such as ancient texts, historical surveys, excavation campaigns, and typological comparisons. In this context, the HBIM model cannot function merely as a repository of certainties, but must also be capable of encoding uncertainty, articulating it through different levels of data reliability and confidence. The ability to associate varying degrees of knowledge with each architectural element is one of the defining features that distinguishes HBIM from traditional BIM.

Temporal stratification is perhaps the most emblematic characteristic of historic and archaeological architecture. Every monument is the outcome of a complex sequence of construction phases, functional transformations, collapses, reuse, and restoration. This temporal dimension, which in traditional drawings is often condensed into a limited number of stratigraphic diagrams, finds in HBIM a particularly effective representational tool. The information model allows each architectural object to be associated with a chronological attribution, enabling selective visualization of different phases through temporal filters. In this way, the *building* is no longer represented as a static entity, but as an organism in continuous transformation.

Alongside issues related to historical and geometric knowledge, HBIM must also address the intrinsic fragility of ancient materials. Masonry in opus incertum, Roman bricks, tuff, historic mortars, decorated surfaces, and plasters exhibit complex and often unpredictable physical and mechanical behavior. The information model must therefore integrate data on materials, their conservation state, ongoing pathologies, and environmental risk factors. In this sense, HBIM operates at the intersection of survey, diagnostics, and restoration design, becoming a central tool for informed heritage management.

A further layer of complexity is introduced by the cultural, ethical, and regulatory constraints governing interventions on

semipogee, caratterizzate da un microclima stabile ma delicato, fortemente influenzato dai livelli di umidità, dalla circolazione dell'aria e dalle condizioni geologiche del terreno. L'umidità di risalita, la condensazione, la presenza di sali solubili e lo sviluppo di colonie biologiche rappresentano fattori di degrado particolarmente aggressivi, che agiscono in modo lento ma continuo sulle strutture murarie e sugli apparati decorativi.

Dal punto di vista strutturale, i complessi funerari romani presentano inoltre problematiche legate alla stabilità delle volte, dei corridoi ipogei e delle camere sepolcrali, spesso realizzate in opera cementizia e soggette a fenomeni di dissesto dovuti a cedimenti del terreno, infiltrazioni d'acqua o vibrazioni indotte dal traffico urbano. La difficoltà di accesso e di ispezione di questi ambienti rende particolarmente complesso il monitoraggio dello stato di conservazione e l'individuazione tempestiva delle criticità.

Sotto il profilo della leggibilità spaziale, le architetture ipogee risultano spesso di difficile comprensione per il visitatore non specialista. La mancanza di luce naturale, la complessità dei percorsi, la frammentarietà delle strutture e la perdita di molte parti originarie rendono ardua la ricostruzione mentale dell'assetto originario del complesso. In questo contesto, il gemello digitale informato prodotto attraverso l'HBIM assume un ruolo fondamentale sia per la comprensione scientifica del monumento sia per la sua comunicazione al pubblico.

Il modello HBIM consente infatti di integrare al rilievo dello stato di fatto una o più ricostruzioni interpretative delle fasi storiche, rendendo esplicito il rapporto tra ciò che è conservato, ciò che è documentato e ciò che è frutto di ipotesi. Attraverso la sovrapposizione di modelli e la gestione dei livelli di visibilità, è possibile visualizzare l'evoluzione del complesso funerario nel tempo, stimolando una lettura diacronica dello spazio che difficilmente può essere restituita con gli strumenti tradizionali.

Dal punto di vista della conservazione, il gemello digitale informato permette di associare alle diverse parti del monumento dati relativi allo stato di degrado, ai materiali, agli interventi pregressi e alle criticità strutturali. Il modello diventa così una cartografia digitale del rischio, costantemente aggiornabile, che consente di supportare le scelte operative e di programmare gli interventi secondo criteri di priorità e di sostenibilità economica.

Un ulteriore aspetto rilevante riguarda la gestione della fruizione pubblica. I complessi funerari ipogei pongono problemi di sicurezza, accessibilità e tutela che spesso limitano fortemente le possibilità di visita. L'HBIM, integrato con applicazioni di realtà virtuale e aumentata, consente di superare in parte questi limiti, offrendo modalità di fruizione virtuale che non compromettono la conservazione del bene. In tal modo il digitale diventa uno strumento di mediazione tra le esigenze di tutela e quelle di valorizzazione.

Nel dibattito scientifico internazionale, l'HBIM applicato all'archeologia è oggi oggetto di un crescente interesse. Numerosi progetti di ricerca europei e internazionali sperimentano l'uso del BIM per la documentazione di siti archeologici, monumenti antichi e contesti urbani storici. Tuttavia, la standardizzazione delle procedure è ancora lontana dall'essere raggiunta. Ogni progetto è costretto a definire protocolli operativi specifici, adattando strumenti e applicativi alle peculiarità del contesto indagato. Questa fase di sperimentazione metodologica rappresenta al tempo stesso un limite e una grande opportunità per la ricerca.

In questo quadro, l'esperienza condotta sui complessi funerari romani si inserisce come un contributo concreto alla definizione di

heritage. Unlike contemporary construction, where design is primarily an expression of functional and creative intent, restoration practice is heavily shaped by theoretical principles such as reversibility, recognizability, and material compatibility, as well as by strict legal frameworks. The HBIM model must therefore be capable of representing not only the existing condition, but also the system of constraints and prescriptions that influence future transformations of the asset.

Within this complex scenario, HBIM fulfills a dual and inseparable role. On the one hand, it serves as a tool for scientific documentation, capable of rigorously and verifiably representing geometry, materials, history, and conservation state. On the other hand, it functions as a governance device for heritage, integrating information relevant to maintenance planning, restoration design, risk management, and cultural enhancement. The model does not merely depict what is visible, but also incorporates interpretive hypotheses, levels of data reliability, diagnostic results, and intervention forecasts, becoming an open and dynamic knowledge platform.

From an epistemological standpoint, HBIM applied to archaeology introduces a significant shift in the very way knowledge is produced. Traditionally, the study of archaeological monuments has relied on a collection of separate *outputs*—graphic surveys, historical reports, material records, decay maps, restoration projects—each serving a specific purpose and often produced at different times by different specialists. HBIM, by contrast, tends to bring this multiplicity of knowledge into a single integrated environment, fostering interdisciplinary dialogue and overall interpretive coherence.

In archaeology, this integrated approach is particularly meaningful. An archaeological monument is never just an architectural object, but also a historical document, a stratigraphic deposit, a technical artifact, and a cultural as*set* to be transmitted to future generations. HBIM makes it possible to address all these dimensions simultaneously, offering a unified framework for analysis and management.

In the specific case of Roman funerary complexes, the application of HBIM acquires even greater strategic relevance. Funerary architecture presents distinctive challenges compared to other monumental typologies. These structures are often hypogeal or semi-hypogeal, characterized by a stable but

buone pratiche nel campo dell'HBIM applicato all'archeologia. Essa dimostra come il modello informativo possa diventare il punto di convergenza tra rilievo strumentale ad alta precisione, analisi storica, diagnostica del degrado, gestione e comunicazione. L'HBIM non sostituisce gli strumenti tradizionali della ricerca archeologica e del restauro, ma li integra in un sistema coerente, potenziandone l'efficacia e favorendo una visione unitaria del bene.

Il contesto scientifico nel quale si colloca l'HBIM applicato all'archeologia è caratterizzato da una profonda trasformazione dei metodi di conoscenza e di gestione del patrimonio. La complessità delle architetture storiche, le lacune documentarie, la fragilità materica e la stratificazione temporale impongono l'adozione di strumenti capaci di gestire l'incertezza, la multidimensionalità del dato e la collaborazione tra discipline. In questo scenario, l'HBIM si configura non soltanto come un'evoluzione tecnologica del rilievo e della documentazione, ma come un vero e proprio cambio di paradigma nel modo di concepire, studiare e governare il patrimonio archeologico. Il gemello digitale informato diventa così il luogo virtuale nel quale si sedimentano conoscenza scientifica, memoria storica e strategie di tutela, aprendo nuove prospettive per la conservazione e la valorizzazione dei complessi monumentali del passato.

fragile microclimate, strongly influenced by humidity levels, air circulation, and geological conditions. Rising damp, condensation, soluble salts, and biological growth constitute particularly aggressive decay agents, acting slowly but continuously on masonry and decorative surfaces.

From a structural perspective, Roman funerary complexes also face issues related to the stability of vaults, underground corridors, and burial chambers, frequently built in Roman concrete and subject to deterioration caused by ground settlement, water infiltration, or vibrations induced by urban traffic. The difficulty of accessing and inspecting these environments makes conservation monitoring and early detection of critical conditions especially challenging.

In terms of spatial legibility, hypogeal architecture is often difficult for non-specialist visitors to understand. The absence of natural light, the complexity of circulation paths, the fragmentary nature of the remains, and the loss of many original components hinder mental reconstruction of the original layout. In this context, the informed *digital twin* produced through HBIM plays a crucial role both in scientific interpretation and in public communication.

HBIM makes it possible to integrate the survey of the current state with one or more interpretive reconstructions of historical phases, explicitly clarifying the relationship between what is preserved, what is documented, and what is hypothetical. Through model layering and visibility control, the temporal evolution of the funerary complex can be visualized, enabling a diachronic reading of space that is difficult to achieve using traditional tools.

From a conservation perspective, the informed *digital twin* allows different parts of the monument to be associated with data on decay, materials, past interventions, and structural vulnerabilities. The model thus becomes a constantly updatable digital risk map, supporting operational decision-making and allowing interventions to be planned according to criteria of priority and economic sustainability.

Another relevant aspect concerns the management of public access. Hypogeal funerary complexes pose significant challenges in terms of safety, accessibility, and preservation, often severely limiting on-site visitation. HBIM, combined with virtual and augmented reality applications, can partially overcome these constraints by offering digital forms of access that do not compromise the physical integrity of the monument. In this way, digital technologies become mediators between conservation needs and enhancement goals.

In the international scientific debate, HBIM applied to archaeology is currently attracting growing interest. Numerous European and global research projects are experimenting with BIM for documenting archaeological sites, ancient monuments, and historic urban contexts. However, procedural standardization is still far from being achieved. Each project is forced to define its own operational protocols, adapting tools and software to the specific characteristics of the context under investigation. This methodological experimentation phase represents both a limitation and a major opportunity for research.

Within this framework, the experience developed on Roman funerary complexes contributes concretely to the definition of best practices in archaeological HBIM. It demonstrates how the information model can become a point of convergence for high-precision instrumental survey, historical analysis, decay diagnostics, management, and communication. HBIM does not replace traditional tools of archaeological research and restoration, but integrates them into a coherent system, enhancing their effectiveness and promoting a unified vision of the heritage asset.

The scientific context in which archaeological HBIM operates is characterized by a profound transformation of knowledge production and heritage management methods. The complexity of historic architecture, documentary *gap*s, material fragility, and temporal stratification require tools capable of handling uncertainty, multidimensional data, and interdisciplinary collaboration. In this scenario, HBIM emerges not merely as a technological evolution of survey and documentation practices, but as a genuine paradigm shift in the way archaeological heritage is conceived, studied, and governed. The informed *digital twin* thus becomes a virtual space where scientific knowledge, historical memory, and conservation strategies converge, opening new perspectives for the preservation and enhancement of monumental heritage from the past.

PARTE 3
ATTIVITÀ SVOLTE A ROMA

PART 3 – Activities carried out in Rome

Capitolo 10
Mausoleo di Monte del Grano e Sepolcro degli Scipioni

CHAPTER 10 - Mausoleum of Monte del Grano and Scipio family Tomb

10.1 Individuazione dei casi studio

I due casi studio selezionati per la sperimentazione dell'approccio HBIM presentano caratteristiche tipologiche, costruttive e storiche profondamente differenti, ma proprio questa eterogeneità rappresenta uno degli elementi di maggiore interesse scientifico del progetto. Il confronto tra il Mausoleo di Monte del Grano e il Sepolcro e Colombario degli Scipioni consente, infatti, di verificare la flessibilità del modello informativo applicato a contesti archeologici complessi, ma molto diversi per scala, articolazione spaziale, rapporto con il contesto urbano e problematiche conservative.

Da un lato, il Mausoleo di Monte del Grano (Fig. 111) si configura come un grande monumento isolato, caratterizzato da una struttura a tumulo di dimensioni eccezionali, con un impianto spaziale fortemente unitario ma internamente articolato. Dall'altro, il Sepolcro degli Scipioni (Fig. 112) rappresenta un complesso ipogeo stratificato, inserito in un tessuto urbano densamente costruito, nel quale si sovrappongono fasi costruttive, ampliamenti, riusi e trasformazioni moderne. Queste differenze rendono i due casi studio particolarmente adatti a indagare le potenzialità dell'HBIM sia in termini di documentazione scientifica sia in relazione alla gestione, alla conservazione e alla valorizzazione.

10.1 Selection of case studies

The two case studies selected to test the HBIM approach differ markedly in their typological, structural, and historical features; however, this very diversity constitutes one of the project's main scientific strengths. The comparison between the Mausoleum of Monte del Grano and the Tomb and Columbarium of the Scipios allows for an evaluation of the adaptability of the information model when applied to complex archaeological settings that vary significantly in scale, spatial configuration, relationship to the surrounding urban fabric, and conservation challenges.

On the one hand, the Mausoleum of Monte del Grano (Fig. 111) is best understood as a large, freestanding monument, characterized by an exceptionally large tumulus with a spatial organization that is overall coherent yet internally articulated.

Fig. 111 – Immagine nadirale del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 111 – Nadir of the Mausoleum of Monte del Grano.

Fig. 112 – Immagine nadirale del complesso del Sepolcro degli Scipioni.
Fig. 112– Nadir picture of the Scipio Tomb complex.

10.2 Inquadramento storico e territoriale del Mausoleo di Monte del Grano

Il Mausoleo di Monte del Grano è situato lungo l'antico tracciato della via Tuscolana, una delle principali direttrici di collegamento tra Roma e l'area dei Colli Albani. La sua collocazione lungo un asse viario di grande importanza testimonia il ruolo simbolico e rappresentativo che tali monumenti funerari ricoprono nel paesaggio romano antico (Fig. 113), dove la monumentalità dei sepolcri lungo le vie consolari costituisce una forma di autorappresentazione sociale della committenza.

Il monumento è tradizionalmente datato tra la fine del II e l'inizio del III secolo d.C. e viene spesso associato alla figura dell'imperatore Alessandro Severo o della sua famiglia, anche se le attribuzioni non sono univoche. Si tratta di uno dei più grandi mausolei a tumulo dell'area romana, con un diametro che supera i 90 metri e un'altezza originaria probabilmente superiore agli attuali resti conservati. La struttura si imponeva nel paesaggio come una vera e propria "collina artificiale", visibile da grande distanza.

On the other hand, the Tomb of the Scipios (Fig. 112) consists of a stratified subterranean complex embedded within a dense urban context, where multiple construction phases, extensions, reuse processes, and modern alterations coexist.

These contrasting conditions make the two case studies especially suitable for exploring the potential of HBIM, both as a tool for rigorous scientific documentation and as a support system for long-term management, conservation planning, and heritage interpretation.

10.2 Historical and territorial framework of the Mausoleum of Monte del Grano

Mausoleo di Monte del Grano is located along the ancient route of the Via

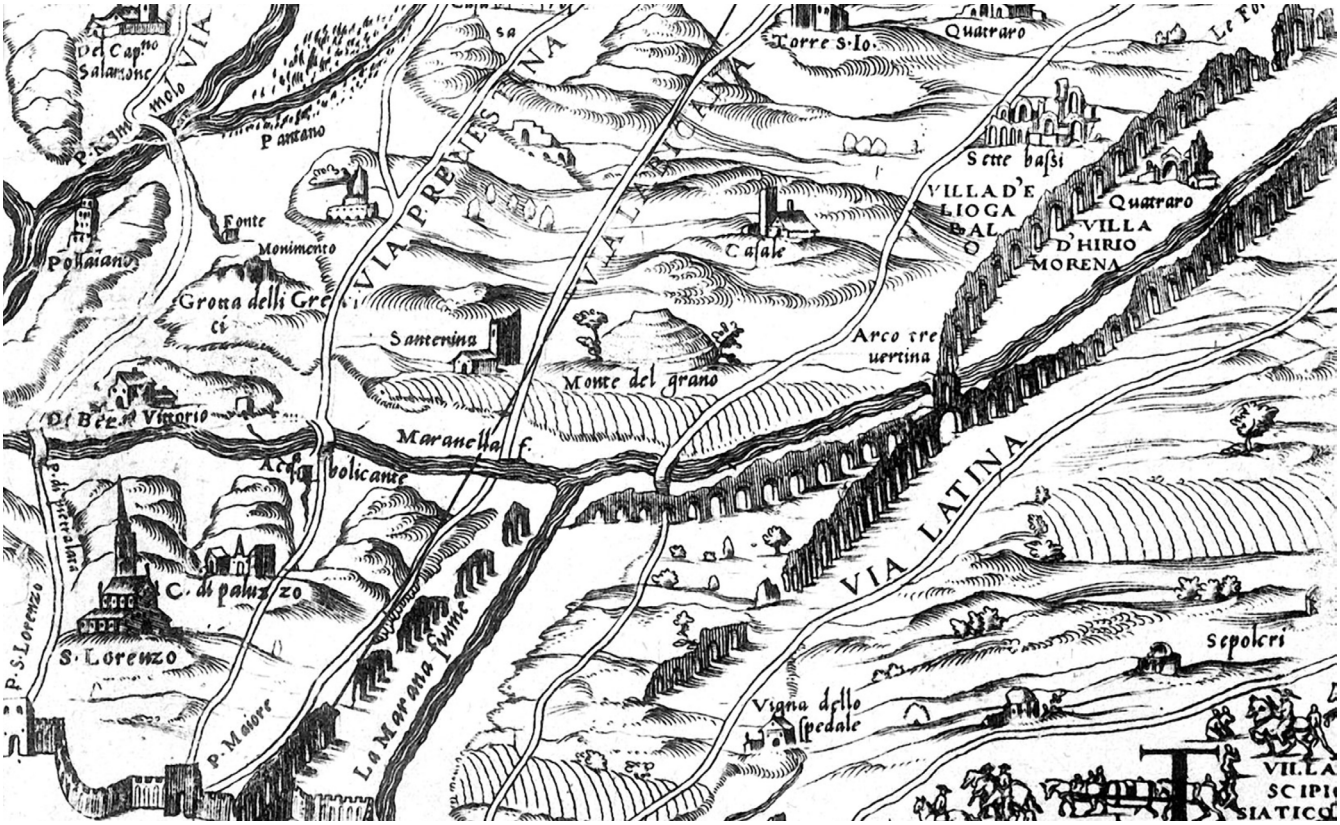


Fig. 113 – Estratto dai disegni della Campagna Romana di Eufrosino Della Volpaia, 1547.

Fig. 113 – Excerpt from the drawings of the Roman Campaign by Eufrosino Della Volpaia, 1547.

La tipologia del mausoleo a tumulo affonda le sue radici nella tradizione funeraria di età repubblicana e imperiale, ma nel caso di Monte del Grano essa raggiunge una scala monumentale eccezionale. Il tumulo racchiude al suo interno un ambiente ipogeo a due livelli, composto da una grande camera centrale e una struttura sovrapposta coperta da una volta in opera cementizia. Questa articolazione spaziale, unita alle dimensioni imponenti, rende il monumento un esempio paradigmatico della tecnica costruttiva romana applicata alle architetture funerarie di grande rappresentanza.

Come molti altri monumenti antichi, il Mausoleo di Monte del Grano è oggetto, nel corso dei secoli, di spoliazioni sistematiche e riusi impropri. Già in età medievale il monumento subisce asportazioni dei materiali più pregiati, in particolare dei rivestimenti marmorei e degli elementi metallici.

Le fonti moderne attestano ripetute esplorazioni a partire dal Rinascimento, quando l'interesse antiquario porta alla riscoperta di numerosi monumenti dell'Agro romano. Tra XVII e XVIII (Fig. 114, 115) secolo il mausoleo è oggetto di descrizioni, rilievi e incisioni, che oggi costituiscono una documentazione preziosa per comprendere lo stato del monumento in epoche precedenti.

Nel corso del Novecento l'area circostante subisce profonde trasformazioni urbanistiche, che alterarono ulteriormente il rapporto tra il monumento e il suo contesto originario. L'espansione edilizia, la realizzazione di infrastrutture e il mutamento delle condizioni ambientali incidono in modo significativo sulla conservazione del mausoleo, esponendolo a nuove criticità, tra cui instabilità del terreno, infiltrazioni d'acqua e degrado biologico.

Tuscolana, one of the main connections between Rome and the Alban Hills area. Its position along such a major thoroughfare reflects the symbolic and representational role that funerary monuments played in the ancient Roman landscape (Fig. 113), where the monumental tombs lining the consular roads functioned as a form of social self-representation for elite patrons.

The monument is traditionally dated to the late second or early third century CE and is often associated with Emperor Alexander Severus or members of his family, although these attributions remain uncertain. It is one of the largest tumulus-type mausolea in the Roman area, with a diameter exceeding 90 meters and an original height likely greater than what survives today. The structure must have dominated the surrounding landscape as a true "artificial hill," visible from a considerable distance.

The tumulus typology has deep roots in Republican and Imperial funerary traditions, but in the case of Monte del Grano it reaches an exceptional monumental scale. The mound encloses a two-level hypogeal system, consisting of a large central chamber

Fig. 114 – Estratto dal Catasto Alessandrino, posizione 429/24, 1661.

Fig. 114 – Excerpt from the Alessandrino Cadastre, plot 429/24, 1661.

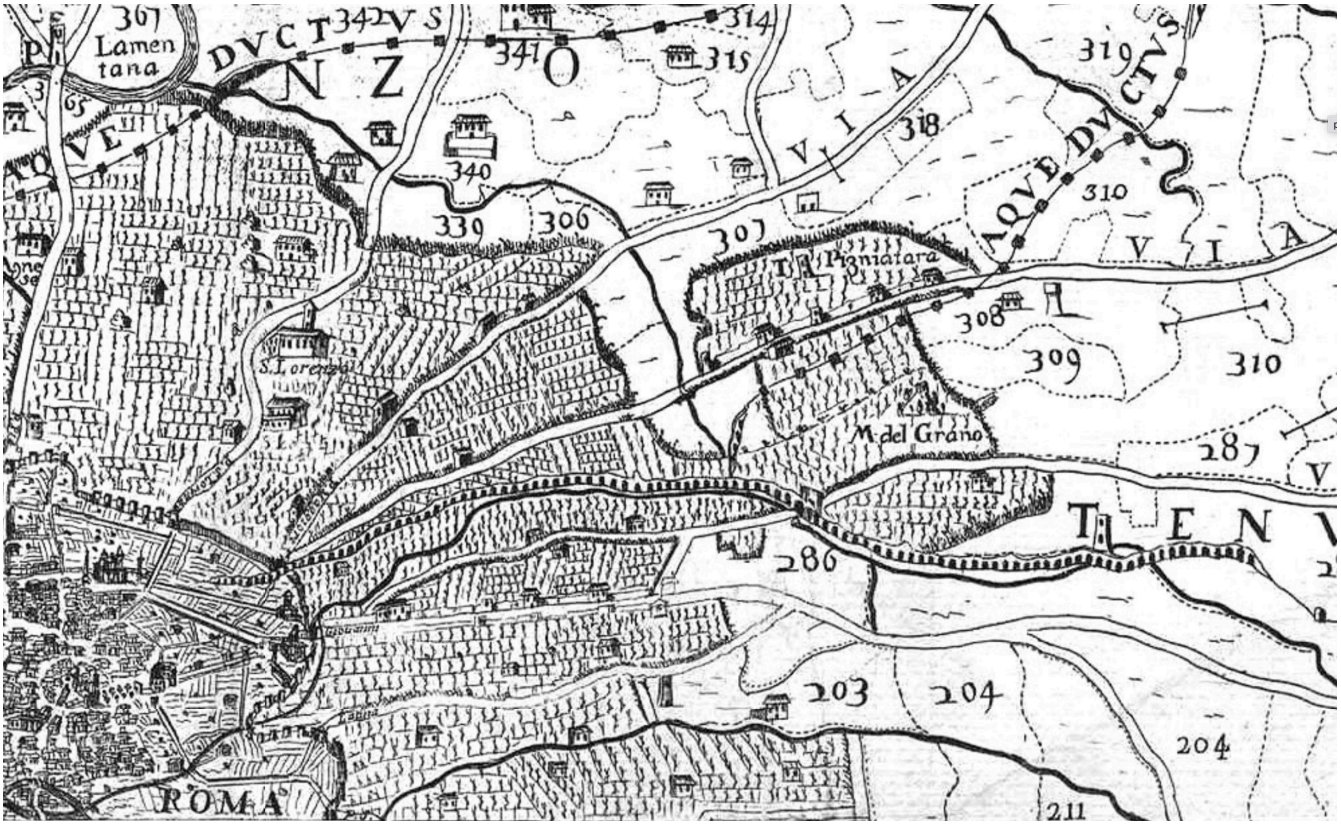


Fig. 115 – Estratto dalla Carta Topografica dell'Agro Romano di Giovan Battista Cingolani, 1692.

Fig. 115 – Excerpt from the Topographic Map of the Roman Agro by Giovan Battista Cingolani, 1692.

Dal punto di vista architettonico e costruttivo, il Mausoleo di Monte del Grano rappresenta un caso di grande complessità. La struttura del tumulo, realizzata prevalentemente in opera cementizia con rivestimenti oggi perduti, presenta un andamento geometrico teoricamente regolare, ma fortemente alterato nel tempo da crolli, cedimenti e interventi di spoliazione. All'interno, il sistema degli ambienti ipogei presenta una lettura spaziale difficoltosa a causa dello stato di conservazione e delle condizioni di luce.

Queste caratteristiche rendono particolarmente complessa la documentazione tradizionale del monumento. Le piante e le sezioni bidimensionali, pur fondamentali, non sono in grado di restituire pienamente la tridimensionalità del sistema spaziale né le deformazioni strutturali accumulate nel tempo. In questo senso, il Mausoleo di Monte del Grano si rivela un banco di prova ideale per testare le potenzialità del rilievo 3D e della modellazione HBIM applicata a un'architettura funeraria di grande scala.

10.3 Contesto storico e urbano del Sepolcro e Colombario degli Scipioni

Il Sepolcro e Colombario degli Scipioni è ubicato lungo la via Appia, a ridosso delle Mura Aureliane, in un'area che fin dall'antichità ospita importanti complessi funerari. Il sepolcro appartiene alla potente famiglia degli Scipioni, protagonista della storia romana tra il III e il II secolo a.C. e celebre per figure come Scipione l'Africano. Il complesso rappresenta uno dei più importanti esempi di architettura funeraria repubblicana giunti fino a noi (Fig. 116, 117, 118, 119, 120).

La scoperta del sepolcro in età moderna, avvenuta nel 1780, segna una tappa fondamentale negli studi di archeologia romana. I primi scavi portano alla luce l'ipogeo con le sue camere sepolcrali, le iscrizioni epigrafiche e i sarcofagi, oggi in parte conservati nei Musei Vaticani e in altri contesti museali. Nel corso del XIX e del XX secolo il complesso viene più volte indagato, restaurato e in parte ricostruito, in un processo che ne ha profondamente modificato l'assetto originario (Fig. 121, 122).

Il complesso funerario degli Scipioni si configura come un articolato sistema ipogeo scavato nel banco di tufo, con un impianto planimetrico che si sviluppa lungo una serie di corridoi e camere sepolcrali. Alla fase repubblicana originaria si aggiungono ampliamenti di età imperiale, che con la realizzazione di un vicino colombario collettivo. A queste fasi antiche si aggiungono poi le trasformazioni moderne, legate agli scavi, ai restauri e agli allestimenti per la fruizione pubblica.

Questa complessità stratigrafica rende il complesso del Sepolcro degli Scipioni un esempio emblematico di monumento "palinsesto", nel quale coesistono testimonianze di epoche diverse. La lettura delle fasi costruttive è resa ancora più complessa dalla perdita di molte parti originarie e dall'inserimento di strutture di supporto e di protezione realizzate in diverse epoche, come la struttura medievale e in epoca moderna, con passerelle, impianti di illuminazione e opere di consolidamento.

A differenza del Mausoleo di Monte del Grano, che si presenta come un monumento isolato e in gran parte non fruibile dal pubblico, il complesso del Sepolcro degli Scipioni è oggi inserito in un circuito di visita. Questa condizione determina problematiche conservative particolarmente delicate, legate al controllo del microclima, alla sicurezza dei visitatori e alla tutela delle superfici decorate.

and an upper structure covered by a concrete vault. This spatial configuration, together with its imposing dimensions, makes the monument a paradigmatic example of Roman construction techniques applied to highly representative funerary architecture.

Like many ancient monuments, the Mausoleum of Monte del Grano underwent systematic spoliation and inappropriate reuse over the centuries. Already in the medieval period, valuable materials were removed, particularly marble cladding and metal elements.

Early modern sources document repeated explorations starting in the Renaissance, when antiquarian interest led to the rediscovery of numerous monuments in the Roman countryside. Between the seventeenth and eighteenth centuries (Figs. 114, 115), the mausoleum was described, surveyed, and engraved, producing visual records that today represent invaluable evidence for reconstructing its earlier condition.

During the twentieth century, the surrounding area experienced profound urban transformations that further altered the monument's relationship with its original context. Urban expansion, new infrastructure, and changing environmental conditions significantly affected its conservation, introducing new issues such as ground instability, water infiltration, and biological decay.

From an architectural and constructional perspective, the Mausoleum of Monte del Grano is an extremely complex case. The tumulus structure, built mainly in Roman concrete with now-lost external cladding, originally followed a theoretically regular geometric layout, but has been heavily distorted over time by collapses, settlements, and spoliation. Internally, the hypogeal spaces are difficult to interpret due to their state of preservation and poor lighting conditions.

These features make traditional documentation methods particularly inadequate. Two-dimensional plans and sections, while essential, are unable to fully convey the three-dimensional complexity of the spatial system or the structural deformations accumulated over time. In this sense, the Mausoleum of Monte del Grano represents an ideal test case for assessing the potential of 3D survey techniques and HBIM modeling applied to large-scale funerary architecture.

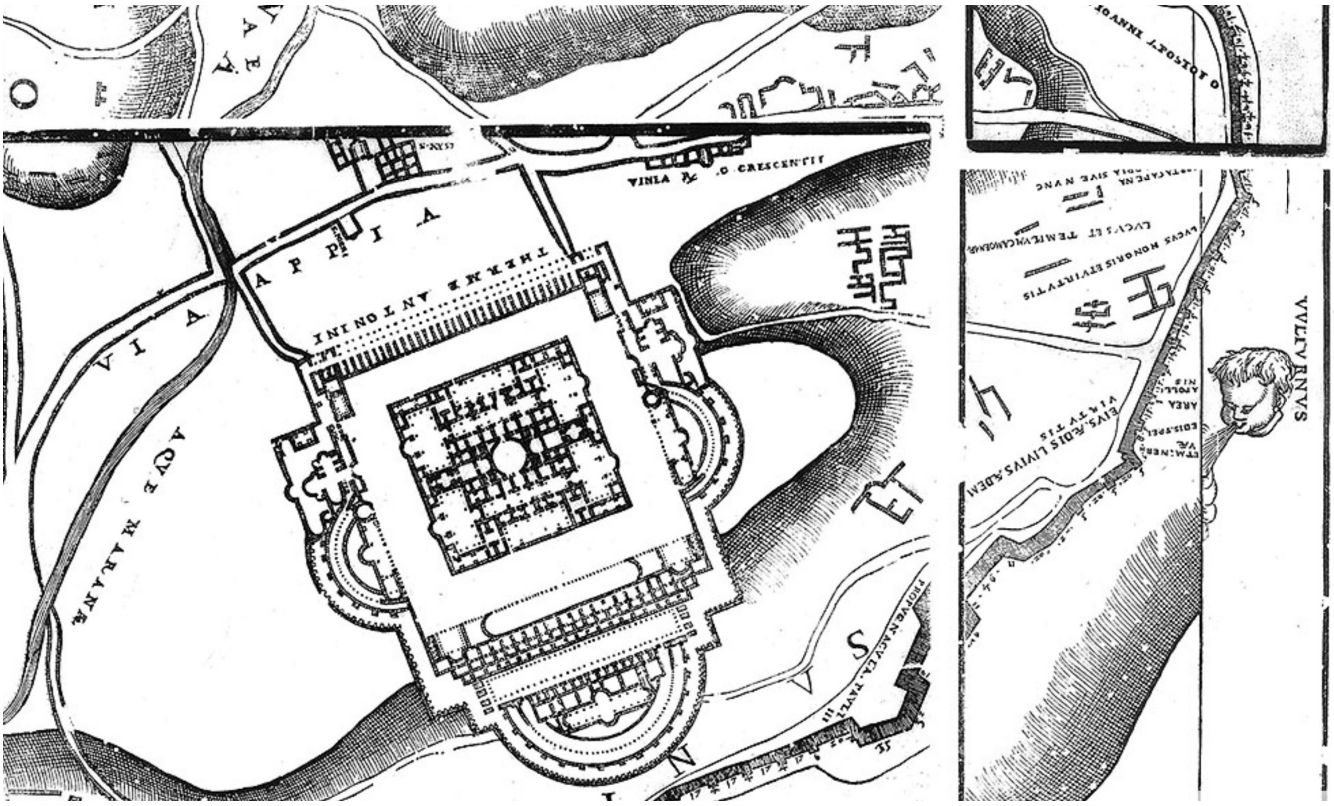


Fig. 116 – Estratto della Pianta di Roma di Leonardo Bufalini, 1551.

Fig. 116 – Excerpt from the Pianta di Roma by Leonardo Bufalini, 1551.

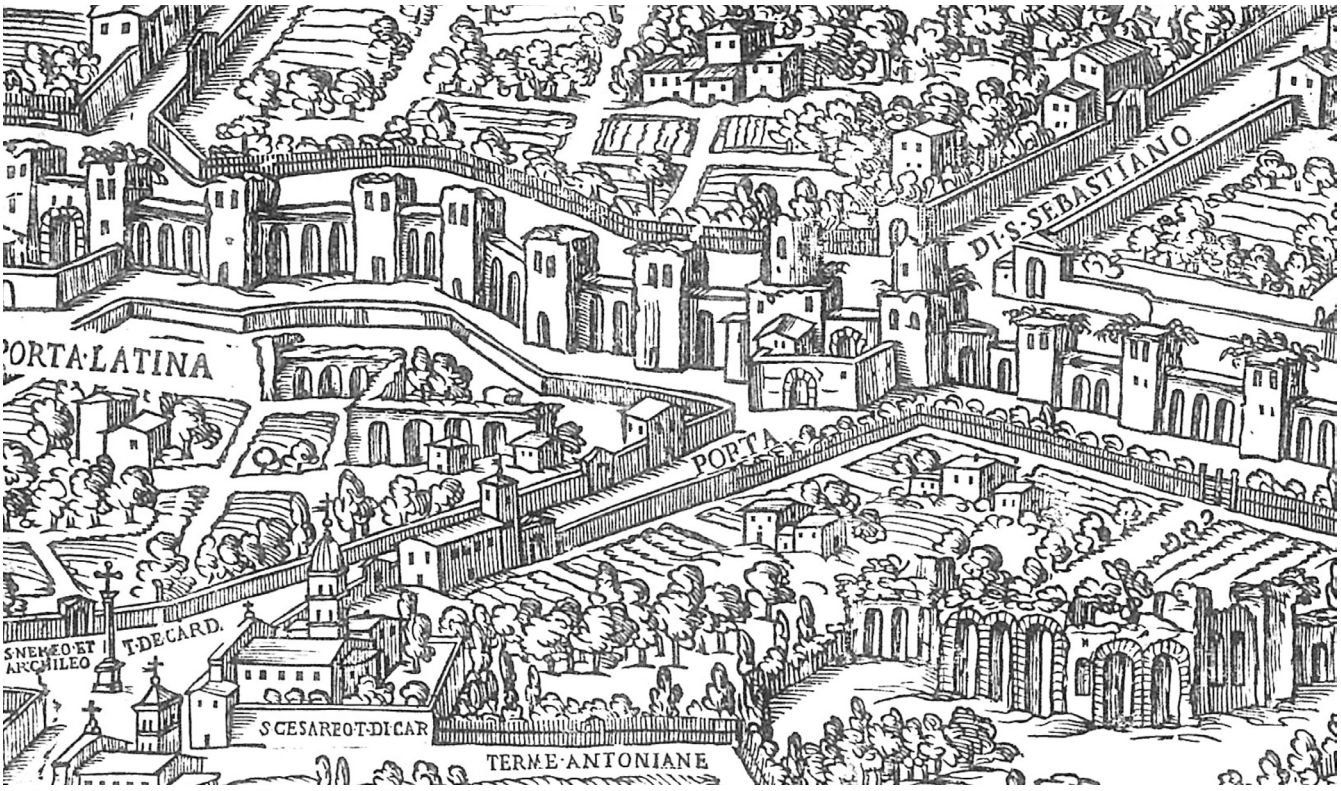


Fig. 117 – Estratto della Veduta di Roma di Giovanni Maggi, 1625.

Fig. 117 – Excerpt from the Veduta di Roma by Giovanni Maggi, 1625.

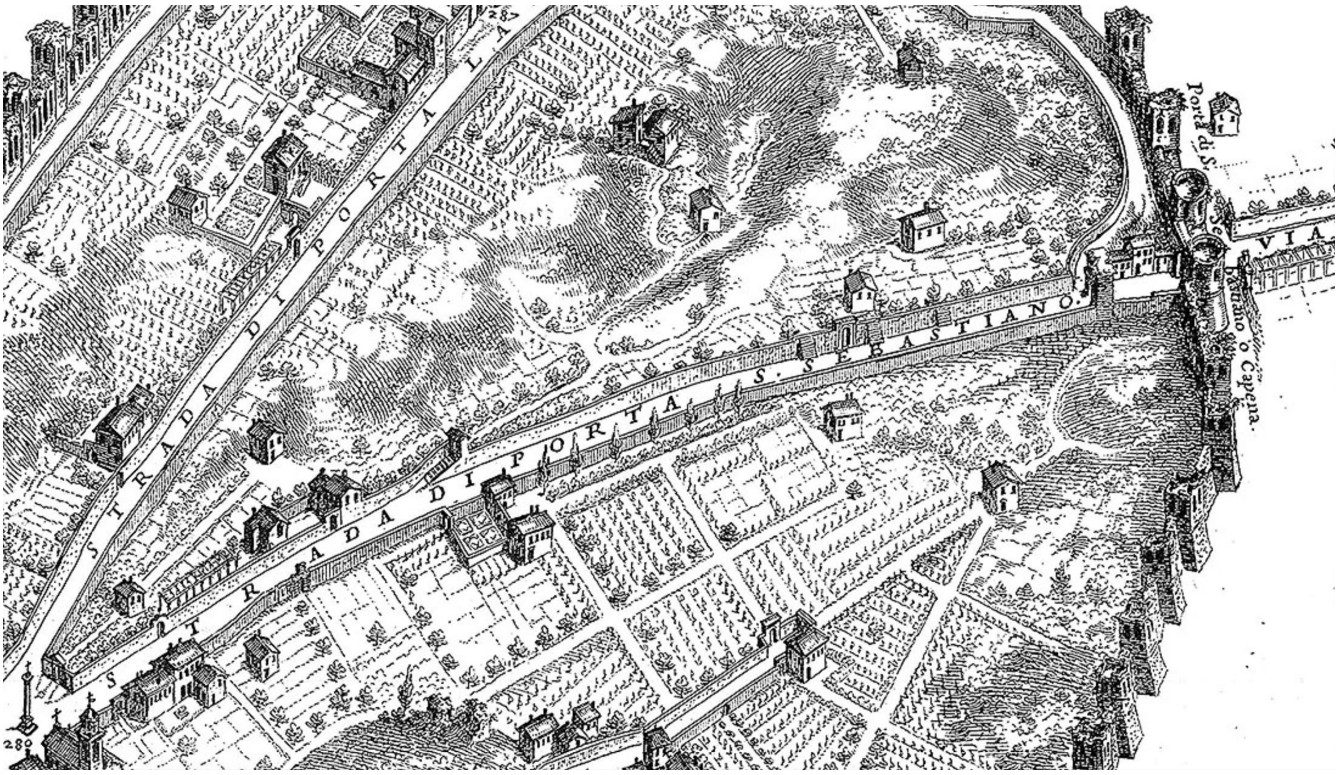


Fig. 118 – Estratto della Pianta di Roma di Giovan Battista Falda, 1676.

Fig. 118 – Excerpt from the Pianta di Roma by Giovan Battista Falda, 1676.

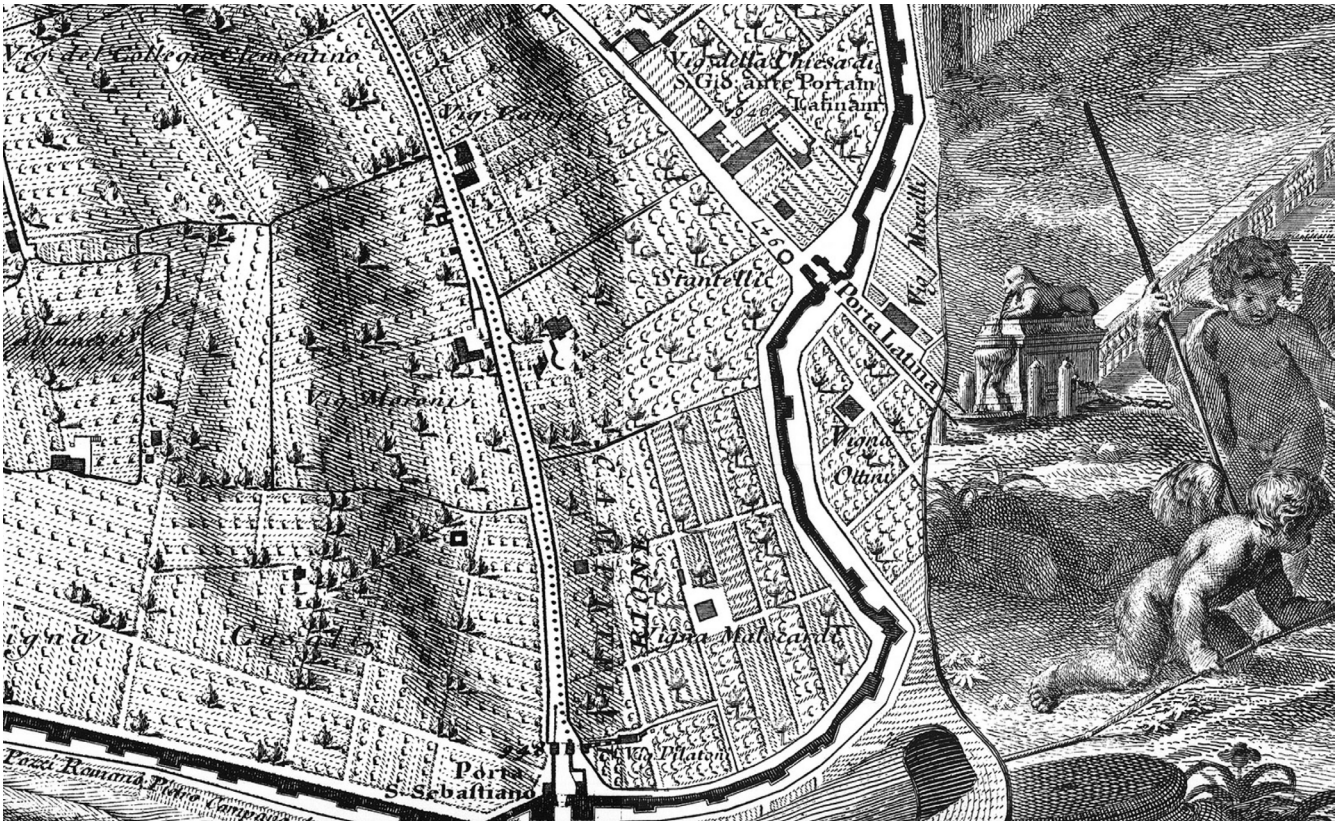


Fig. 119 – Estratto della Pianta di Roma di Giovan Battista Nolli, 1748.

Fig. 119 – Excerpt from the Pianta di Roma by Giovan Battista Nolli, 1748.

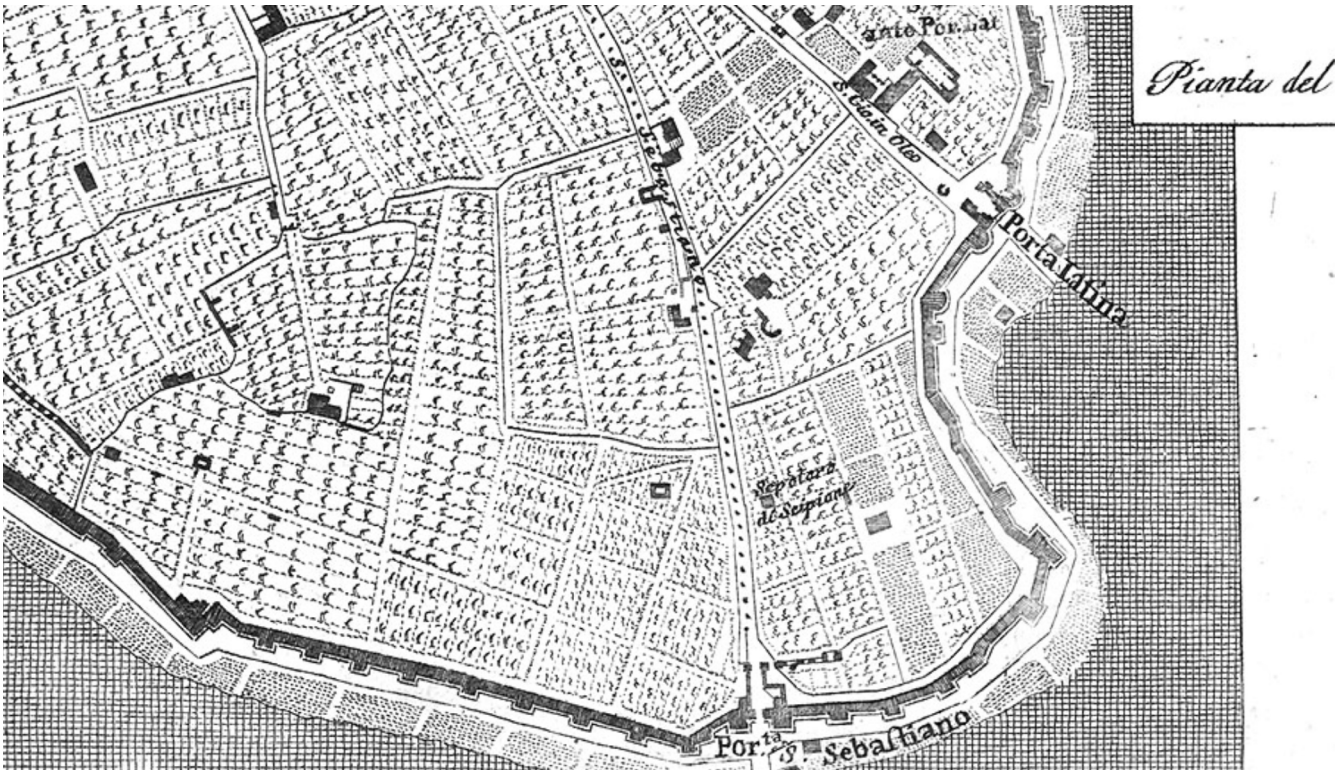


Fig. 120 – Estratto della Pianta di Roma di Pietro Ruga e Venanzio Monaldini, 1823. La Tomba degli Scipioni è indicata con il numero 6.
Fig. 120 – Excerpt from the Pianta di Roma by Pietro Ruga and Venanzio Monaldini, 1823. Tomb of the Scipios is indicated with number 6.

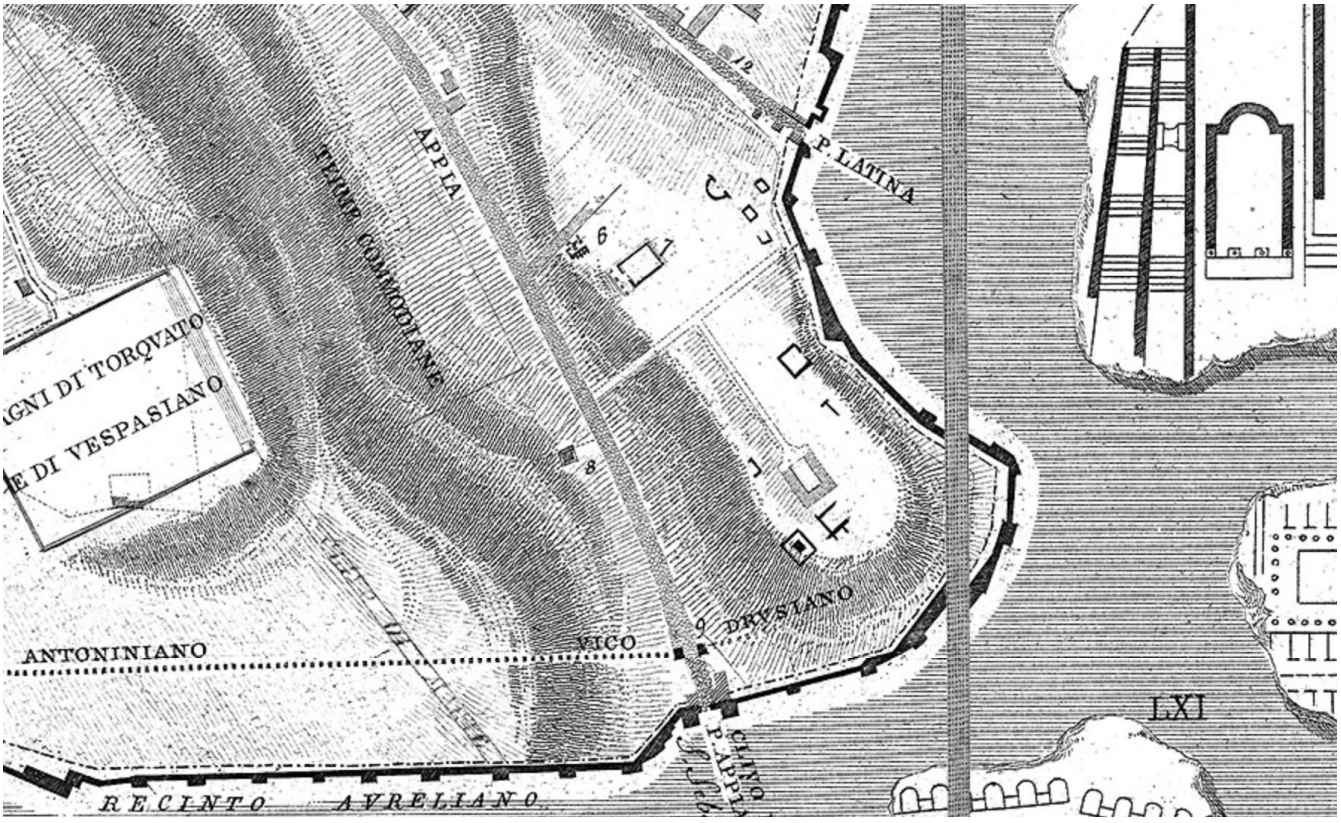


Fig. 121 – Estratto della Topografia di Roma di Luigi Canina, 1850. Con il n. 6 viene indicato il Sepolcro degli Scipioni.
Fig. 121 – Excerpt from the Topografia di Roma by Luigi Canina, 1850. The Tomb of the Scipios is marked in the map.

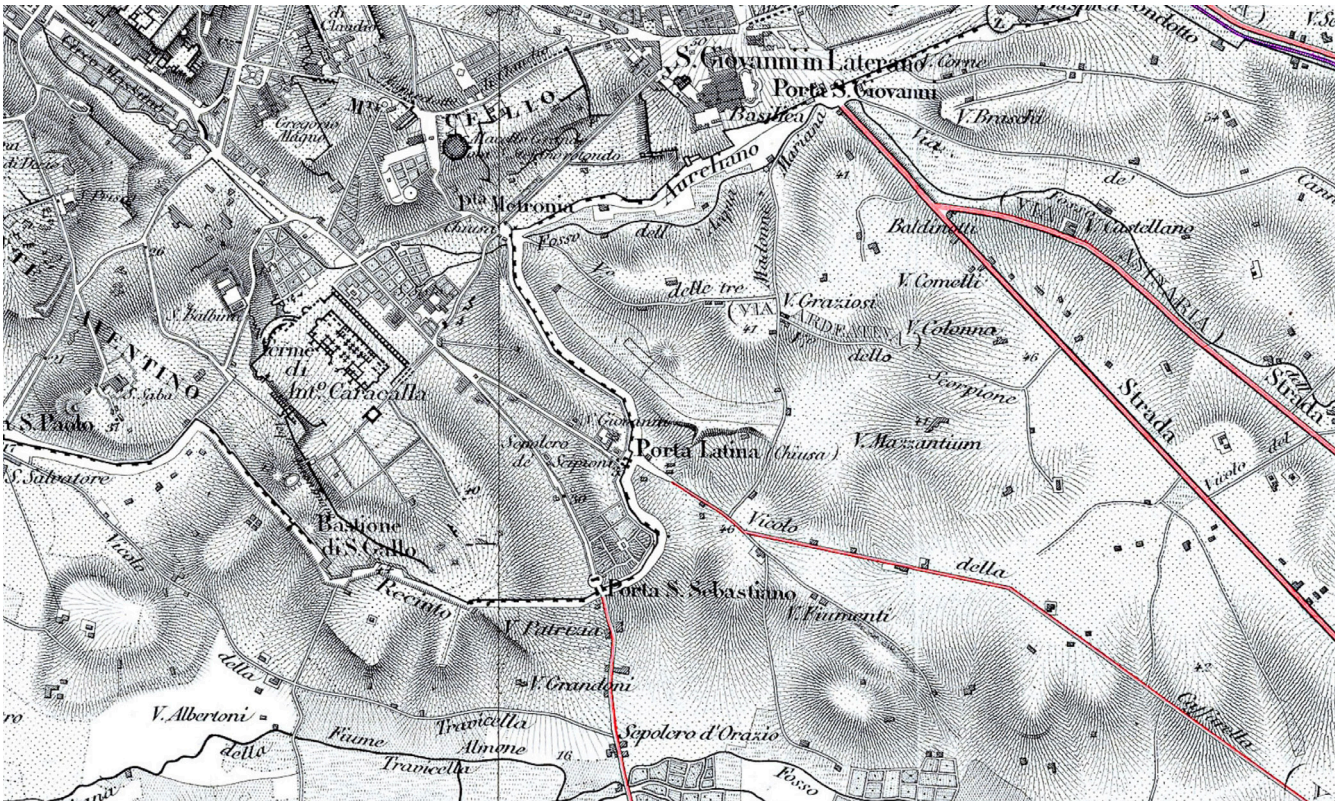


Fig. 122 – Estratto della Pianta di Roma della Biblioteca Francese, 1857. In prossimità di Porta San Sebastiano viene indicata l'area del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 122 – Excerpt from the Pianta di Roma of the Bibliothèque nationale de France, 1857. The area of the Tomb of the Scipios is indicated near Porta San Sebastiano.

Gli ambienti ipogei del sepolcro sono caratterizzati da elevati livelli di umidità, dalla presenza di sali solubili e da fenomeni di condensazione, che incidono in modo significativo sulla conservazione delle murature, degli intonaci e delle iscrizioni. Il flusso dei visitatori, se non adeguatamente controllato, può alterare ulteriormente le condizioni microclimatiche, accelerando i processi di degrado. A ciò si aggiungono le problematiche strutturali legate alla stabilità del banco tufaceo e delle volte ipogee.

Dal punto di vista gestionale, il Sepolcro degli Scipioni rappresenta un caso emblematico delle difficoltà di conciliare le esigenze di tutela con quelle di valorizzazione e accessibilità. La necessità di limitare l'impatto della fruizione sul bene si scontra spesso con la richiesta di una maggiore apertura al pubblico e di una comunicazione più efficace del valore storico e culturale del sito.

10.4 Valore sperimentale dei casi studio per l'HBIM

Il confronto tra il Mausoleo di Monte del Grano e il complesso del Sepolcro degli Scipioni mette in luce due modelli differenti di architettura funeraria romana e, al tempo stesso, due diverse tipologie di problematiche conservative e gestionali. Il primo si configura come un grande monumento isolato, oggi in parte abbandonato e segnato da fenomeni di degrado strutturale e ambientale; il secondo come un complesso ipogeo inserito in un contesto urbano vivo, sottoposto alle pressioni della fruizione turistica e della gestione quotidiana.

10.3 Historical and urban context of the Tomb and Columbarium of the Scipios

Tomb and Columbarium of the Scipios is located along the Via Appia, immediately adjacent to the Aurelian Walls, within an area that has hosted prominent funerary complexes since antiquity. The tomb belonged to the influential Scipio family, key figures in Roman history between the 3rd and 2nd centuries BCE, and renowned for individuals such as Scipio Africanus. The complex represents one of the most significant surviving examples of Republican funerary architecture (Figs. 116–120).

Its modern rediscovery, in 1780, marked a pivotal moment in the study of Roman archaeology. Early excavations revealed the hypogeum with its burial chambers, epigraphic inscriptions, and sarcophagi, some of which are now preserved in the Vatican Museums and other collections. Throughout the 19th and 20th centuries, the site underwent multiple campaigns of investigation, restoration, and partial reconstruction, which substantially altered its original layout (Figs. 121–122).

Dal punto di vista della sperimentazione HBIM, i due casi pongono sfide diverse ma complementari. Nel Mausoleo di Monte del Grano la principale difficoltà è rappresentata dalla documentazione di un organismo di grandi dimensioni, caratterizzato da spazi difficilmente accessibili e da una geometria semplice. Nel Sepolcro degli Scipioni, invece, la sfida principale è quella di restituire nel modello informativo la stratificazione storica e la complessa sovrapposizione di fasi costruttive, interventi di restauro e allestimenti moderni.

Entrambi i casi dimostrano, tuttavia, come l'approccio HBIM sia in grado di adattarsi a contesti molto differenti, offrendo uno strumento flessibile per la conoscenza e la gestione del patrimonio archeologico. Il gemello digitale informato consente infatti di integrare in un'unica piattaforma dati geometrici, storici, materici e diagnostici, superando le tradizionali frammentazioni disciplinari.

The Scipios' funerary complex consists of an elaborate hypogeum carved into the tuff bedrock, with a plan organized along a series of corridors and burial chambers. The original Republican phase was later expanded during the Imperial period, including the addition of a nearby collective columbarium. Subsequent modern interventions—including excavation, restoration, and adaptations for public access—have introduced further stratification.

This complex layering renders the Scipios' Tomb a paradigmatic example of a "palimpsest" monument, where evidence from multiple chronological phases coexists. Interpretation of the construction phases is further complicated by the loss of original elements and the introduction of structural and protective additions from various periods, including medieval modifications and modern interventions such as walkways, lighting systems, and consolidation works.

In contrast to the Mausoleum of Monte del Grano, which stands as an isolated monument and is largely inaccessible to the public, the Scipios' complex is incorporated into a managed visitor circuit. This setting imposes particular conservation challenges, including microclimatic regulation, visitor safety, and preservation of decorated surfaces.

The hypogeal spaces exhibit high humidity, soluble salts, and condensation, all of which significantly impact the condition of masonry, plaster, and inscriptions. Unregulated visitor flow can exacerbate these microclimatic stresses, accelerating deterioration. Structural vulnerabilities also persist, related to the stability of the tuff substratum and the hypogeal vaults.

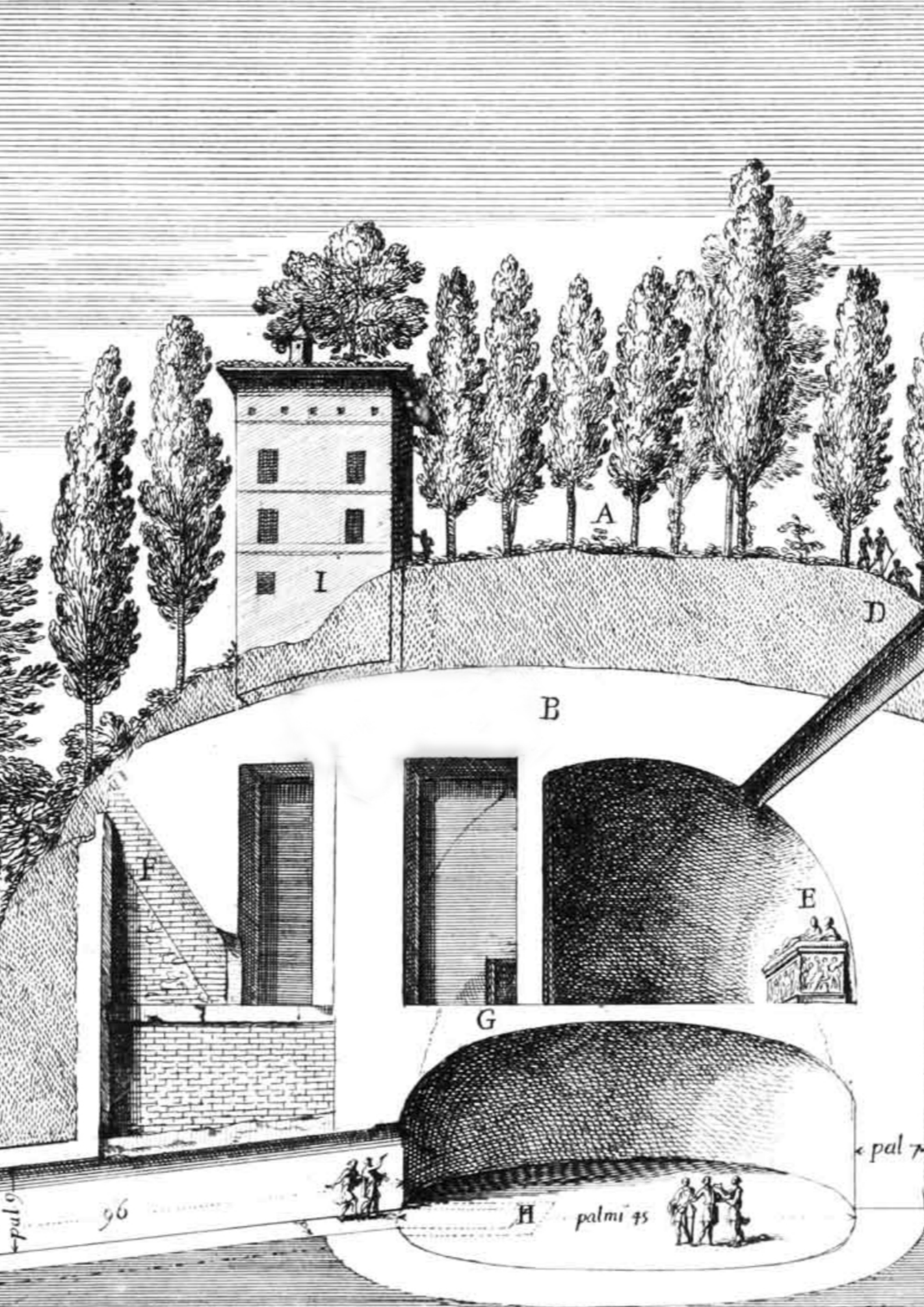
From a heritage management perspective, the Scipios' Tomb illustrates the ongoing challenge of reconciling preservation requirements with accessibility and public engagement. Measures to minimize the impact of visitation must be balanced against demands for broader access and effective communication of the site's historical and cultural significance.

10.4 Experimental Value of Case Studies for HBIM

Comparison between the Mausoleum of Monte del Grano and the Scipios' Tomb highlights two distinct models of Roman funerary architecture, alongside two different sets of conservation and management challenges. The former presents as a large, isolated monument, now partially abandoned and affected by structural and environmental degradation; the latter as a hypogeal complex embedded within a living urban fabric, subject to the pressures of tourism and ongoing site management.

From the perspective of HBIM experimentation, the two cases pose different yet complementary challenges. At the Mausoleum of Monte del Grano, the primary difficulty lies in documenting a monumental structure of considerable scale, characterized by spaces that are difficult to access despite relatively simple overall geometry. In contrast, the main challenge at the Scipios' Tomb is capturing, within the information model, the historical stratification and complex superposition of construction phases, restoration interventions, and modern installations.

Both cases, however, demonstrate that the HBIM approach can be effectively adapted to highly diverse contexts, providing a flexible tool for understanding and managing archaeological heritage. The informed *digital twin* enables the integration of geometric, historical, material, and diagnostic data within a single platform, overcoming traditional disciplinary fragmentation and facilitating a more holistic approach to site documentation, analysis, and preservation.


A
I
D
B
F
E
G
H
palmi 45
96

PARTE 3
ATTIVITÀ SVOLTE A ROMA

PART 3 – Activities carried out in Rome

Capitolo 11
Ricerca storica e costruzione del quadro conoscitivo

CHAPTER 11 - Historical research and the construction of the knowledge framework

11.1 Costruzione del Quadro Conoscitivo

Seguendo il percorso metodologico utilizzato e documentato nella prima parte del presente studio, ogni progetto HBIM, per poter essere considerato scientificamente fondato e metodologicamente corretto, deve poggiare su una solida base di ricerca storica, archivistica e bibliografica. L'HBIM, infatti, non è soltanto uno strumento di restituzione geometrica tridimensionale, ma un vero e proprio sistema di interpretazione del manufatto storico. Senza un quadro conoscitivo rigoroso, il modello rischierebbe di ridursi a una semplice replica digitale delle forme, priva di quella profondità informativa che costituisce invece la sua principale peculiarità. Nel caso dei due complessi analizzati, il Mausoleo di Monte del Grano e il complesso del Sepolcro e Colombario degli Scipioni, la fase preliminare di ricerca rappresenta un momento determinante non solo per la ricostruzione delle vicende costruttive, ma anche per l'interpretazione critica delle geometrie rilevate, delle discontinuità strutturali e delle anomalie materiche emerse durante le campagne di indagine.

La ricerca storica è concepita come un processo stratificato e progressivo, volto a integrare fonti di natura diversa, grafiche, testuali, archivistiche, archeologiche, in un quadro interpretativo unitario. In questa prospettiva, le fonti non sono considerate come semplici supporti documentari, ma come veri e propri "strati di conoscenza", ciascuno dei quali contribuisce a definire una fase della vita del monumento. Tale approccio consente di affrontare i due complessi non come oggetti statici, ma come organismi architettonici in continua trasformazione, il cui stato attuale è il risultato di una lunga sequenza di eventi storici, interventi umani e processi naturali (Fig. 123, 124).

11.1 Building the Knowledge Framework

Following the methodological pathway outlined in the first part of this study, any HBIM project that aspires to be scientifically rigorous and methodologically robust must be grounded in a solid foundation of historical, archival, and bibliographic research. HBIM is not merely a tool for generating three-dimensional geometric representations; it constitutes an interpretive system for understanding historical structures. Without a well-developed knowledge base, the model risks reducing itself to a digital replica of forms, devoid of the informational depth that defines its core value. In the cases analyzed—the Mausoleum of Monte del Grano and the Scipioni Tomb and Columbarium—the preliminary research phase is decisive not only for reconstructing the *building* history but also for critically interpreting measured geometries, structural discontinuities, and material anomalies revealed during survey campaigns.

Historical research is conceived as a stratified and iterative process, integrating diverse sources—graphic, textual,

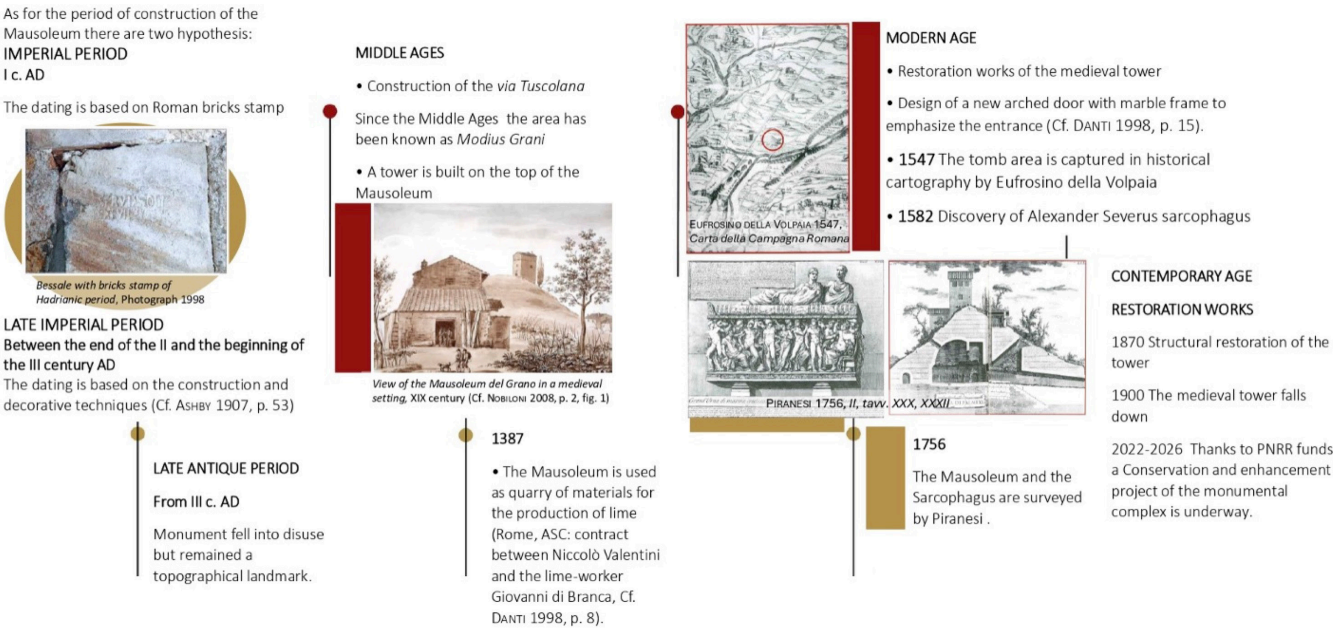


Fig. 123 – Linea del tempo delle fasi storiche che hanno interessato il Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 123 – Timeline of the historical phases affecting the Mausoleum of Monte del Grano.

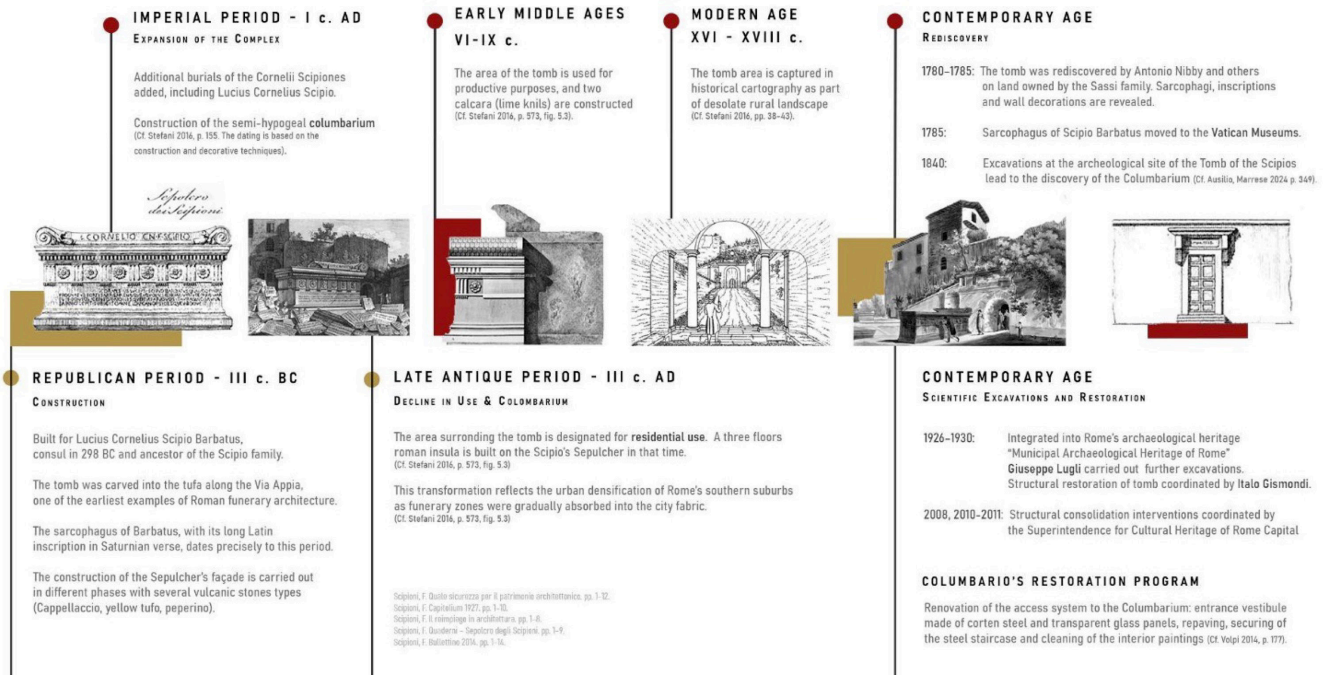


Fig. 124 – Linea del tempo delle fasi storiche che hanno interessato il complesso del Sepolcro degli Scipioni.
Fig. 124 – Timeline of the historical phases impacting the Scipioni Tomb complex.

Nel contesto dell'HBIM, la ricerca storica assume una funzione strutturale, non si limita a fornire informazioni di carattere generale sull'epoca di costruzione o sulla committenza, ma diventa uno strumento interpretativo indispensabile per orientare la modellazione informativa. Le fonti storiche permettono infatti di attribuire correttamente le diverse parti delle strutture a specifiche fasi cronologiche, di riconoscere le trasformazioni subite nel tempo e di comprendere le logiche costruttive originarie. Questa conoscenza si riflette direttamente nel modello HBIM attraverso l'attribuzione di parametri relativi all'epoca, alla funzione, ai materiali e al grado di attendibilità storica di ciascun elemento.

In assenza di una solida base documentaria, la modellazione rischierebbe di appiattire la complessità del manufatto in un'unica configurazione "atemporale", perdendo la capacità di restituire la dimensione processuale dell'architettura storica. Al contrario, la costruzione di un quadro conoscitivo articolato consente al modello di diventare uno strumento dinamico, capace di rappresentare non solo lo stato di fatto, ma anche l'evoluzione storica dell'edificio.

11.2 Fonti per il Mausoleo di Monte del Grano

Per il Mausoleo di Monte del Grano la ricerca storica è basata su un ampio repertorio di fonti che coprono un arco cronologico compreso tra il Rinascimento e in Novecento. Il monumento, già noto in epoca moderna per la sua imponente mole, attira l'interesse di antiquari, architetti e studiosi fin dal XVI secolo. Tra le prime testimonianze grafiche figurano i rilievi attribuiti a Pietro Santi Bartoli (Fig. 125), che documentano l'interesse per i grandi sepolcri. Sebbene tali disegni non presentino sempre un elevato grado di precisione metrica, essi costituiscono una testimonianza insostituibile dello stato del monumento in una fase anteriore alle grandi trasformazioni ottocentesche.

archival, and archaeological—into a coherent interpretive framework. Sources are not treated as mere documentary references but as "knowledge layers," each contributing to the reconstruction of a specific phase in the monument's life. This approach allows the two complexes to be understood not as static objects but as dynamic architectural systems, whose current state reflects a long sequence of historical events, human interventions, and natural processes (Fig. 123, 124,).

Within the HBIM *workflow*, historical research assumes a structural role: it goes beyond providing general contextual information, such as construction period or patronage, and becomes an essential tool for guiding the creation of the information model. Historical sources enable the accurate attribution of structural components to chronological phases, the identification of transformations over time, and the understanding of original construction logic. This knowledge is embedded directly into the HBIM model through parameters that describe period, function, materials, and the historical reliability of each element.

In the absence of a robust documentary foundation, the model risks flattening the complexity of the structure into a single, "atemporal" configuration, obscuring the

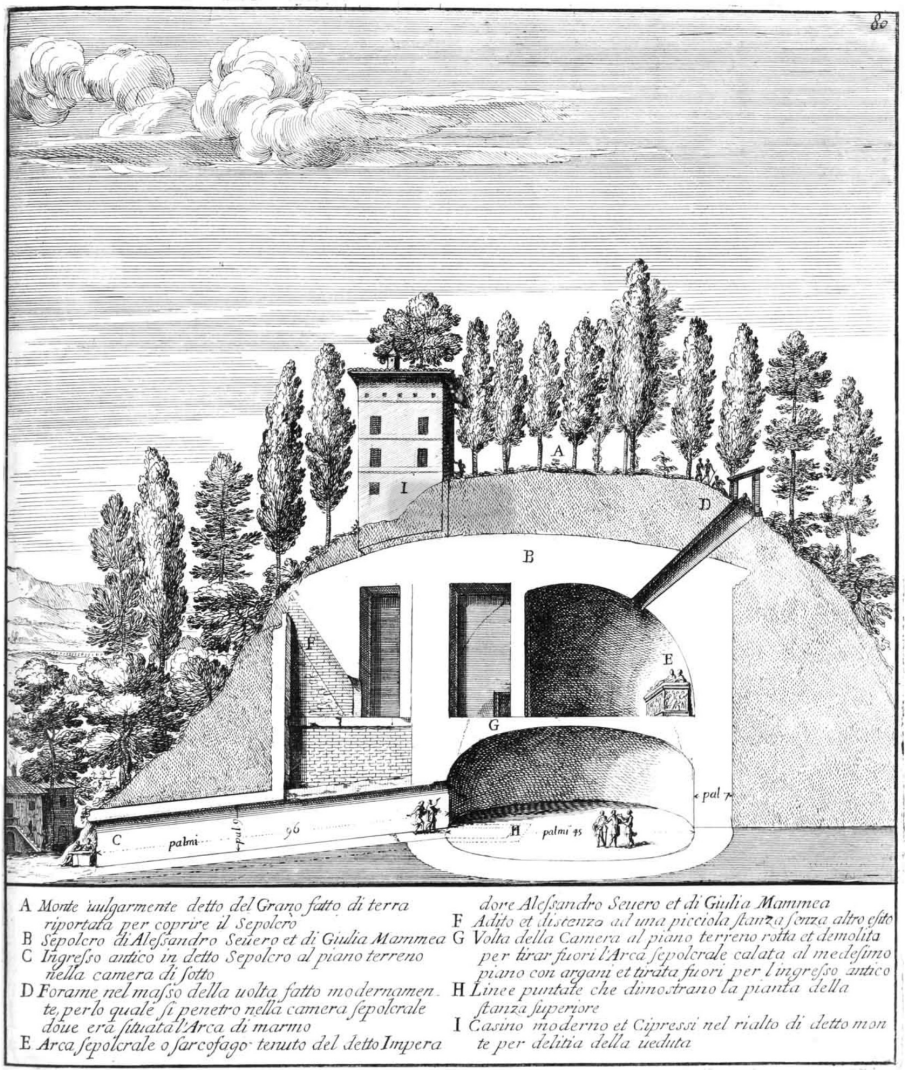


Fig. 125 – Incisione di Pietro Santi Bartoli, Spaccato del Sepolcro di Alessandro Severo (Gli antichi sepolcri overo mausolei romani et etruschi trovati in Roma e altri luoghi celebri), 1756.

Fig. 125 – Engraving by Pietro Santi Bartoli, Section of the Tomb of Alexander Severus (Gli antichi sepolcri overo mausolei romani et etruschi trovati in Roma e altri luoghi celebri), 1756.

Di particolare rilievo sono poi le incisioni di Giovanni Battista Piranesi (Fig. 126, 127), che, pur con una forte componente interpretativa e scenografica, offrono una rappresentazione suggestiva della monumentalità del mausoleo e del suo rapporto con il paesaggio circostante. Le immagini piranesiane costituiscono una fonte preziosa per ricostruire non solo l'aspetto architettonico, ma anche la percezione visiva e simbolica del monumento nell'immaginario settecentesco.

Un contributo fondamentale alla conoscenza scientifica del complesso (Fig. 128) è rappresentato dai disegni e dagli studi di Luigi Canina, che nel XIX secolo affronta l'analisi del mausoleo con un approccio più sistematico e "moderno". Le piante, le sezioni e le ricostruzioni proposte da Canina, pur risentendo delle limitazioni tecniche dell'epoca, costituiscono ancora oggi un riferimento essenziale per lo studio della struttura interna e dell'impianto originario del tumulo (Fig. 129). Attraverso il confronto tra le rappresentazioni di Canina e l'attuale stato di conservazione è possibile individuare con maggiore precisione le porzioni crollate, le parti smantellate e le trasformazioni dovute agli scavi successivi.

processual dimension of historical architecture. Conversely, the development of a comprehensive knowledge framework allows the model to function as a dynamic instrument, capable of representing both the current state of the *building* and its historical evolution.

11.2 Historical sources for the Mausoleum of Monte del Grano

For the Mausoleum of Monte del Grano, the historical research relies on a wide-ranging *corpus* of sources spanning from the Renaissance through the 20th century. The monument, already noted in the modern era for its imposing mass, attracted the attention of antiquarians, architects, and scholars as early as the 16th

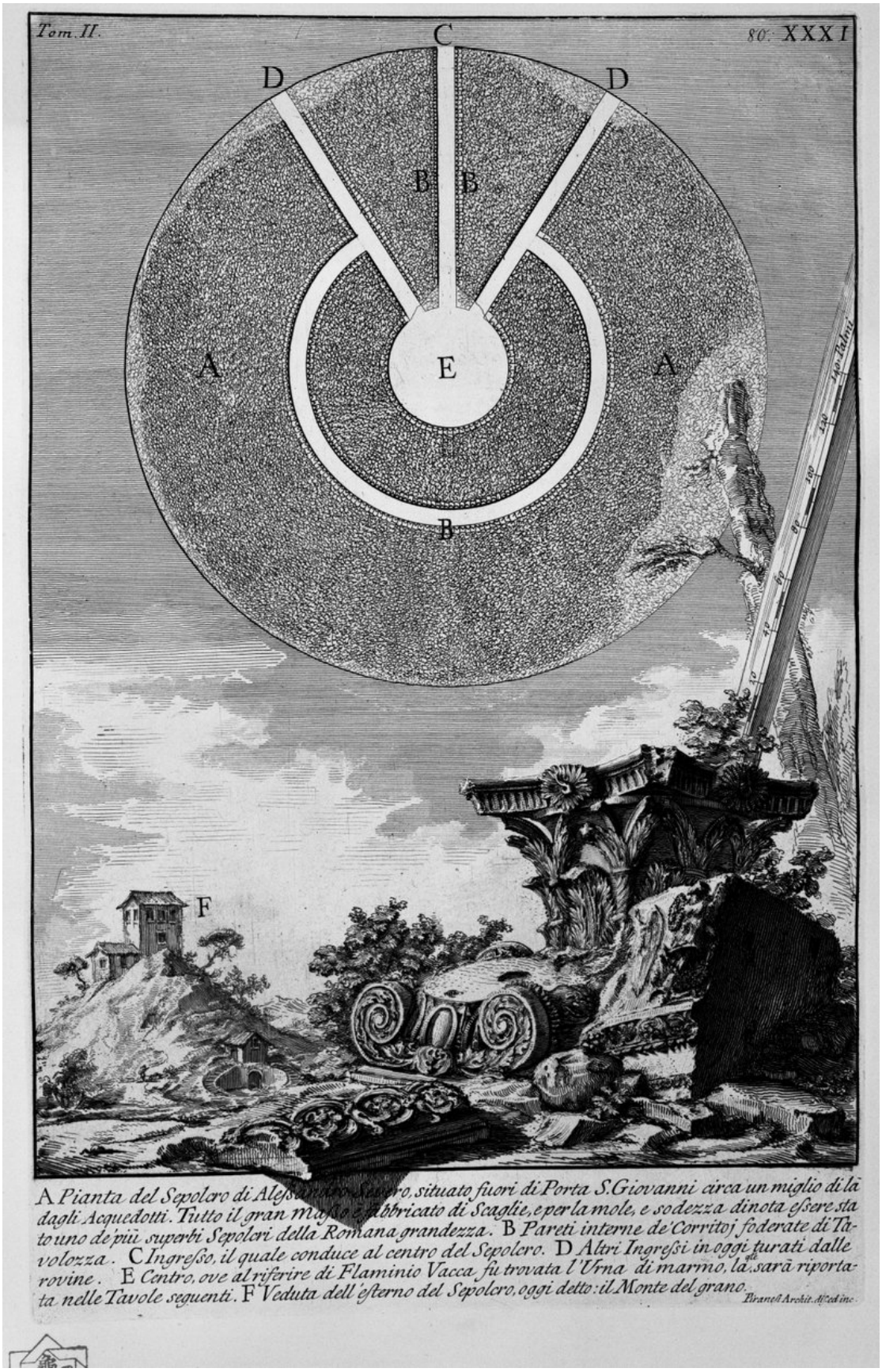


Fig. 126 – Incisione di Giovan Battista Piranesi, Pianta del Sepolcro di Alessandro Severo (Le Antichità Romane – Tomo II), 1756.

Fig. 126 – Engraving by Giovanni Battista Piranesi, Plan of the Tomb of Alexander Severus (Le Antichità Romane – Volume II), 1756.

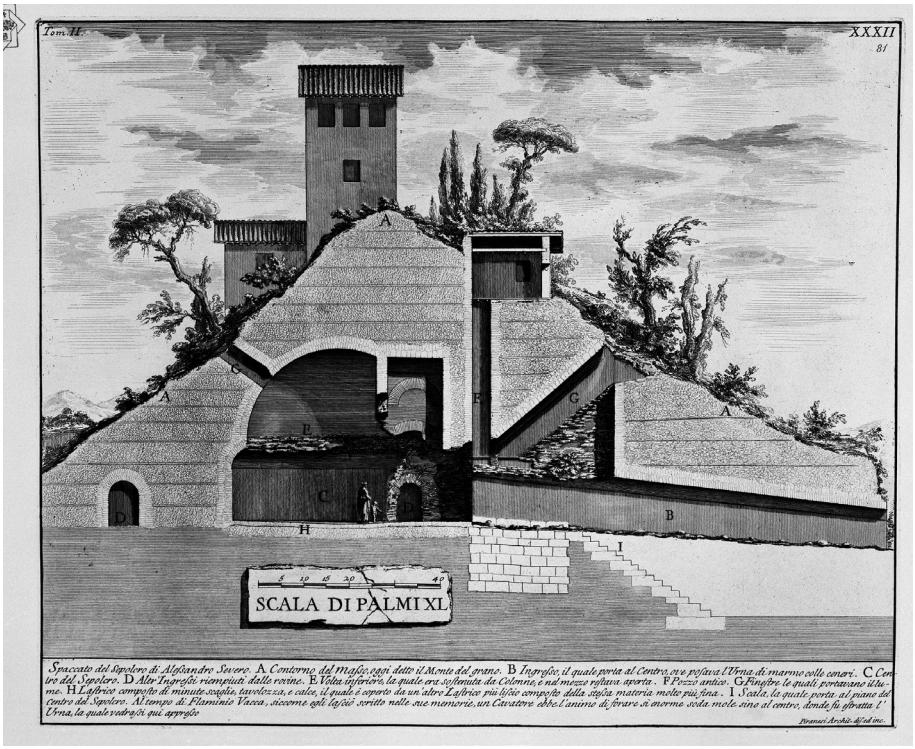


Fig. 127 – Incisione di Giovan Battista Piranesi, Spaccato del Sepolcro di Alessandro Severo (Le Antichità Romane – Tomo II), 1756.

Fig. 127 – Engraving by Giovanni Battista Piranesi, Section of the Tomb of Alexander Severus (Le Antichità Romane – Volume II), 1756.

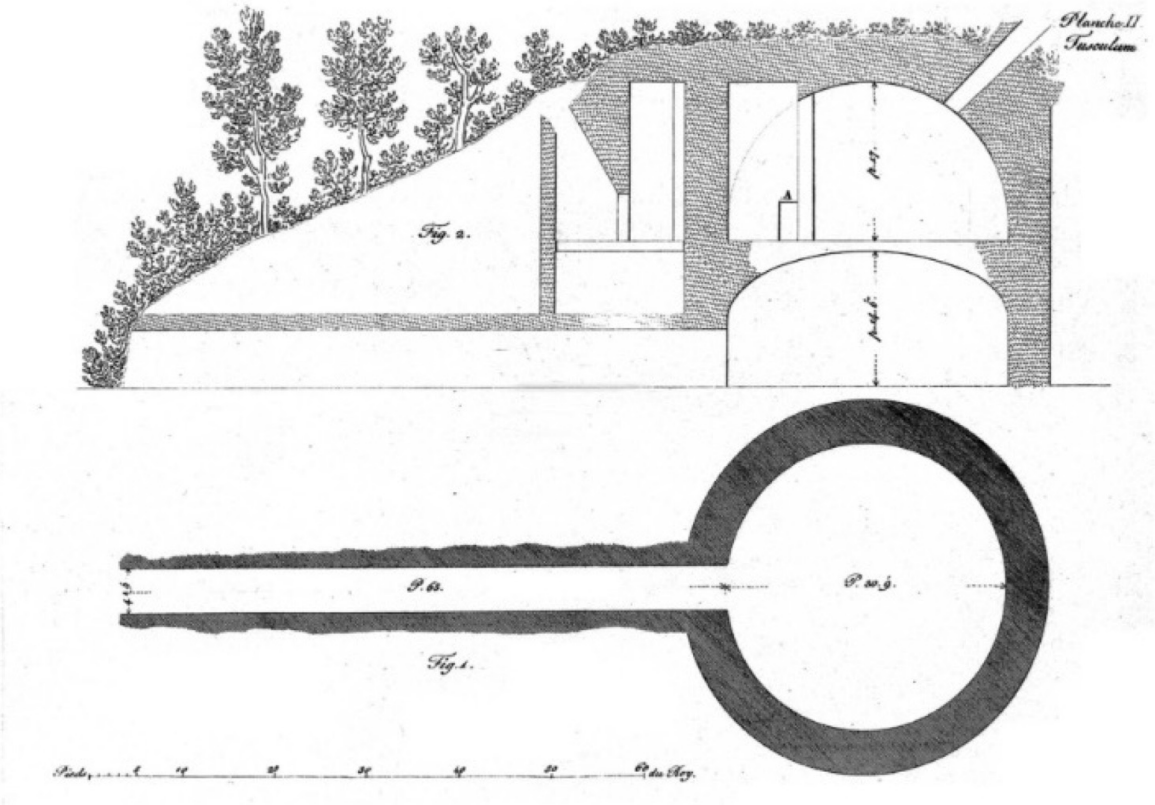


Fig. 128 – Angelo Uggeri, Sepolcro dell'Imperatore Alessandro Severo e Giulia Mammea, 1824.

Fig. 128 – Angelo Uggeri, Tomb of Emperor Alexander Severus and Julia Mamaea, 1824.

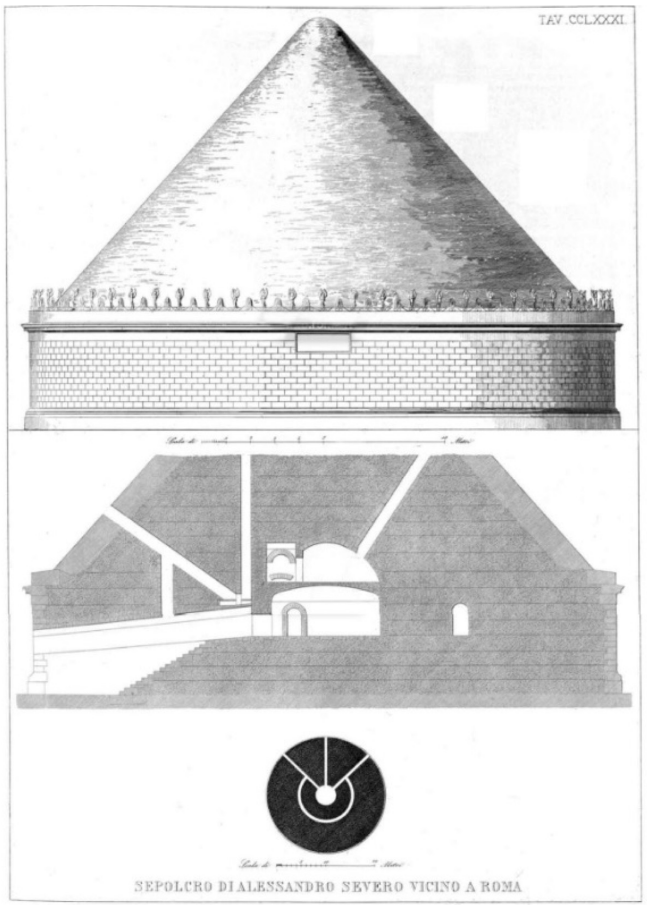


Fig. 129 – Luigi Canina, Sepolcro di Alessandro Severo (Gli edifizj di Roma antica cogniti per alcune reliquie: descritti e dimostrati nell'intera loro architettura dal commendatore Luigi Canina. Volume IV: Tav. CCLXXXI), 1851.

Fig. 129 – Luigi Canina, Tomb of Alexander Severus (Gli edifizj di Roma antica cogniti per alcune reliquie: descritti e dimostrati nell'intera loro architettura, Vol. IV, Plate CCLXXXI), 1851.

L'analisi delle fonti storiche permette di ricostruire in modo piuttosto dettagliato anche le fasi di spoliazione e di degrado del Mausoleo di Monte del Grano. Già in epoca tardoantica e medievale il monumento subisce asportazioni sistematiche dei rivestimenti lapidei e degli elementi decorativi, utilizzati come materiale di reimpiego in altri cantieri. Le fonti moderne attestano come nel corso dei secoli il mausoleo sia stato progressivamente svuotato delle sue parti più pregiate, fino a ridursi a un grande volume in opera cementizia, privo di rivestimenti.

Le esplorazioni antiquarie tra XVII e XVIII secolo, se da un lato contribuirono alla conoscenza del monumento, dall'altro ne accelerarono il processo di depauperamento. Gli scavi condotti senza criteri scientifici portano spesso al collasso di parti strutturali e alla dispersione di reperti. Le fonti ottocentesche testimoniano inoltre l'utilizzo del mausoleo come cava di materiali da costruzione, con l'asportazione sistematica di blocchi e laterizi.

Tali vicende storiche risultano oggi leggibili nella materia stessa del monumento attraverso una serie di discontinuità murarie, vuoti strutturali e superfici irregolari, che trovano una spiegazione coerente solo alla luce della ricostruzione storica (Fig. 130). L'integrazione di questi dati nel modello HBIM consente di attribuire correttamente le anomalie materiche a specifiche fasi di spoliazione o di crollo, evitando interpretazioni errate basate esclusivamente sull'osservazione diretta del manufatto.

century. Among the earliest graphic records are the drawings attributed to Pietro Santi Bartoli (Fig. 126), which document the interest in large funerary monuments. While these drawings do not always meet high standards of metric precision, they provide an invaluable record of the monument's condition prior to the major transformations of the 19th century.

Particularly noteworthy are the engravings by Giovanni Battista Piranesi (Fig. 127, 128), which, despite their strong interpretive and theatrical elements, offer a compelling depiction of the mausoleum's monumental scale and its relationship with the surrounding landscape. Piranesi's imagery constitutes a crucial source for reconstructing not only the architectural appearance but also the visual and symbolic perception of the monument in the 18th-century imagination.

A major contribution to the scientific understanding of the complex (Fig. 129) comes

Fig. 130 – Foto del Mausoleo realizzata intorno al 1880.

Fig. 130 – Picture of the Mausoleum, circa 1880.

11.3 Fonti per il Sepolcro e Colombario degli Scipioni

Per il Sepolcro e Colombario degli Scipioni, il lavoro sulle fonti segue un percorso in parte differente, data la diversa natura e quantità della documentazione disponibile. Accanto alle testimonianze antiquarie del XVIII e XIX secolo, di grande importanza sono risultati i resoconti delle campagne di scavo novecentesche, condotte con approcci sempre più scientifici. Tali documentazioni comprendono relazioni archeologiche, piante stratigrafiche, fotografie storiche e disegni di dettaglio delle strutture e delle iscrizioni.

La scoperta del sepolcro nel 1780 rappresenta un momento cruciale nella storia degli studi sull'archeologia romana. Le prime esplorazioni portano alla luce un complesso ipogeo di straordinario interesse, con numerose camere sepolcrali, iscrizioni e sarcofagi (Fig. 131, 132, 133, 134, 135, 136). Tuttavia, i primi interventi sono condotti con criteri ancora lontani dalla moderna metodologia stratigrafica, determinando in alcuni casi la perdita irreversibile di informazioni.

Nel corso del XIX e del XX secolo il complesso è oggetto di ulteriori scavi e restauri, che ne modificano in parte l'assetto originario (Fig. 137, 138). Le relazioni di scavo più recenti, condotte intorno al 1926, corredate da rilievi scientifici e analisi stratigrafiche, consentono una migliore comprensione delle fasi costruttive e delle trasformazioni subite dal sepolcro nel tempo (Fig. 139, 140, 141, 142).

from the 19th-century studies and drawings of Luigi Canina, who approached the analysis of the mausoleum with a more systematic and "modern" methodology. Canina's plans, sections, and reconstructions, though constrained by the technical limits of his time, remain a fundamental reference for studying the internal structure and original layout of the tumulus (Fig. 130). By comparing Canina's documentation with the current state of conservation, it is possible to identify with greater precision the collapsed sections, removed portions, and alterations resulting from subsequent excavations.

Historical source analysis also allows for a fairly detailed reconstruction of the spoliation and degradation phases of the Mausoleum of Monte del Grano. From late antiquity through the medieval period, the monument suffered systematic removal of stone cladding and decorative elements, repurposed as construction material elsewhere. Modern sources attest that, over the centuries, the mausoleum was progressively stripped of its most valuable components,

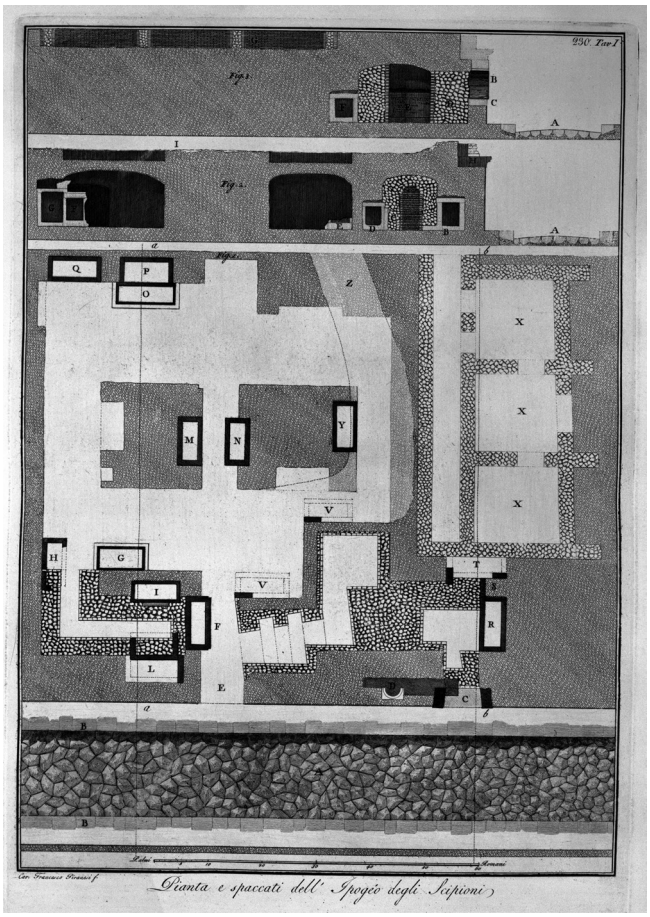


Fig. 131 – Pianta e spaccati dell'Ipogeo degli Scipioni, Francesco Piranesi, 1785.

Fig. 131 – Plan and sections of the Scipios' Hypogeum, Francesco Piranesi, 1785.

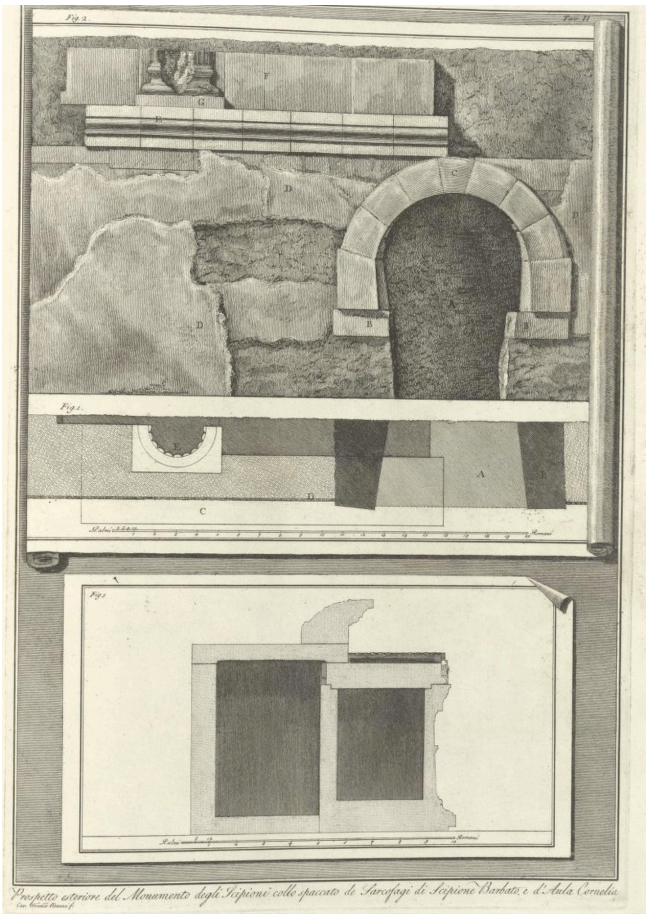


Fig. 132 – Prospetto esteriore del Monumento degli Scipioni colo spaccato de Sarcofagi di Scipione Barbato e Aula Cornelia, Francesco Piranesi, 1785.

Fig. 132 – Exterior elevation of the Scipios' Monument with sections of the Sarcophagi of Scipio Barbatus and the Aula Cornelia, Francesco Piranesi, 1785.

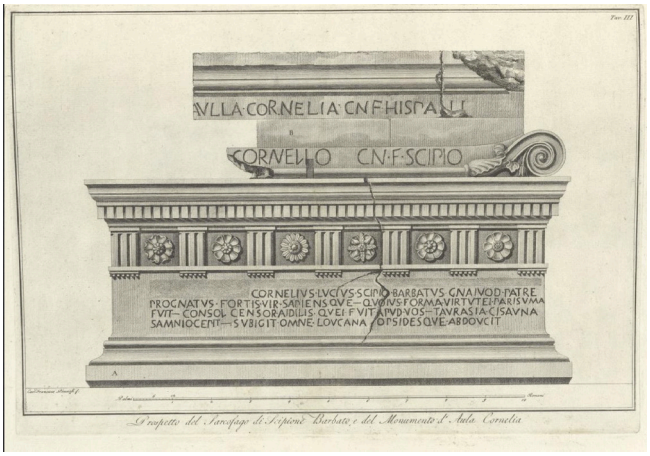


Fig. 133 – Prospetto del Sarcofago di Scipione Barbato e del Monumento di Aula Cornelia, Francesco Piranesi, 1785.

Fig. 133 – Elevation of the Sarcophagus of Scipio Barbatus and the Aula Cornelia Monument, Francesco Piranesi, 1785.

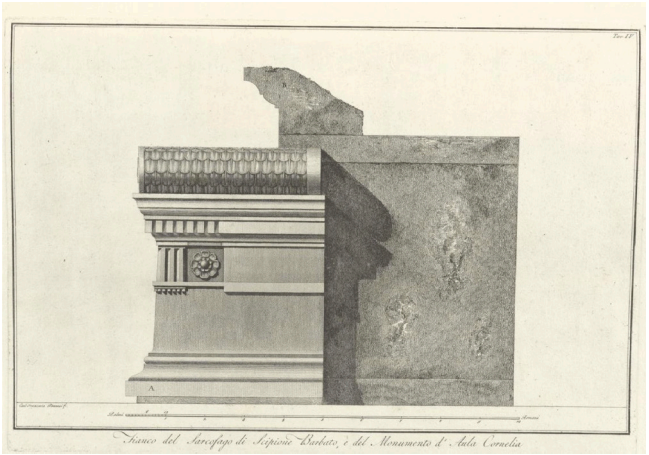


Fig. 134 – Fianco del Sarcofago di Scipione Barbato e del Monumento di Aula Cornelia, Francesco Piranesi, 1785.

Fig. 134 – Side view of the Sarcophagus of Scipio Barbatus and the Aula Cornelia Monument, Francesco Piranesi, 1785.

Fig. 135 – Tomba degli Scipioni, Angelo Uggeri, 1803.

Fig. 135 – Tomb of the Scipios, Angelo Uggeri, 1803.

Fig. 136 – Ingresso al Sepolcro de' Scipioni con Urna, ed Iscrizioni ivi trovate, Pietro Piale, 1824.

Fig. 136 – Entrance to the Tomb of the Scipios with Urn and Inscriptions found there, Pietro Piale, 1824.

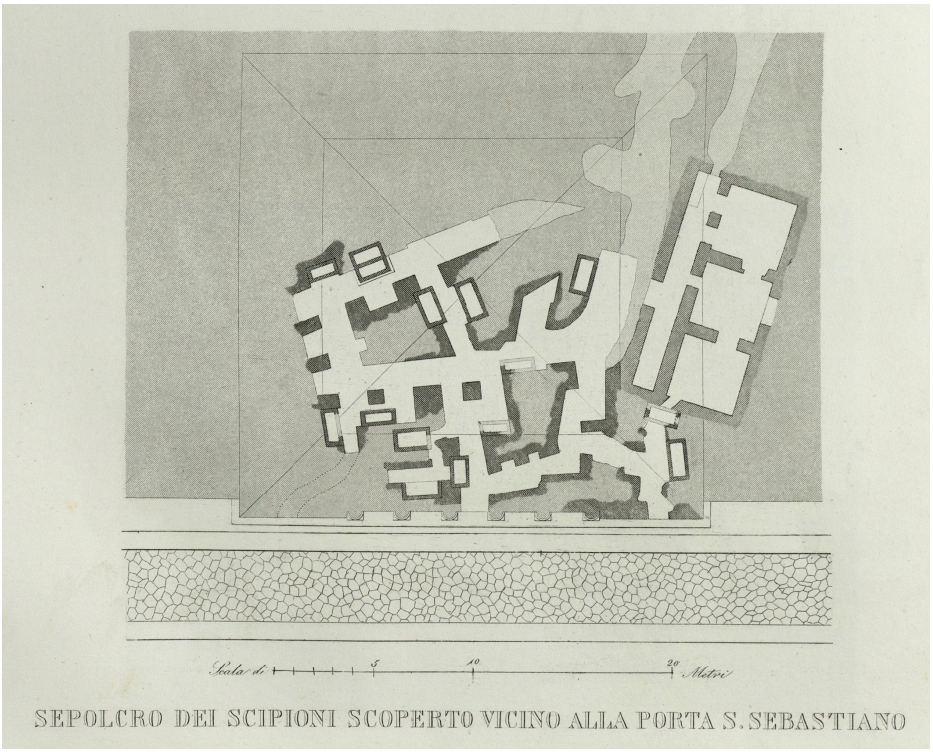


Fig. 137 – Pianta del Sepolcro dei Scipioni scoperto vicino alla Porta S. Sebastiano, Luigi Canina, 1851.

Fig. 137 – Plan of the Tomb of the Scipios discovered near Porta S. Sebastiano, Luigi Canina, 1851.

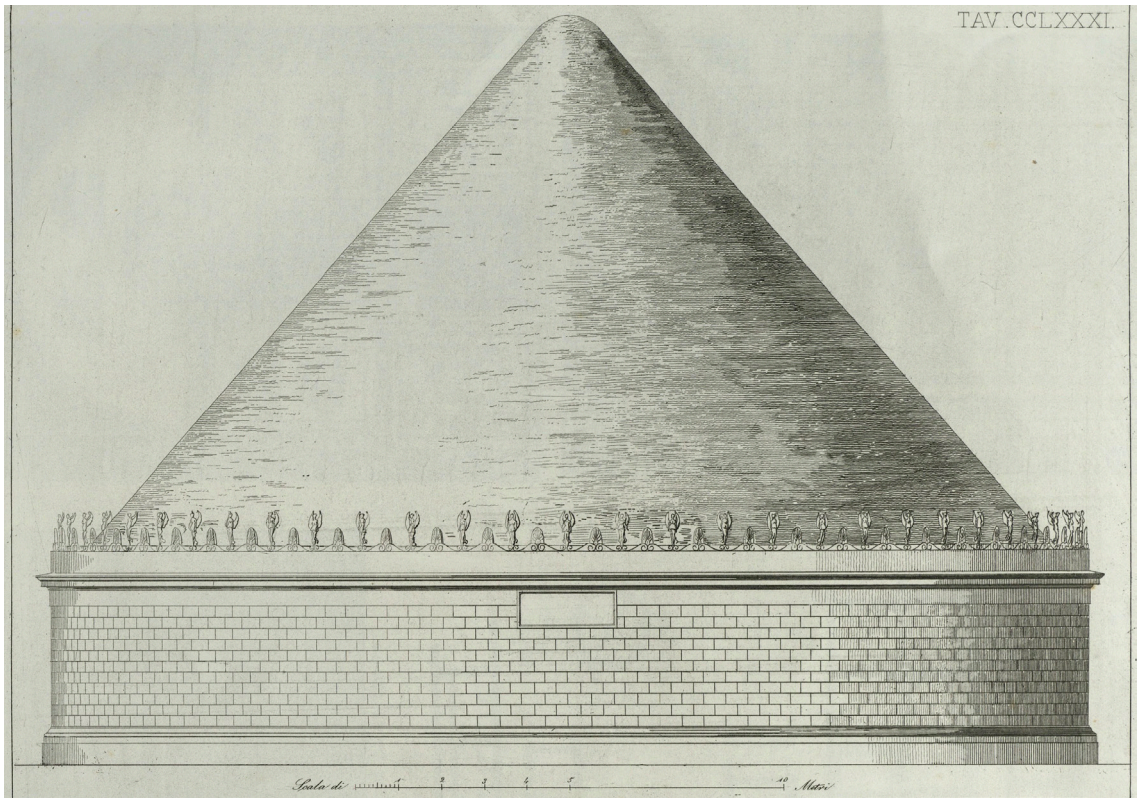


Fig. 138 – Ipotesi ricostruttiva dell'alzato del Sepolcro dei Scipioni scoperto vicino alla Porta S. Sebastiano, Luigi Canina, 1851.

Fig. 138 – Hypothetical reconstructed elevation of the Tomb of the Scipios, based on Luigi Canina's 1851 study.

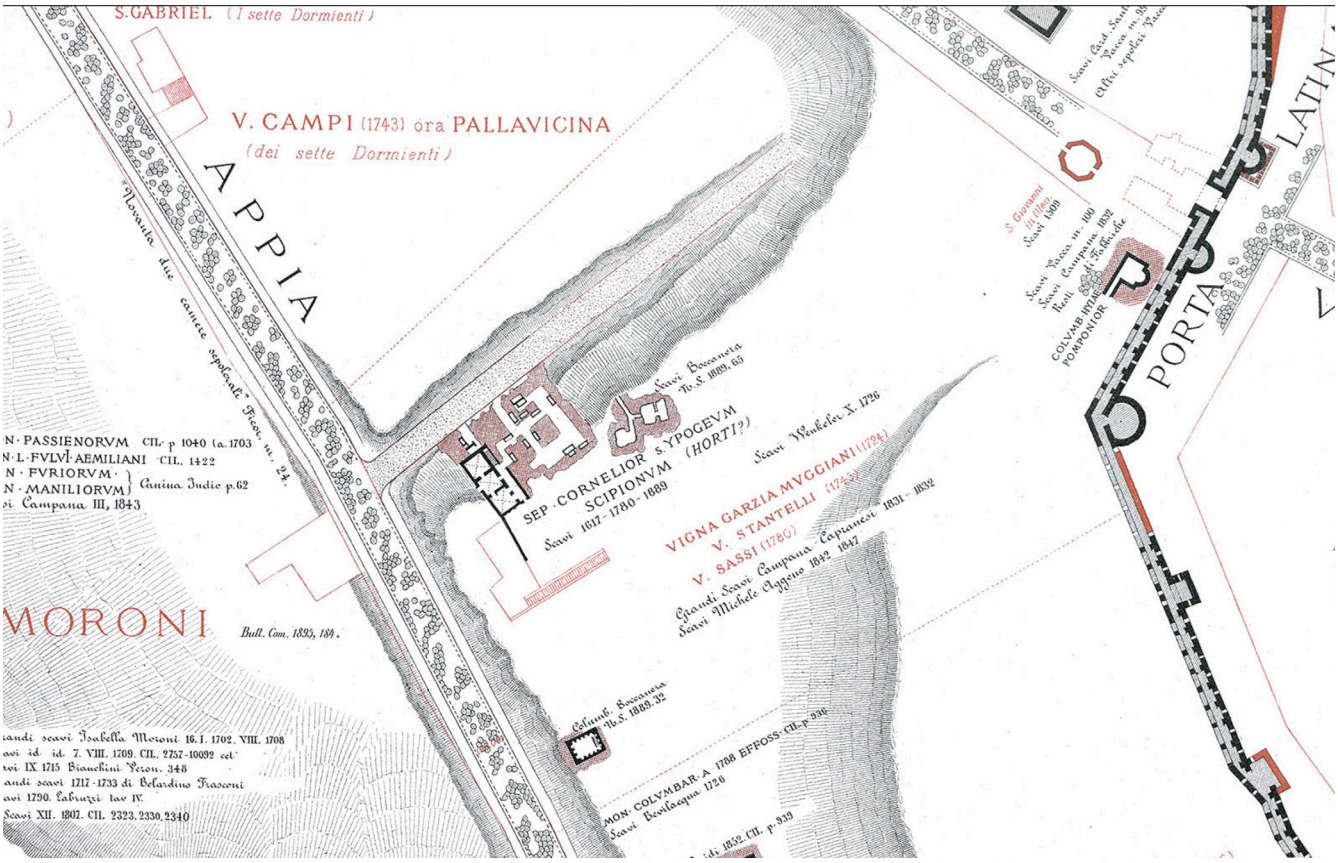


Fig. 139 – Particolare della Forma Urbis Romae di Rodolfo Lanciani, 1901.

Fig. 139 – Detail from Rodolfo Lanciani's Forma Urbis Romae, 1901.

Fig. 140 – Progetto di Restauro del Sepolcro degli Scipioni di Cesare Valle, per conto del Governatorato di Roma, Ripartizione X Antichità e Belle Arti, 1926.

Fig. 140 – Restoration project of the Scipiones' Tomb by Cesare Valle, on behalf of the Governorate of Rome, Department X of Antiquities and Fine Arts, 1926.

Fig. 141 – Opere di Restauro del Sepolcro degli Scipioni, Governatorato di Roma, Ripartizione X Antichità e Belle Arti, 1927.

Fig. 141 – Restoration works at the Scipiones' Tomb, Governorate of Rome, Department X of Antiquities and Fine Arts, 1927.

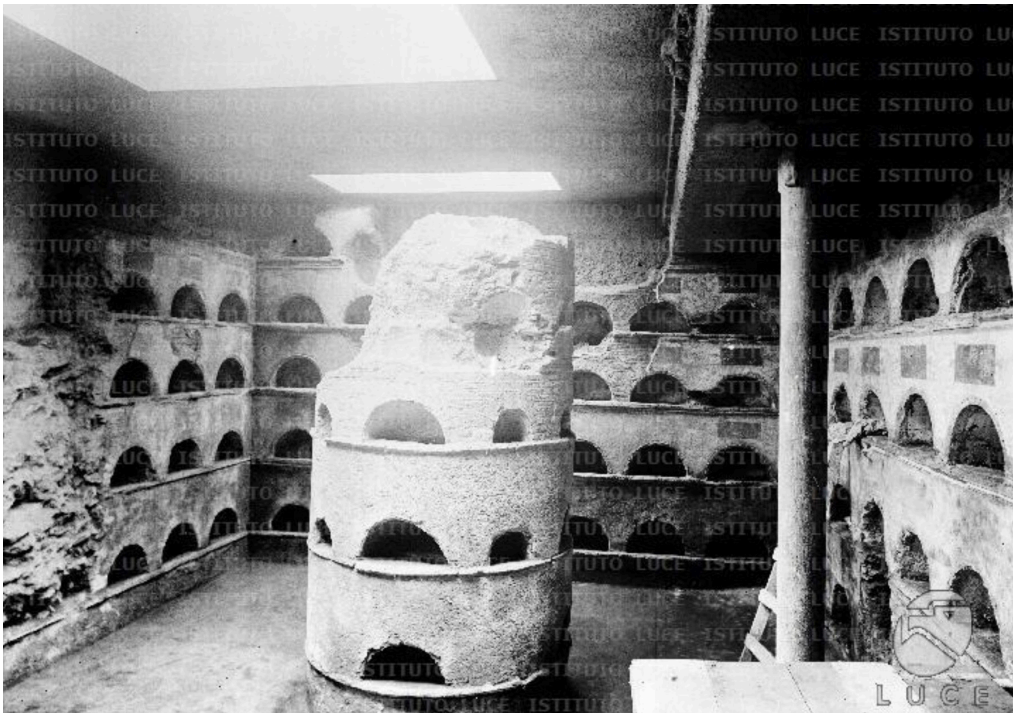


Fig. 142 – Durante le opere di Restauro del Sepolcro degli Scipioni, viene rinvenuto un Colombario. Governatorato di Roma, Ripartizione X Antichità e Belle Arti, 1929.

Fig. 142 – During the restoration works at the Scipiones' Tomb, a columbarium was uncovered. Governorate of Rome, Department X of Antiquities and Fine Arts, 1929.

Uno degli aspetti più significativi emersi dalla ricerca storica riguarda la natura di palinsesto archeologico del Sepolcro degli Scipioni. Il complesso nasce come sepolcro familiare di età repubblicana, scavato nel banco di tufo lungo la via Appia. A questa fase originaria si sovrappongono ampliamenti di età imperiale, con l'inserimento di nuovi ambienti e la trasformazione di alcune parti in colombario collettivo. Successivamente, in età medievale e moderna, il complesso subisce nuovi riusi, spoliazioni e interventi di adattamento.

Questa sovrapposizione di fasi risulta oggi leggibile sia nelle strutture murarie sia nelle tecniche costruttive, ma solo una dettagliata analisi storica e stratigrafica consente di interpretarla correttamente (Fig. 143). Le fonti archeologiche permettono di distinguere le murature in tufo di età repubblicana dalle aggiunte in opera cementizia di età imperiale, nonché di riconoscere gli interventi moderni di consolidamento e di allestimento per la fruizione pubblica.

Nel modello HBIM tali informazioni sono tradotte in parametri cronologici espliciti, che consentono di filtrare gli elementi in base alla loro epoca di realizzazione. In questo modo il modello non restituisce solo l'immagine attuale del complesso, ma permette di "leggere" digitalmente la sua storia costruttiva (Fig. 144).

ultimately leaving a large concrete core devoid of its original coverings.

Antiquarian explorations in the 17th and 18th centuries, while contributing to the monument's documentation, also accelerated its depletion. Excavations carried out without scientific methods often caused structural collapses and dispersal of artifacts. 19th-century sources further document the use of the mausoleum as a quarry, with systematic removal of blocks and bricks.

These historical events are now legible in the very fabric of the monument through a series of masonry discontinuities, structural voids, and irregular surfaces, which can only be coherently interpreted in light of the historical reconstruction (Fig. 130). Integrating these data into the HBIM model allows for accurate attribution of material anomalies to specific phases of spoliation or collapse,

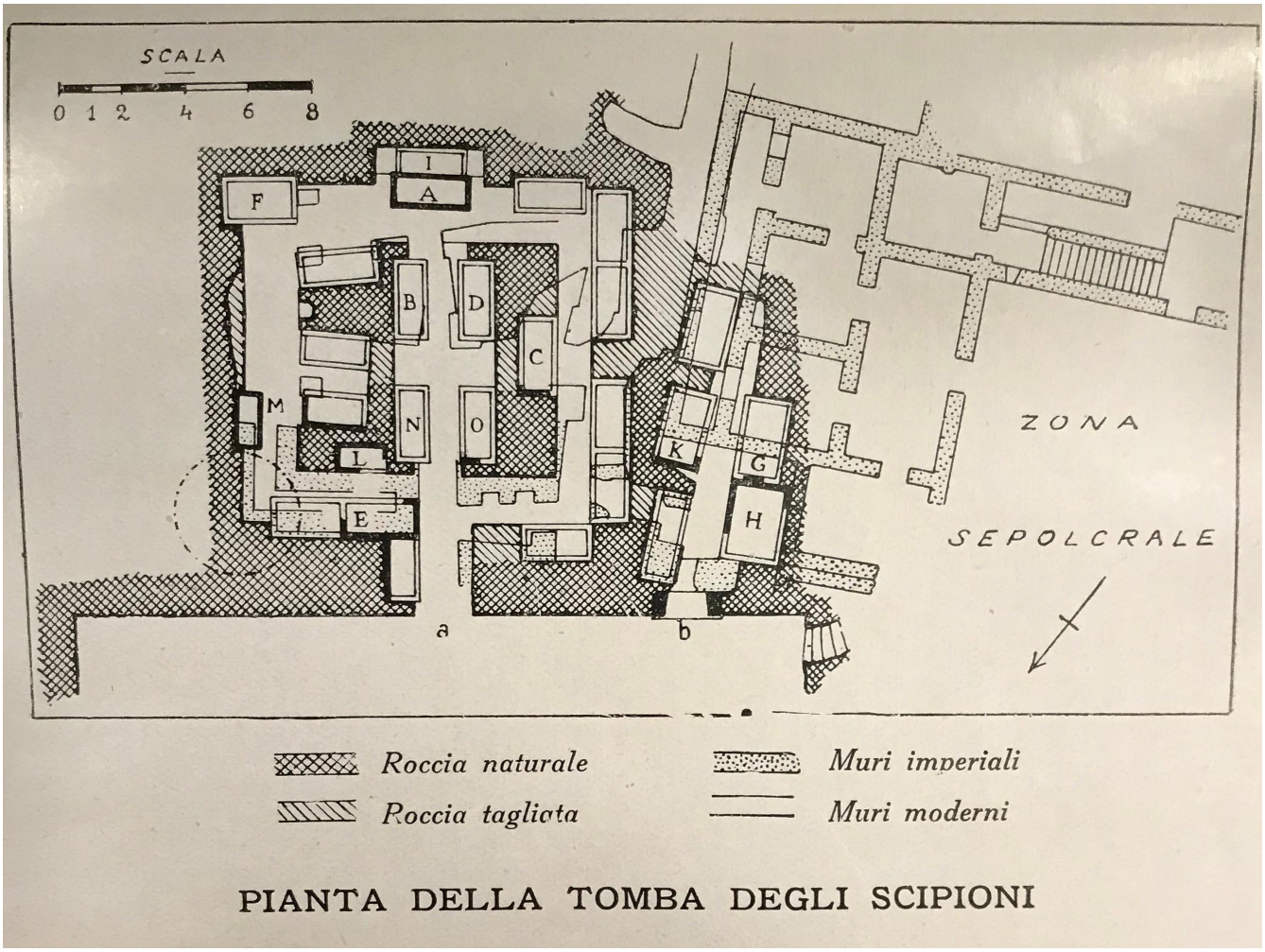


Fig. 143 – Lettura delle stratificazioni storiche nel complesso del Sepolcro degli Scipioni di Giuseppe Lugli, 1930.

Fig. 143 – Interpretation of the historical stratifications in the Scipiones' Tomb complex by Giuseppe Lugli, 1930.

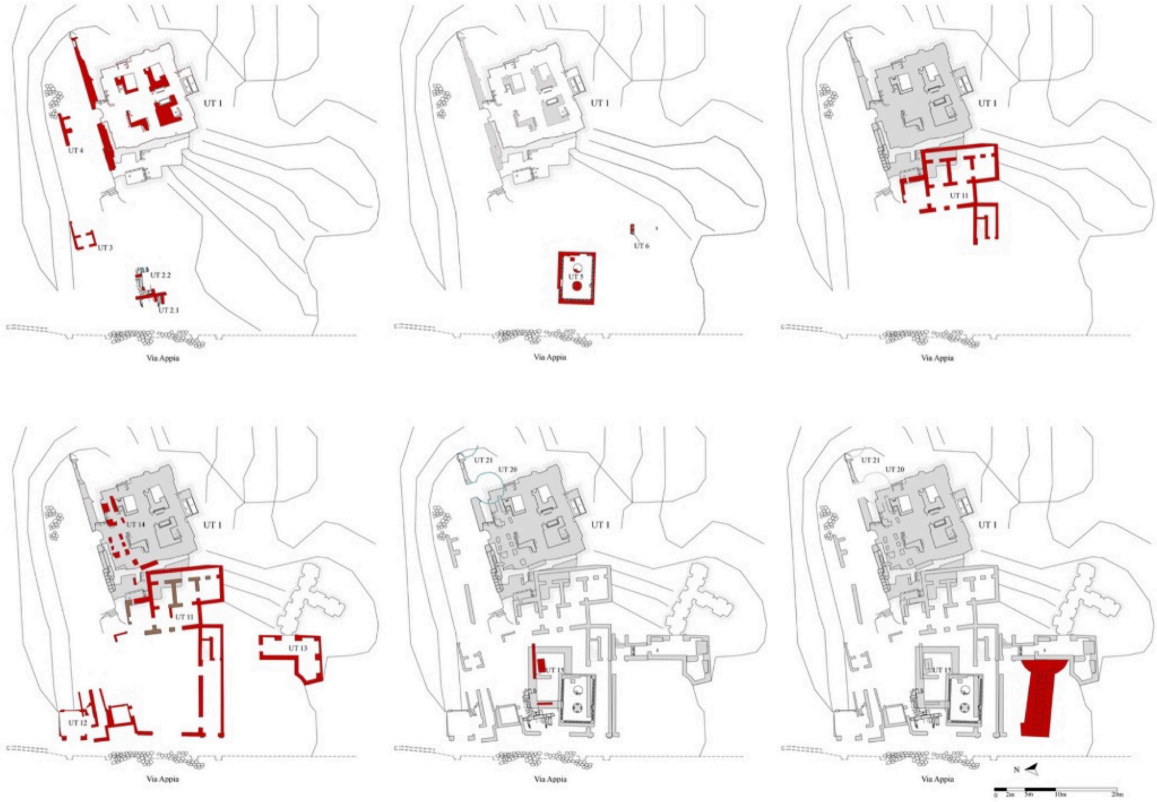


Fig. 144 – Lettura delle fasi storiche nel complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 144 – Interpretation of the historical phases in the Scipiones' Tomb complex.

11.4 Dalla ricerca storica alla costruzione del quadro conoscitivo

La raccolta e l'analisi delle fonti per i due complessi non si limitano a un mero lavoro di repertorio, ma costituiscono la base per la costruzione di un quadro conoscitivo integrato, indispensabile per le fasi successive di rilievo, modellazione e analisi diagnostica. Ogni informazione storica è verificata attraverso il confronto con lo stato di fatto rilevato e, quando possibile, con i dati provenienti dalle indagini strumentali.

Il quadro conoscitivo è concepito come un sistema aperto e dinamico, destinato ad arricchirsi progressivamente con nuovi dati. In esso confluiscono informazioni di natura diversa, quali dati cronologici, descrizioni delle fasi costruttive, indicazioni sui materiali originari, notizie sugli interventi di restauro, segnalazioni di crolli e di spoliazioni. Tutti questi elementi sono organizzati in modo da poter essere successivamente associati agli oggetti del modello HBIM.

11.5 Ruolo interpretativo della ricerca storica nella lettura delle anomalie

Uno degli aspetti più rilevanti della fase preliminare riguarda il ruolo interpretativo della ricerca storica nella lettura delle anomalie geometriche e materiche che emergeranno durante il rilievo. Nel Mausoleo di Monte del Grano, ad esempio, la presenza di murature interrotte, di superfici irregolari e di vuoti strutturali trovato una spiegazione coerente

preventing misinterpretations based solely on direct observation of the structure.

11.3 Historical sources for the Tomb and Columbarium of the Scipios

For the Tomb and Columbarium of the Scipios, the source-based research followed a somewhat different path, reflecting the distinct nature and volume of available documentation. Alongside the 18th and 19th century antiquarian records, the reports from twentieth-century excavations proved particularly significant, as they were conducted with progressively more scientific approaches. This documentation includes archaeological reports, stratigraphic plans, historical pictures, and detailed drawings of the architectural structures and inscriptions.

The discovery of the tomb in 1780 marked a pivotal moment in the study of Roman archaeology. The earliest investigations revealed a subterranean complex of extraordinary interest, with multiple burial chambers, inscriptions, and sarcophagi

solo attraverso il confronto con le fonti che documentano le fasi di spoliazione e di crollo. Analogamente, nel Sepolcro degli Scipioni, alcune discontinuità murarie e differenze materiche sono state interpretate come il risultato di ampliamenti successivi e di interventi moderni, piuttosto che come anomalie costruttive originarie.

In questo senso, la ricerca storica non svolge un ruolo meramente descrittivo, ma costituisce uno strumento interpretativo essenziale per dare senso ai dati rilevati. Il modello HBIM, a sua volta, diventa il luogo privilegiato nel quale queste interpretazioni possono essere rappresentate, verificate e, se necessario, aggiornate.

La fase preliminare di ricerca storica e costruzione del quadro conoscitivo si rivela determinante per l'intero sviluppo della procedura HBIM, consente di affrontare la modellazione non come un'operazione puramente geometrica, ma come un processo di interpretazione critica dell'architettura storica. Le fonti, integrate con il rilievo e con le indagini diagnostiche, permettono di ricostruire le vicende costruttive, le trasformazioni, le spoliazioni e i processi di degrado dei due complessi, fornendo un supporto imprescindibile per la corretta attribuzione cronologica e materica degli elementi modellati.

La ricerca storica rappresenta il fondamento conoscitivo dell'HBIM applicato all'archeologia. Senza di essa il modello informativo rischierebbe di ridursi a una mera rappresentazione tridimensionale priva di spessore critico. Con essa, invece, il modello diventa uno strumento capace di restituire non solo la forma, ma anche la memoria stratificata del monumento, integrando in un unico ambiente digitale la complessità del passato e le esigenze operative del presente.

(Fig. 131, 132, 133, 134, 135, 136). However, these initial interventions were carried out using methods far removed from modern stratigraphic standards, sometimes resulting in irreversible loss of information.

During the 19th and 20th centuries, the complex underwent further excavations and restorations, which partially altered its original configuration (Fig. 137, 138). The excavation reports from around 1926, complemented by scientific surveys and stratigraphic analyses, provided a more detailed understanding of the construction phases and subsequent transformations of the tomb (Fig. 139, 140, 141, 142).

One of the most significant findings from the historical research concerns the palimpsest nature of the Scipios' tomb. Originally constructed as a Republican-era family tomb excavated in the tuff bed along the Via Appia, the complex later underwent Imperial-era expansions, including the addition of new chambers and the transformation of some areas into a collective columbarium. Subsequently, during the medieval and modern periods, the complex experienced further reuse, spoliation, and adaptive interventions.

This layering of phases is still legible today in both the masonry and construction techniques, but only a detailed historical and stratigraphic analysis allows it to be interpreted accurately (Fig. 143). Archaeological sources make it possible to distinguish Republican-era tuff walls from Imperial-era cementitious additions, as well as to identify modern interventions aimed at structural consolidation and public access arrangements.

Within the HBIM model, these data are encoded as explicit chronological parameters, allowing elements to be filtered according to their period of construction. In this way, the model does not merely reproduce the current appearance of the complex but enables a "digital reading" of its construction history (Fig. 144).

11.4 From historical research to the construction of a knowledge framework

The collection and analysis of sources for the two complexes go beyond a simple archival survey; they provide the foundation for developing an integrated knowledge framework, which is essential for the

subsequent stages of survey, modeling, and diagnostic assessment. Each piece of historical evidence is cross-referenced against the as-built condition and, whenever possible, verified with data obtained from instrumental investigations.

The knowledge framework is conceived as an open, evolving system, designed to be progressively enriched with new information. It consolidates diverse types of data, including chronological records, descriptions of construction phases, specifications of original materials, documentation of restoration interventions, and evidence of collapses or spoliation. All of these elements are systematically organized to be directly linked to the corresponding entities within the HBIM model.

11.5 Interpretative role of historical research in reading anomalies

One of the most significant aspects of the preliminary phase lies in the interpretative role of historical research in understanding the geometric and material anomalies that emerge during the survey. In the Mausoleum of Monte del Grano, for instance, interrupted walls, irregular surfaces, and structural voids can only be coherently explained through cross-referencing sources that document phases of spoliation and collapse. Similarly, in the Tomb of the Scipios, certain wall discontinuities and material differences have been interpreted as the outcome of later expansions and modern interventions, rather than as original construction anomalies.

In this respect, historical research goes beyond a purely descriptive function, serving as a critical interpretative tool that gives meaning to the collected data. The HBIM model, in turn, becomes the privileged platform where these interpretations can be represented, verified, and, when necessary, updated.

The preliminary phase of historical research and knowledge framework construction proves decisive for the entire HBIM *workflow*. It allows modeling to be approached not merely as a geometric exercise, but as a process of critical interpretation of historical architecture. Integrated with survey data and diagnostic analyses, historical sources enable the reconstruction of construction sequences, transformations, spoliations, and degradation processes of the two complexes, providing an indispensable basis for the accurate chronological and material attribution of modeled elements.

Historical research thus forms the epistemological backbone of HBIM applied to archaeology. Without it, the informational model risks being reduced to a mere three-dimensional representation devoid of critical depth. With it, however, the model becomes a tool capable of conveying not only form but also the stratified memory of the monument, integrating the complexity of the past and the operational demands of the present within a single digital environment.

PARTE 3
ATTIVITÀ SVOLTE A ROMA

PART 3 – Activities carried out in Rome

Capitolo 12
Rilievo integrato

CHAPTER 12 - Integrated survey

12.1 Misura e conoscenza digitale

Il rilievo rappresenta una delle fasi più complesse, delicate e strategiche dell'intera procedura HBIM applicata al Mausoleo di Monte del Grano e al complesso del Sepolcro degli Scipioni. In contesti archeologici caratterizzati da elevata complessità geometrica, forte irregolarità delle superfici, condizioni ambientali critiche e vincoli di accessibilità, la semplice misurazione non è mai un atto neutro, ma un vero e proprio processo di interpretazione. La scelta metodologica adottata è quella di ricorrere a un protocollo di rilievo integrato multimodale, capace di coniugare massima accuratezza geometrica e completezza morfologica, superando i limiti dei singoli strumenti attraverso una logica di integrazione e complementarità.

Il rilievo, in questa prospettiva, non è concepito come una fase meramente propedeutica alla modellazione, ma come un momento conoscitivo autonomo, nel quale dato metrico, osservazione diretta e interpretazione storica iniziano a intrecciarsi. Ogni scelta operativa sul campo è guidata dalla consapevolezza che il dato acquisito costituisce la base oggettiva su cui costruire l'intero modello informativo, influenzandone direttamente l'attendibilità scientifica.

12.2 Predisposizione del programma di rilevamento

La procedura conoscitiva prende avvio con una fase preliminare di fondamentale importanza, costituita dalla visita diretta dei due luoghi oggetto di indagine insieme ai funzionari della Sovrintendenza Capitolina (Fig. 145). Questo primo sopralluogo ha lo scopo di fornire un'introduzione complessiva ai siti (Fig. 146, 147), permettendo di comprenderne il valore storico, le principali fasi di trasformazione e le operazioni di conservazione già attuate o attualmente in corso. Il confronto diretto con i referenti istituzionali consente inoltre di acquisire informazioni operative e interpretative difficilmente reperibili nella sola documentazione archivistica.

12.1 Measurement and digital knowledge

Surveying represents one of the most complex, delicate, and strategically significant phases of the entire HBIM *workflow* applied to the Mausoleum of Monte del Grano and the Scipiones' Tomb complex. In archaeological contexts characterized by high geometric complexity, pronounced surface irregularities, challenging environmental conditions, and accessibility constraints, measurement is never a neutral act, but rather a process of interpretation. The methodological approach adopted relies on a multimodal integrated survey protocol, capable of combining maximum geometric accuracy with morphological completeness, overcoming the limitations of individual instruments through a logic of integration and complementarity.

From this perspective, surveying is not conceived merely as a preparatory step for modeling, but as an autonomous phase of knowledge acquisition, in which metric data, direct observation, and historical interpretation begin to intertwine. Every operational choice in the field is guided by the awareness that the acquired data constitutes the objective foundation for the construction of the entire information model, directly impacting its scientific reliability.

Fig. 145 – Sopralluogo al presso il complesso del Sepolcro degli Scipioni con i funzionari della Sovrintendenza Capitolina.

Fig. 145 – Site inspection at the Sepulcher of the Scipios complex with officials from the Capitoline Superintendency.

Fig. 146 – Sopralluogo al Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 146 – Site inspection at the Mausoleum of Monte del Grano.

Fig. 147 – Sopralluogo al complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 147 – Site inspection at the Scipioni Tomb complex.

Il sopralluogo rappresenta anche un momento essenziale per la definizione del programma di rilevamento, poiché permette di valutare le condizioni di accessibilità, le criticità ambientali e le caratteristiche spaziali dei manufatti. In questa fase vengono elaborati gli eidotipi (Fig. 149), necessari a pianificare in modo coordinato le acquisizioni tramite *laser scanner* terrestre, fotogrammetria da terra e fotogrammetria da drone, garantendo la coerenza e l'integrazione dei dati provenienti da strumenti diversi. La complessità morfologica e la natura ipogea di alcuni ambienti richiedono infatti una pianificazione accurata delle postazioni di rilievo e delle traiettorie di acquisizione.

La specificità dei contesti studiati rende inoltre indispensabile l'estensione della fase conoscitiva ad altri luoghi strettamente correlati dal punto di vista storico e archeologico. In particolare, sono state effettuate visite presso i Musei Vaticani per l'osservazione e il rilievo del sarcofago di Alessandro Severo e Giulia Mammea, e presso i Musei Capitolini per il sarcofago di Scipione Barbato.

12.2 Planning a survey program

Knowledge-gathering procedure begins with a preliminary phase of fundamental importance, consisting of on-site visits to the two study locations alongside officials from the Capitoline Superintendency (Fig. 146). This initial inspection aims to provide a comprehensive introduction to the sites (Fig. 147, 148), allowing an understanding of their historical significance, the main phases of transformation, and conservation measures already undertaken or currently in progress. Direct interaction with institutional representatives also enables the acquisition of operational and

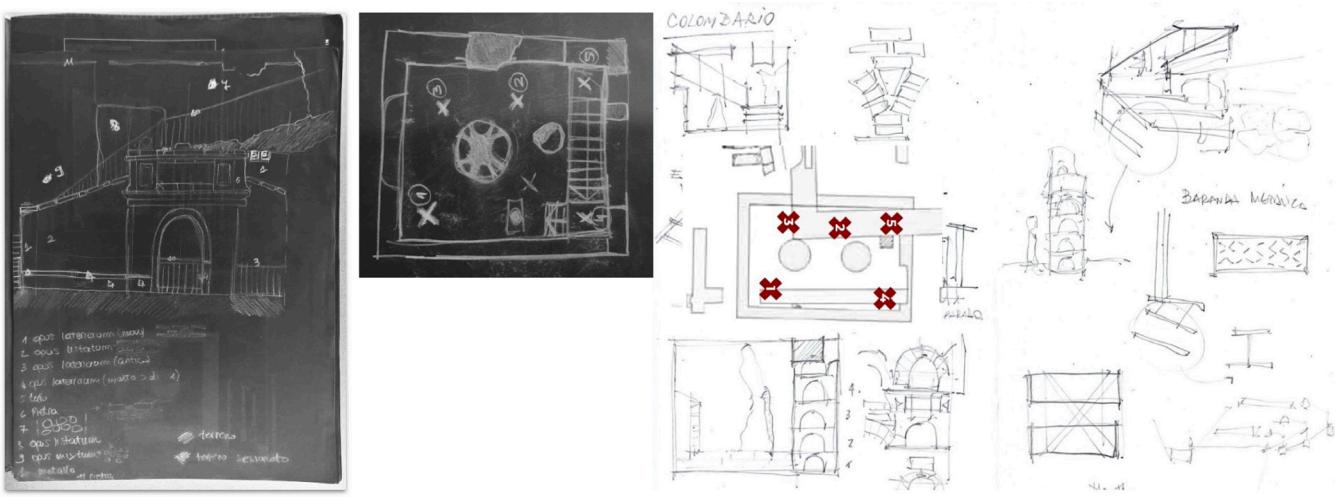


Fig. 148 – Definizione degli eidotipi per il rilievo del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 148 – Definition of eidotypes for the survey of the Scipioni Tomb complex.

12.3 Laser scanner terrestre come strumento primario di acquisizione

Il *laser scanner* terrestre (TLS) è utilizzato come strumento principale per la rilevazione delle geometrie interne ed esterne dei due complessi. La sua scelta è stata determinata dalla capacità di questo strumento di restituire, con elevata densità e accuratezza millimetrica, la complessità volumetrica delle architetture ipogee e dei manufatti monumentali emergenti (Fig. 149). Il principio di funzionamento, basato sull'emissione di impulsi *laser* e sulla misurazione del tempo di ritorno, consente di acquisire milioni di punti in pochi minuti, generando nuvole tridimensionali estremamente dettagliate.

Nel caso del Mausoleo di Monte del Grano, la scansione *laser* consente di leggere con straordinaria chiarezza la complessa articolazione degli ambienti interni, caratterizzati da vasti spazi voltati, cavità e interruzioni dovute a crolli e spoliazioni. Il corridoio, elemento di accesso al complesso, è restituito nella sua reale configurazione geometrica, evidenziando con precisione i rapporti tra pieni e vuoti, le irregolarità delle murature e i fuori piombo accumulati nel corso dei secoli.

La scansione delle superfici esterne del tumulo permette, inoltre, di documentare in modo oggettivo lo stato di conservazione dell'involucro, caratterizzato da una morfologia irregolare dovuta all'erosione, alla vegetazione e agli interventi antropici moderni. Le nuvole di punti restituiscono non solo la forma complessiva del mausoleo, ma anche le micro-variazioni superficiali, fondamentali per le successive analisi diagnostiche e di degrado.

Nel Sepolcro degli Scipioni, il TLS si rivela uno strumento indispensabile per la documentazione degli ambienti ipogei, spesso angusti, scarsamente illuminati e caratterizzati da elevata umidità. La possibilità di acquisire dati senza contatto diretto con le superfici rappresenta un vantaggio fondamentale in termini di sicurezza per gli operatori e di tutela per il bene. Le camere sepolcrali, i corridoi, le nicchie e le pareti incise sono acquisiti con un livello di dettaglio tale da rendere leggibili anche le più minute irregolarità delle superfici tufacee.

interpretative information that is often difficult to obtain from archival sources alone.

The site visit is also a crucial step in defining the survey program, as it allows for an assessment of accessibility, environmental constraints, and the spatial characteristics of the structures. During this phase, eidotypes are produced (Fig. 148), which are essential for the coordinated planning of data acquisition using *Terrestrial laser scanning*, ground-based photogrammetry, and drone-based photogrammetry, ensuring consistency and integration of *datasets* obtained from different instruments. The morphological complexity and the hypogeal nature of some environments require careful planning of survey stations and acquisition trajectories.

The specificity of the studied contexts also makes it essential to extend the knowledge-gathering phase to other locations closely related from a historical and archaeological perspective. In particular, visits were conducted to the Vatican Museums for the observation and survey of the sarcophagi of Alexander Severus and Julia Mamaea, and to the Capitoline Museums for the sarcophagus of Scipio Barbatus.

12.3 Terrestrial Laser Scanning as a primary acquisition tool

Terrestrial laser scanning (TLS) was employed as the principal method for capturing both the internal and external

Fig. 149 – Acquisizione con TLS del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 149 – TLS acquisition of the Tomb of the Scipios complex.

Nel Mausoleo di Monte del Grano sono evidenziate differenze significative tra le geometrie teoricamente circolari del progetto originario e le reali deformazioni presenti nello stato attuale. Le sezioni estratte dalla nuvola di punti mostrato variazioni di raggio e leggere eccentricità, probabilmente dovute a cedimenti differenziali del terreno e a crolli parziali avvenuti nel corso dei secoli. Queste informazioni non hanno solo un valore descrittivo, ma rappresentano un dato fondamentale per la valutazione della stabilità strutturale del monumento.

Analoga importanza assume la lettura delle irregolarità murarie nel Sepolcro degli Scipioni. Le superfici in tufo, apparentemente regolari a una prima osservazione, rivelato al rilievo scan-to-scan una complessa trama di ondulazioni, microfessurazioni e discontinuità spesso invisibili a occhio nudo. Tali dati risultano essenziali per le successive fasi di diagnostica, permettendo di individuare con maggiore precisione le aree potenzialmente soggette a fenomeni di degrado attivo.

12.4 Fotogrammetria come strumento complementare

Accanto al *laser scanner*, un ruolo fondamentale è svolto dalla fotogrammetria, impiegata sia in modalità terrestre sia mediante drone. La fotogrammetria, basata sull'elaborazione di sequenze fotografiche attraverso algoritmi di *Structure from Motion* (SfM), permette di integrare il dato *laser* in tutte quelle parti non facilmente scannerizzabili o per le quali è richiesta una maggiore risoluzione cromatica e superficiale.

geometries of the two complexes. Its selection was based on the instrument's capacity to provide dense, millimeter-accurate point clouds, capable of faithfully documenting the volumetric complexity of hypogeal architectures and monumental above-ground elements (Fig. 149). TLS operates by emitting *laser* pulses and measuring the time-of-flight of the returned signals, enabling the acquisition of millions of points within minutes and producing highly detailed 3D *datasets* suitable for subsequent modeling and analytical tasks.

In the case of the Mausoleum of Monte del Grano, the *laser* scans capture the complex spatial organization of the internal chambers, which include expansive vaulted areas, voids, and interruptions resulting from collapses and spoliation. The access corridor is represented in its true geometric configuration, highlighting the relationship between solids and voids, irregularities in the masonry, and deviations from plumb that have accumulated over the centuries.

Scanning the exterior surfaces of the tumulus also provides an objective record

Nel Mausoleo di Monte del Grano, l'uso del drone (Fig. 150) consente di acquisire punti di vista altrimenti inaccessibili, in particolare sulle sommità del tumulo, sulle pareti esterne più elevate e sulle porzioni superiori dell'involucro (Fig. 151). Le immagini aeree, opportunamente calibrate e processate, permettono di generare nuvole di punti fotogrammetriche e modelli *mesh* ad alta risoluzione, integrati successivamente con quelli derivanti dal *laser scanner*. In questo modo è possibile ottenere una rappresentazione completa dell'involucro esterno, priva di lacune e discontinuità.

La fotogrammetria terrestre è utilizzata in entrambe le aree di studio per la documentazione di elementi di particolare interesse archeologico e diagnostico. Nel Sepolcro degli Scipioni (Fig. 152), ad esempio, il sarcofago e le superfici lapidee decorate sono stati acquisiti con tecniche di fotogrammetria di prossimità (Fig. 153), che consentono di restituire non solo la geometria dettagliata, ma anche la texture cromatica ad altissima risoluzione. Questo tipo di acquisizione risulta particolarmente utile per lo studio epigrafico, per l'analisi delle superfici e per la documentazione dello stato di conservazione.

A differenza del dato *laser*, essenzialmente metrico e geometrico, quello fotogrammetrico possiede un elevato valore informativo anche dal punto di vista materiale e conservativo. Le immagini utilizzate per la ricostruzione tridimensionale sono, infatti, analizzate anche come documentazione dello stato di fatto, consentendo di individuare cromie, alterazioni superficiali, depositi biologici, efflorescenze saline e microfessurazioni.

L'integrazione tra nuvole *laser* e modelli fotogrammetrici testurizzati permette di associare con precisione le informazioni geometriche a quelle materiche, creando una base dati estremamente ricca per le successive fasi di analisi e modellazione HBIM. In questo senso, il rilievo non produce un semplice modello geometrico, ma una vera e propria piattaforma conoscitiva tridimensionale.

of the state of preservation of the envelope, which exhibits irregular morphology due to erosion, vegetation, and modern anthropogenic interventions. The point clouds document not only the overall form of the mausoleum but also subtle surface variations, which are critical for subsequent diagnostic and degradation analyses.

At the Tomb of the Scipios, TLS proved indispensable for recording the hypogeal chambers, often narrow, poorly illuminated, and characterized by high humidity. The ability to acquire data without direct contact with the surfaces offers significant advantages in terms of operator safety and heritage conservation. Burial chambers, corridors, niches, and inscribed walls were captured with a level of detail sufficient to reveal even the finest irregularities of the tuff surfaces.

For Monte del Grano, TLS highlights significant discrepancies between the theoretically circular geometries of the original design and the actual deformations present today. Cross-sections extracted from the point cloud reveal variations in radius and slight eccentricities, likely caused by differential ground settlements and partial collapses over time. These observations are not merely descriptive but

Fig. 150 – Acquisizione con mediante fotogrammetria da drone del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 150 – Drone-based photogrammetric acquisition of the Mausoleum of Monte del Grano.

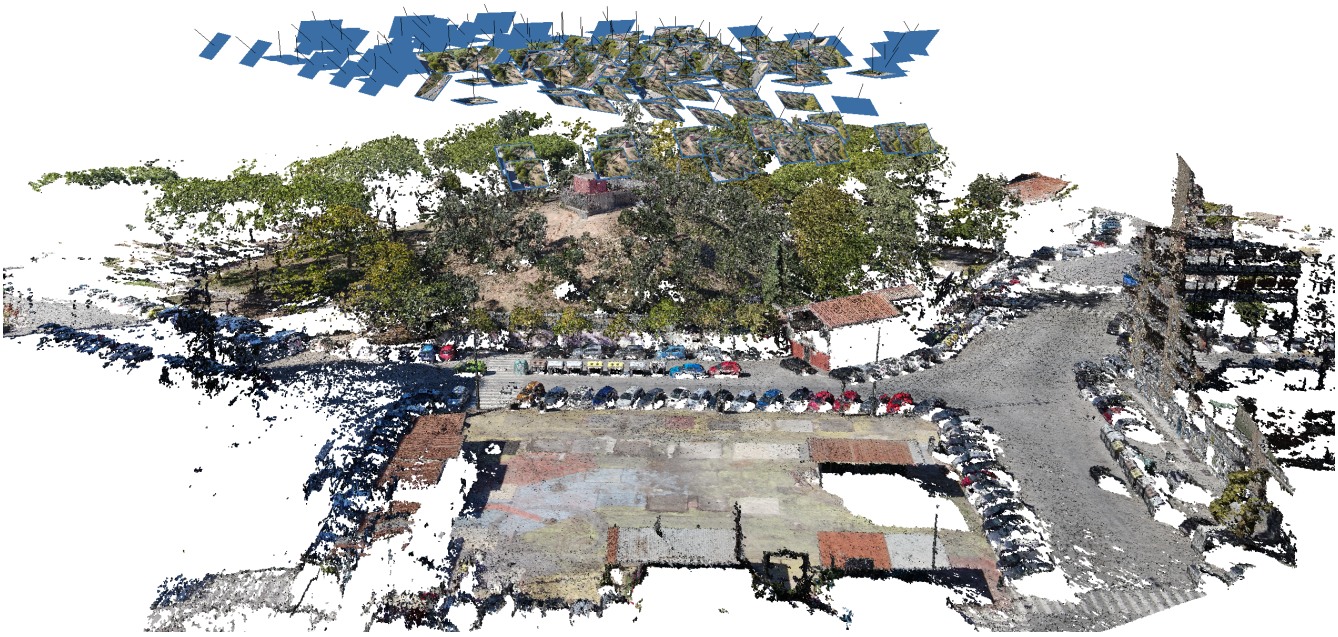


Fig. 151 – Schema delle acquisizioni con mediante fotogrammetria da drone del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 151 – Diagram of drone-based photogrammetric acquisitions of the Mausoleum of Monte del Grano.

Fig. 152 – Acquisizione con mediante fotogrammetria da drone del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 152 – Drone-based photogrammetric acquisition of the Sepolcro degli Scipioni complex.

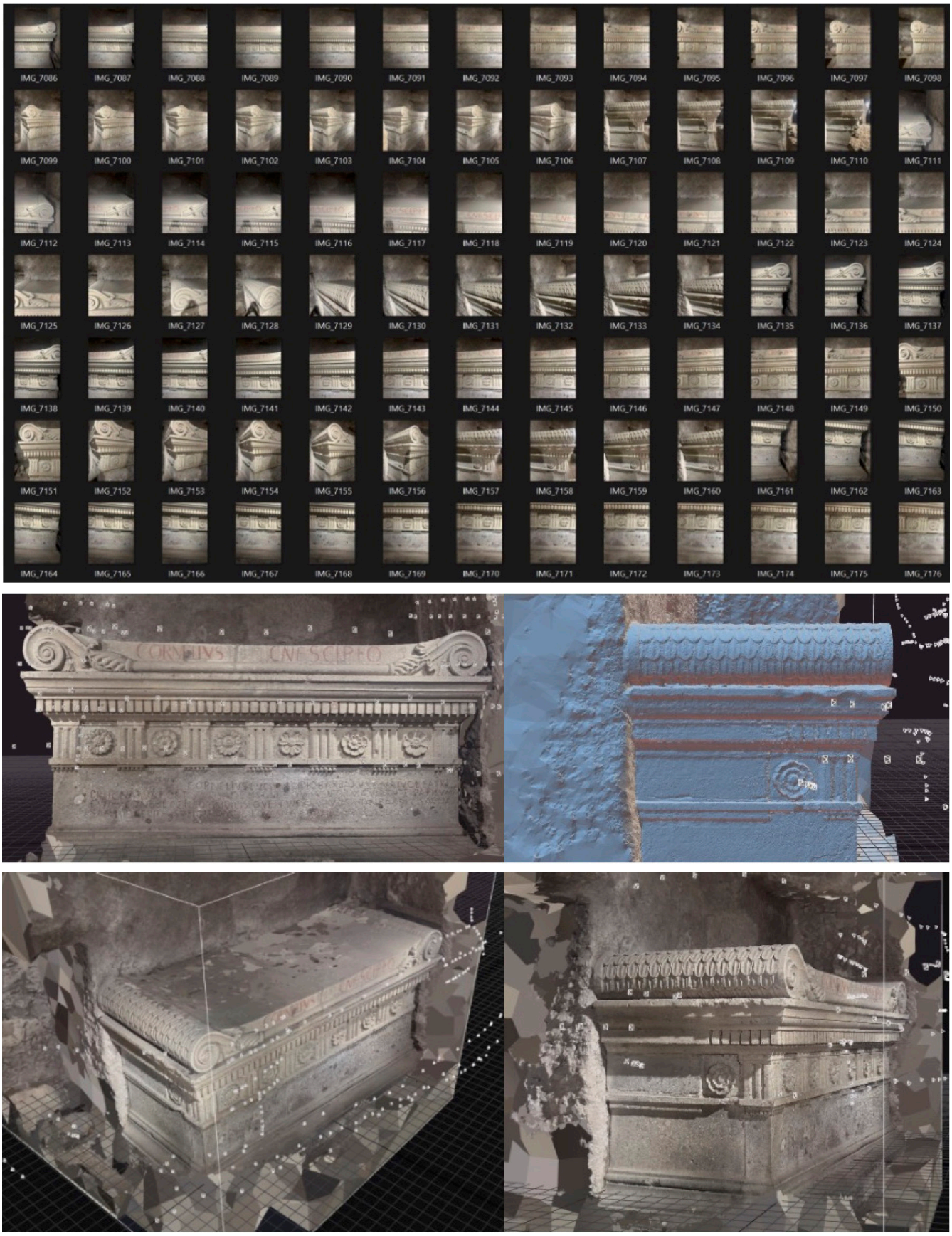


Fig. 153 – Fotogrammetria di prossimità per rilevare il sarcofago di Scipione.

Fig. 153 – Close-range photogrammetry for the documentation of Scipione's sarcophagus.

12.5 Rilievo integrato

Un aspetto delicato dell'intera fase di rilievo è la corretta integrazione delle diverse nuvole di punti all'interno di un unico sistema di riferimento. I dati provenienti da *laser scanner* e fotogrammetria, pur descrivendo lo stesso oggetto, presentano caratteristiche differenti in termini di densità, precisione, rumore e distribuzione spaziale. La loro fusione coerente richiesto un'accurata e complessa fase di registrazione, pulizia, allineamento e verifica metrica.

Le nuvole *laser scanner* sono registrate tra loro attraverso l'uso di *target* sferici e punti di controllo, garantendo una perfetta continuità spaziale tra le varie stazioni di scansione. Successivamente, i modelli fotogrammetrici sono georeferiti e allineati alle nuvole *laser* mediante procedure di matching basate su punti omologhi. Questa fase richiesto numerosi controlli incrociati per evitare errori di scala, rotazioni non corrette o disallineamenti locali.

La pulizia delle nuvole rappresenta un ulteriore passaggio fondamentale. Sono rimossi rumori, interferenze, elementi estranei e porzioni non significative, al fine di ottenere un *dataset* pulito e coerente, pronto per le successive fasi di segmentazione e modellazione. La verifica metrica finale, condotta attraverso il confronto con misure dirette e con i dati storici disponibili, confermato l'elevato livello di accuratezza raggiunto dall'intero sistema di acquisizione.

Una volta ottenuta una base geometrica unitaria ad altissima affidabilità, il rilievo cessa di essere un semplice insieme di punti per trasformarsi in un vero e proprio strumento di conoscenza. Le nuvole di punti sono utilizzate non solo come supporto per la modellazione HBIM, ma anche come strumento di analisi diretta delle strutture e dei materiali.

Nel Mausoleo di Monte del Grano, ad esempio, l'analisi delle sezioni ottenute dalla nuvola permette di chiarire alcuni aspetti costruttivi non completamente documentati dalle fonti storiche, come la reale disposizione dei setti murari interni e le modalità di raccordo tra corridoio di accesso e camera sepolcrale (Fig. 154, 155, 156, 157). Nel Sepolcro degli Scipioni, invece, il rilievo tridimensionale consente di rileggere in modo più puntuale i rapporti tra gli ambienti scavarti nel tufo, evidenziando connessioni spaziali non immediatamente percepibili durante la visita diretta (Fig. 158, 159, 160, 161).

In entrambi i casi, il dato metrico si è progressivamente trasformato in dato interpretato, entrando a far parte del sistema informativo HBIM come elemento strutturante del modello.

Il rilievo integrato si configura, dunque, come il vero fondamento della digitalizzazione del patrimonio archeologico. Esso rappresenta il momento in cui la realtà fisica viene tradotta in informazione digitale, attraverso un processo che richiede rigore scientifico, competenza tecnica e capacità interpretativa. Senza un rilievo accurato e consapevole, l'intero impianto dell'HBIM risulterebbe fragile e inaffidabile.

Nel progetto sui due complessi funerari romani, il rilievo dimostra come la sinergia tra *laser scanner* e fotogrammetria consenta di superare i limiti dei singoli strumenti, offrendo una rappresentazione completa, accurata e scientificamente validata dell'architettura esistente. Questo patrimonio di dati non costituisce solo un supporto per la modellazione, ma diventa un archivio digitale permanente, utile per futuri studi, monitoraggi, interventi di restauro e attività di valorizzazione.

La fase di rilievo integrato rappresenta il momento di passaggio fondamentale dalla dimensione materiale del monumento alla sua dimensione digitale. Attraverso l'uso combinato di *laser scanner* terrestre e fotogrammetria terrestre e aerea, è possibile costruire una

constitute essential data for assessing the structural stability of the monument.

Similarly, the detection of masonry irregularities at the Tomb of the Scipios is crucial. The tuff surfaces, which may appear regular at first glance, reveal a complex network of undulations, microcracks, and discontinuities upon scan-to-scan analysis—often invisible to the naked eye. These *dataset*s are fundamental for subsequent diagnostic investigations, allowing for more precise identification of areas potentially subject to active degradation processes.

12.4 Photogrammetry as a complementary acquisition method

Alongside *Terrestrial laser scanning*, photogrammetry plays a fundamental complementary role, implemented both from the ground and via drone platforms. This technique, based on processing sequences of images through *Structure from Motion* (SfM) algorithms, allows integration of *laser* scan data in areas that are difficult to scan directly or where higher color fidelity and surface detail are required.

At the Mausoleum of Monte del Grano, drone-based photogrammetry (Fig. 150) enables acquisition from otherwise inaccessible vantage points, particularly along the top of the tumulus, the upper external walls, and the higher portions of the outer shell (Fig. 151). The aerial imagery, carefully calibrated and processed, produces photogrammetric point clouds and high-resolution *mesh* models, which are subsequently integrated with the TLS-derived data. This *workflow* allows for a complete, *gap*-free representation of the external envelope.

Terrestrial photogrammetry is applied in both study areas for documenting elements of particular archaeological and diagnostic interest. In the Tomb of the Scipios (Fig. 152), for example, the sarcophagus and the decorated stone surfaces were captured using close-range photogrammetry (Fig. 153), which enables reconstruction not only of detailed geometry but also of high-resolution color and texture. This approach is particularly valuable for epigraphic studies, surface analysis, and conservation documentation.

Unlike *laser* scan data, which is primarily geometric and metric, photogrammetric

base conoscitiva tridimensionale di elevatissimo livello, in grado di restituire con fedeltà non solo le geometrie, ma anche le condizioni materiche e conservative dei due complessi.

Il rilievo non è un semplice atto tecnico, bensì un processo conoscitivo strutturato, nel quale misura, osservazione e interpretazione si sono costantemente intrecciate. Questo approccio garantisce la solidità scientifica dell'intero progetto HBIM, ponendo le basi per le successive fasi di modellazione informativa, analisi diagnostica e valorizzazione digitale del patrimonio archeologico.

data carries significant material and conservation information. The images used for 3D reconstruction also serve as a record of the current condition, making it possible to identify color variations, surface alterations, biological deposits, salt efflorescences, and microcracks.

The integration of *laser* point clouds with textured photogrammetric models

Fig. 154 – Rilievo integrato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 154 – Integrated survey of the Mausoleum of Monte del Grano.

allows precise association of geometric and material information, creating an exceptionally rich *dataset* for subsequent HBIM modeling and analysis. In this framework, surveying does not merely produce a geometric model but establishes a fully three-dimensional knowledge platform.

12.5 Integrated Survey

A delicate aspect of the entire survey phase is a proper integration of different point clouds within a single reference system. Although *laser*-scanner and photogrammetric data describe the same object, they differ significantly in terms of density, accuracy, noise, and spatial distribution. Their coherent fusion requires an accurate and complex phase of registration, cleaning, alignment, and metric verification.

Laser-scanner point clouds are registered using spherical *target*s and control points, ensuring perfect spatial continuity among the various scanning stations. The photogrammetric models are then georeferenced and aligned to the *laser*-scanner clouds through matching procedures based on homologous points. This phase required extensive cross-checks to avoid scale errors, incorrect rotations, or local misalignments.

Cleaning the point clouds represents another essential step. Noise, interferences, extraneous elements, and non-significant portions are removed in order to obtain a clean, coherent *dataset*, ready for subsequent segmentation and modeling. The final metric verification, performed by comparing the model with direct measurements and available historical data, confirmed the high level of accuracy achieved by the entire acquisition system.

Once a unified, highly reliable geometric base has been obtained, the survey ceases to be a simple collection of points and becomes a true instrument of knowledge. The point clouds are used not only as support for HBIM modeling but also as a tool for direct analysis of structures and materials.

In the case of the Mausoleum of Monte del Grano, for example, the analysis of cross-sections extracted from the cloud helps clarify construction aspects not fully documented by historical sources, such as the actual arrangement of interior walls and the junction between the entrance corridor and the burial chamber (Figs. 154–157). In the Tomb of the Scipios, the three-dimensional survey allows a more accurate reading of the spatial relationships among the spaces carved into the tuff, revealing connections not immediately perceptible during an on-site visit (Figs. 158–161).

In both cases, the metric data progressively became interpreted data, entering the HBIM informational system as a structuring component of the model.

The integrated survey thus stands as the true foundation of archaeological-heritage digitization. It represents the moment in which physical reality is translated into digital information—a process requiring scientific rigor, technical expertise, and interpretative skill. Without an accurate and thoughtful survey, the entire HBIM framework would be fragile and unreliable.

In the project concerning the two Roman funerary complexes, the survey demonstrates how synergy between *laser scanning* and photogrammetry can overcome the limitations of each individual method, delivering a complete, accurate, and scientifically validated representation of existing architecture. This *dataset* is not merely a support for modeling but becomes a permanent digital archive, valuable for future studies, monitoring, restoration interventions, and heritage-enhancement activities.

The integrated survey phase represents the fundamental passage from the material dimension of the monument to its digital dimension. Through the combined use of *Terrestrial laser scanning* and *Terrestrial* and aerial photogrammetry, it is possible to construct a highly detailed three-dimensional knowledge base capable of faithfully capturing not only geometry but also material and conservation conditions of both complexes.

The survey is not a simple technical act but a structured cognitive process in which measurement, observation, and interpretation continuously intertwine. This approach ensures the scientific solidity of the entire HBIM project, laying the groundwork for subsequent phases of informational modeling, diagnostic analysis, and digital enhancement of archaeological heritage.

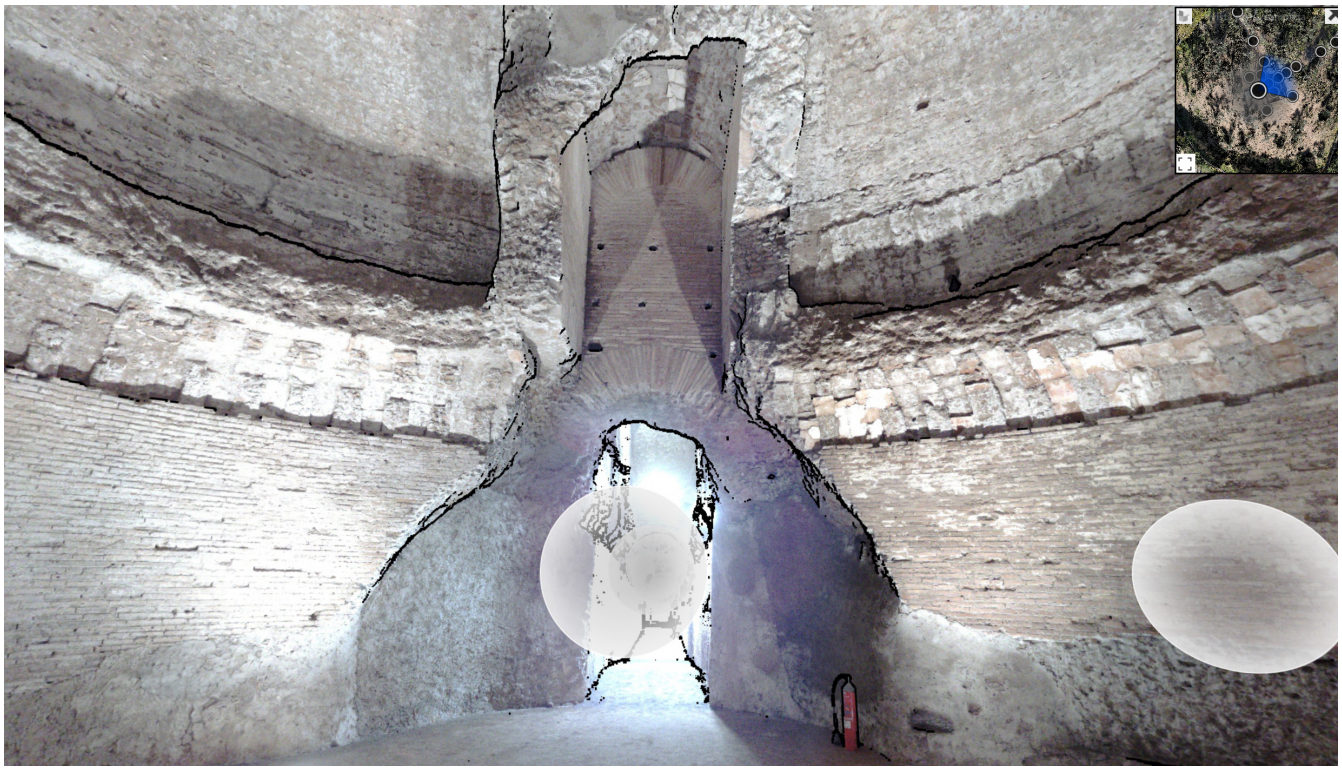


Fig. 155 – Visualizzazione interna mediante panorama sferico.

Fig. 155 – Interior visualization through a spherical panorama.

Fig. 156 – Visualizzazione interna della nuvola di punti.

Fig. 156 – Interior visualization of the point cloud.

Fig. 157 – Rilievo integrato con una visualizzazione dal basso.

Fig. 157 – Integrated survey with an upward-facing visualization.

Fig. 158 – Rilievo integrato del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 158 – Integrated survey of the Tomb of the Scipios complex.

Fig. 159 – Visualizzazione esterna del rilievo integrato.

Fig. 159 – Exterior visualization of the integrated survey.

Fig. 160 – Visualizzazione interna del Sepolcro degli Scipioni del rilievo integrato.

Fig. 160 – Interior visualization of the Tomb of the Scipios from the integrated survey.

Fig. 161 – Visualizzazione interna del Colombario del rilievo integrato.

Fig. 161 – Interior visualization of the Columbarium from the integrated survey.

Fig. 162 – Rilievo fotogrammetico della facciata con uso del drone.

Fig. 162 – Photogrammetric survey of the façade using a drone.

PARTE 3
ATTIVITÀ SVOLTE A ROMA

PART 3 – Activities carried out in Rome

Capitolo 13
Analisi materica

CHAPTER 13 - Material analysis

13.1 Materiali e tecnologia costruttiva

A completamento delle attività di acquisizione geometrica viene condotta un'analisi sistematica dei materiali presenti nei siti oggetto d'indagine, finalizzata alla comprensione delle tecniche costruttive e delle soluzioni materiche proprie del periodo romano. L'attività prevede una campionatura ragionata delle diverse tipologie di materiali (Fig. 163, 164, 165, 166, 167, 168), lapidei, laterizi e malte, e la loro messa in relazione con le evidenze storiche e archeologiche.

A tale analisi si affianca una fase di diagnostica non invasiva mediante l'uso della termocamera, utile per individuare eventuali dispersioni termiche, discontinuità materiche o fenomeni di infiltrazione d'acqua. I dati raccolti confluiscono nel modello HBIM, contribuendo alla costruzione di un sistema informativo integrato a supporto delle decisioni di conservazione e restauro.

13.1 Materials and Construction Technology

To complement the geometric acquisition activities, a systematic analysis of the materials present at the investigated sites was carried out, aimed at understanding the construction techniques and material solutions characteristic of the Roman period. The activity includes a *target*ed sampling of the different types of materials (Figs. 163 to 168)—stone, brick, and mortars—and their correlation with historical and archaeological evidence.

Alongside this analysis, a non-invasive diagnostic phase was conducted using a thermal camera, useful for identifying potential thermal dispersions, material discontinuities, or water infiltration phenomena. The collected data flow into the HBIM model, contributing to the construction of an integrated informational system supporting conservation and restoration decisions.

Fig. 163 – Campione di muratura in laterizio, di imposta della volta tra il primo ed il secondo livello, presente all'interno del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 163 – Sample of brick masonry at the springing of the vault between the first and second levels inside the Mausoleum of Monte del Grano.

Fig. 164 – Campione di muratura in laterizio, di attacco tra la parete ed il piano del pavimento, presente all'interno del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 164 – Sample of brick masonry at the junction between the wall and the floor level inside the Mausoleum of Monte del Grano.

Fig. 165 – Particolare del calcestruzzo romano presente all'interno del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 165 – Detail of Roman concrete present inside the Mausoleum of Monte del Grano.

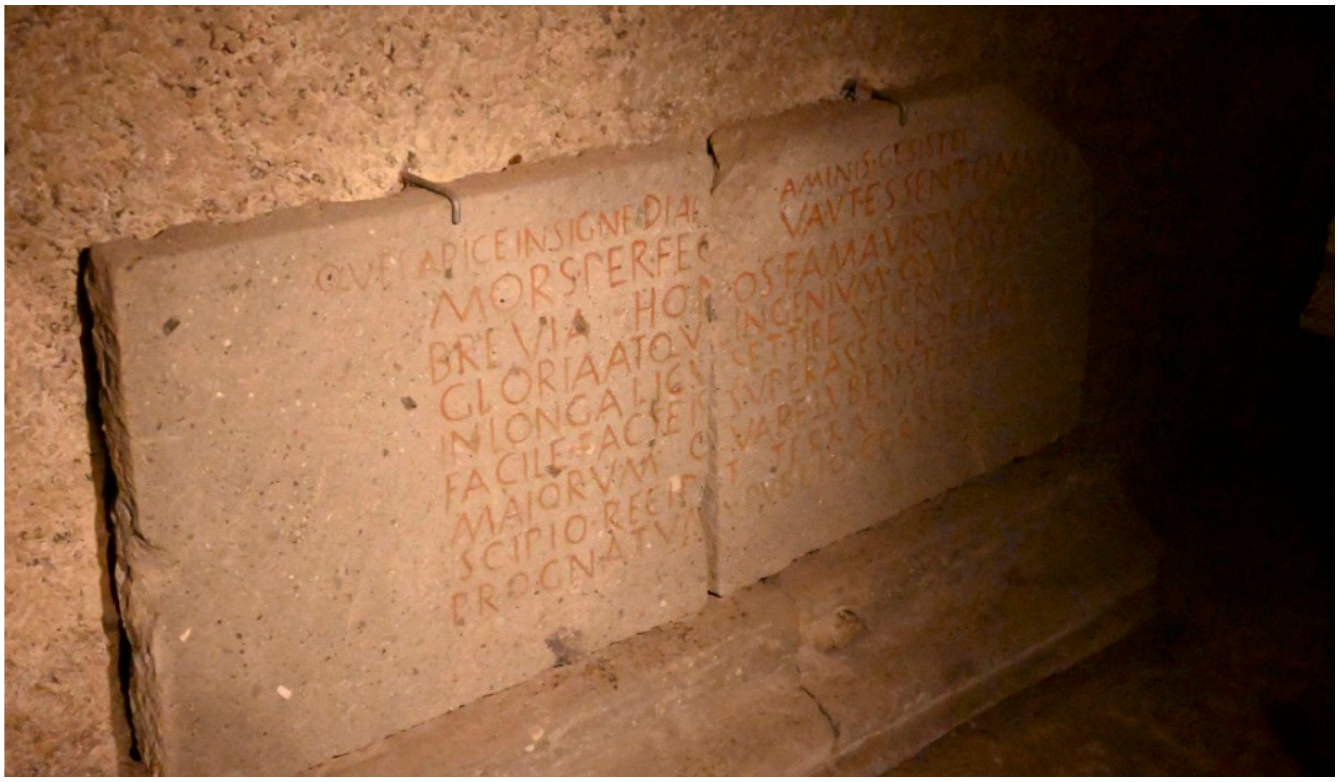


Fig. 166 – Particolare del peperino utilizzato per le lastre funerarie e del tufo retrostante nel Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 166 – Detail of peperino used for the funerary slabs and of the underlying tuff in the Tomb of the Scipios.

Fig. 167 – Particolare dei laterizi, dell'intonaco e della pittura parietale presente nel Colombario del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 167 – Detail of bricks, plaster, and wall painting in the Columbarium of the Tomb of the Scipios complex.

Fig. 168 – Particolare della pittura parietale e dell'intonaco esterno presente nel Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 168 – Detail of wall painting and exterior plaster in the Tomb of the Scipios.

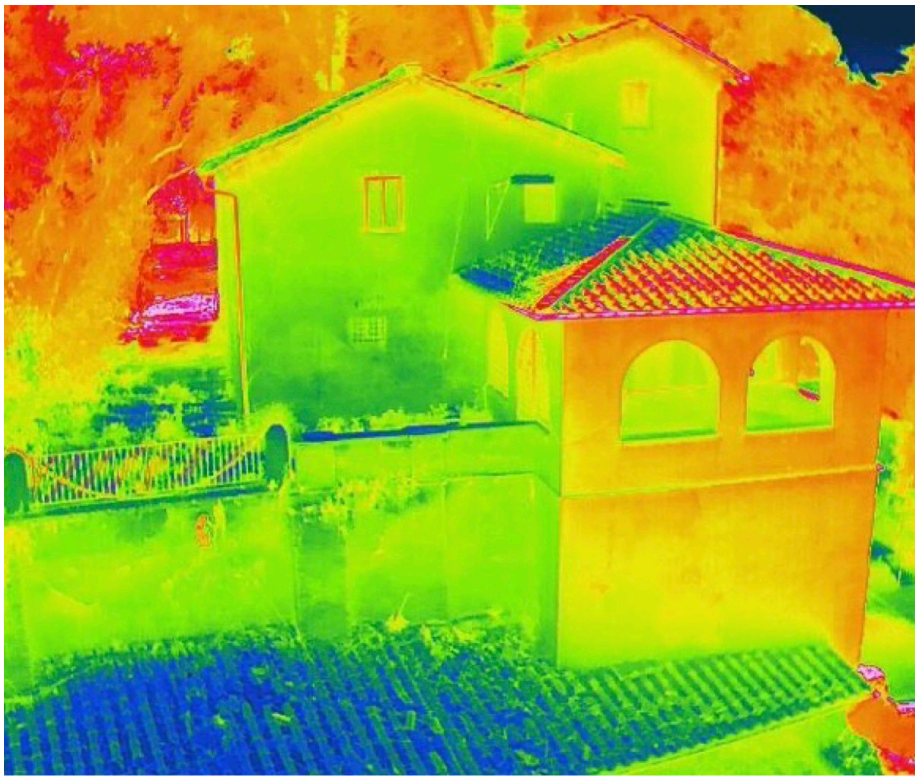


Fig. 169 – Immagine termografica della facciata esterna rivolta a nord del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 169 – Thermographic image of the north-facing exterior façade of the Tomb of the Scipios complex.

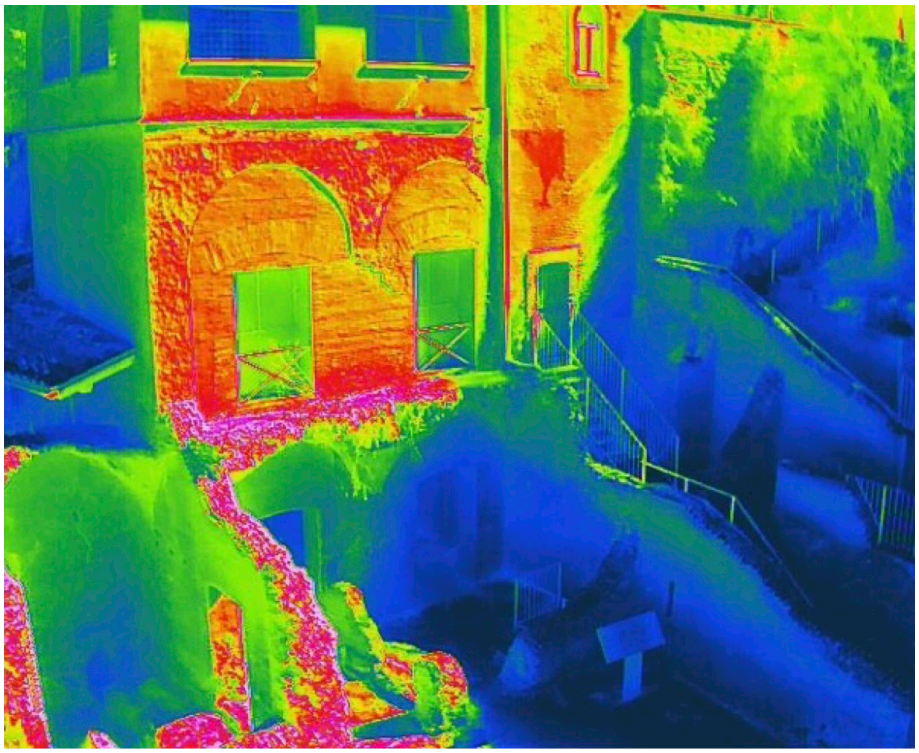


Fig. 170 – Immagine termografica della facciata esterna rivolta a ovest del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 170 – Thermographic image of the west-facing exterior façade of the Tomb of the Scipios complex.

PARTE 3
ATTIVITÀ SVOLTE A ROMA

PART 3 – Activities carried out in Rome

Capitolo 14
Dalla nuvola di punti al modello informativo

CHAPTER 14 - From point cloud to information model

14.1 Operazione interpretativa

Il passaggio dalla nuvola di punti al modello informativo HBIM costituisce uno dei momenti più delicati, complessi e concettualmente rilevanti dell'intero progetto. Non si tratta, infatti, di una semplice traduzione automatica di dati geometrici in oggetti tridimensionali, ma di una vera e propria operazione interpretativa, nella quale il dato grezzo viene selezionato, filtrato, compreso e trasformato in un sistema semantico strutturato (Fig. 171). In questo processo si compie il passaggio fondamentale dalla dimensione puramente metrica del rilievo a quella conoscitiva del modello informativo, passando per applicativi di modellazione avanzata, che consentono la definizione delle forme così come queste sono nella realtà.

La nuvola di punti, per sua natura, rappresenta una restituzione oggettiva e neutra della realtà fisica dell'edificio al momento dell'acquisizione. Essa è composta da milioni di coordinate spaziali prive, di per sé, di qualunque significato architettonico. Non esistono, nella nuvola, muri, volte, pilastri o nicchie: esistono solo punti. Il compito della procedura HBIM è quello di riconoscere, all'interno di questa massa di dati, le forme architettoniche, interpretarle alla luce delle conoscenze storiche e costruttive e ricondurle a entità leggibili e interrogabili all'interno di un modello strutturato (Fig. 172). In questo senso, la modellazione HBIM si configura come un atto critico oltre che tecnico.

14.1 Interpretative Operation

Transition from the point cloud to the HBIM information model represents one of the most delicate, complex, and conceptually significant phases of the entire project. It is not a simple automatic translation of geometric data into three-dimensional objects, but a true interpretative operation in which raw data are selected, filtered, understood, and transformed into a structured semantic system (Fig. 171). This process marks the fundamental passage from the purely metric dimension of the survey to the knowledge-based dimension of the information model, using advanced modeling applications that allow the definition of forms exactly as they exist in reality.

The point cloud, by its nature, provides an objective and neutral representation of the *building*'s physical reality at the time of acquisition. It consists of millions of spatial

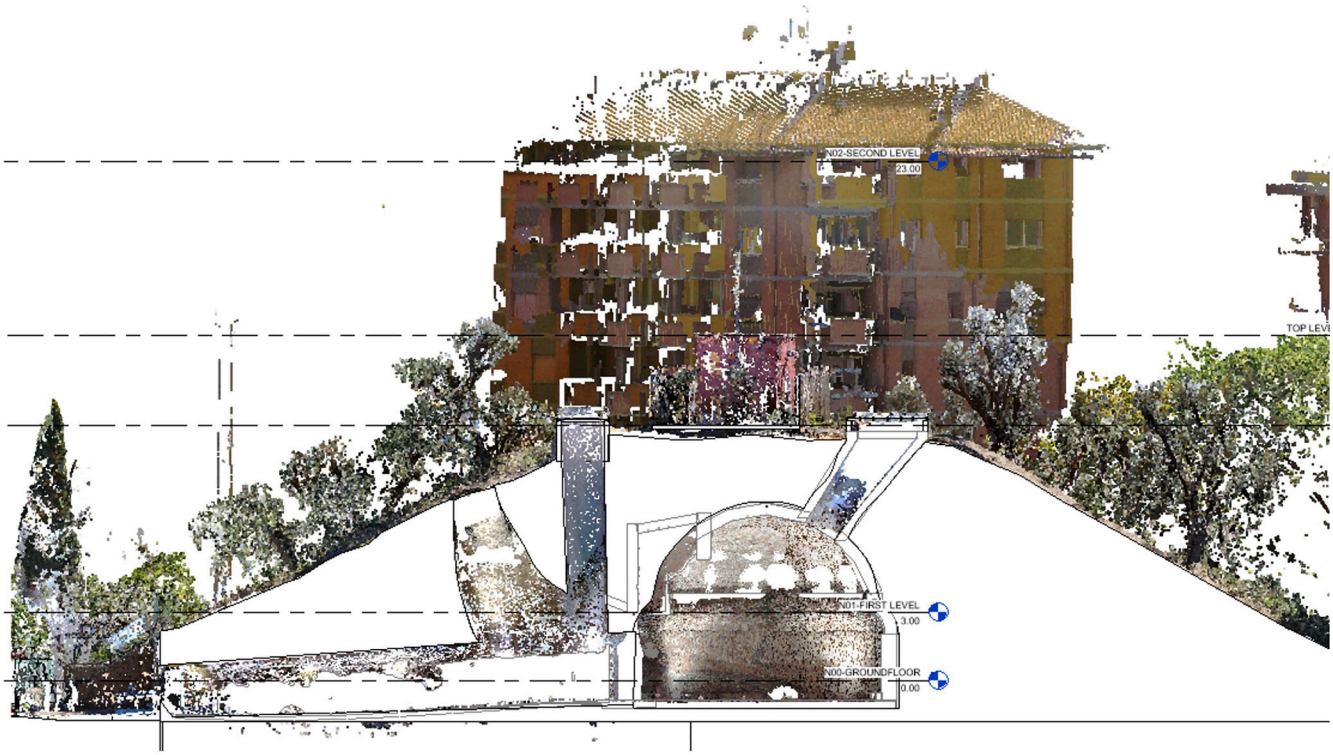


Fig. 171 – Operazione interpretativa, nella quale il dato grezzo del Mausoleo di Monte del Grano viene selezionato, filtrato, compreso e trasformato in un sistema semantico strutturato.

Fig. 171 – Interpretative process in which the raw data of the Mausoleo di Monte del Grano is selected, filtered, understood, and transformed into a structured semantic system.

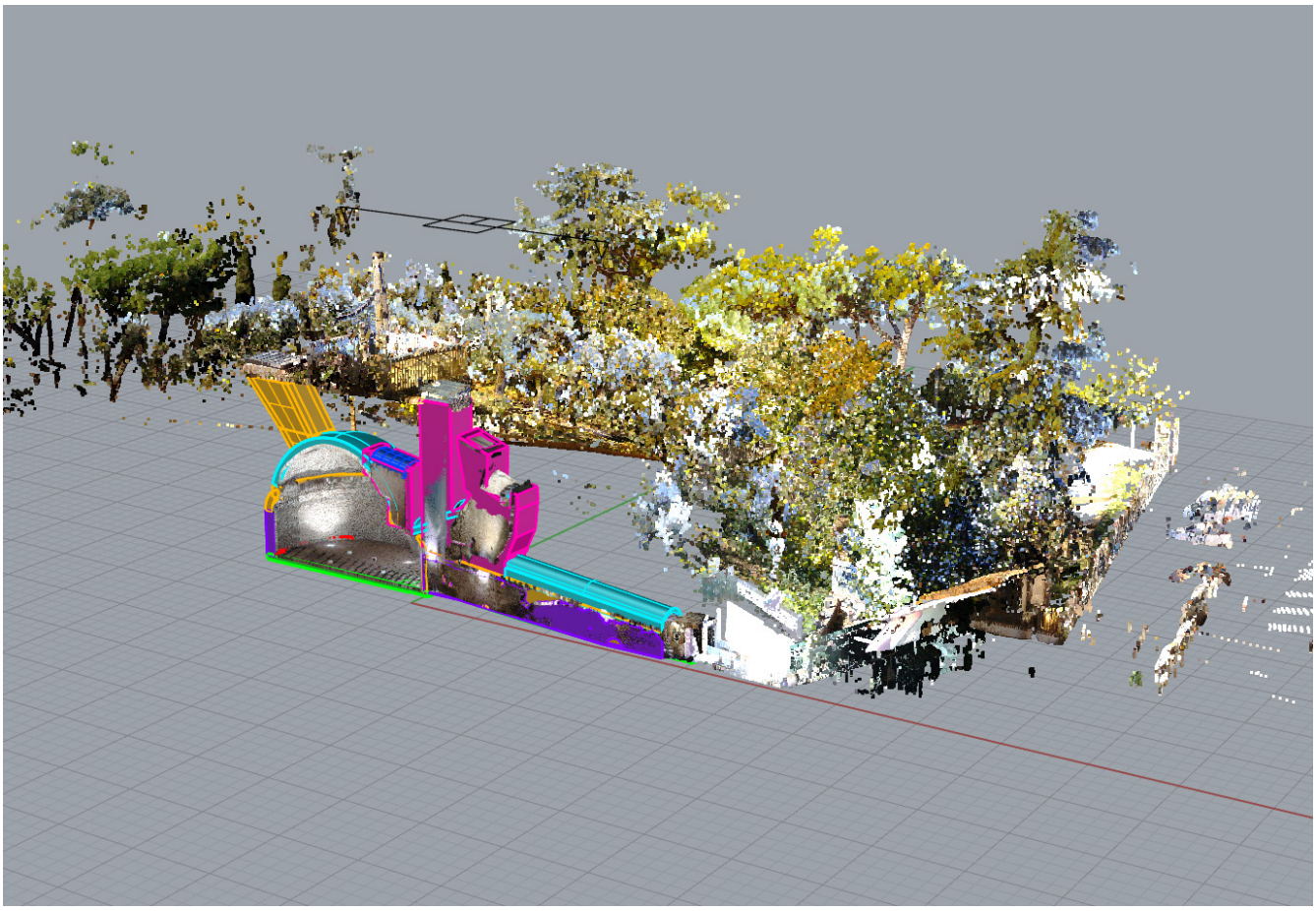


Fig. 172 – Il compito della procedura HBIM è quello di riconoscere, all'interno della massa di dati del Mausoleo di Monte del grano le forme architettoniche, interpretarle alla luce delle conoscenze storiche e costruttive e ricondurle a entità leggibili e interrogabili all'interno di un modello strutturato.

Fig. 172 – The task of the HBIM procedure is to recognize, within the data mass of the Mausoleo di Monte del Grano, the architectural forms, interpret them considering historical and construction knowledge, and translate them into readable and queryable entities within a structured model.

Per ciascun elemento architettonico, murature, volte, nicchie, pilastri, pavimentazioni, elementi lapidei, apparati decorativi, è costruito un oggetto parametrico dotato non solo di una forma tridimensionale, ma anche di un insieme articolato di attributi informativi (Fig. 173). Ogni oggetto non rappresenta semplicemente un volume nello spazio, ma una vera e propria unità di conoscenza alla quale sono associate informazioni di carattere storico, materico, cronologico, diagnostico e gestionale.

Questo processo richiede un continuo e serrato confronto tra il dato di rilievo, le fonti storiche, le interpretazioni archeologiche e le osservazioni dirette sul campo. In molti casi, infatti, la geometria reale rilevata si discosta in modo significativo dalle geometrie ideali desumibili dalla trattatistica o dalle ipotesi interpretative precedenti. Tali discrepanze non sono considerate come semplici "errori" da correggere, ma come veri e propri indizi conoscitivi, capaci di fornire informazioni preziose sulle fasi costruttive, sui cedimenti strutturali, sulle deformazioni progressive e sulle trasformazioni subite dai monumenti nel corso del tempo.

coordinates that, in themselves, carry no architectural meaning. In the cloud there are no walls, vaults, pillars, or niches—only points. The task of the HBIM procedure is to recognize architectural forms within this mass of data, interpret them through historical and construction knowledge, and translate them into readable and queryable entities within a structured model (Fig. 172). In this sense, HBIM modeling is both a technical and critical act.

For each architectural element—walls, vaults, niches, pillars, floors, stone components, decorative features—a parametric object is created, endowed not only with a three-dimensional form but also with a structured *set* of informational attributes (Fig. 173). Each object does not merely represent

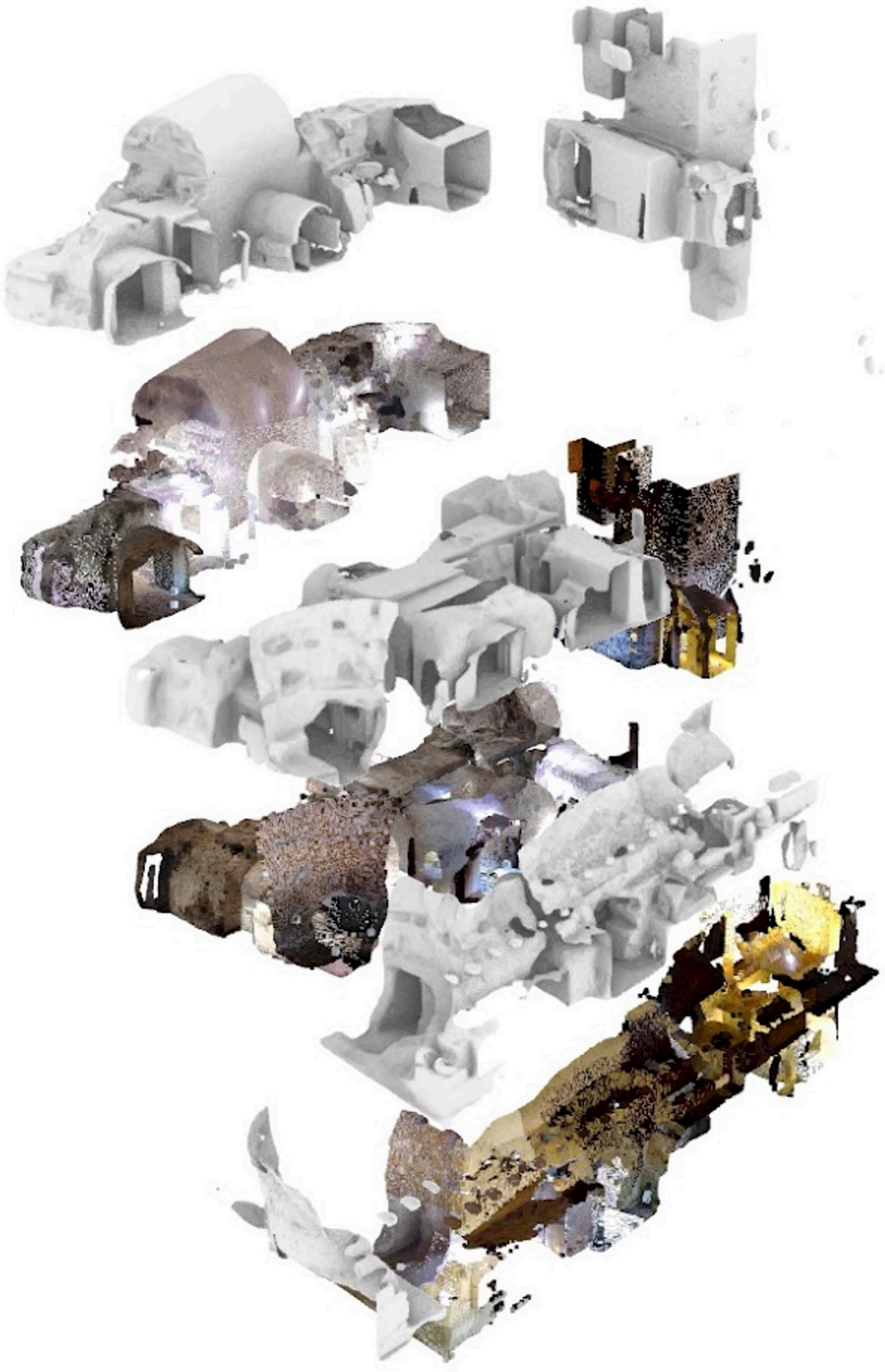


Fig. 173 – Per ciascun elemento architettonico del Sepolcro degli Scipioni è costruito un oggetto parametrico dotato non solo di una forma tridimensionale, ma anche di un insieme articolato di attributi informativi.

Fig. 173 – For each architectural element of the Tomb of the Scipios, a parametric object is created, defined not only by its three-dimensional form but also by a structured set of informational attributes.

14.2 Segmentazione della nuvola e il riconoscimento degli elementi

Un primo passaggio operativo consiste nella segmentazione della nuvola di punti, ovvero nella sua suddivisione in porzioni omogenee riconducibili a specifiche parti architettoniche. Questo processo, che può essere assistito da strumenti semi-automatici, ma richiede sempre un intenso controllo manuale, permette di isolare le superfici murarie, le volte, i solai, le nicchie, i setti e gli elementi strutturali principali.

Nel caso dei complessi funerari analizzati, caratterizzati da grande irregolarità delle superfici e da geometrie spesso non riconducibili a forme canoniche, la segmentazione rappresenta una sfida particolarmente complessa (Fig. 174). Le superfici in tufo, ad esempio, presentano ondulazioni, erosioni e lacune che rendono difficile l'individuazione di piani regolari. Viene richiesto un continuo esercizio di interpretazione critica, distinguendo ciò che appartiene alla geometria originaria da ciò che è il risultato di fenomeni degradativi o di interventi successivi (Fig. 175).

Una volta riconosciuti e isolati gli elementi architettonici all'interno della nuvola, si procede alla loro traduzione in oggetti parametrici all'interno dell'ambiente HBIM. Ogni elemento è modellato sulla base della geometria reale, evitando semplificazioni eccessive che potrebbero compromettere la fedeltà del modello (Fig. 176).

a volume in space; it becomes a true unit of knowledge to which historical, material, chronological, diagnostic, and management-related information is associated.

This process requires constant and rigorous comparison between survey data, historical sources, archaeological interpretations, and direct on-site observations. In many cases, the actual geometry differs significantly from the ideal geometries deducible from treatises or previous interpretative hypotheses. Such discrepancies are not treated as "errors" to be corrected but as valuable cognitive clues, offering essential insights into construction phases, structural settlements, progressive deformations, and transformations undergone by the monuments over time.

14.2 Point Cloud Segmentation and Element Recognition

An initial operational step consists of segmenting the point cloud, that is,

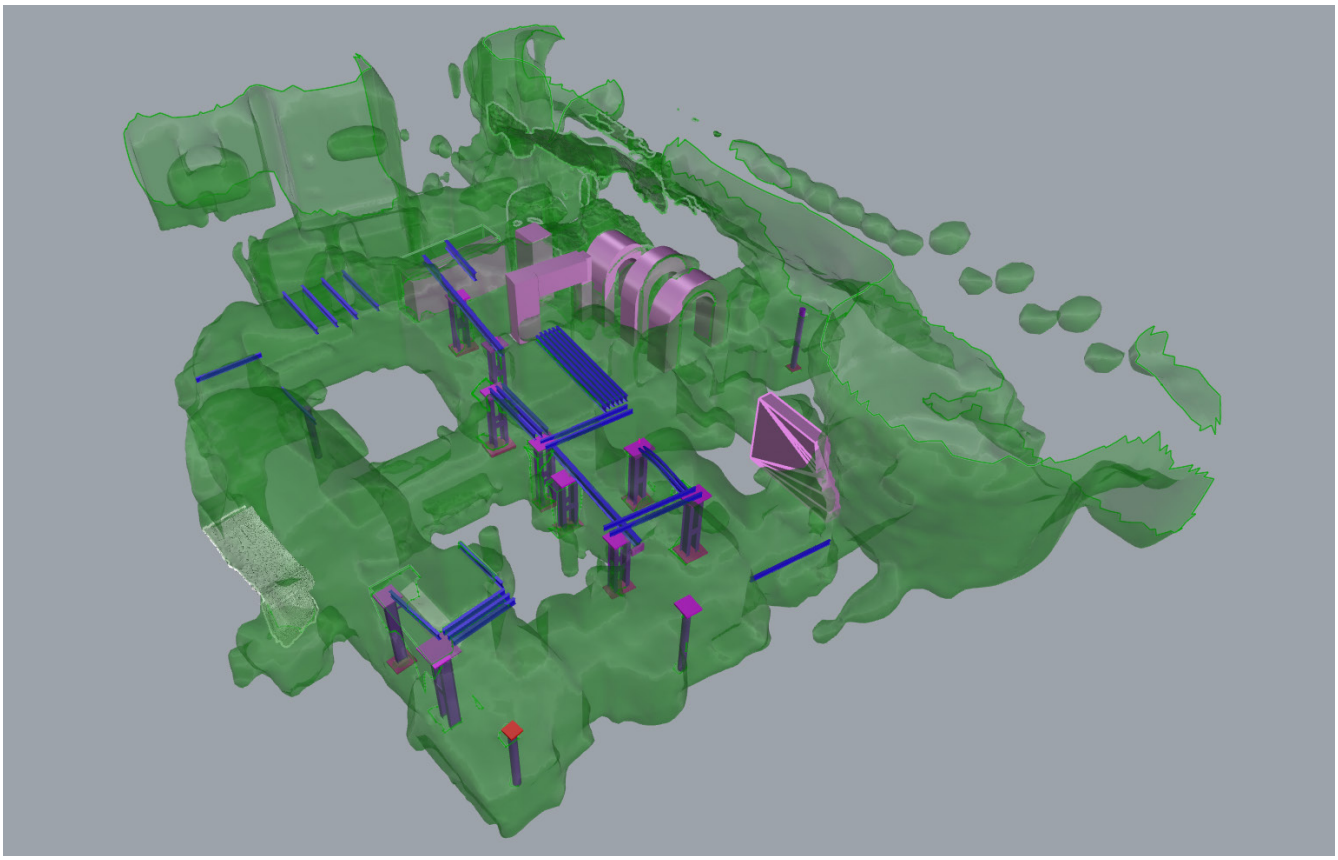


Fig. 174 – Nel caso dei complessi del Sepolcro degli Scipioni, caratterizzato da grande irregolarità delle superfici e da geometrie spesso non riconducibili a forme canoniche, la segmentazione rappresenta una sfida particolarmente complessa.

Fig. 174 – In the case of the Tomb of the Scipios complex, characterized by highly irregular surfaces and geometries that often do not correspond to canonical forms, segmentation represents a particularly complex challenge.

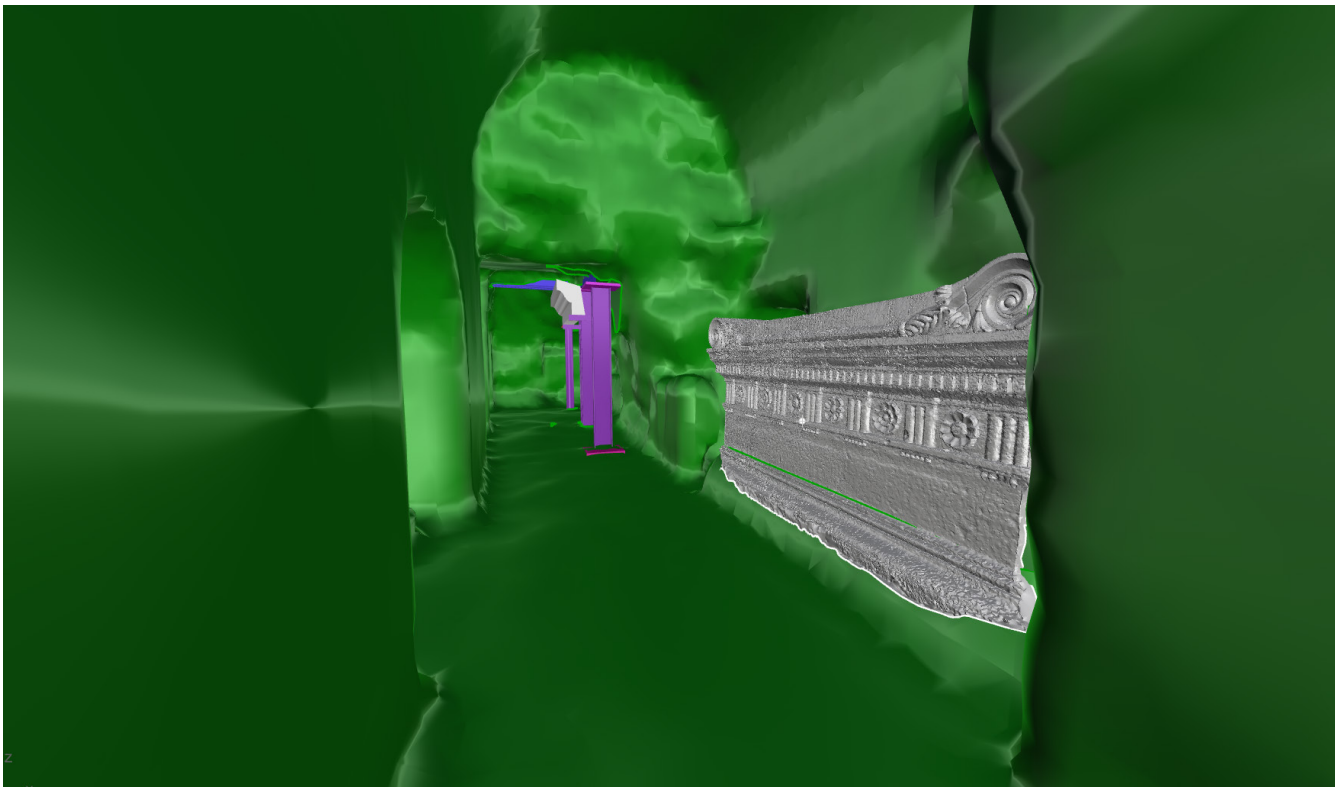


Fig. 175 – Viene richiesto un continuo esercizio di interpretazione critica, distinguendo ciò che appartiene alla geometria originaria da ciò che è il risultato di fenomeni degradativi o di interventi successivi.

Fig. 175 – A continuous exercise of critical interpretation is required, distinguishing what belongs to the original geometry from what is the result of degradation phenomena or later interventions.

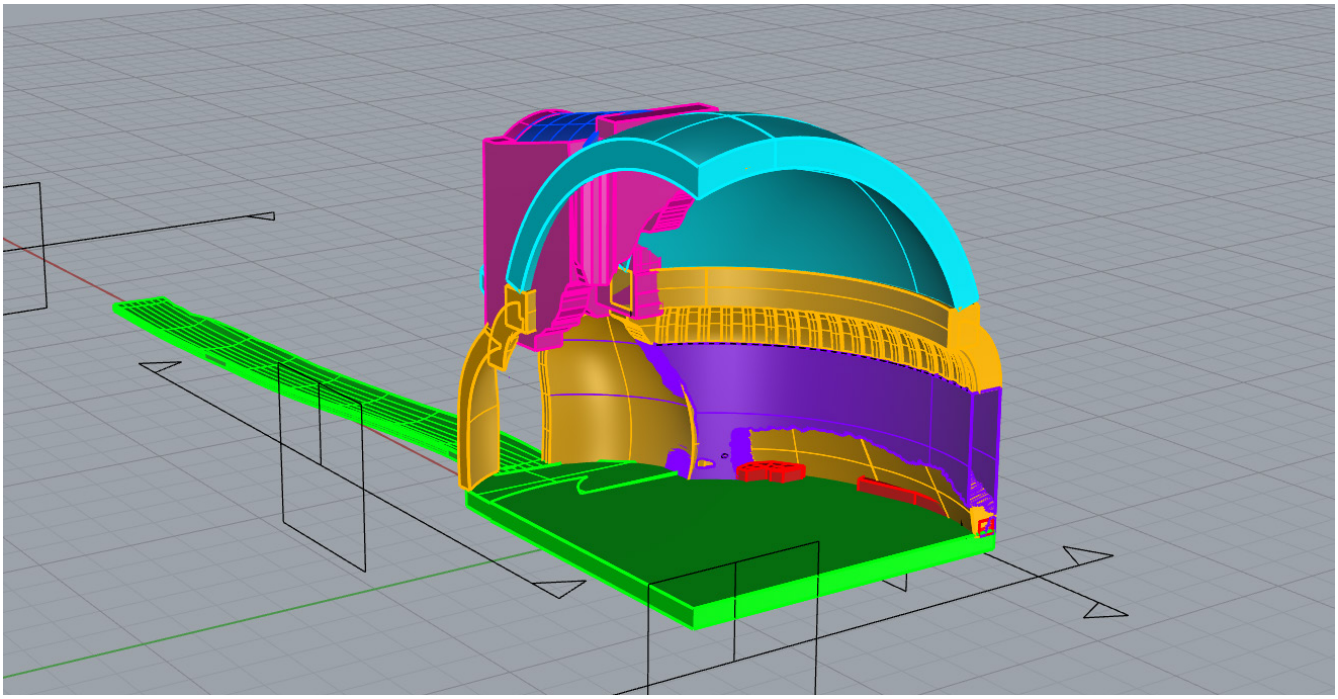


Fig. 176 – Ogni elemento del Mausoleo di Monte del Grano è modellato sulla base della geometria reale, evitando semplificazioni eccessive che potrebbero compromettere la fedeltà del modello.

Fig. 176 – Every element of the Mausoleum of Monte del Grano is modeled on the basis of its actual geometry, avoiding excessive simplifications that could compromise the fidelity of the model.

A differenza del BIM applicato all'edilizia contemporanea, in cui gli oggetti sono spesso standardizzati e ripetibili, nell'HBIM ogni oggetto tende a essere unico, poiché riflette la specificità storica e costruttiva del manufatto. Murature di spessore variabile, volte deformate, pilastri irregolari e superfici scavate direttamente nella roccia richiedono la creazione di famiglie personalizzate, spesso modellate a partire da profili estratti direttamente dalle sezioni della nuvola di punti (Fig. 177).

La parametricità non è intesa come rigidità formale, ma come possibilità di controllare e documentare le variabili geometriche e materiche dell'oggetto. Ogni muratura, ad esempio, è definita non solo nella sua sagoma tridimensionale, ma anche attraverso parametri relativi allo spessore medio, al tipo di apparecchio murario, al materiale costitutivo, alla cronologia presunta e allo stato di conservazione.

dividing it into homogeneous portions attributable to specific architectural components. This process, which may be supported by semi-automatic tools but always requires intensive manual control, makes it possible to isolate wall surfaces, vaults, floors, niches, partitions, and the main structural elements.

In the case of the analyzed funerary complexes, characterized by highly irregular surfaces and geometries often not reducible to canonical forms, segmentation represents a particularly complex

Fig. 177 – Murature di spessore variabile, volte deformate, pilastri irregolari e superfici scavate direttamente nella roccia richiedono la creazione di famiglie personalizzate, spesso modellate a partire da profili estratti direttamente dalle sezioni della nuvola di punti.

Fig. 177 – Masonry of varying thickness, deformed vaults, irregular pillars, and surfaces carved directly into the rock require the creation of customized families, often modeled from profiles extracted directly from sections of the point cloud.

14.3 Integrazione delle informazioni storiche e archeologiche

Una delle potenzialità più significative del modello HBIM risiede nella possibilità di integrare in modo strutturato le informazioni storiche e archeologiche all'interno degli oggetti tridimensionali. Attraverso il *Visual Programming Language* (VPL) è possibile integrare la storia del monumento, che non rimane confinata in schede descrittive o testi separati, ma diventa parte integrante del modello stesso (Fig. 178).

Per ciascun elemento architettonico sono inserite informazioni relative alla fase costruttiva di appartenenza, alla tecnica esecutiva, agli interventi di restauro subiti e alle eventuali trasformazioni d'uso. Nel caso del complesso del Sepolcro degli Scipioni, ad esempio, è possibile distinguere nel modello le parti attribuibili alla fase repubblicana, quelle di età imperiale e quelle relative agli adattamenti moderni, rendendo visibile in forma tridimensionale la complessa stratificazione temporale del complesso (Fig. 179).

Nel Mausoleo di Monte del Grano, la comparazione tra nuvola di punti e fonti storiche consente di avanzare nuove ipotesi interpretative sulle modalità di accesso originarie e sulle trasformazioni dovute agli scavi moderni. Le discrepanze tra la geometria rilevata e le ricostruzioni storiche precedenti sono registrate come dati interpretativi all'interno del modello, accompagnate da livelli di attendibilità differenti.

challenge (Fig. 174). Tuff surfaces, for example, exhibit undulations, erosion, and *gaps* that complicate the identification of regular planes. A continuous exercise of critical interpretation is therefore required, distinguishing what belongs to the original geometry from what results from degradation phenomena or subsequent interventions (Fig. 175).

Once the architectural elements within the point cloud have been recognized and isolated, they are translated into parametric objects within the HBIM environment. Each element is modeled on the basis of its actual geometry, avoiding excessive simplifications that could compromise the model's fidelity (Fig. 176).

Unlike BIM applied to contemporary construction, where objects are often standardized and repeatable, in HBIM each object tends to be unique, as it reflects the historical and constructive specificity of the *building*. Walls of variable thickness, deformed vaults, irregular pillars, and

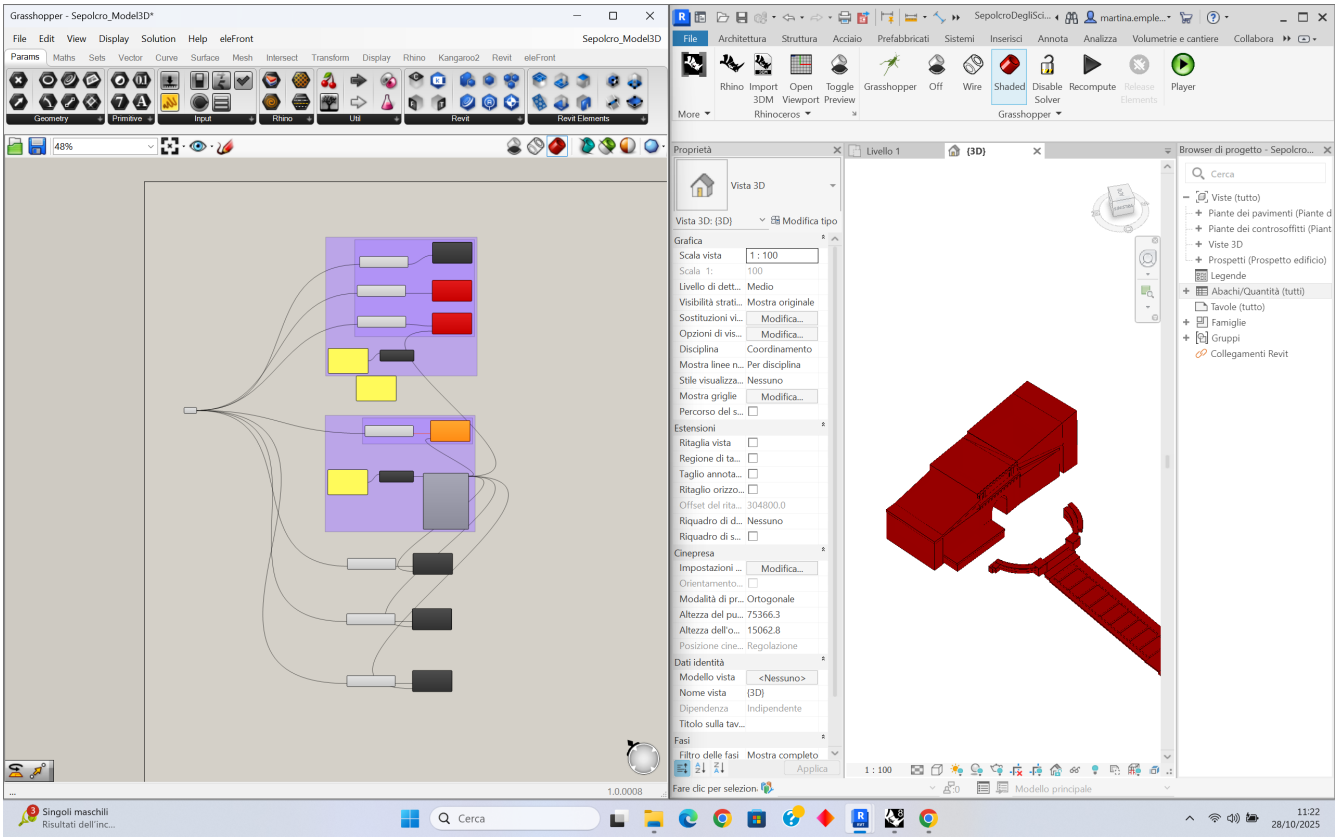


Fig. 178 – Attraverso il VPL, nel modello del complesso del Sepolcro degli Scipioni, è possibile integrare informazioni di diversa natura al modello 3D parametrico.

Fig. 178 – Through VPL, it is possible to integrate different types of information into the parametric 3D model of the Tomb of the Scipios complex.

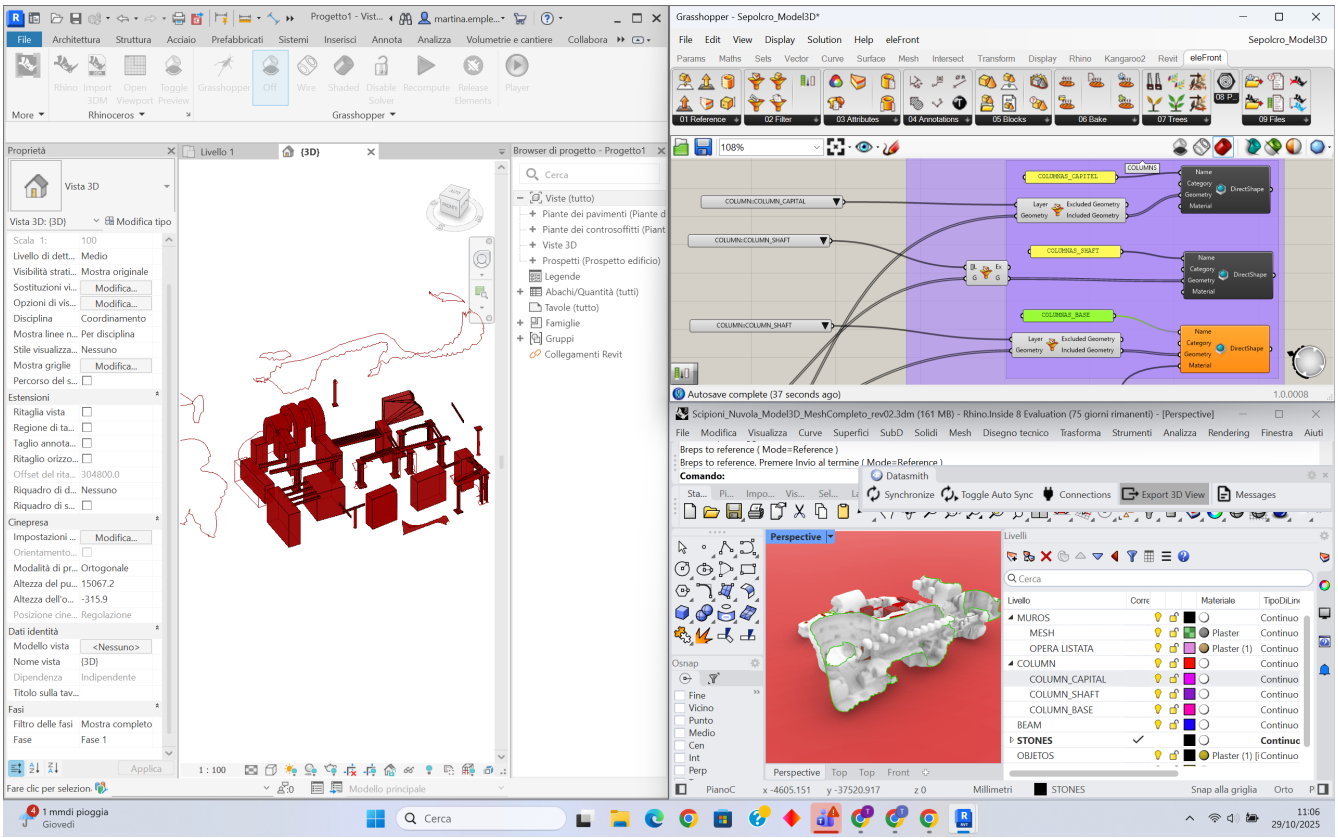


Fig. 179 – Attraverso il VPL, nel modello del complesso del Sepolcro degli Scipioni, è possibile integrare informazioni di diversa natura al modello 3D parametrico.

Fig. 179 – Through VPL, it is possible to integrate different types of information into the parametric 3D model of the Tomb of the Scipios complex.

Uno degli aspetti più delicati della modellazione HBIM in ambito archeologico riguarda la gestione delle incertezze. A differenza dell'edilizia contemporanea, dove il progetto è definito in modo univoco, nel patrimonio archeologico molte parti risultano lacunose, crollate o solo ipoteticamente ricostruibili. Il modello non può dunque limitarsi a rappresentare ciò che è certo, ma deve anche essere in grado di registrare ciò che è ipotizzato, distinguendo chiaramente i diversi livelli di attendibilità.

Nel progetto, le parti ricostruite per ipotesi sono state modellate con criteri distintivi rispetto alle parti rilevate direttamente. A ciascun oggetto è stato associato un parametro relativo al grado di affidabilità, che consente all'utente di distinguere immediatamente tra elementi certi, probabili e ipotetici. Questo approccio garantisce la trasparenza scientifica del modello e lo rende uno strumento non dogmatico, ma aperto a futuri aggiornamenti e revisioni interpretative.

14.4 Il modello HBIM come sistema aperto e dinamico

Il modello informativo non è concepito come un prodotto concluso, ma come un sistema aperto e dinamico, suscettibile di essere aggiornato nel tempo con nuovi dati, nuove interpretazioni e nuovi risultati diagnostici (Fig. 180). A differenza dei modelli tridimensionali statici,

surfaces carved directly into the rock require the creation of customized families, often modeled from profiles extracted directly from point cloud sections (Fig. 177).

Parametricity is not conceived as formal rigidity, but rather as the ability to control and document the geometric and material variables of the object. Each wall, for example, is defined not only by its three-dimensional shape, but also through parameters related to average thickness, masonry typology, constituent material, presumed chronology, and state of conservation.

14.3 Integration of Historical and Archaeological Information

One of the most significant potentials of HBIM model lies in its ability to structurally integrate historical and archaeological information within the three-dimensional objects. Through the use of a *Visual Programming Language* (VPL), it becomes

l'HBIM consente di integrare progressivamente ulteriori informazioni, come i dati di monitoraggio strutturale, le analisi microclimatiche o i risultati di future campagne di scavo.

In questa prospettiva, il modello diventa non solo uno strumento di documentazione dello stato attuale, ma una piattaforma per la gestione futura del bene. Ogni intervento, ogni modifica, ogni nuova scoperta può essere registrata e storicizzata all'interno del sistema, costruendo nel tempo una vera e propria biografia digitale del monumento.

possible to incorporate the monument's history directly into the model—no longer confined to separate descriptive sheets or external texts, but embedded as an integral part of the digital system (Fig. 178).

For each architectural element, information is included regarding its construction phase, *building* technique, restoration

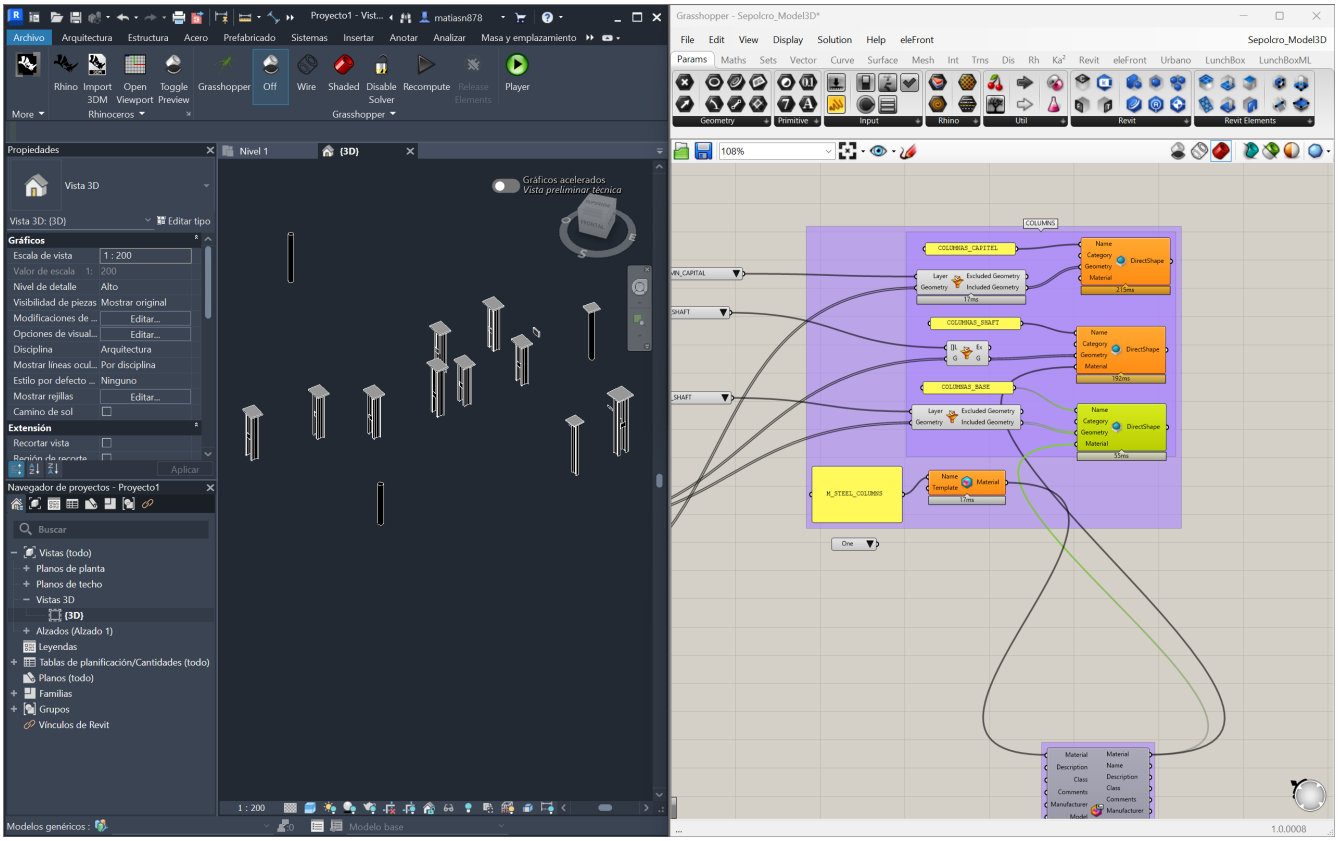


Fig. 180 – Il modello informativo non è concepito come un prodotto concluso, ma come un sistema aperto e dinamico, suscettibile di essere aggiornato nel tempo con nuovi dati, nuove interpretazioni e nuovi risultati diagnostici, come nel caso del sistema strutturale di pilastri realizzati per il Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 180 – Information model is not conceived as a finished product, but as an open and dynamic system, capable of being updated over time with new data, new interpretations, and new diagnostic results, as in the case of the structural system of pillars built for the Tomb of the Scipios.

interventions, and any functional transformations. In the case of the Tomb of the Scipios, for example, the model makes it possible to distinguish components attributable to the Republican phase, those from the Imperial period, and those resulting from modern adaptations—thus visualizing the complex temporal stratification of the site in three-dimensional form (Fig. 179).

For the Mausoleum of Monte del Grano, the comparison between the point cloud and historical sources makes it possible to propose new interpretative hypotheses concerning the original access configuration and the transformations caused by modern excavations. Discrepancies between the surveyed geometry and earlier historical reconstructions are recorded in the model as interpretative data, each accompanied by a specified degree of reliability. One of the most delicate aspects of HBIM modeling in archaeological contexts concerns the management of uncertainty. Unlike contemporary architecture—where the design is unambiguous—archaeological heritage often includes missing portions, collapsed structures, or elements that can be reconstructed only hypothetically. The model must therefore not only represent what is certain, but also record what is hypothetical, clearly distinguishing between different levels of confidence.

In this project, the parts reconstructed hypothetically were modeled using distinctive criteria compared to those surveyed directly. Each object is associated with a parameter indicating its degree of reliability, enabling users to distinguish immediately between certain, plausible, and hypothetical elements. This approach ensures the scientific transparency of the model and makes it a non-dogmatic tool—open to future updates and interpretative revisions.

14.4 The HBIM Model as an Open and Dynamic System

Information model is not conceived as a finished product, but as an open and dynamic system, capable of being updated over time with new data, new interpretations, and new diagnostic results (Fig. 180). Unlike static three-dimensional models, HBIM allows the progressive integration of additional information, such as structural-monitoring data, microclimatic analyses, or the results of future excavation campaigns.

From this perspective, the model becomes not only a tool for documenting the current state but also a platform for the future management of the site. Every intervention, every modification, and every new discovery can be recorded and historicized within the system, gradually *building* a true digital biography of the monument.

PARTE 3
ATTIVITÀ SVOLTE A ROMA

PART 3 – Activities carried out in Rome

Capitolo 15
Modello HBIM come dispositivo stratigrafico digitale

CHAPTER 15 - HBIM model as a digital stratigraphic device

15.1 Dispositivo stratigrafico digitale

Uno dei contributi scientifici più rilevanti emersi dal progetto consiste nell'aver interpretato e utilizzato il modello HBIM non soltanto come strumento di rappresentazione tridimensionale e di gestione informativa, ma come vero e proprio dispositivo stratigrafico digitale. In questo senso, l'HBIM ha superato la sua funzione tradizionale di supporto al progetto e alla documentazione per assumere un ruolo attivo nell'analisi storica e archeologica dell'architettura. Il modello non restituisce infatti un'immagine statica e univoca dell'edificio, ma consente di visualizzare, interrogare e confrontare le sue diverse fasi costruttive e trasformative attraverso filtri temporali, *layer* tematici e parametri cronologici (Fig. 181, 182).

Il concetto di stratigrafia, centrale nella disciplina archeologica, trova così una nuova declinazione in ambiente digitale. Se nella pratica tradizionale la lettura stratigrafica si basa sull'osservazione diretta delle murature, delle cuciture, dei materiali e delle tecniche costruttive, nel modello HBIM essa viene tradotta in un sistema informativo multilivello, nel quale ogni oggetto architettonico è associato a una specifica fase storica e a una serie di metadati interpretativi. Il risultato non è una semplice sovrapposizione di dati, ma una struttura complessa in cui il tempo diventa una vera e propria dimensione navigabile del modello.

L'introduzione della dimensione temporale all'interno del modello HBIM richiede un cambio di prospettiva rispetto alla modellazione tradizionale. Invece di costruire un unico modello riferito allo stato attuale del bene, si sceglie di articolare il modello come un sistema in cui coesistono più stati temporali, ciascuno associato a specifiche fasi costruttive, trasformazioni d'uso e interventi di restauro. A ogni oggetto è attribuito un parametro cronologico, che consente di attivarne o disattivarne la visualizzazione in funzione della fase storica selezionata (Fig. 183).

Questo approccio rende possibile la costruzione di vere e proprie "sezioni temporali" del monumento, attraverso le quali l'utente può osservare l'evoluzione dell'architettura lungo l'arco dei secoli (Fig. 184). La stratificazione, che nella realtà fisica è spesso sovrapposta e difficilmente leggibile in modo immediato, viene così scomposta digitalmente e resa intellegibile attraverso un processo di astrazione controllata.

15.1 Digital stratigraphic device

One of the most significant scientific contributions to emerge from the project lies in the interpretation and use of the HBIM model not only as a tool for three-dimensional representation and information management, but as a true digital stratigraphic device. In this sense, HBIM moves beyond its traditional function as a support for design and documentation to assume an active role in the historical and archaeological analysis of architecture.

The model does not provide a static and univocal image of the *building*; instead, it allows users to visualize, query, and compare its different construction and transformation phases through temporal filters, thematic layers, and chronological parameters (Figs. 181, 182).

The concept of stratigraphy—central within archaeological practice—thus finds a new application in the digital environment. Whereas traditional stratigraphic reading is based on the direct observation of masonry, joints, materials, and construction techniques, in the HBIM model it is translated into a multilayered informational system in which every architectural object is associated with a specific historical phase and a *set* of interpretative metadata. The outcome is not a simple overlap of data, but a complex structure in which time becomes a navigable dimension of the model.

Introducing the temporal dimension into the HBIM model requires a shift in perspective compared to traditional modeling.

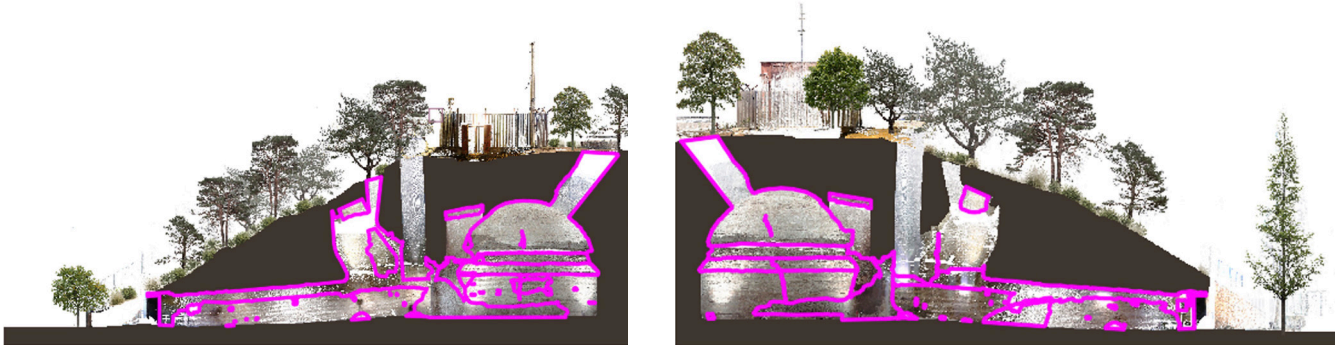


Fig. 181 – Layer tematici e parametri cronologici: individuazione delle aree materiche, Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 181 – Thematic layers and chronological parameters: identification of material areas, Mausoleum of Monte del Grano.

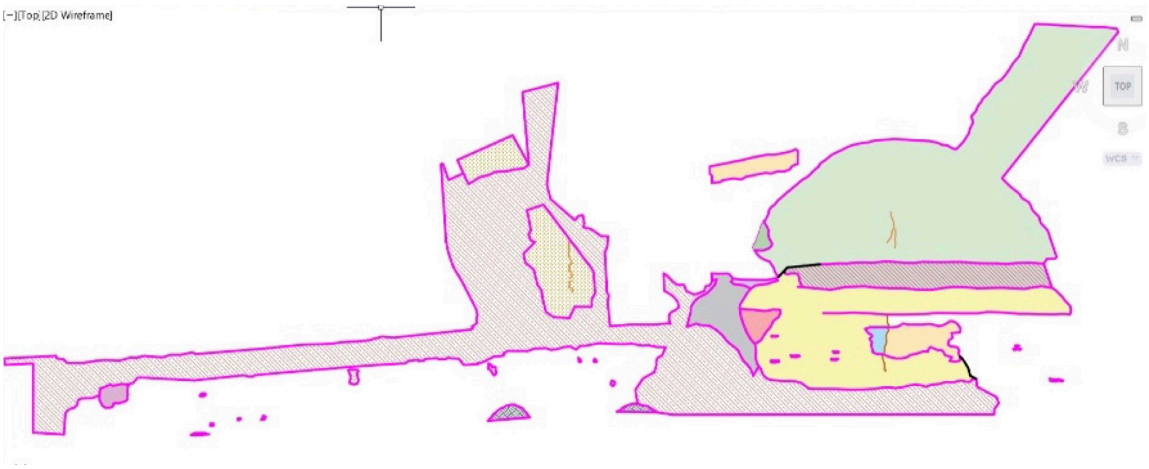


Fig. 182 – Layer tematici e parametri cronologici: dettaglio dell'individuazione delle aree materiche, Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 182 – Thematic layers and chronological parameters: detail of the identification of material areas, Mausoleum of Monte del Grano.

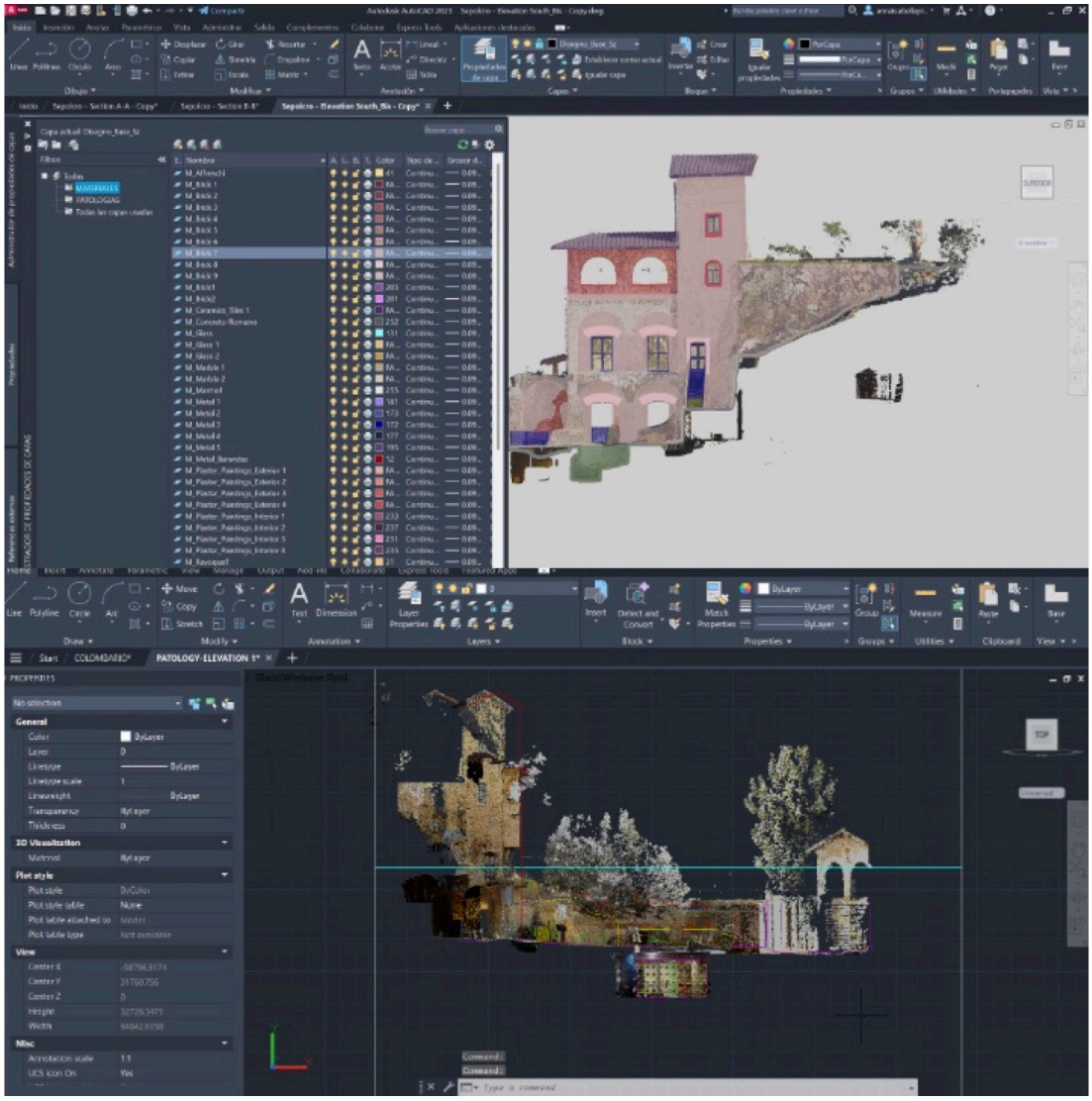


Fig. 183 – Layer tematici e parametri cronologici: attivazione e disattivazione della selezione temporale, complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 183 – Thematic layers and chronological parameters: activation and deactivation of temporal selection, Tomb of the Scipios complex.

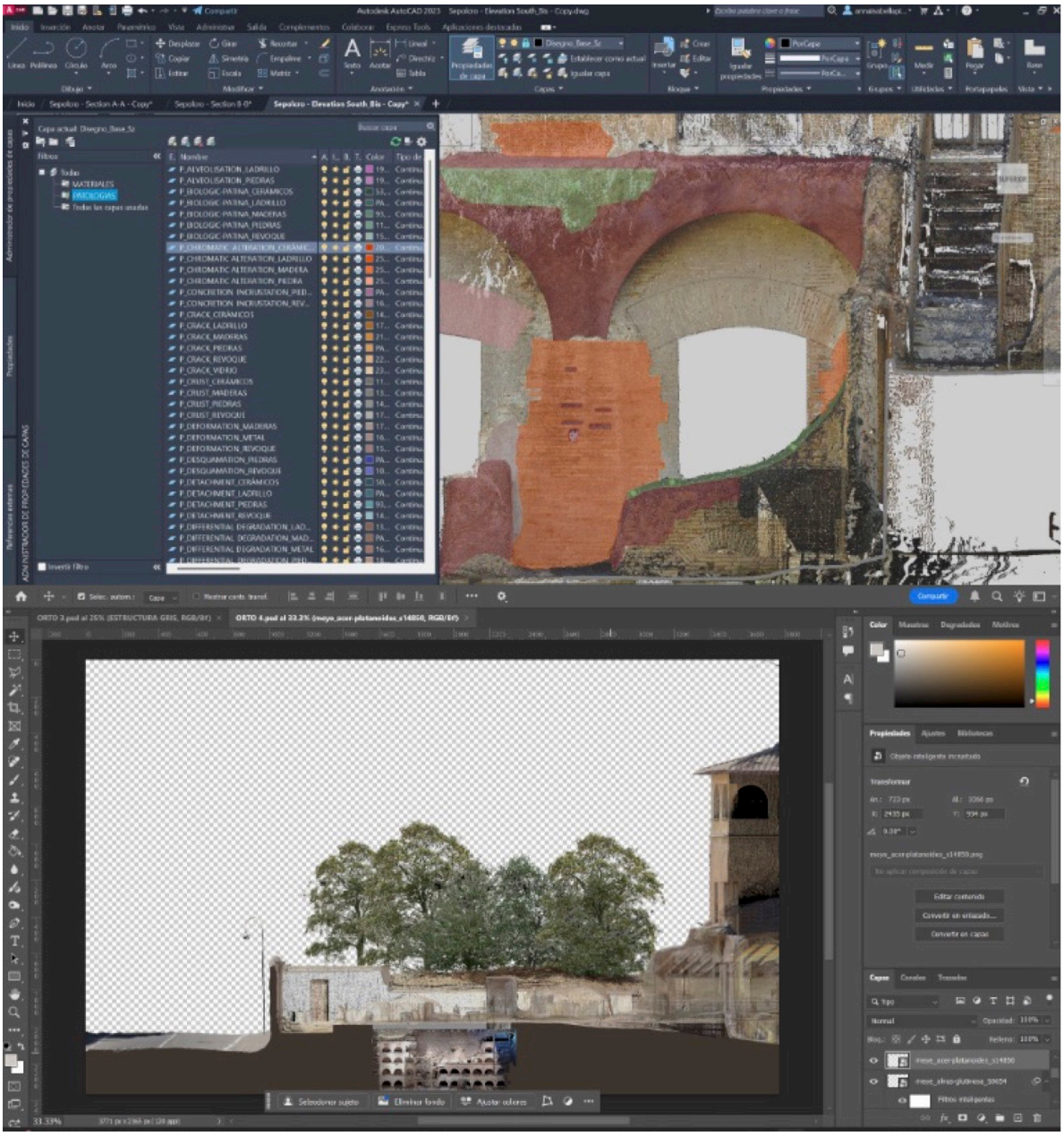


Fig. 184 – Layer tematici e parametri cronologici: evoluzione dell'architettura lungo l'arco del tempo, complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 184 – Thematic layers and chronological parameters: architectural evolution over time, Tomb of the Scipios complex.

15.2 Sepolcro degli Scipioni: la lettura digitale del palinsesto archeologico

Nel caso del Sepolcro e Colombario degli Scipioni, il modello HBIM permette di restituire con particolare efficacia la complessità stratigrafica del complesso, che si configura come un vero e proprio palinsesto archeologico. Il nucleo originario repubblicano, costituito dalle prime camere sepolcrali scavate nel tufo tra il III e il II secolo a.C., viene digitalmente isolato e distinto dalle successive aggiunte di età imperiale, nelle quali il complesso viene ampliato e adattato a nuove esigenze familiari e sociali.

Instead of creating a single model representing the current state of the heritage site, the model is structured as a system in which multiple temporal states coexist—each corresponding to specific construction phases, changes in use, and restoration interventions. Each object is assigned a chronological parameter that allows its visibility to be turned on or off depending on the selected historical phase (Fig. 183).

This approach makes it possible to construct true "temporal sections" of the

Attraverso i *layer* tematici e i filtri cronologici, è possibile visualizzare in modo selettivo le diverse fasi: la fase repubblicana, la fase imperiale, gli interventi di riuso in età tardoantica e medievale, fino alle trasformazioni moderne legate alla riscoperta antiquaria e alla musealizzazione. Questo processo consente non solo di chiarire i rapporti spaziali tra le varie porzioni del complesso, ma anche di evidenziare le logiche di crescita, adattamento e trasformazione che caratterizzano la lunga storia del monumento (Fig. 185, 186, 187, 188).

Uno degli aspetti più significativi è la possibilità di confrontare direttamente, all'interno dello stesso ambiente digitale, le interpretazioni stratigrafiche derivate dalle fonti storiche con i dati geometrici emersi dal rilievo tridimensionale. In alcuni casi, il modello conferma ipotesi consolidate; in altri, suggerisce nuove letture, soprattutto nei casi in cui le relazioni spaziali tra ambienti risultavano ambigue nella lettura tradizionale su elaborati bidimensionali.

monument, through which the user can observe the evolution of the architecture across the centuries (Fig. 184). Stratification—often overlapping in physical reality and difficult to read immediately—is thus digitally decomposed and made intelligible through a process of controlled abstraction.

15.2 Tomb of the Scipios: a digital reading of the archaeological palimpsest

In the case of the Tomb of the Scipios and its Columbarium, HBIM model makes it possible to effectively reconstruct the

Fig. 185 – Ortofoto che consente di leggere le trasformazioni che nel tempo hanno interessato il complesso del Sepolcro degli Scipioni. Sezione Nord-Sud.

Fig. 185 – Orthophoto illustrating the transformations that have affected the Tomb of the Scipios complex over time. North–South section.

Fig. 186 – Ortofoto che consente di leggere le trasformazioni che nel tempo hanno interessato il complesso del Sepolcro degli Scipioni. Sezione Est-Ovest.

Fig. 186 – Orthophoto illustrating the transformations that have affected the Tomb of the Scipios complex over time. East–West section.

Fig. 187 – Ortofoto che consente di leggere le trasformazioni che nel tempo hanno interessato il complesso del Sepolcro degli Scipioni. Sezione Sud-Nord.

Fig. 187 – Orthophoto illustrating the transformations that have affected the Tomb of the Scipios complex over time. South–North section.

Fig. 188 – Ortofoto che consente di leggere le trasformazioni che nel tempo hanno interessato il complesso del Sepolcro degli Scipioni. Sezione Ovest-Est.

Fig. 188 – Orthophoto illustrating the transformations that have affected the Tomb of the Scipios complex over time. West–East section.

15.3 Mausoleo di Monte del Grano tra trasformazioni, scavi e riusi

Nel Mausoleo di Monte del Grano, la dimensione stratigrafica digitale assume connotazioni differenti, legate soprattutto alle trasformazioni dovute agli scavi archeologici, agli utilizzi impropri del monumento e ai processi di degrado che si sono succeduti nel tempo. A differenza del Sepolcro degli Scipioni, in cui la stratificazione è prevalentemente costruttiva, nel mausoleo la stratigrafia è fortemente influenzata dalle vicende di spoliazione, crollo e riuso.

Il modello HBIM consente di distinguere le parti riconducibili alla fase originaria romana dalle porzioni alterate o rimaneggiate in epoca moderna. Le interferenze tra lo scavo ottocentesco, gli ampliamenti impropri e le sistemazioni contemporanee sono mappate come fasi autonome, ciascuna con un proprio codice temporale. In questo modo è possibile rendere visibili, in forma tridimensionale, i segni materiali lasciati dalle diverse epoche di intervento.

Particolarmente significativa risulta la possibilità di confrontare lo stato attuale con le ricostruzioni ipotetiche desunte dalle fonti storiche e antiquarie. Attivando i *layer* relativi alle fasi ipotetiche, l'utente può visualizzare una possibile configurazione originaria del mausoleo, mettendola in relazione con le deformazioni e le lacune del presente (Fig. 189, 190, 191). Questo confronto diretto tra "ciò che era", "ciò che è" e "ciò che si ipotizza" costituisce uno dei punti di maggiore forza interpretativa del modello.

complex stratigraphy of the site, which constitutes a true archaeological palimpsest. The original Republican nucleus—formed by the earliest burial chambers carved into the tuff between the 3rd and 2nd centuries BC—can be digitally isolated and distinguished from the later Imperial additions, when the complex was expanded and adapted to new familial and social needs.

Through thematic layers and chronological filters, the various phases can be selectively displayed: the Republican phase, the Imperial phase, the Late Antique and Medieval reuse interventions, and finally the modern transformations linked to antiquarian rediscovery and museum adaptation. This process makes it possible not only to clarify the spatial relationships among the different portions of the complex, but also to highlight the mechanisms of growth, adaptation, and transformation that characterize the monument's long history (Figs. 185, 186, 187, 188).

One of the most significant aspects is the possibility of directly comparing, within the same digital environment, the

Fig. 189 – Ortofoto che consente di leggere le trasformazioni che nel tempo hanno interessato il Mausoleo di Monte del Grano. Sezione Nord – Sud sull'aula centrale.

Fig. 189 – Orthophoto illustrating the transformations that have affected the Mausoleum of Monte del Grano over time. North–South section through the central chamber.

Fig. 190 – Ortofoto che consente di leggere le trasformazioni che nel tempo hanno interessato il Mausoleo di Monte del Grano. Sezione Ovest – Est sull'aula centrale e il corridoio di accesso.

Fig. 190 – Orthophoto illustrating the transformations that have affected the Mausoleum of Monte del Grano over time. West–East section through the central chamber and the entrance corridor.

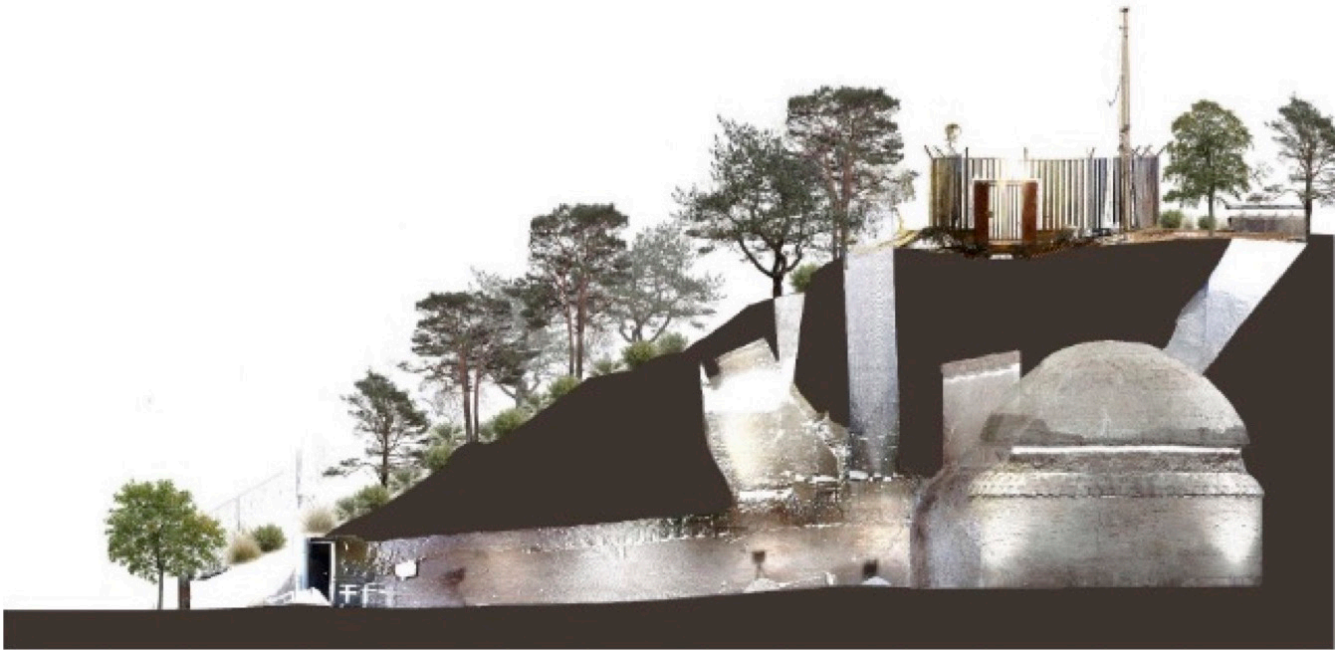


Fig. 191 – Ortofoto che consente di leggere le trasformazioni che nel tempo hanno interessato il Mausoleo di Monte del Grano. Sezione Est – Ovest sull'aula centrale e il corridoio di accesso.

Fig. 191 – Orthophoto illustrating the transformations that have affected the Mausoleum of Monte del Grano over time. East–West section through the central chamber and the entrance corridor.

15.4 Filtri, layer e interrogazione dei dati stratigrafici

Dal punto di vista operativo, la restituzione stratigrafica digitale è resa possibile attraverso l'uso combinato di filtri temporali, *layer* tematici e parametri informativi associati agli oggetti. Ogni elemento del modello è dotato di attributi relativi alla fase storica, allo stato di conservazione, al tipo di intervento subito e al grado di attendibilità dell'attribuzione cronologica.

Questi parametri consentono di interrogare il modello secondo molteplici chiavi di lettura. È possibile, ad esempio, visualizzare solo gli elementi di una determinata fase storica, isolare le parti interessate da interventi di restauro moderni, oppure analizzare le sovrapposizioni tra strutture di epoche diverse. La stratigrafia non è più soltanto un concetto descrittivo, ma diventa una funzione attiva del modello digitale.

Questa possibilità di "navigare nel tempo" attraverso il modello rappresenta un salto qualitativo rispetto ai tradizionali strumenti di rappresentazione storica. Nella prassi consolidata, la lettura stratigrafica è affidata a piante, sezioni, schemi cronologici e tavole sinottiche che, pur efficaci, restano necessariamente bidimensionali e statiche. Il modello HBIM, invece, consente una lettura tridimensionale, interattiva e dinamica delle stratificazioni, permettendo di cogliere in modo immediato la complessità spaziale e temporale dell'architettura.

Inoltre, la possibilità di aggiornare continuamente il modello con nuovi dati rende il dispositivo stratigrafico digitale uno strumento aperto e in continua evoluzione. Ogni nuova scoperta archeologica, ogni nuovo studio o rilievo può essere integrato nel sistema, modificando e arricchendo la lettura stratigrafica nel tempo.

L'uso del modello HBIM come dispositivo stratigrafico digitale ha importanti ricadute non solo sul piano della ricerca scientifica, ma anche su quello della conservazione e della didattica. Dal punto di vista della tutela, la possibilità di distinguere con precisione le diverse fasi consente di progettare interventi più consapevoli, capaci di rispettare le stratificazioni storiche e di evitare letture semplificate o anacronistiche del monumento.

Sul piano didattico, il modello diventa uno strumento di straordinaria efficacia per la trasmissione della complessità storica dell'architettura. Studenti, studiosi e visitatori possono esplorare attivamente le diverse fasi del monumento, comprendendo in modo intuitivo concetti che, nei manuali, risultano spesso astratti o difficilmente visualizzabili.

stratigraphic interpretations derived from historical sources with the geometric data emerging from the three-dimensional survey. In some cases, the model confirms well-established hypotheses; in others, it suggests new readings, especially where spatial relationships between rooms had remained ambiguous in traditional two-dimensional representations.

15.3 Mausoleum of Monte del Grano between transformations, excavations, and reuse

In the Mausoleum of Monte del Grano, the digital stratigraphic dimension takes on different characteristics, primarily linked to transformations caused by archaeological excavations, improper uses of the monument, and successive processes of degradation. Unlike the Tomb of the Scipios—where stratification is mainly constructive—in the mausoleum the stratigraphy is strongly influenced by episodes of spoliation, collapse, and reuse.

HBIM model makes it possible to distinguish the parts belonging to the original Roman phase from those altered or reworked in modern times. Interferences caused by 19th-century excavations, improper enlargements, and contemporary modifications are mapped as independent phases, each with its own chronological code. In this way, the material traces left by the various periods of intervention can be visualized in three-dimensional form.

Particularly significant is the ability to compare the current state with hypothetical reconstructions derived from historical and antiquarian sources. By activating the layers corresponding to hypothetical phases, the user can visualize a possible original configuration of the mausoleum and compare it directly with present-day deformations and *gap*s (Figs. 189, 190, 191).

This direct comparison between "what was," "what is," and "what is hypothesized" represents one of the model's strongest interpretative contributions.

15.4 Filters, layers, and querying stratigraphic data

From an operational perspective, digital stratigraphic representation is made possible through the combined use of

temporal filters, thematic layers, and informational parameters associated with the objects. Each element of the model is equipped with attributes relating to its historical phase, state of conservation, type of intervention, and the degree of reliability of its chronological attribution.

These parameters allow the model to be queried through multiple interpretative lenses. It is possible, for example, to display only the elements belonging to a specific historical phase, to isolate parts affected by modern restoration, or to analyze overlaps between structures from different periods. Stratigraphy thus becomes not merely a descriptive concept but an active function of the digital model.

This ability to "navigate through time" within the model represents a qualitative leap compared to traditional tools for historical representation. In conventional practice, stratigraphic reading relies on plans, sections, chronological schemes, and synoptic tables which—while effective—remain necessarily two-dimensional and static. The HBIM model, by contrast, enables a three-dimensional, interactive, and dynamic reading of stratifications, allowing the spatial and temporal complexity of the architecture to be grasped immediately.

Furthermore, the capacity to continuously update the model with new data makes the digital stratigraphic device an open and evolving tool. Every new archaeological discovery, every new study or survey can be integrated into the system, modifying and enriching the stratigraphic interpretation over time.

Using the HBIM model as a digital stratigraphic device has important implications not only for scientific research but also for conservation and education. From a preservation standpoint, the ability to distinguish phases with precision enables more informed intervention strategies—respectful of historical stratifications and capable of avoiding simplified or anachronistic readings of the monument.

From an educational perspective, the model becomes an extraordinarily effective tool for conveying the historical complexity of the architecture. Students, scholars, and visitors can actively explore the monument's various phases, intuitively understanding concepts that, in textbooks, often appear abstract or difficult to visualize.

PARTE 3
ATTIVITÀ SVOLTE A ROMA

PART 3 – Activities carried out in Rome

Capitolo 16
Modello informativo come strumento diagnostico

CHAPTER 16 - Information model as a diagnostic tool

16.1 HBIM come strumento di controllo

Una delle applicazioni più rilevanti e innovative dell'HBIM nel campo dell'archeologia monumentale riguarda l'integrazione sistematica delle informazioni diagnostiche all'interno del modello informativo. In questa prospettiva, l'HBIM non si limita più a rappresentare la geometria e la stratificazione storica dell'edificio, ma si configura come un vero e proprio strumento di controllo dello stato di salute del manufatto, capace di restituire in modo organico e interrogabile la complessità dei fenomeni di degrado che ne interessano le superfici e le strutture.

Tradizionalmente, la diagnostica del costruito storico è affidata a elaborati separati, come tavole di mappatura del degrado, relazioni tecniche, schede fotografiche, report analitici. Questi documenti, pur ricchi di informazioni, risultano spesso frammentati, difficilmente aggiornabili e non sempre immediatamente correlabili alla geometria tridimensionale del bene. L'integrazione di tali dati nel modello HBIM consente invece di superare la frammentazione documentaria, trasformando l'insieme delle analisi in una cartografia digitale del degrado direttamente associata agli oggetti architettonici (Fig. 192).

Nel progetto sui complessi funerari di Monte del Grano e degli Scipioni, le superfici sono mappate in relazione alle principali tipologie di degrado riscontrate *in situ*: umidità di risalita, efflorescenze saline, disgregazioni superficiali, fessurazioni, colonizzazioni biologiche, patine alterate, depositi incoerenti e lacune materiche. Ogni fenomeno

16.1 HBIM as a Monitoring Tool

One of the most significant and innovative applications of HBIM in the field of monumental archaeology concerns the systematic integration of diagnostic information within the informational model. In this perspective, HBIM no longer serves solely to represent geometry and historical stratification of the *building*, but takes on role of true monitoring tool for assessing condition of the heritage asset, capable of providing coherent and queryable representation of complexity of deterioration phenomena affecting its surfaces and structures.

Traditionally, diagnostics of historic *building*s rely on separate documents, such as degradation mapping drawings, technical reports, photographic records, and analytical assessments. Although rich in information, these materials are often fragmented, difficult to update, and not always directly correlated with three-dimensional geometry of asset. Integration

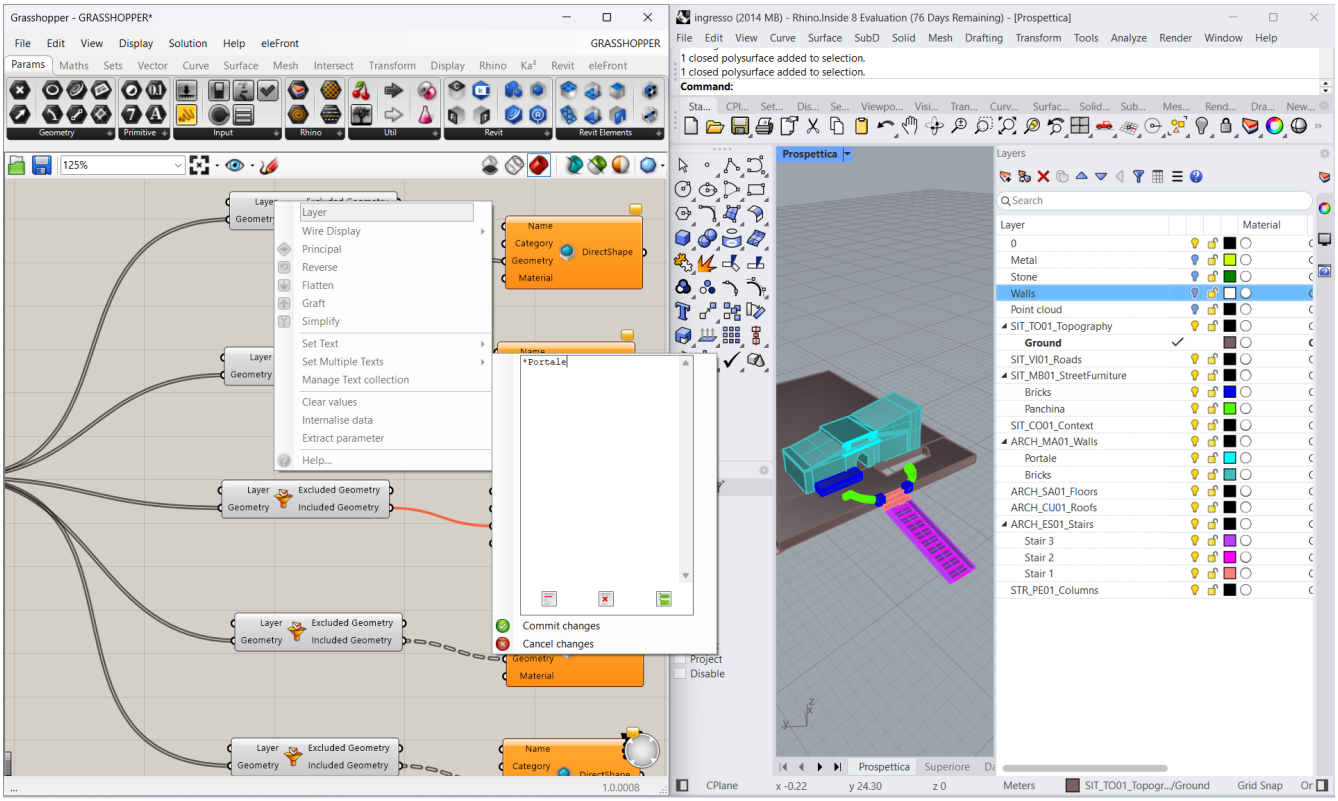


Fig. 192 – L'integrazione dei dati nel modello HBIM consente di superare la frammentazione documentaria, trasformando l'insieme delle analisi in una cartografia digitale del degrado direttamente associata agli oggetti architettonici, come nel caso del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 192 – Integration of data into the HBIM model makes it possible to overcome documentary fragmentation, transforming the entire set of analyses into digital degradation cartography directly associated with architectural objects, as in the case of the Tomb of the Scipios complex.

patologico è codificato secondo una classificazione condivisa, in modo da garantire uniformità di lettura e confrontabilità dei dati.

La fase di mappatura prende avvio dall'osservazione diretta delle superfici, integrata con l'analisi delle immagini fotogrammetriche ad alta risoluzione e con la lettura delle nuvole di punti. Le patologie sono individuate, perimetrate e successivamente riportate nel modello tridimensionale attraverso sistemi di "colorazione" tematica delle superfici. In questo modo, il degrado non è rappresentato come un'informazione astratta, ma come una proprietà spazialmente riferita alle murature, alle volte, ai pavimenti e agli elementi lapidei (Fig. 193).

Ogni area degradata è associata a una scheda informativa digitale, collegata direttamente all'oggetto tridimensionale corrispondente. La scheda contiene una descrizione del fenomeno, fotografie di dettaglio, dati sulla possibile causa, una valutazione preliminare della gravità e indicazioni sulle possibili strategie di intervento. Il modello è così trasformato in un archivio diagnostico tridimensionale, nel quale la superficie dell'edificio diventa un'interfaccia interrogabile e non un semplice supporto grafico (Fig. 194, 195, 196, 197, 198, 199).

Questa modalità di rappresentazione consente un'immediata comprensione visiva della distribuzione dei fenomeni patologici e delle loro eventuali relazioni con la geometria dell'edificio. La lettura del degrado non è più limitata a tavole bidimensionali, ma avviene direttamente nello spazio, permettendo di cogliere in modo intuitivo la complessità delle interazioni tra forma, materiale e ambiente (Fig. 200, 201).

of such data into HBIM model overcomes this documentary fragmentation, transforming analytical results into digital degradation cartography directly associated with architectural objects (Fig. 192).

In the project concerning funerary complexes of the Mausoleum of Monte del Grano and the Tomb of the Scipios, surfaces were mapped in relation to main types of deterioration observed *in situ*: rising damp, salt efflorescence, surface disintegration, cracking, biological colonization, altered patinas, incoherent deposits, and material losses. Each pathological phenomenon was coded according to shared classification system to ensure consistency of interpretation and comparability of data.

Mapping process began with direct observation of surfaces, integrated with analysis of high-resolution photogrammetric images and interpretation of point clouds. Deterioration phenomena were identified, outlined, and subsequently transferred into three-dimensional model through thematic

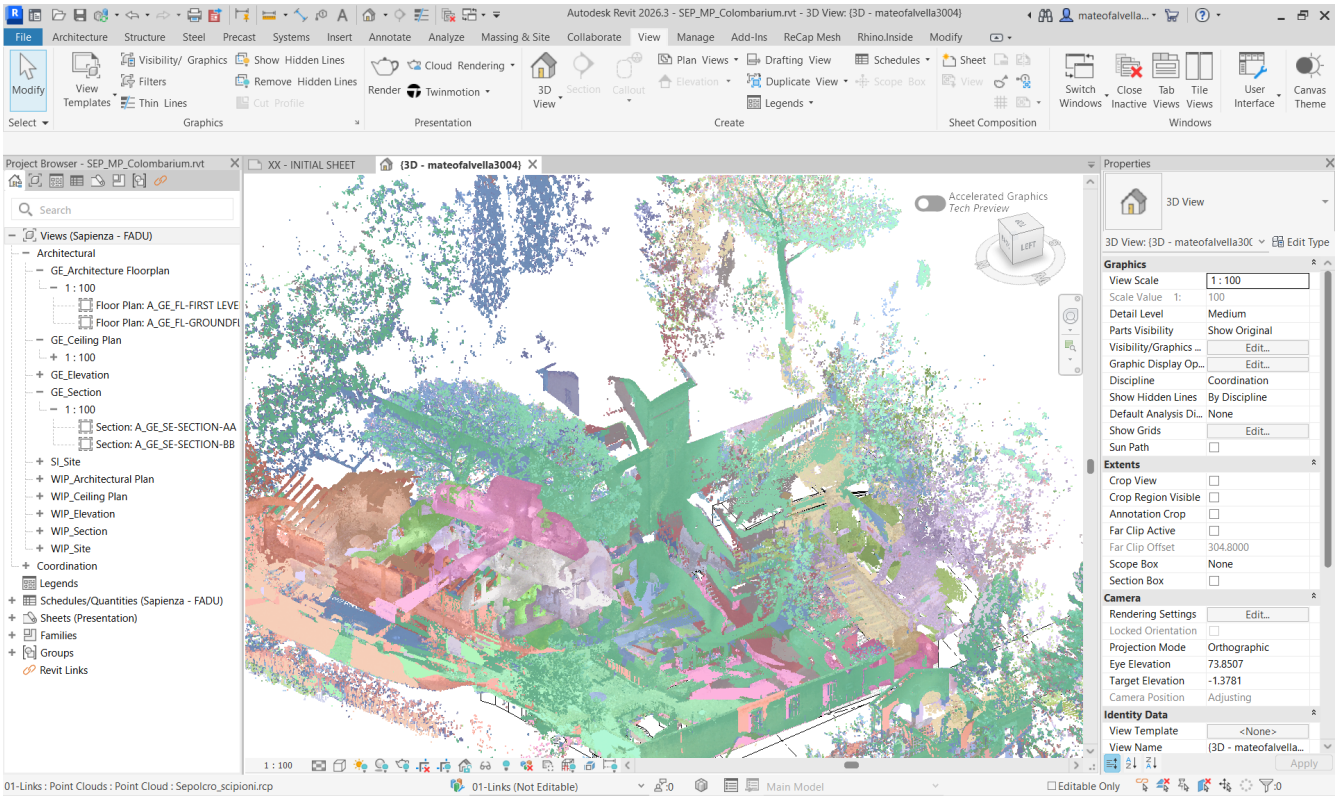


Fig. 193 – Nel HBIM modeler possono essere definite le proprietà riferite alle murature, alle volte, ai pavimenti e agli elementi lapidei, come nel complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 193 – Within HBIM modeler, properties related to masonry, vaults, floors, and stone elements can be defined, as in the Tomb of the Scipios complex.

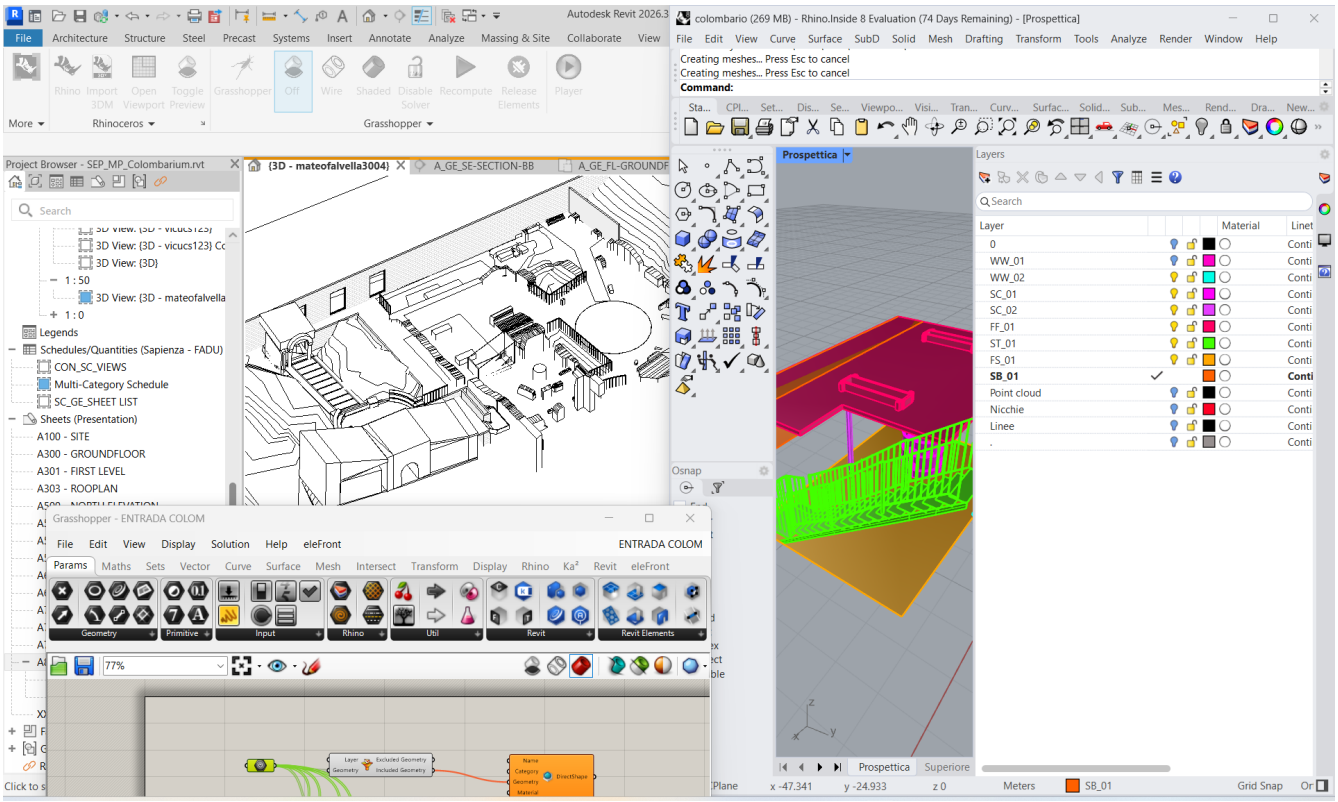
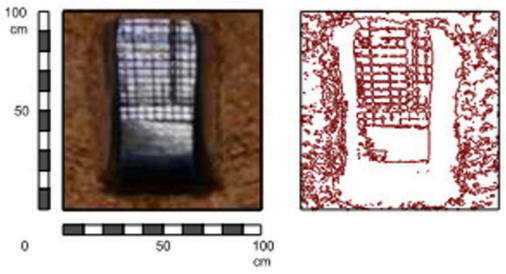


Fig. 194 – Il modello parametrico si trasforma in un archivio diagnostico tridimensionale, nel quale la superficie dell'edificio diventa un'interfaccia interrogabile e non un semplice supporto grafico. Complesso del Sepolcro degli Scipioni.

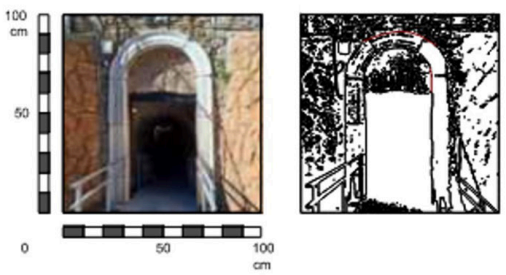
Fig. 194 – Parametric model is transformed into three-dimensional diagnostic archive, in which the building's surface becomes queryable interface rather than simple graphic support. Tomb of the Scipios complex.

METAL - TYPE 1



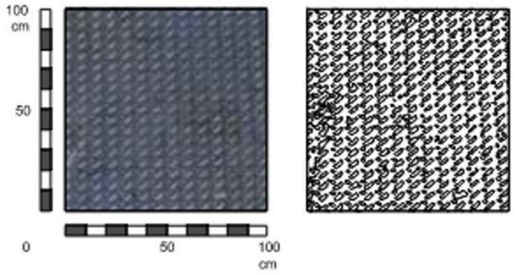
Chronological Hypothesis:
Modern conservation intervention (20th–21st century)
Function:Protective and environmental control element
Description:Air exchange while reducing direct solar exposure
Materials:Galvanized steel or anodized aluminum
Porosity:Non-porous
Color:Dark grey to black
Shape:Rectangular insert fitted within the splayed masonry opening

METAL - TYPE 2



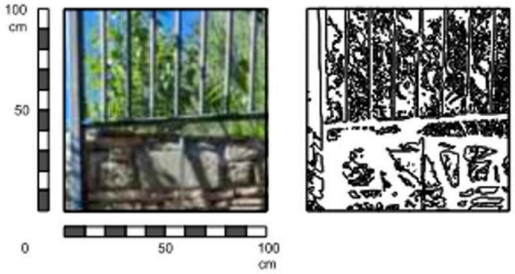
Chronological Hypothesis:
Modern intervention (20th–21st century)
Function:Door support
Description:Modern protective structure supporting the entrance and ramp
Materials:Modern steel frame for reinforcement (non-original)
Porosity:Very low
Color:Light grey-white
Shape:Semicircular arch

METAL - TYPE 3



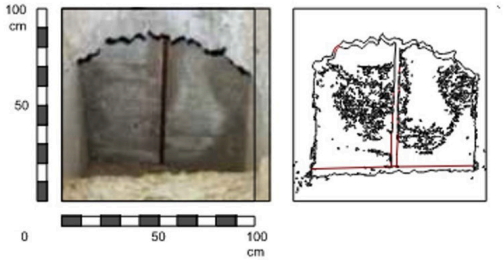
Chronological Hypothesis:
Modern intervention (20th–21st century)
Function:Protective and functional flooring surface
Description:Metal plates with a diamond (checker) tread pattern for anti-slip function
Materials:Galvanized or stainless steel sheet metal
Porosity:Very low
Color:Silver-grey with darker oxidized tones
Shape:Rectangular steel panels, repeating diagonal diamond pattern on surface.

METAL - TYPE 4



Chronological Hypothesis: Modern or early 20th-century reconstruction.
Function:Protective and boundary barrier
Description:Vertical metal bars (pickets) fixed into horizontal rails
Materials:Steel (mild or galvanized)
Porosity:Non-porous
Color:Dark grey to black
Shape:Vertical bars with horizontal connectors

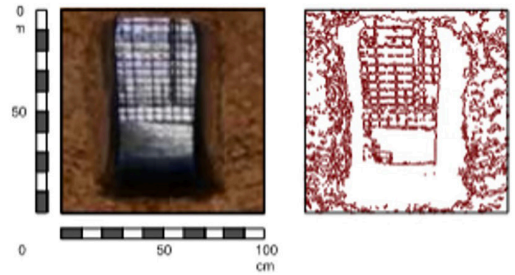
WOOD - TYPE 1



Chronological Hypothesis:ca. (2nd–4th century CE).
Function:Framed opening or niche
Description:Rectangular niche , formed by fine stone blocks or tuff panels with lime mortar joints
Materials:Fine tuff or compact limestone blocks forming the opening frame
Porosity:Low
Color:Light beige–grey (stone and plaster), dark brown (wood)
Shape:Rectangle

Mortar
Binder:Air lime, possibly with a weak pozzolanic component
Aggregate:Fine river sand
Color:Light grey to beige
Joint Finish:Smooth and flush
Consistency:High

GLASS - TYPE 1



Chronological Hypothesis:
Modern conservation intervention (20th–21st century).
Function:Protective and environmental control element
Description:Opening is sealed with a metal grid fitted with perforated or mesh glass panels
Materials:Tempered or laminated safety glass
Porosity:Non-porous
Color:Transparent or light grey
Shape:Rectangular

Fig. 195 – Individuazione dei materiali metallici, in vetro e in legno e delle patologie riportati nel modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 195 – Identification of metal, glass, and wooden materials and related pathologies recorded in the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

STONE

- P_CHROMATIC-ALTERATION_STONE
- P_ALVEOLISATION_STONE
- P_CRUST_PLASTER
- P_DIFFERENTIAL DEGRADATION_STONE
- P_DETACHMENT_STONE
- P_EFFLORESCENCE_STONE
- P_EROSION_STONE
- P_EXFOLIATION_STONE
- P_STAIN-HUMIDITY_STONE
- P_BIOLOGIC-PATINA_STONE
- P_CRACK_STONE

BRICK

- P_CHROMATIC-ALTERATION_BRICK
- P_ALVEOLISATION_BRICK
- P_DIFFERENTIAL DEGRADATION_BRICK
- P_DETACHMENT_BRICK
- P_DESINTEGRATION_BRICK
- P_EFFLORESCENCE_BRICK
- P_EROSION_BRICK
- P_MISSING_BRICK
- P_CRACK_BRICK
- P_STAIN-HUMIDITY_BRICK

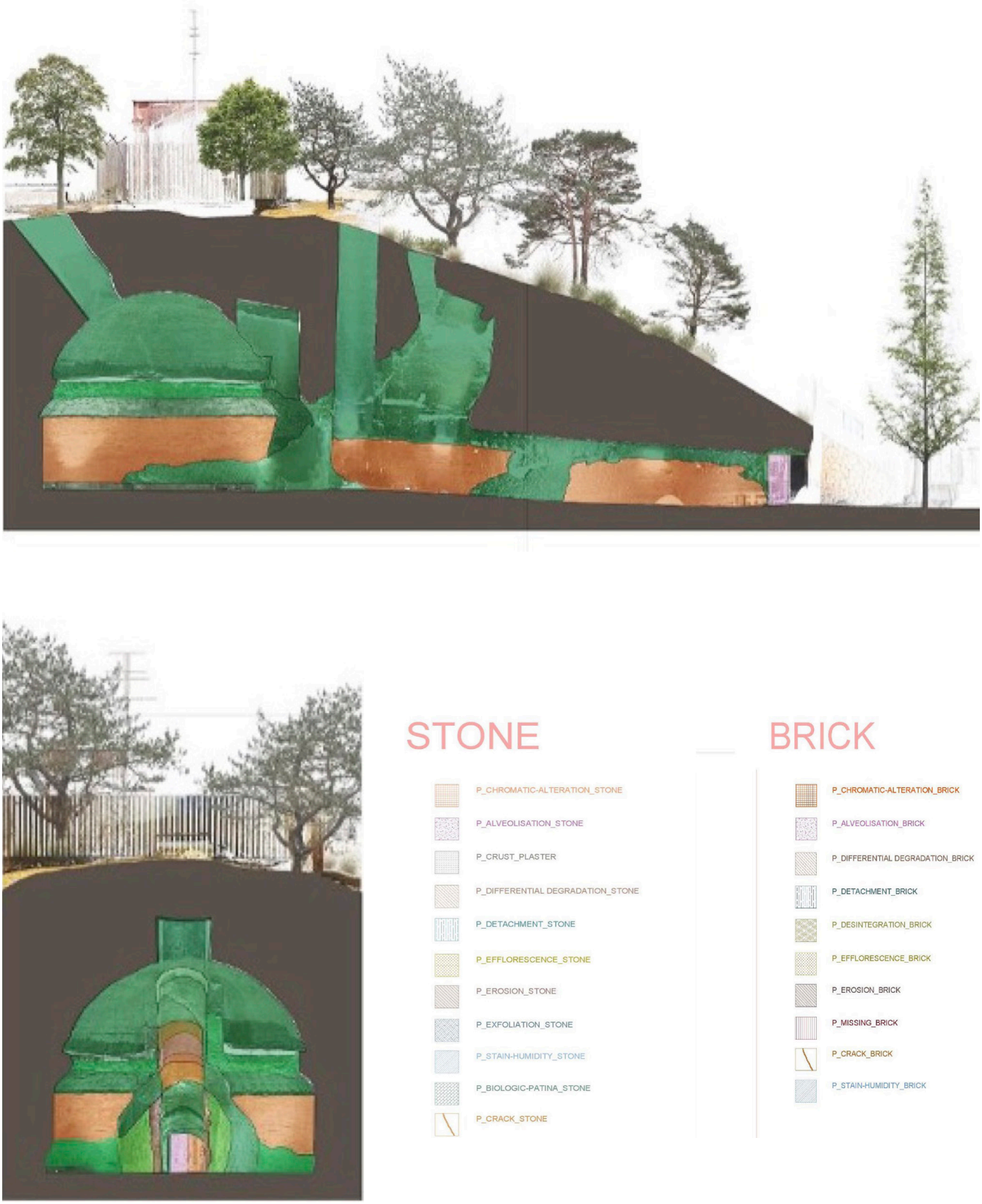
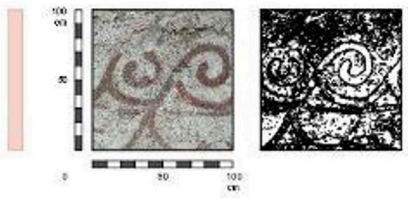


Fig. 196 – Applicazione dei materiali e delle patologie sul modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 196 – Application of materials and pathologies to the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

PLASTER/PAINT

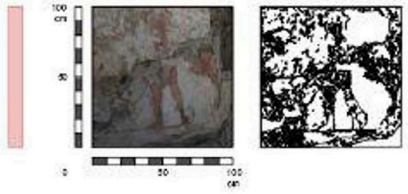
EXTERIOR CLADDING - TYPE 1



Chronological Hypothesis: REPUBLICAN PERIOD half of the II c. BC (Cf. STEFANI 2016, pp. 51-56)
Function: decorative
Description: The red fresco decorates the facade podium of the sepulchre. It is made up of five layers with pigments applied wet.
Materials: lime plaster, sand, marble dust, tiles fragments, red pigments
Porosity: /

Color: white, red
Shape: geometrical waves decorative motif. Probably a reinterpretation of etruscan decorative motif.

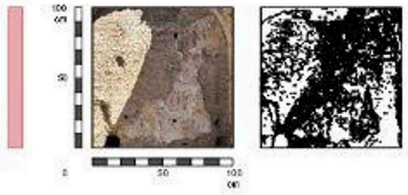
EXTERIOR CLADDING - TYPE 2



Chronological Hypothesis: REPUBLICAN PERIOD half of the II c. BC (Cf. STEFANI 2016, pp. 51-56)
Function: decorative
Description: The figurative fresco decorates the facade podium of the sepulchre. It is made up of five layers with pigments applied wet.
Materials: lime plaster, sand, marble dust, tiles fragments, red earth pigments

Porosity: /
Color: white, red
Shape: figurative motif

EXTERIOR CLADDING - TYPE 3

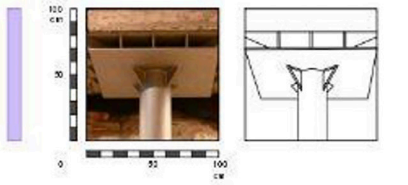


Chronological Hypothesis: IMPERIAL PERIOD half of the III c. AD (Cf. STEFANI 2016, pp. 265-269)
Function: decorative
Description: The fresco decorates the back wall of Roman *insula* vaulted room. It is a realaboration of ellenistic style frescos, common during Roman Republican period,it is here reproposed.
Materials: lime plaster, sand, marble dust, tiles fragments, red, yellow and blue earth pigments

Porosity: /
Color: white, red, yellow and blue
Shape: geometrical motifs, rectangular panels which imitates marble *crustae* cladding

METAL

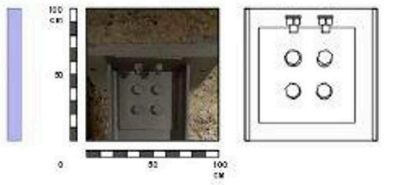
METAL - TYPE 1



Chronological Hypothesis: From the mid–20th century onwards, added during restoration or reinforcement process.
Function: Structural
Description: Steel column with a welded plate head supporting I-beams in the brick structure, reinforcing load capacity and structural stability.
Materials: Steel
Porosity: None – dense and compact material
Color: Grey

Shape: Cylindrical column with a rectangular welded plate and triangular stiffeners connecting to the horizontal steel beams.

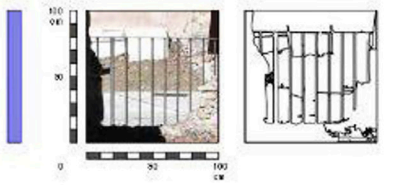
METAL - TYPE 2



Chronological Hypothesis:
Function: Structural reinforcement of Sepulcrum (beams and columns)
Description: Steel columns connected and braced by a cross, fixed to the stone base through a flat steel plate and L-shaped metal strap connectors.
Materials: Steel
Porosity: None

Color: Grey
Shape: IPN

METAL - TYPE 3

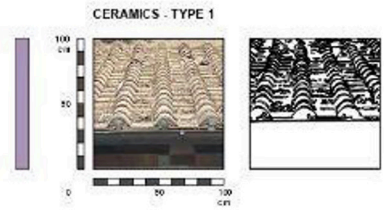


Chronological Hypothesis:
Function: Protection and Safety Measures for the Archaeological Site
Description: Railings are present along the entire exterior of the site to protect visitors, including those embedded in the walls that border the tomb and the excavation pits.
Materials: Steel
Porosity: None
Color: Reddish - Brown
Shape: Vertical metal bars

Fig. 197 – Individuazione dei materiali e delle patologie riportati nel modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni. Intonaco e metalli.

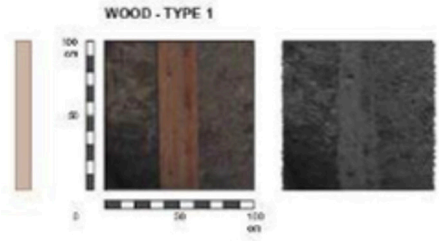
Fig. 197 – Identification of materials and related pathologies recorded in the informed model of the Tomb of the Scipios complex. Plaster and metals.

CERAMIC



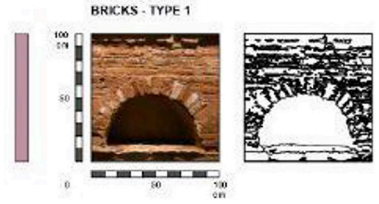
Chronological Hypothesis:
Function:
Description:
Materials:
Porosity:
Color: Brown/Orange
Shape:

WOOD

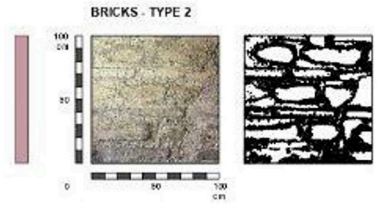


Chronological Hypothesis: Contemporary (20th–21st century restoration)
Function: Structural load-bearing and protective roofing system
Description: A modern wooden roof system composed of rectangular beams and rafters.
Materials: Wood (probably oak)
Porosity: Medium–high
Color: Brown to dark brown
Shape: Rectangular beam section

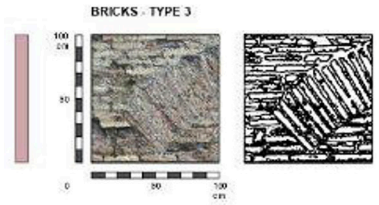
BRICKS



Chronological Hypothesis: end of I c. BC – first decades of I c. AD
Function: elevation
Description: The brick wall 1m x 1m sample is taken from the second level *nicchia* of the north elevation of Columbario interior.
The surface has lost the original-coloured plaster finishing so the *opus latericium* wall building technique is visible. Regular fired-clay bricks laid in horizontal courses.
Materials: reused tiles and bricks
Porosity: medium
Color: dark red, orange
Shape: irregular. Bricks used for arch profile have cubilia shape
Dimensions: *l* = 29 ÷ 30 cm ; </> = 14 ÷ 15 cm ; *h* = 2 ÷ 3,5 cm
Binder: lime mortar
Aggregate: crushed rocks
Color: grey-red
Joint Finish: *doppia stilatura*
Consistency: tenacious
Dimensions: *h* = 1 ÷ 2 cm



Chronological Hypothesis: Contemporary restoration (20th century)
Function: Structural reinforcement and closure of degraded wall section
Description: Cement-based integration applied to consolidate the upper part of the masonry. Identified as USM:8001, this layer corresponds to a modern addition covering ancient structures for protection and structural stability.
Materials: Cement mortar with sand and lime residues, possible concrete mix
Porosity: Low
Color: Light gray
Shape: Irregular patch following the wall's geometry
Binder: Portland cement
Aggregate: Sand and small stone fragments
Color: Light gray
Joint Finish: Smooth or troweled surface
Consistency: Dense, compact, non-porous



Chronological Hypothesis: Imperial period (2nd–3rd c. AD)
Function: Structural wall, later restored or reinforced
Description: Wall made of thin horizontal brick courses combined with diagonal herringbone (spicatum) sections. Indicates later maintenance or strengthening works on existing opus latericium walls.
Materials: Clay bricks, lime mortar with pozzolanic sand
Porosity: Medium
Color: Yellowish-red bricks, light gray mortar
Shape: Alternating horizontal and diagonal brick arrangement
Binder: Lime
Aggregate: Pozzolanic sand, fine crushed brick
Color: Light gray
Joint Finish: Flush, even joints
Consistency: Compact

Fig. 198 – Individuazione dei materiali e delle patologie riportati nel modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni. Ceramica, legno e laterizio.

Fig. 198 – Identification of materials and related pathologies recorded in the informed model of the Tomb of the Scipios complex. Ceramics, wood, and brick.

GLASS

MARBLE

STONES

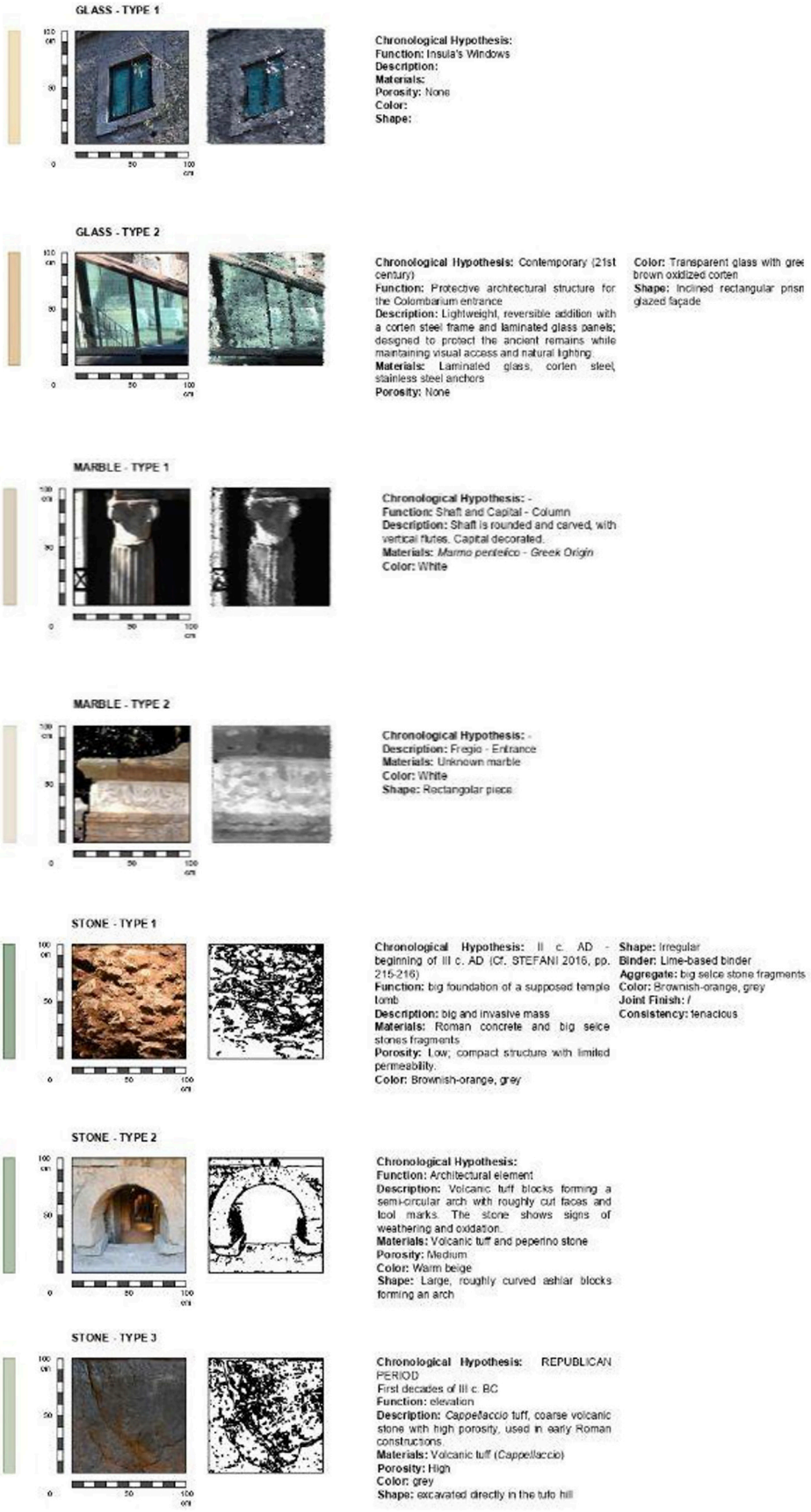


Fig. 199 – Individuazione dei materiali e delle patologie riportati nel modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni. Vetro, marmo e pietre.

Fig. 199 – Identification of materials and related pathologies recorded in the informed model of the Tomb of the Scipios complex. Glass, marble, and stone.

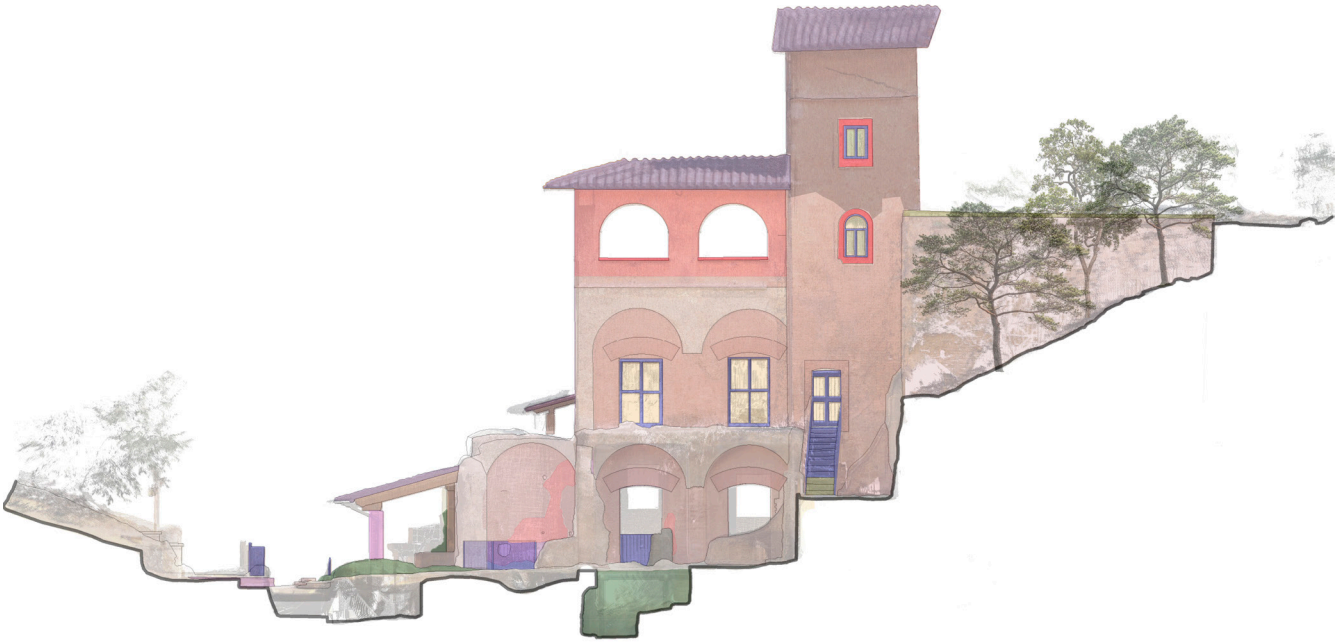


Fig. 200 – Applicazione dei materiali e delle patologie sul modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni. Sezione Nord-Sud.

Fig. 200 – Application of materials and pathologies to the informed model of the Tomb of the Scipios complex. North–South section.

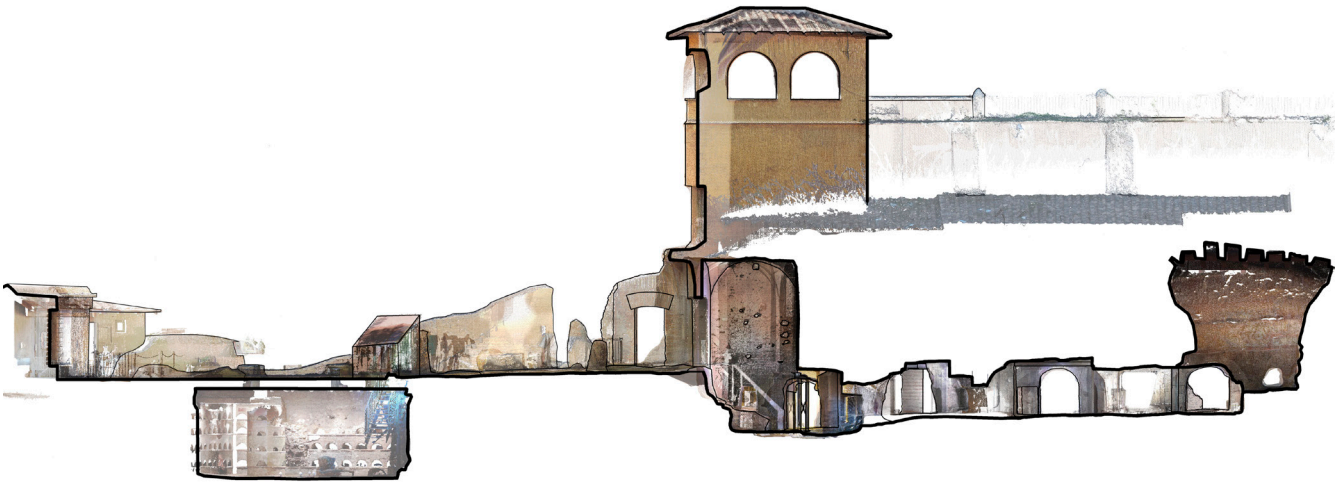


Fig. 201 – Applicazione dei materiali e delle patologie sul modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni. Sezione Ovest-Est.

Fig. 201 – Application of materials and pathologies to the informed model of the Tomb of the Scipios complex. West–East section.

16.2 HBIM come strumento di correlazione tra dati

Uno degli aspetti di maggiore interesse dell'approccio adottato risiede nella possibilità di correlare i fenomeni di degrado con altri dati presenti nel modello, quali la stratificazione storica, la tipologia dei materiali, la geometria delle murature e le condizioni microclimatiche. L'HBIM consente infatti di incrociare diversi livelli informativi, trasformando la semplice mappatura in uno strumento di analisi causale.

Nel caso degli ambienti ipogei del Sepolcro degli Scipioni, fortemente soggetti a problemi di umidità e ventilazione, il modello permette di mettere in relazione la distribuzione delle efflorescenze saline e delle disgregazioni superficiali con l'andamento delle murature, la presenza di aperture, le zone di contatto con il terreno e le diverse fasi costruttive (Fig. 202). Emerge, ad esempio, come le aree più colpite da cristallizzazione salina coincidano spesso con le porzioni in cui le murature presentano maggiore porosità o in cui si sono verificati rifacimenti moderni con materiali non compatibili.

Nel Mausoleo di Monte del Grano, la correlazione tra degrado e geometria evidenzia una maggiore incidenza delle patologie nelle zone di raccordo tra strutture originarie e porzioni rimaneggiate in epoca moderna (Fig. 204). In particolare, le aree interessate da infiltrazioni e colonizzazioni biologiche risultano spesso legate a discontinuità costruttive, a lacune nella copertura e alla presenza di elementi incongrui che alterano il naturale deflusso delle acque.

"color-coding" of surfaces. In this way, degradation is not represented as abstract information, but as spatially referenced property associated with masonry, vaults, floors, and stone elements (Fig. 193).

Each degraded area is linked to digital information sheet directly connected to corresponding three-dimensional object. The sheet includes description of phenomenon, detailed photographs, data on possible causes, preliminary assessment of severity, and indications regarding potential intervention strategies. The model is thus transformed into three-dimensional diagnostic archive, in which surface of *building* becomes queryable interface rather than simple graphic support (Figs. 194–199).

This representational approach enables immediate visual understanding of distribution of pathological phenomena and their possible relationships with *building* geometry. Reading of deterioration is no longer confined to two-dimensional drawings, but takes place directly within spatial

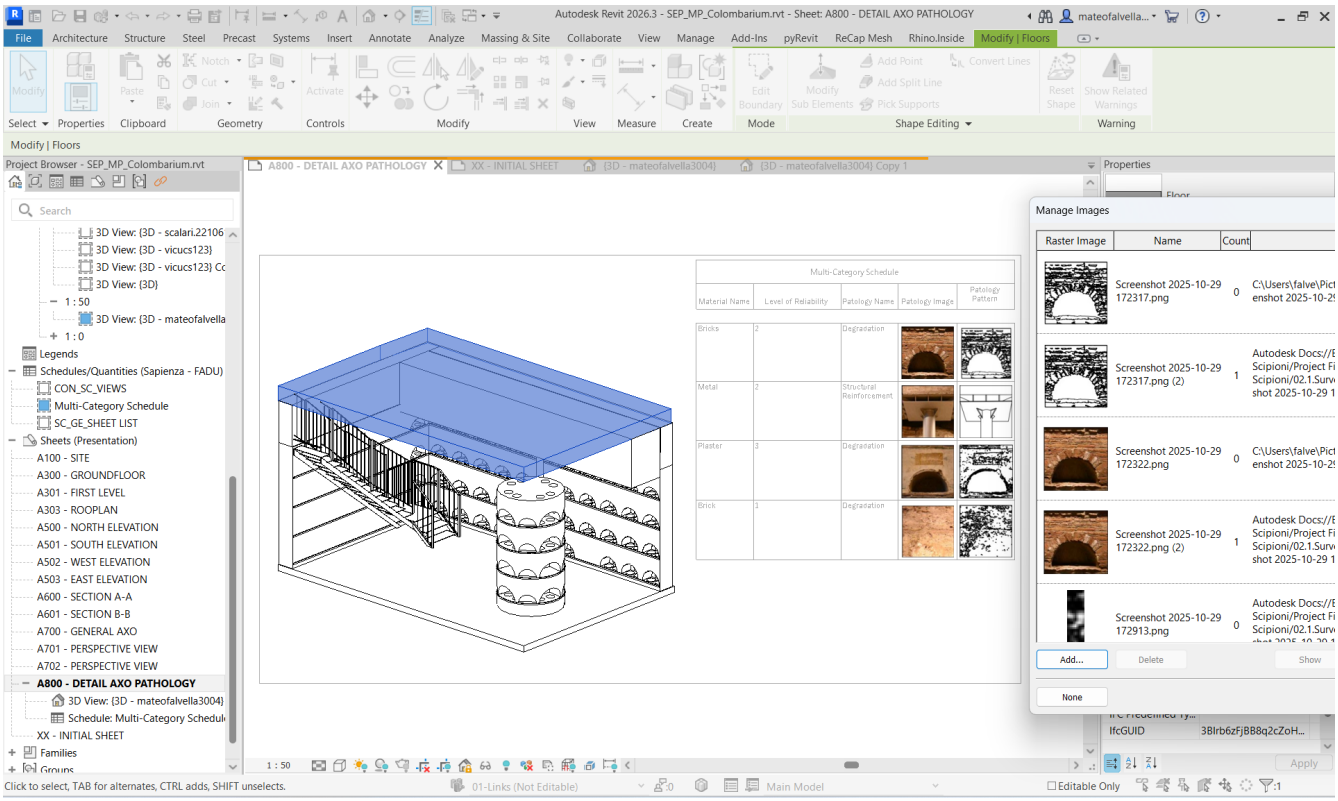


Fig. 202 – Il modello informato del Colombario presente nel complesso del Sepolcro degli Scipioni, permette di mettere in relazione la distribuzione delle efflorescenze saline e delle disgregazioni superficiali con l'andamento delle murature, la presenza di aperture, le zone di contatto con il terreno e le diverse fasi costruttive.

Fig. 202 – The informed model of the Columbarium within the Tomb of the Scipios complex makes it possible to correlate the distribution of salt efflorescence and surface disintegration with the configuration of the masonry, the presence of openings, areas in contact with the ground, and the different construction phases.

Fig. 203 – Il modello informato Mausoleo di Monte del Grano, permette di mettere in relazione la distribuzione delle efflorescenze saline e delle disgregazioni superficiali con l'andamento delle murature, la presenza di aperture, le zone di contatto con il terreno e le diverse fasi costruttive.

Fig. 203 – The informed model of the Mausoleum of Monte del Grano makes it possible to correlate the distribution of salt efflorescence and surface disintegration with the configuration of the masonry, the presence of openings, areas in contact with the ground, and the different construction phases.

16.3 Modello come base per il progetto di restauro

La trasformazione del modello HBIM in una cartografia digitale del degrado ha importanti ricadute operative nel campo della progettazione del restauro. Il modello diventa infatti la base di partenza per qualunque intervento, consentendo di individuare con precisione le aree prioritarie, di valutare l'estensione dei fenomeni patologici e di simulare l'impatto delle possibili strategie di intervento.

Ogni intervento ipotizzato può essere associato agli oggetti interessati, creando una relazione diretta tra patologia e trattamento. In questo modo, il progetto di restauro non è più un elaborato statico, ma un processo dinamico che può essere aggiornato e verificato nel tempo. Il modello consente inoltre di documentare in modo puntuale gli interventi realizzati, costruendo una memoria digitale degli interventi che accompagnerà il monumento nel corso della sua vita futura.

Uno dei principali vantaggi dell'integrazione diagnostica nell'HBIM risiede nel suo aggiornamento nel tempo. A differenza delle mappature tradizionali, che fotografano una situazione in un dato momento, il modello informativo può essere costantemente aggiornato con nuovi rilievi, nuove osservazioni e nuovi dati di monitoraggio. Ogni variazione dello stato di conservazione può essere registrata e confrontata con le fasi precedenti, consentendo di valutare l'efficacia degli interventi e l'evoluzione dei fenomeni di degrado.

Questa caratteristica rende l'HBIM uno strumento particolarmente adatto alla gestione della manutenzione programmata, intesa non come serie di interventi sporadici, ma come processo continuo e sistematico di controllo e prevenzione. Il modello può essere utilizzato per pianificare le ispezioni, programmare gli interventi periodici e monitorare le aree più vulnerabili, contribuendo in modo concreto alla sostenibilità della tutela.

environment, allowing intuitive grasp of complex interactions between form, material, and environment (Figs. 200, 201).

16.2 HBIM as a Tool for Data Correlation

One of the most significant aspects of the adopted approach lies in the possibility of correlating deterioration phenomena with other data embedded in the model, such as historical stratification, material typology, masonry geometry, and microclimatic conditions. HBIM makes it possible to cross-reference multiple layers of information, transforming simple mapping into tool for causal analysis.

In the case of the hypogeal environments of the Tomb of the Scipios, which are heavily affected by humidity and ventilation issues, the model allows the distribution of salt efflorescence and surface disintegration to be correlated with masonry configuration, presence of openings, areas in contact with soil, and different construction phases (Fig. 202). It emerges, for example, that areas most affected by salt crystallization often coincide with portions of masonry characterized by higher porosity or with zones where modern repairs using incompatible materials have been carried out.

In the Mausoleum of Monte del Grano, correlation between degradation and geometry highlights greater incidence of pathologies in transitional areas between original structures and portions altered in modern times (Fig. 204). In particular, zones affected by infiltration and biological colonization are often associated with construction discontinuities, *gaps* in roofing systems, and presence of incongruous elements that alter natural water drainage.

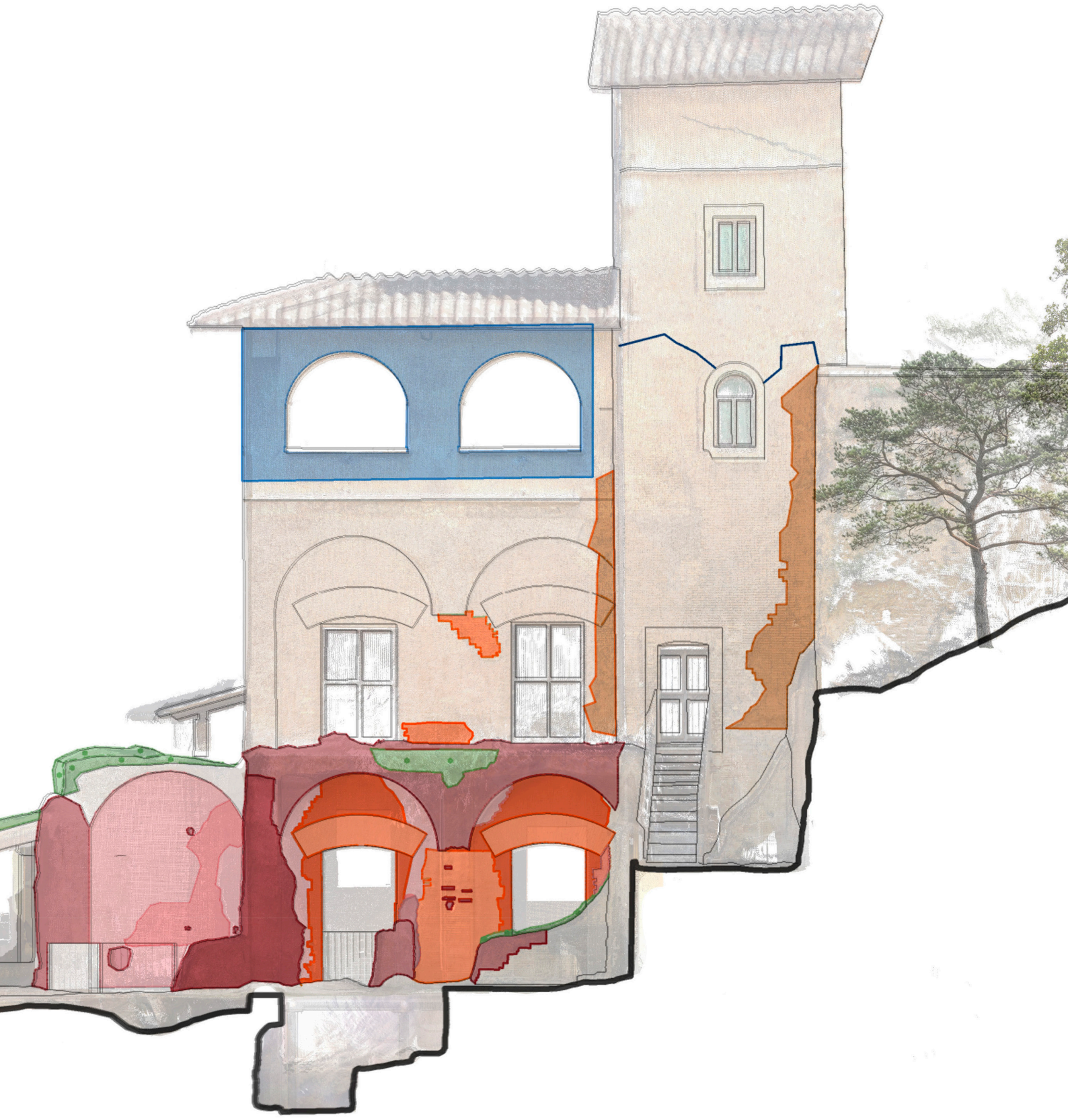
16.3 The Model as a Basis for Restoration Design

The transformation of HBIM model into digital degradation cartography has significant operational implications in the field of restoration design. The model becomes the starting point for any intervention, making it possible to accurately identify priority areas, assess the extent of pathological phenomena, and simulate impact of possible intervention strategies.

Each proposed intervention can be linked to affected objects, creating direct relationship between pathology and treatment. In this way, restoration project is no longer static document, but dynamic process that can be updated and verified over time. The model also makes it possible to document completed interventions in detailed manner, *building* digital memory of works carried out that will accompany monument throughout its future life cycle.

One of the main advantages of diagnostic integration within HBIM lies in its ability to be updated over time. Unlike traditional mapping, which captures situation at specific moment, informational model can be continuously updated with new surveys, new observations, and new monitoring data. Any change in conservation condition can be recorded and compared with previous phases, allowing evaluation of effectiveness of interventions and evolution of deterioration phenomena.

This feature makes HBIM particularly suitable tool for planned maintenance management, understood not as series of sporadic interventions, but as continuous and systematic process of control and prevention. The model can be used to schedule inspections, plan periodic interventions, and monitor most vulnerable areas, thereby contributing concretely to sustainability of heritage conservation.



PARTE 3
ATTIVITÀ SVOLTE A ROMA

PART 3 – Activities carried out in Rome

Capitolo 17
Catalogazione dei materiali e compatibilità degli interventi

CHAPTER 17 - Material cataloguing and intervention compatibility

17.1 Catalogazione sistematica dei materiali costruttivi

Accanto alla mappatura del degrado, uno degli assi portanti del progetto HBIM è lo sviluppo di una catalogazione sistematica dei materiali costruttivi, finalizzata non solo alla conoscenza del manufatto, ma soprattutto alla valutazione preventiva della compatibilità degli interventi di restauro. Nei complessi di Monte del Grano e del Sepolcro degli Scipioni, la varietà e la stratificazione dei materiali rappresentano infatti un elemento di grande interesse scientifico, ma anche una fonte di potenziali criticità dal punto di vista conservativo.

Sono censiti e classificati tutti i principali materiali presenti: tufi di diversa natura e porosità, laterizi, malte antiche e moderne, intonaci, superfici lapidee, integrazioni cementizie, metalli e materiali di consolidamento impiegati nei restauri novecenteschi. Ogni materiale è descritto attraverso una scheda informativa associata agli oggetti tridimensionali del modello HBIM, nella quale sono riportate le principali caratteristiche fisiche e meccaniche, il comportamento al degrado, la presumibile epoca di posa, la tecnica di messa in opera e le interazioni con l'ambiente circostante (Fig. 204, 205).

Nel caso dei materiali lapidei e dei tufi, particolare attenzione è dedicata alla porosità, alla resistenza meccanica, alla sensibilità all'umidità e ai sali solubili. Questi parametri risultano determinanti per comprendere l'evoluzione dei fenomeni di disgregazione, di efflorescenza e di alterazione superficiale osservati negli ambienti ipogei. Allo stesso modo, l'analisi delle malte, distinte tra malte storiche a base di calce e malte moderne a base cementizia, permette di individuare situazioni di incompatibilità fisico-chimica che contribuiscono all'accelerazione del degrado.

L'integrazione di queste informazioni nel modello HBIM trasforma la semplice catalogazione in uno strumento operativo di supporto alle scelte progettuali. Ogni intervento ipotizzato può essere valutato preventivamente in relazione ai materiali esistenti, verificando la compatibilità tra materiali storici e materiali di integrazione. In questo modo, il modello consente di simulare l'interazione tra materia antica e nuovi materiali, riducendo il rischio di interventi incongrui o potenzialmente dannosi nel medio e lungo periodo (Fig. 206, 207, 208, 209, 210).

Un aspetto particolarmente rilevante riguarda la valutazione della compatibilità chimica e fisica degli interventi. Materiali troppo rigidi, impermeabili o chimicamente aggressivi, se applicati su supporti storici caratterizzati da elevata porosità e traspirabilità, possono innescare fenomeni di accumulo di umidità, cristallizzazione salina e distacco degli strati superficiali. Grazie al modello HBIM, tali criticità possono essere individuate in fase preventiva, prima della realizzazione degli interventi.

Il modello informativo si configura così come un laboratorio virtuale di verifica della compatibilità, nel quale le scelte di restauro non sono basate esclusivamente su criteri teorici o su dati parziali, ma su un quadro conoscitivo integrato che mette in relazione materiali, degrado, microclima e stratificazione storica. Questo approccio favorisce una progettazione più consapevole, rispettosa della materia antica e orientata ai principi del minimo intervento e della reversibilità.

In conclusione, la catalogazione dei materiali integrata nell'HBIM non rappresenta solo un repertorio descrittivo, ma un vero e proprio strumento decisionale per il restauro. Il modello diventa così il luogo in cui conoscenza materica e progetto si incontrano, consentendo di trasformare il dato scientifico in scelte operative coerenti con le esigenze di tutela e di conservazione a lungo termine del patrimonio archeologico.

17.1 Systematic cataloguing of construction materials

Alongside degradation mapping, one of the main pillars of the HBIM project is the development of a systematic cataloguing of construction materials, aimed not only at understanding the *building*, but above all at the preventive evaluation of compatibility of restoration interventions. In the complexes of the Mausoleum of Monte del Grano and the Tomb of the Scipios, the variety and stratification of materials represent element of great scientific interest, but also source of potential conservation-related critical issues.

All principal materials present were surveyed and classified: different types of tuff with varying porosity, bricks, ancient and modern mortars, plasters, stone surfaces, cement-based additions, metals, and consolidation materials used in twentieth-century restorations. Each material is described through data sheet associated with three-dimensional objects within HBIM model, including main physical and mechanical characteristics, degradation behavior, presumed period of installation, construction technique, and interaction with surrounding environment (Fig. 204, 205).

In case of stone materials and tuff, particular attention is devoted to porosity, mechanical strength, sensitivity to moisture, and soluble salts. These parameters are crucial for understanding development of disintegration, efflorescence, and surface alteration phenomena observed in hypogeal environments. Similarly, analysis of mortars,distinguishing between historical lime-based mortars and modern cement-based mortars, makes it possible to identify situations of physicochemical incompatibility contributing to acceleration of degradation processes.

Integration of this information into HBIM model transforms simple cataloguing into operational tool supporting design decisions. Each proposed intervention can be evaluated in advance in relation to existing materials, verifying compatibility between historical substrates and new integration materials. In this way, model enables simulation of interaction between ancient fabric and new materials, reducing risk of inappropriate or potentially harmful interventions in medium and long term (Figs. 206–210).

Particularly significant aspect concerns evaluation of chemical and physical compatibility of interventions. Materials that are excessively rigid, impermeable, or chemically aggressive, when applied to historic substrates characterized by high porosity and breathability, may trigger moisture accumulation, salt crystallization, and detachment of surface layers. Through HBIM model, such critical issues can be identified preventively, before implementation of interventions.

The informational model thus takes shape as virtual laboratory for compatibility assessment, in which restoration choices are not based solely on theoretical criteria or partial data, but on integrated knowledge framework that correlates materials, degradation, microclimate, and historical stratification. This approach promotes more informed design process, respectful of historic fabric and aligned with principles of minimum intervention and reversibility.

In conclusion, material cataloguing integrated within HBIM does not represent merely descriptive inventory, but genuine decision-making tool for restoration. The model becomes space where material knowledge and design converge, enabling transformation of scientific data into operational choices consistent with long-term protection and conservation needs of archaeological heritage.

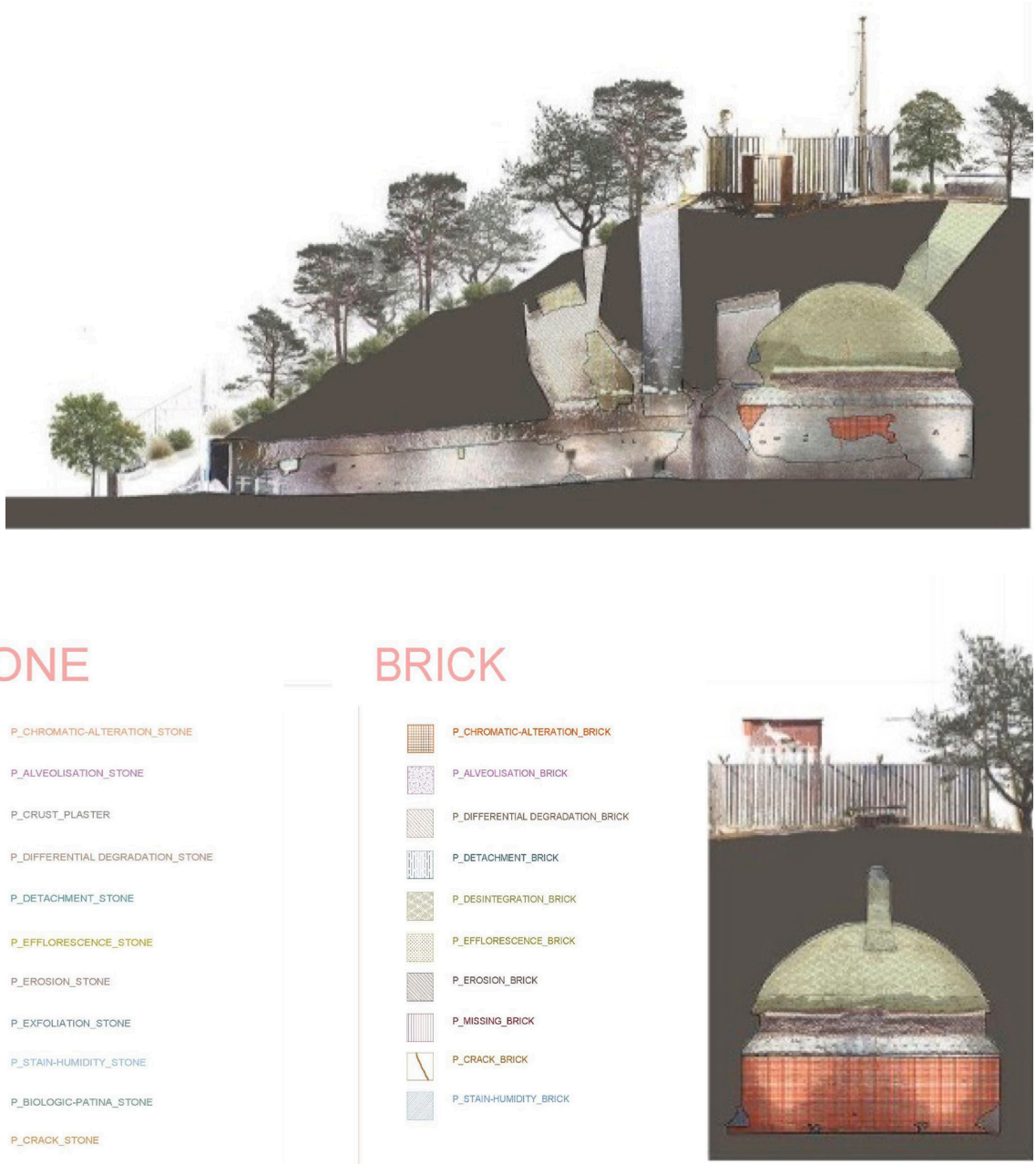


Fig. 204 – Patologie mappate sul modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 204 – Deterioration phenomena mapped on the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

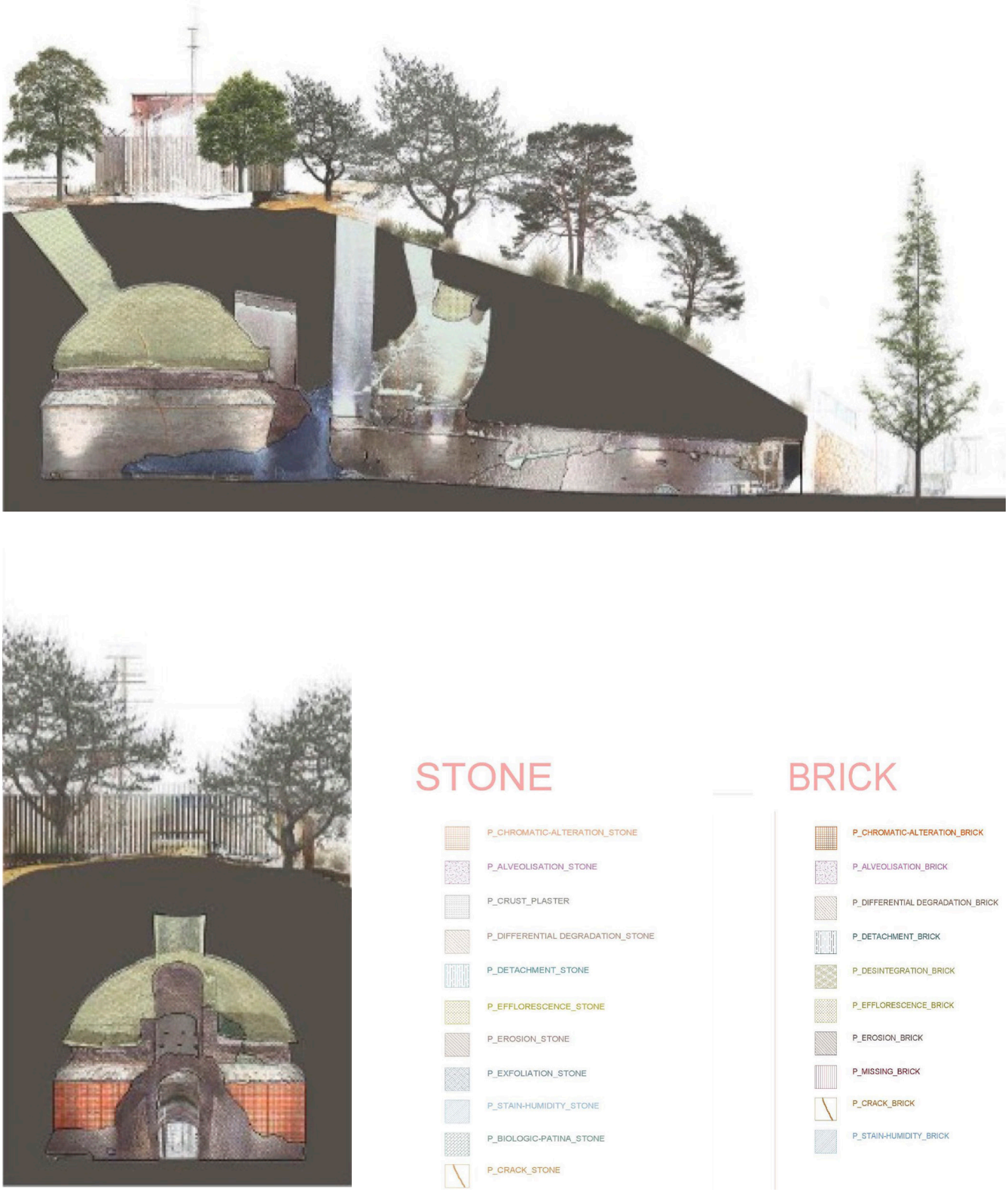


Fig. 205 – Patologie mappate sul modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 205 – Deterioration phenomena mapped on the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

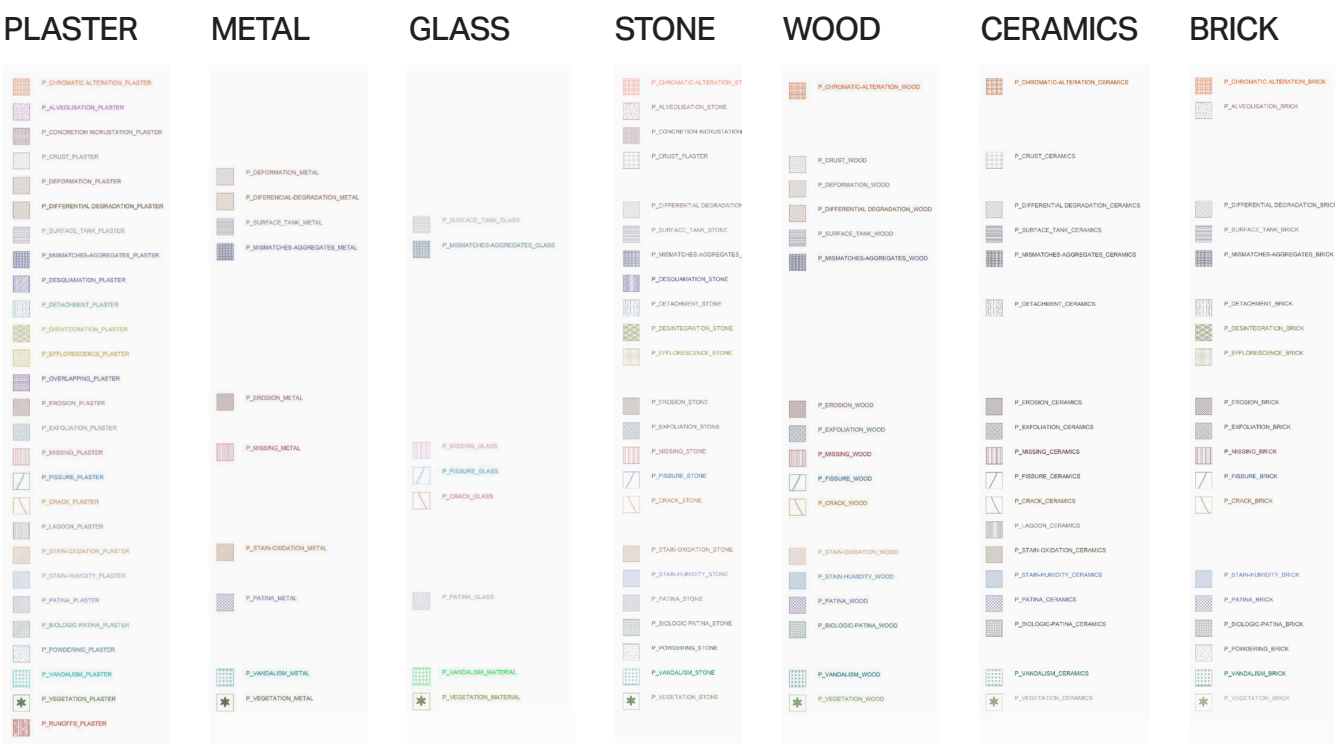


Fig. 206 – Patologie mappate sul modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 206 – Deterioration phenomena mapped on the informed model of the Tomb of the Scipios complex.

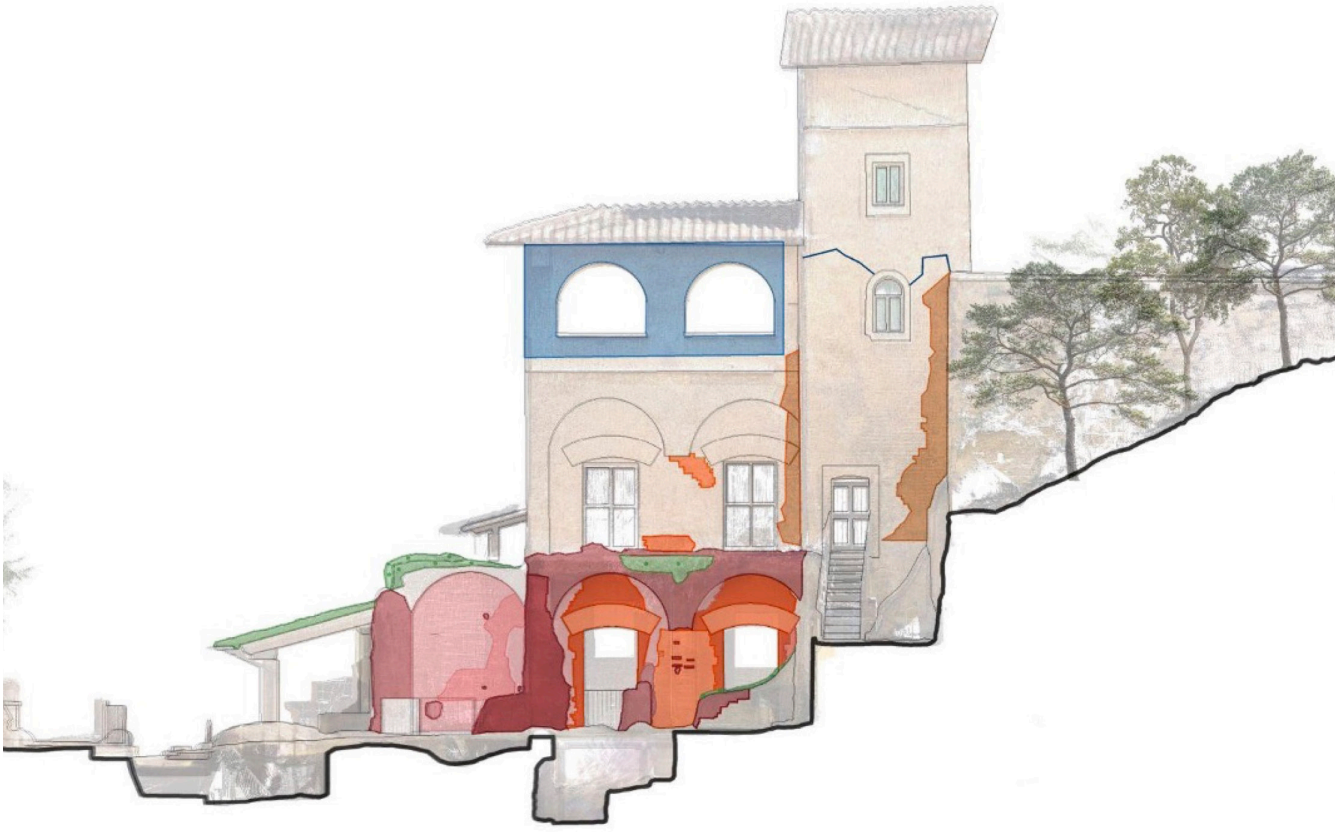


Fig. 207 – Patologie mappate sul modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni. Sezione Nord-Sud.

Fig. 207 – Deterioration phenomena mapped on the informed model of the Tomb of the Scipios complex. North–South section.

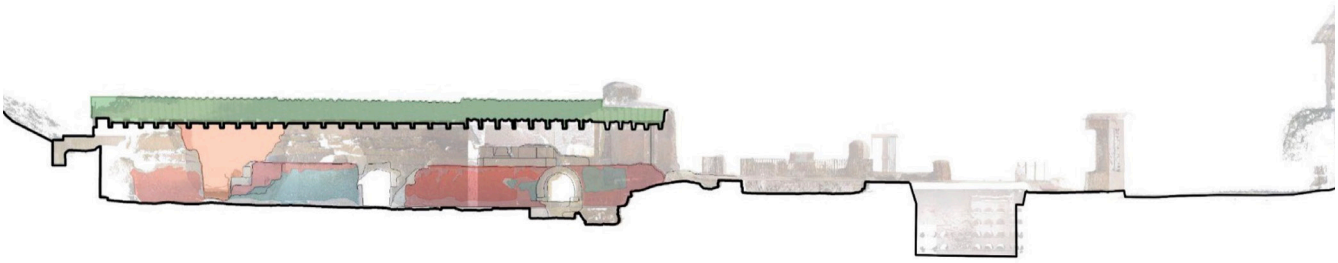


Fig. 208 – Patologie mappate sul modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni. Sezione Est-Ovest.

Fig. 208 – Deterioration phenomena mapped on the informed model of the Tomb of the Scipios complex. East–West section.

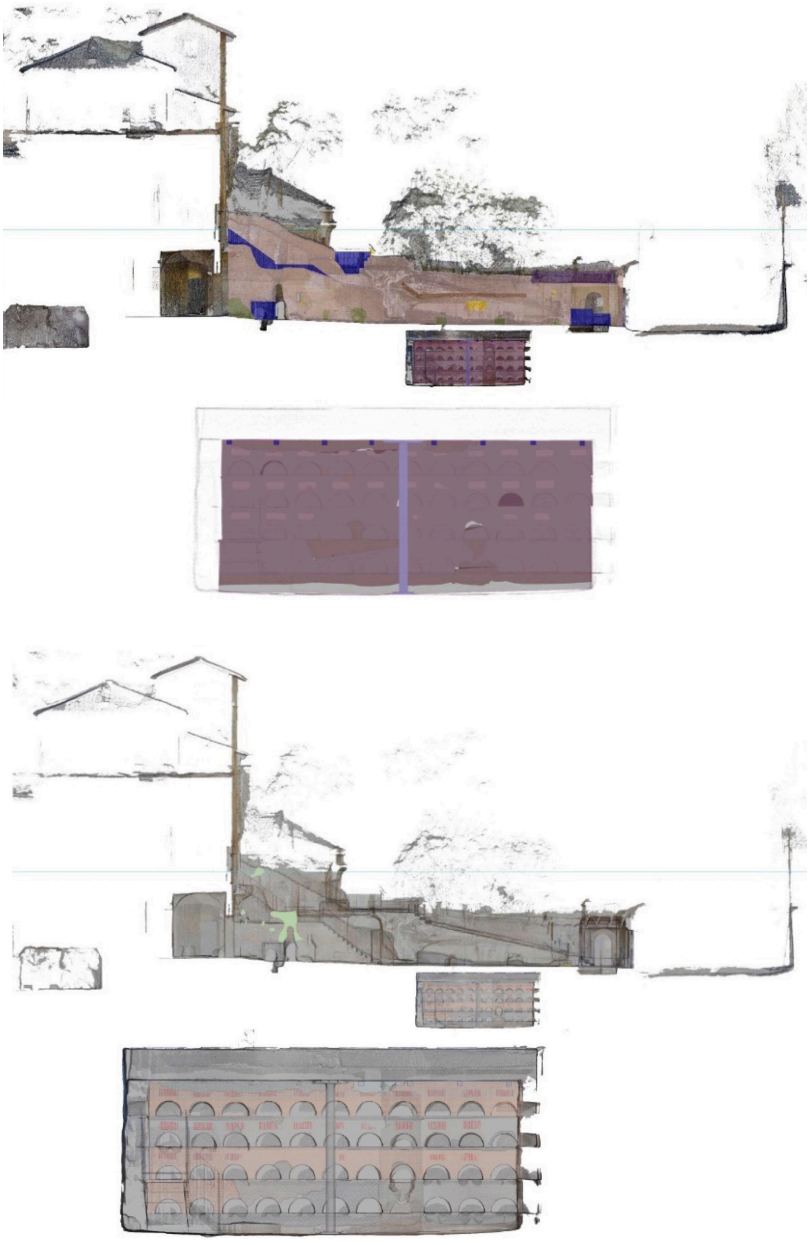


Fig. 209 – Patologie mappate sul modello informato sul Colombario del Sepolcro degli Scipioni. Sezione Est-Ovest.

Fig. 209 – Deterioration phenomena mapped on the informed model of the Columbarium of the Tomb of the Scipios. East–West section.

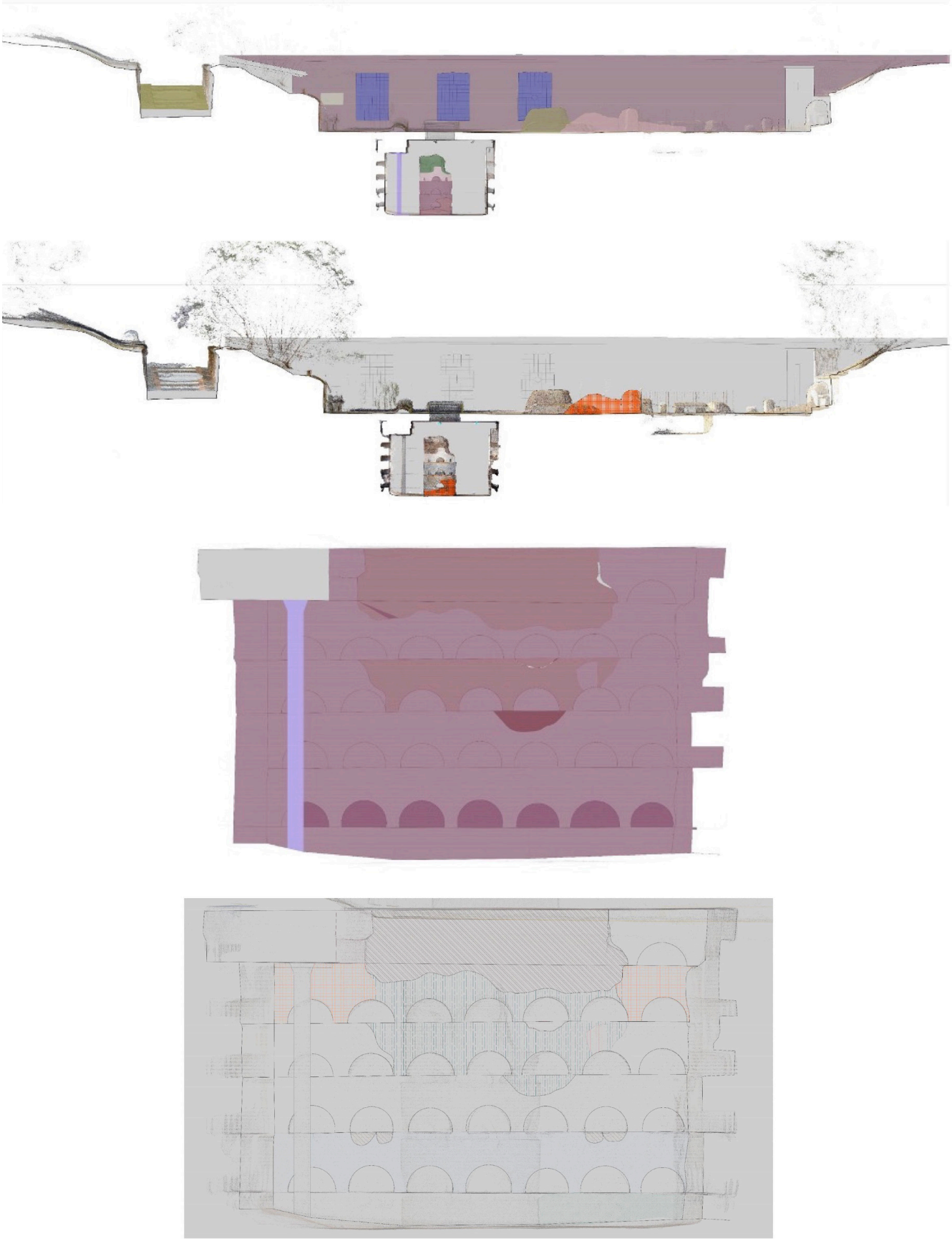


Fig. 210 – Patologie mappate sul modello informato sul Colombario del Sepolcro degli Scipioni. Sezione Sud-Nord.

Fig. 210 – Deterioration phenomena mapped on the informed model of the Columbarium of the Tomb of the Scipios. South–North section.

PARTE 3
ATTIVITÀ SVOLTE A ROMA

PART 3 – Activities carried out in Rome

Capitolo 18
Modello informato come supporto alla gestione e alla manutenzione programmata

CHAPTER 18 - Informed model as a tool for management and planned maintenance

18.1 Gestione operativa del bene archeologico

Uno degli aspetti più innovativi e strategicamente rilevanti del progetto riguarda l'impiego dell'HBIM come strumento di gestione operativa del bene archeologico, superando la tradizionale concezione del modello digitale come semplice supporto alla documentazione o al progetto di restauro. Grazie alla sua struttura informativa, il modello diventa una vera e propria piattaforma di governo del patrimonio, capace di accompagnare il monumento nella sua fase successiva alla conoscenza e alla conservazione iniziale: quella della gestione ordinaria e del monitoraggio nel tempo del Mausoleo di Monte del Grano (Fig. 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221) e del complesso del Sepolcro degli Scipioni (Fig. 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229).

Attraverso l'associazione di dati temporali, schede diagnostiche, informazioni materiche e parametri di stato di conservazione, il modello consente infatti di pianificare in modo sistematico le attività di controllo periodico. Ogni elemento architettonico può essere associato a una frequenza di ispezione, differenziata in base al livello di vulnerabilità, al contesto ambientale e alla tipologia di degrado riscontrata. In questo modo, le operazioni di verifica non sono più affidate a interventi sporadici o a valutazioni soggettive, ma si fondano su un sistema programmato, strutturato e verificabile.

Parallelamente, l'HBIM permette di schedulare le operazioni di manutenzione ordinaria, distinguendole chiaramente dagli interventi straordinari di restauro. Pulizie superficiali, controlli delle superfici lapidee, verifica delle condizioni microclimatiche, manutenzione delle strutture di protezione e degli apparati di accesso possono essere inserite nel modello come attività pianificate, ciascuna con una propria tempistica, una descrizione operativa e una documentazione associata. Questo trasforma il modello in uno strumento operativo utilizzabile direttamente dai gestori del sito, oltre che dai tecnici e dai progettisti.

Un ulteriore valore aggiunto è rappresentato dalla possibilità di monitorare nel tempo l'evoluzione delle patologie. Ogni aggiornamento delle mappature del degrado può essere confrontato con gli stati precedenti, consentendo di verificare se un fenomeno è stabile, in regressione o in fase di aggravamento. Questo approccio dinamico alla diagnostica permette di valutare in modo oggettivo l'efficacia degli interventi effettuati e di individuare tempestivamente nuove criticità, prima che esse raggiungano livelli di rischio elevato.

Questo sistema di gestione digitale consente di superare la logica emergenziale che ancora oggi caratterizza gran parte degli interventi sul patrimonio archeologico, spesso attivati solo in seguito a crolli, dissesti o situazioni di rischio conclamato. L'HBIM introduce invece una prospettiva di gestione preventiva e programmata, fondata su dati oggettivi, costantemente aggiornabili e condivisibili tra i diversi soggetti coinvolti nella tutela.

In questa visione, il patrimonio non è più considerato come un insieme di emergenze da risolvere di volta in volta, ma come un sistema complesso da governare nel tempo attraverso un'azione continua di controllo, manutenzione e adattamento. Ciò comporta anche un uso più razionale delle risorse economiche, poiché la manutenzione programmata risulta, nel medio e lungo periodo, molto più sostenibile rispetto agli interventi straordinari di grande entità.

18.1 Operational management of archaeological heritage asset

One of the most innovative and strategically relevant aspects of the project concerns the use of HBIM as an operational management tool for the archaeological heritage asset, moving beyond the traditional conception of the digital model as a simple support for documentation or restoration design. Thanks to its informational structure, the model becomes a true heritage governance platform, capable of accompanying the monument beyond the initial phases of knowledge and conservation into the subsequent phase of routine management and long-term monitoring of the Mausoleum of Monte del Grano (Figs. 211–221) and the Tomb of the Scipios complex (Figs. 222–229).

Through the integration of temporal data, diagnostic records, material information, and conservation status parameters, the model makes it possible to systematically plan periodic inspection activities. Each architectural element can be associated with specific inspection frequency, differentiated according to vulnerability level, environmental context, and type of deterioration identified. In this way, monitoring operations are no longer entrusted to sporadic interventions or subjective evaluations, but are based on programmed, structured, and verifiable system.

At the same time, HBIM enables scheduling of routine maintenance activities, clearly distinguishing them from extraordinary restoration interventions. Surface cleaning, inspection of stone materials, monitoring of microclimatic conditions, maintenance of protective structures and access systems can all be entered into the model as planned tasks, each with its own timetable, operational description, and associated documentation. This transforms the model into operational tool that can be directly used by site managers, as well as by technicians and designers.

An additional advantage lies in the possibility of monitoring evolution of deterioration phenomena over time. Each update of degradation mapping can be compared with previous states, allowing verification of whether phenomenon is stable, regressing, or worsening. This dynamic diagnostic approach enables objective evaluation of effectiveness of completed interventions and timely identification of new critical issues before they reach high-risk levels.

This digital management system makes it possible to overcome emergency-based logic that still characterizes many interventions on archaeological heritage, often activated only after collapses, structural failures, or clearly manifested risk situations. HBIM instead introduces preventive and planned management perspective, based on objective data that can be continuously updated and shared among different stakeholders involved in protection process.

Within this framework, heritage is no longer viewed as series of emergencies to be addressed case by case, but as complex system to be governed over time through continuous action of monitoring, maintenance, and adaptation. This approach also implies more rational use of financial resources, since planned maintenance proves, in medium and long term, far more sustainable than large-scale extraordinary interventions.

Fig. 211 – Planimetria estratta dal modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 211 – Site plan extracted from the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

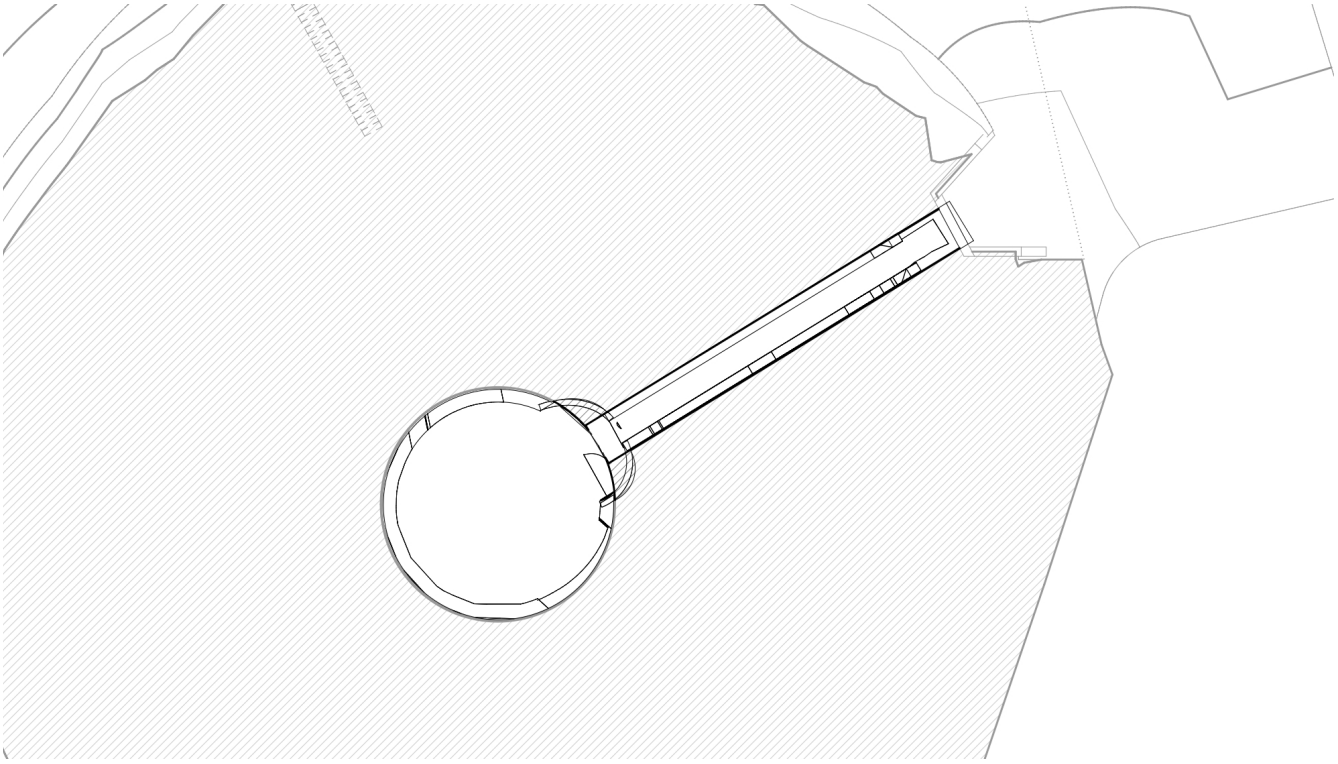


Fig. 212 – Pianta del livello terra estratta dal modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 212 – Ground floor plan extracted from the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

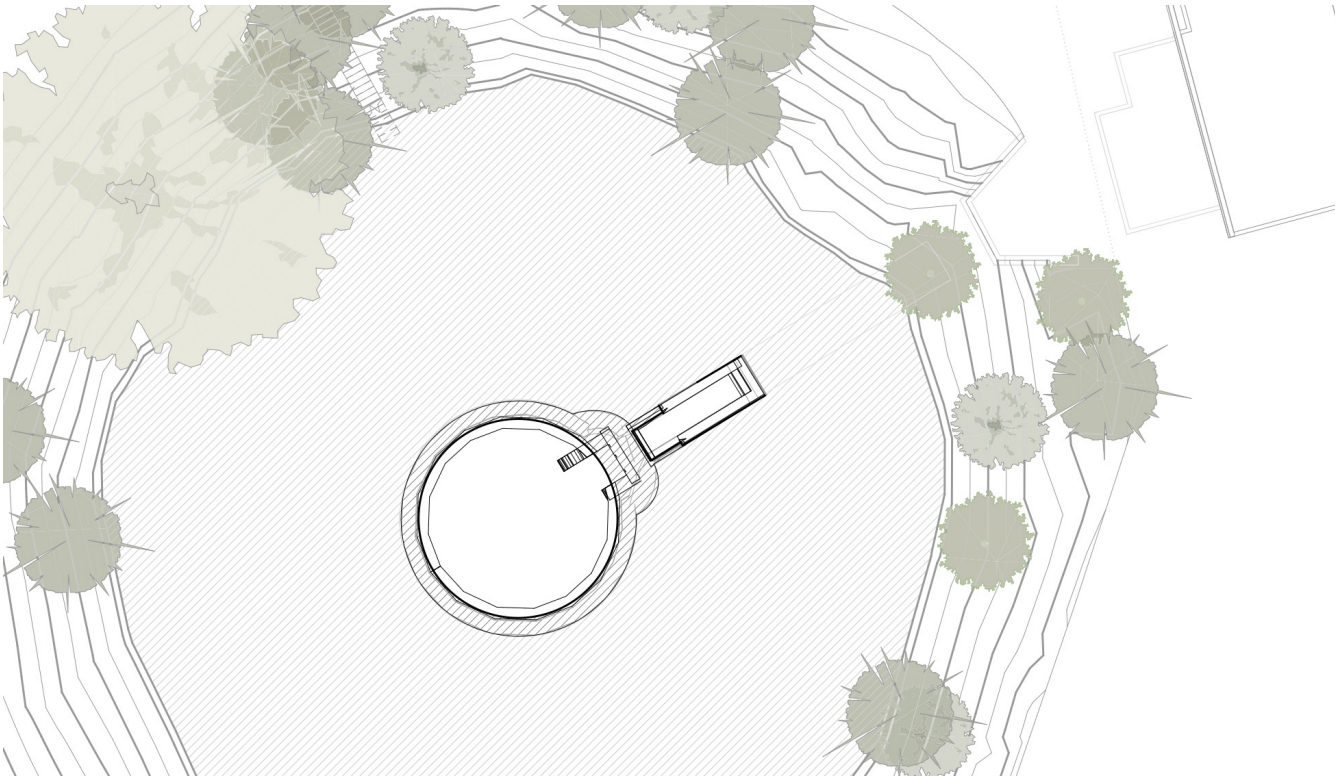


Fig. 213 – Pianta del livello dell'ambiente superiore estratta dal modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 213 – Plan of the upper chamber level extracted from the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

Fig. 214 – Pianta della parte superiore del mausoleo estratta dal modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 214 – Plan of the upper portion of the mausoleum extracted from the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

Fig. 215 – Prospetto dell'ingresso estratta dal modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 215 – Entrance elevation extracted from the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

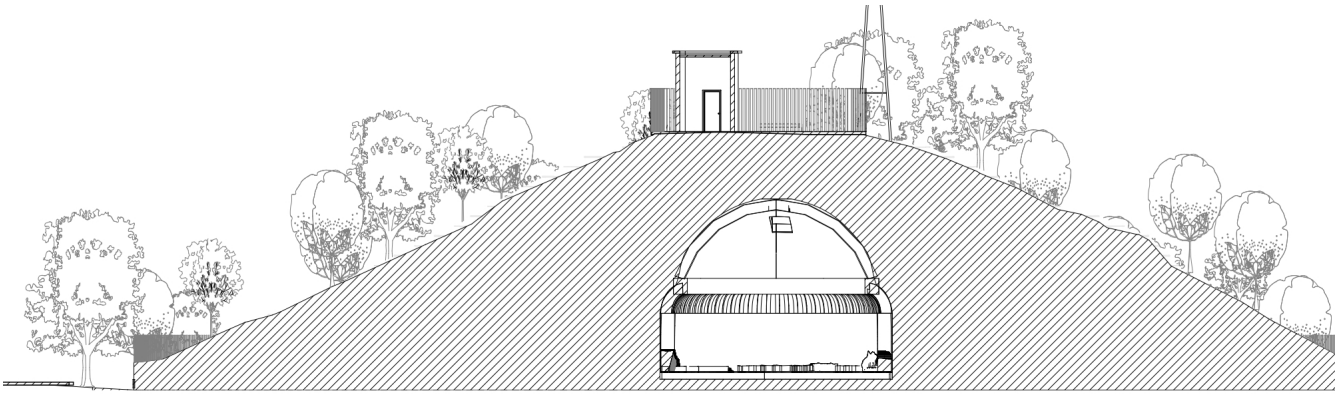


Fig. 216 – Sezione trasversale sulla parte terminale della camera sepolcrale estratta dal modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 216 – Transverse section through the terminal part of the burial chamber extracted from the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

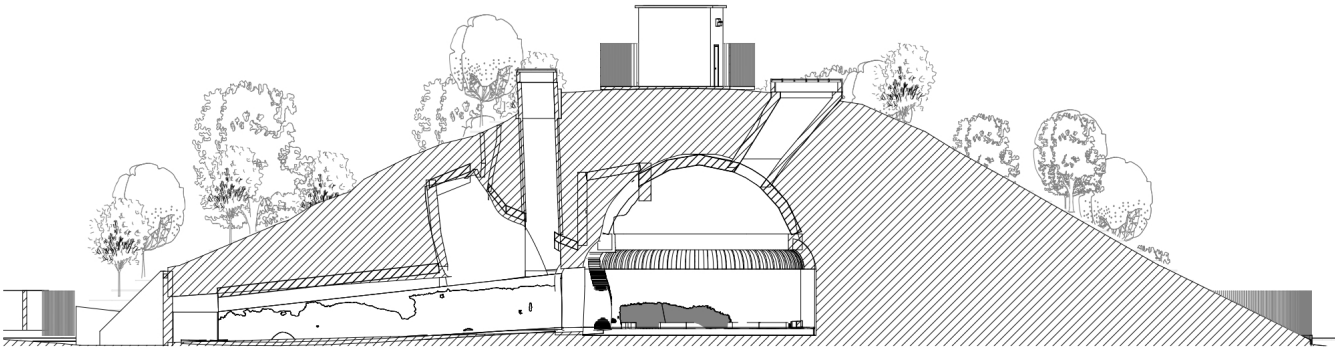


Fig. 217 – Sezione longitudinale Ovest-Est della camera sepolcrale e del corridoio d'ingresso estratta dal modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 217 – West–East longitudinal section of the burial chamber and entrance corridor extracted from the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

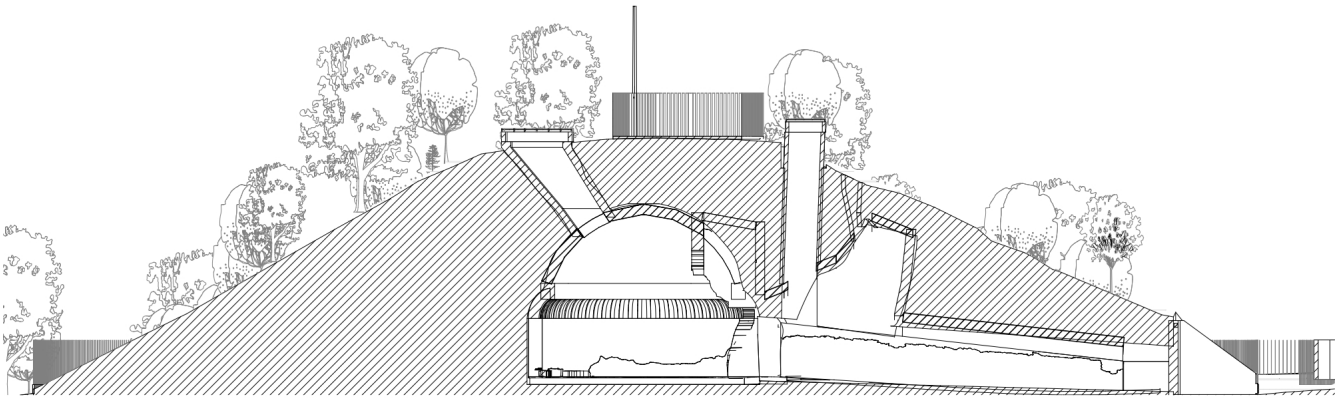


Fig. 218 – Sezione longitudinale Est-Ovest della camera sepolcrale e del corridoio d'ingresso estratta dal modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 218 – East–West longitudinal section of the burial chamber and entrance corridor extracted from the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

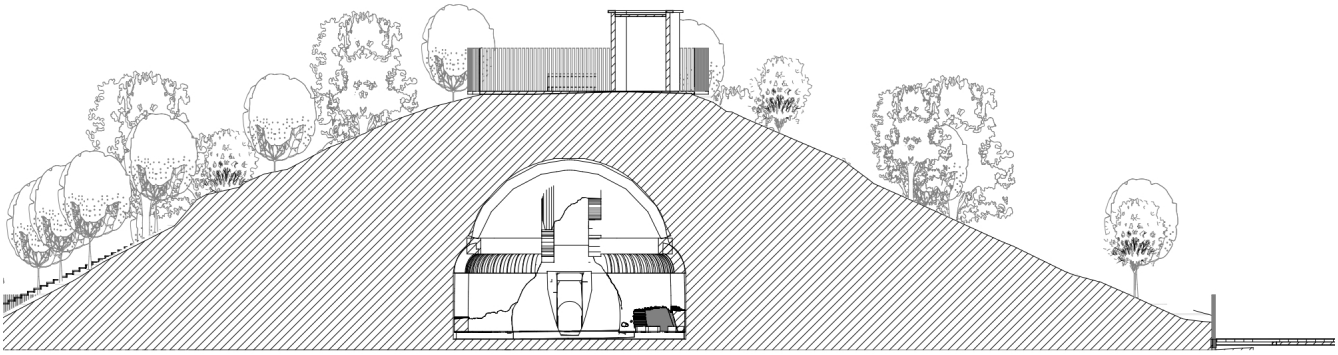


Fig. 219 – Sezione trasversale della camerale sepolcrale sulla parte del corridoio estratta dal modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 219 – Transverse section of the burial chamber at the corridor area extracted from the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

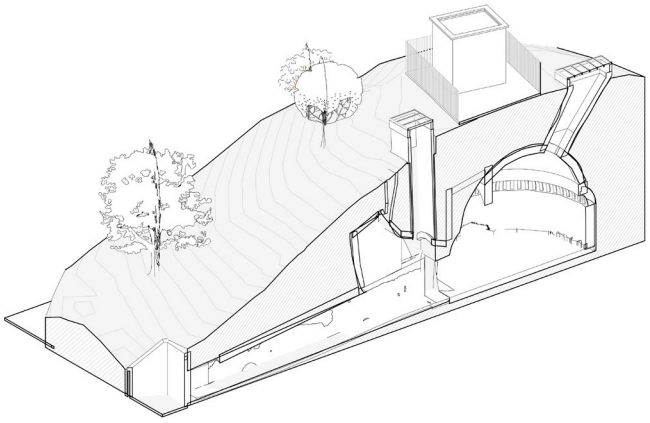


Fig. 220 – Spaccato longitudinale Ovest-Est della camera sepolcrale e del corridoio d'ingresso estratta dal modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 220 – West–East longitudinal cutaway of the burial chamber and entrance corridor extracted from the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

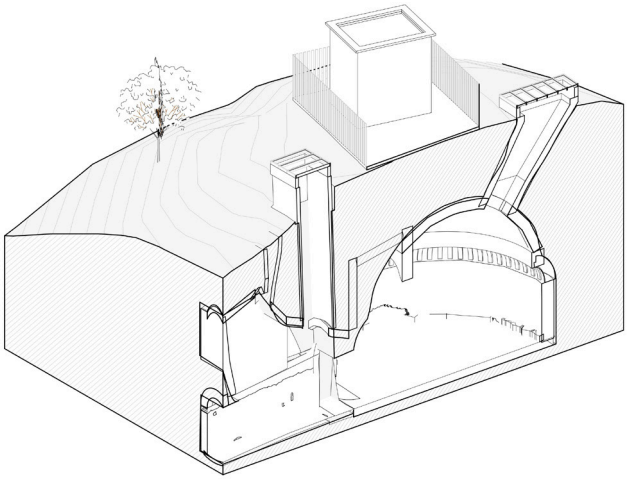


Fig. 221 – Dettaglio dello spaccato longitudinale Ovest-Est della camera sepolcrale e del corridoio d'ingresso estratta dal modello informato del Mausoleo di Monte del Grano.

Fig. 221 – Detail of the West–East longitudinal cutaway of the burial chamber and entrance corridor extracted from the informed model of the Mausoleum of Monte del Grano.

Fig. 222 – Planimetria estratta dal modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 222 – Site plan extracted from the informed model of the Tomb of the Scipios complex.

Fig. 223 – Pianta della camera sepolcrale estratta dal modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 223 – Plan of the burial chamber extracted from the informed model of the Tomb of the Scipios complex.

Fig. 224 – Prospetto Nord estratto dal modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 224 – North elevation extracted from the informed model of the Tomb of the Scipios complex.

Fig. 225 – Prospetto Ovest estratto dal modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 225 – West elevation extracted from the informed model of the Tomb of the Scipios complex.

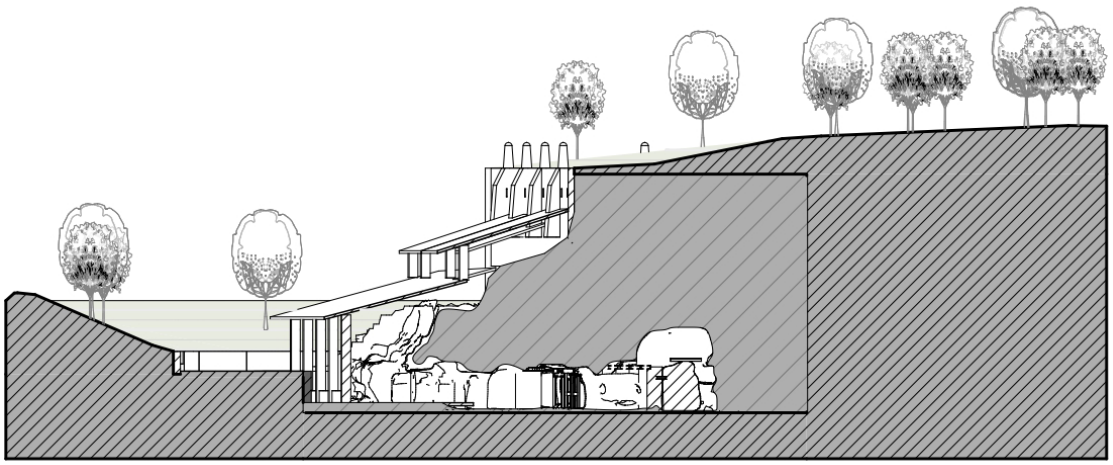


Fig. 226 – Sezione Nord-Sud estratta dal modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 226 – North–South section extracted from the informed model of the Tomb of the Scipios complex.

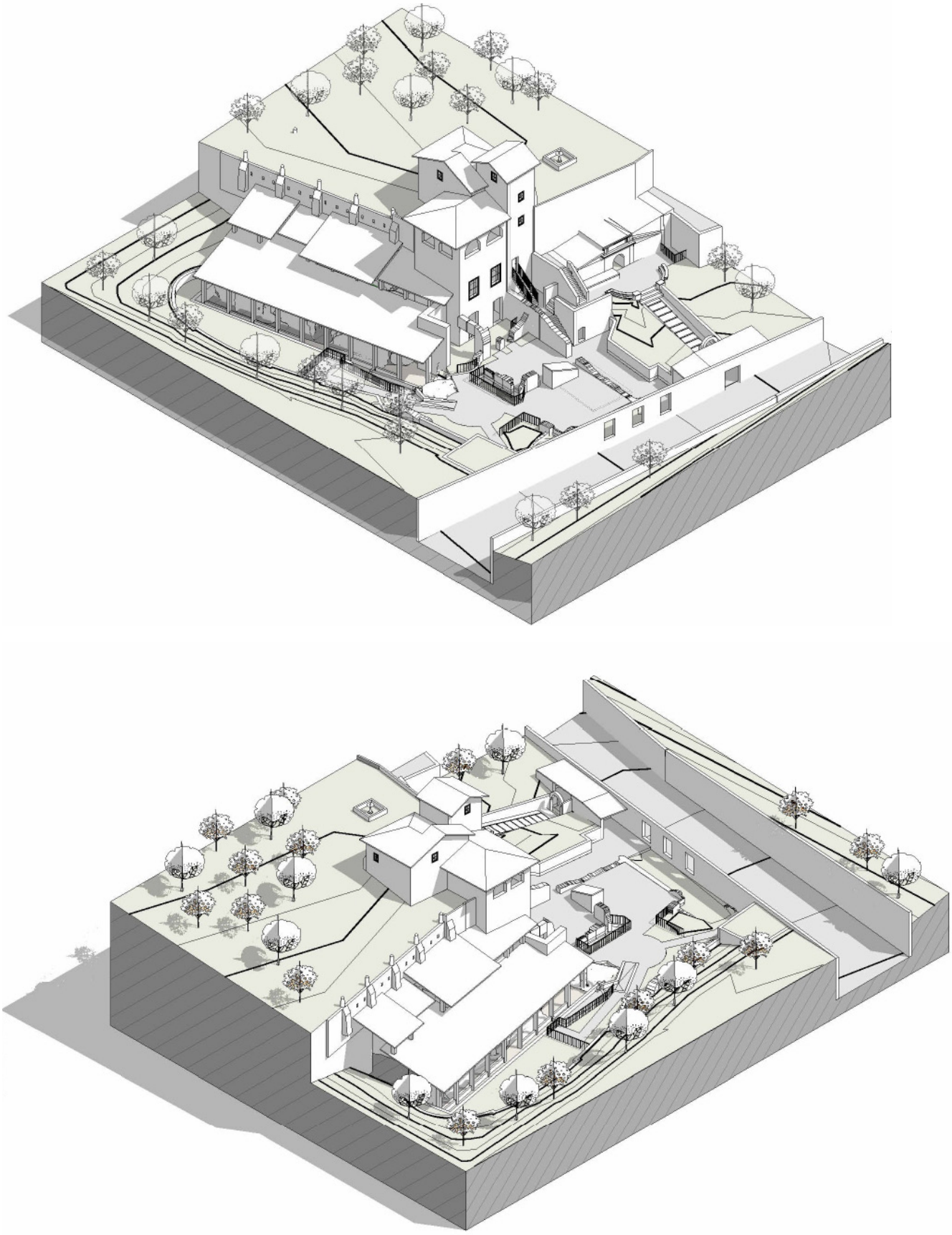


Fig. 227 – Viste assonometriche estratte dal modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

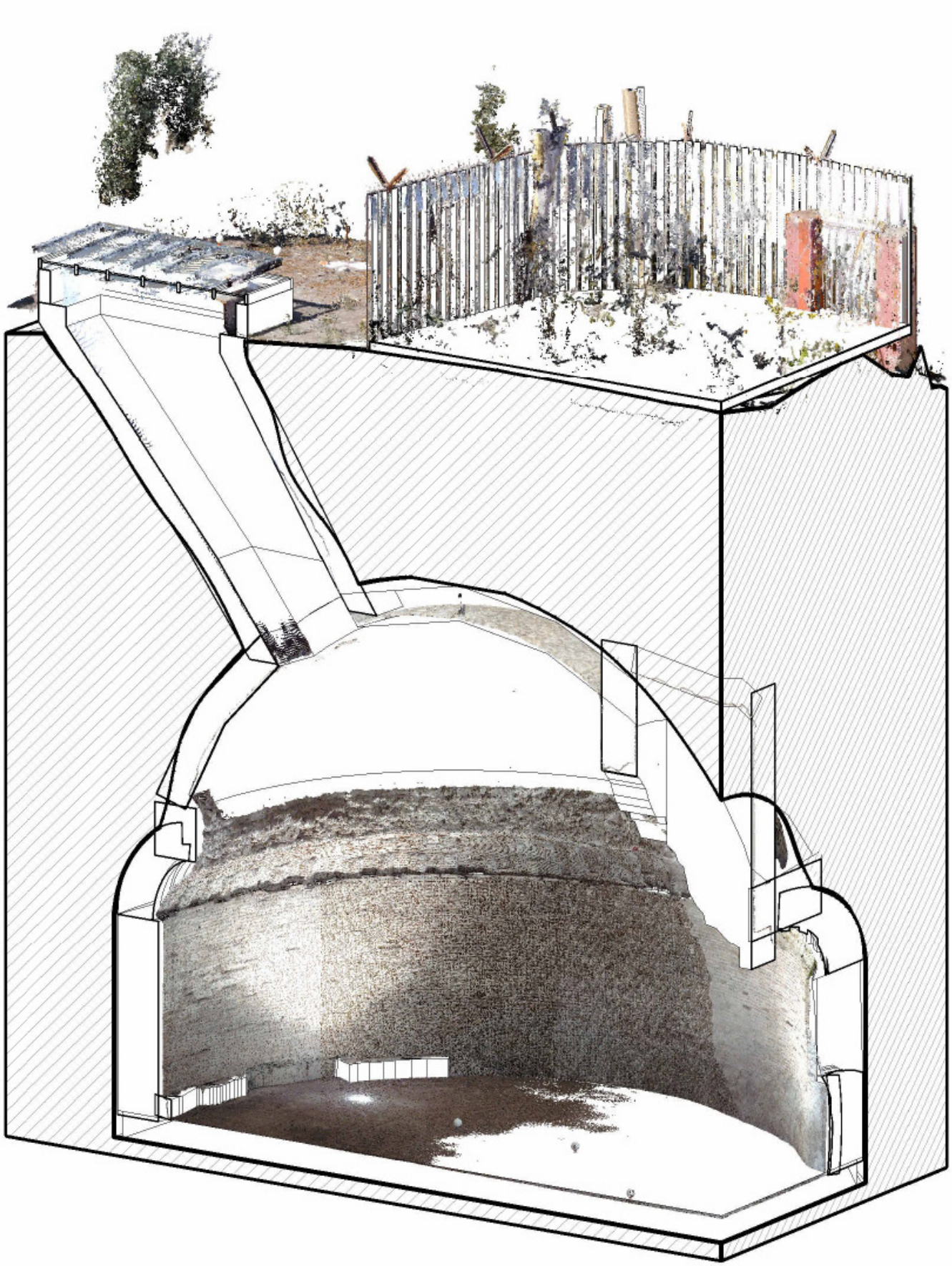
Fig. 227 – Axonometric views extracted from the informed model of the Tomb of the Scipios complex.

Fig. 228 – Visualizzazione estratta dal modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 228 – Visualization extracted from the informed model of the Tomb of the Scipios complex.

Fig. 229 – Visualizzazione estratta dal modello informato del complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 229 – Visualization extracted from the informed model of the Tomb of the Scipios complex.



PARTE 3
ATTIVITÀ SVOLTE A ROMA

PART 3 – Activities carried out in Rome

Capitolo 19
Dimensione interpretativa per la comunicazione e valorizzazione

CHAPTER 19 - Interpretative dimension for communication and enhancement

19.1 Modelli ricostruttivi e ipotesi storiche

Il progetto non si limita a documentare lo stato di fatto dei monumenti oggetto di studio, ma intraprende un percorso più complesso e ambizioso, volto alla costruzione di modelli ricostruttivi interpretativi. Questo approccio, applicato in particolare al Colombario degli Scipioni, si fonda sulla consapevolezza che la mera riproduzione della realtà esistente rappresenta solo una parte della conoscenza archeologica. Comprendere e rappresentare le trasformazioni storiche e le ipotesi ricostruttive consente di ottenere una visione più completa e dinamica del patrimonio culturale.

La realizzazione di modelli ricostruttivi richiede un equilibrio tra evidenze concrete e ipotesi, basandosi su fonti di diversa natura e grado di affidabilità. Nel caso del Colombario degli Scipioni, il lavoro prende avvio dalla documentazione archeologica disponibile: rilievi tridimensionali dettagliati delle strutture sopravvissute, fotografie, disegni storici e materiali di archivio. A partire da questi dati si ricostruisce con precisione lo stato attuale dei monumenti, individuando elementi originali e aggiunti in epoche successive.

Tuttavia, molti aspetti del complesso sono perduti o sono solo parzialmente documentati. Per colmare queste lacune, il progetto fa ricorso a confronti tipologici con altri esempi simili dell'area romana e ad analisi delle fonti storiche, letterarie ed epigrafiche. L'uso combinato di questi strumenti permette di formulare ipotesi plausibili su elementi architettonici e decorativi mancanti, sulle fasi di utilizzo del monumento e sulle modificazioni subite nel corso dei secoli.

Un principio fondamentale seguito in questa fase è quello della trasparenza scientifica. Ogni elemento ricostruttivo è chiaramente distinto nel modello digitale. Ciò che è documentato è rappresentato con precisione, ciò che è ipotetico è segnalato visivamente con codifiche cromatiche o annotazioni specifiche, mentre gli elementi perduti o completamente ricostruiti sulla base di analogie sono stati marcati come tali. Questa distinzione non è puramente formale, consente agli studiosi e agli utenti finali di comprendere immediatamente quali parti del modello siano frutto di evidenze dirette e quali di interpretazioni scientificamente fondate, evitando la confusione tra realtà storica e ricostruzione digitale.

La modellazione interpretativa offre anche una prospettiva metodologica innovativa. Non si tratta semplicemente di creare immagini di ciò che potrebbe essere stato, ma di costruire un laboratorio di sperimentazione storica, in cui diverse ipotesi possono essere confrontate e validate. Ad esempio, nel caso del Colombario degli Scipioni, si sperimentano diverse ricostruzioni dei vani interni e delle decorazioni pittoriche, confrontando l'impatto visivo e funzionale delle soluzioni ipotetiche con le fonti archeologiche e letterarie disponibili. Questo processo iterativo consente di affinare le interpretazioni e, al contempo, di generare materiali utili sia per la ricerca scientifica sia per la comunicazione divulgativa.

Un aspetto particolarmente interessante di questo approccio è la possibilità di osservare l'evoluzione temporale del monumento. I modelli ricostruttivi non si limitano a una singola istantanea del passato, ma possono integrare ricostruzioni successive delle varie fasi storiche: dalla costruzione originaria alle modifiche dovute a interventi postumi, fino alla condizione attuale. Questa prospettiva dinamica permette di raccontare il patrimonio come un organismo in trasformazione, offrendo una lettura più ricca e complessa rispetto alla mera staticità delle immagini fotografiche o dei rilievi tradizionali.

19.1 Reconstructive models and historical hypotheses

The project does not merely document the current condition of the monuments under study, but undertakes a more complex and ambitious path aimed at developing interpretative reconstructive models. This approach, applied in particular to the Columbarium of the Scipios, is grounded in the awareness that simple reproduction of existing reality represents only part of archaeological knowledge. Understanding and representing historical transformations and reconstructive hypotheses allows for a more comprehensive and dynamic vision of cultural heritage.

The creation of reconstructive models requires balance between concrete evidence and hypothesis, relying on sources of different nature and varying degrees of reliability. In the case of the Columbarium of the Scipios, work began with available archaeological documentation: detailed three-dimensional surveys of surviving structures, photographs, historical drawings, and archival materials. From these data, the current state of the monument was reconstructed with precision, identifying original elements and additions from later periods.

However, many aspects of the complex have been lost or are only partially documented. To fill these *gaps*, the project employed typological comparisons with similar examples in the Roman area, as well as analysis of historical, literary, and epigraphic sources. The combined use of these tools made it possible to formulate plausible hypotheses regarding missing architectural and decorative elements, phases of use, and transformations undergone over the centuries.

A fundamental principle guiding this phase is scientific transparency. Each reconstructive element is clearly distinguished within the digital model. Documented features are represented accurately; hypothetical elements are visually indicated through color coding or specific annotations; and components entirely reconstructed on the basis of analogy are explicitly marked as such. This distinction is not merely formal, it allows scholars and users to immediately understand which parts of the model derive from direct evidence and which from scientifically grounded interpretation, thus preventing

Dal punto di vista didattico e museale, i modelli interpretativi rappresentano uno strumento straordinario. Permettono infatti di proporre al pubblico ricostruzioni visuali comprensibili anche per chi non ha una formazione specialistica, favorendo la percezione del patrimonio come testimonianza viva della storia. La possibilità di distinguere chiaramente tra ciò che è documentato e ciò che è ipotetico contribuisce inoltre a educare alla metodologia della ricerca archeologica, mostrando come le conoscenze si costruiscano attraverso un processo di raccolta, analisi e interpretazione dei dati.

Infine, l'approccio adottato valorizza la dimensione collaborativa della ricerca. La costruzione dei modelli ricostruttivi ha richiesto il confronto tra archeologi, storici dell'arte, architetti, ingegneri e specialisti di modellazione digitale. Questo lavoro multidisciplinare permette di combinare competenze diverse, garantendo che le ipotesi ricostruttive fossero al tempo stesso coerenti con le evidenze scientifiche e realizzabili dal punto di vista tecnico. Il modello digitale diventa così un vero e proprio hub conoscitivo, capace di integrare dati eterogenei, sperimentazioni interpretative e comunicazione scientifica, creando un ponte tra ricerca accademica e fruizione pubblica.

In sintesi, la dimensione interpretativa del progetto si caratterizza per tre aspetti fondamentali: l'uso rigoroso e trasparente delle fonti, la sperimentazione storica attraverso modelli ricostruttivi e la capacità di comunicare in maniera efficace e accessibile i risultati della ricerca. L'esperienza condotta sul Colombario degli Scipioni dimostra come la modellazione digitale possa superare la mera rappresentazione statica, diventando uno strumento dinamico di conoscenza, confronto e divulgazione scientifica.

19.2 Comunicazione, divulgazione e realtà virtuale

Con questa direzione si persegue il secondo filone strategico del progetto, che riguarda la comunicazione e la divulgazione dei risultati della ricerca, con l'obiettivo di estendere il valore scientifico dei modelli digitali alla più ampia comunità possibile. La disponibilità di un modello HBIM (*Historic Building Information Modeling*) apre nuove opportunità per presentare in maniera chiara e coinvolgente la complessità dei monumenti, superando le tradizionali barriere tra ricerca specialistica e pubblico non esperto.

Il primo passo è la realizzazione di modelli 3D navigabili, concepiti non solo come strumenti di analisi interna al progetto, ma anche come supporti per la fruizione digitale da parte di musei, università e istituzioni culturali. Questi modelli permettono di esplorare gli ambienti con un alto grado di libertà, osservando dettagli architettonici e decorativi difficilmente accessibili nella realtà. La navigazione virtuale consente di comprendere le proporzioni spaziali, la sequenza degli ambienti e le relazioni tra gli elementi costruttivi, trasformando la visita in un'esperienza immersiva e altamente educativa.

Parallelamente, sono sviluppate animazioni sull'evoluzione storica dei monumenti, in grado di illustrare le trasformazioni subite nel corso dei secoli. Tali animazioni combinano la precisione del modello tridimensionale con sequenze temporali che mostrano le fasi di costruzione, gli interventi successivi e le modifiche ambientali. Questo approccio non solo facilita la comprensione del patrimonio da parte di un pubblico ampio, ma offre anche agli studiosi uno strumento per testare visivamente le proprie ipotesi interpretative, confrontando rapidamente diverse soluzioni ricostruttive.

confusion between historical reality and digital reconstruction.

Interpretative modeling also offers innovative methodological perspective. It does not simply generate images of what might have existed, but establishes laboratory of historical experimentation in which different hypotheses can be compared and validated. For example, in the case of the Columbarium of the Scipios, alternative reconstructions of interior chambers and painted decorations were tested, evaluating visual and functional impact of hypothetical solutions against archaeological and literary sources. This iterative process refines interpretations while producing materials valuable both for scientific research and public communication.

Particularly significant is possibility of visualizing temporal evolution of monument. Reconstructive models do not present single static image of past, but integrate successive reconstructions of different historical phases, from original construction to later modifications and finally to present condition. This dynamic perspective allows heritage to be narrated as evolving organism, offering richer and more complex interpretation than static photographs or traditional surveys.

From educational and museological standpoint, interpretative models represent extraordinary tool. They allow visual reconstructions accessible even to non-specialist audiences, fostering perception of heritage as living testimony of history. Clear distinction between documented and hypothetical elements also educates viewers about archaeological methodology, demonstrating how knowledge is constructed through processes of data collection, analysis, and interpretation.

Finally, adopted approach enhances collaborative dimension of research. Development of reconstructive models required dialogue among archaeologists, art historians, architects, engineers, and digital modeling specialists. This multidisciplinary collaboration ensured that reconstructive hypotheses were both scientifically coherent and technically feasible. Digital model thus becomes true knowledge hub, capable of integrating heterogeneous data, interpretative experimentation, and scientific communication, creating bridge between academic research and public engagement.

La realtà virtuale (VR) rappresenta un ulteriore salto di qualità nella comunicazione e nella fruizione del patrimonio. Grazie all'immersione completa nei modelli digitali, gli utenti possono sperimentare un senso di presenza negli ambienti ricostruiti, percependo le scale, le proporzioni e la spazialità con una profondità che le immagini tradizionali non possono offrire. Nel caso di siti come il Colombario degli Scipioni (Fig. 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236), spesso non completamente accessibili per ragioni conservative o logistiche, la VR consente una "visita esperienziale" che combina apprendimento, emozione e interazione. Gli utenti possono muoversi liberamente negli ambienti, osservare dettagli decorativi e persino confrontare fasi storiche diverse, creando un legame diretto con il patrimonio (Fig. 237, 238, 239).

Oltre agli strumenti immersivi, il progetto sviluppa materiali per mostre ed eventi divulgativi, capaci di rendere comprensibili anche i contenuti più specialistici. Dalla stampa 3D di modelli ridotti alle ricostruzioni virtuali proiettate su schermi o superfici, fino a pannelli interattivi e applicazioni multimediali, ogni prodotto è progettato con un'attenzione particolare alla fruibilità e alla didattica. L'obiettivo è quello di democratizzare la conoscenza del patrimonio culturale, offrendo esperienze accessibili a diversi livelli di competenza, dall'appassionato di storia all'esperto del settore.

Il valore della comunicazione digitale risiede anche nella possibilità di raggiungere un pubblico geografico ampio, superando i limiti fisici e logistici dei siti archeologici. Studenti, ricercatori e appassionati di tutto il mondo possono esplorare monumenti e contesti storici che altrimenti sarebbero difficilmente accessibili, aumentando la diffusione della conoscenza e promuovendo una cultura condivisa del patrimonio. In questo senso, la realtà virtuale e le applicazioni interattive diventano strumenti di inclusione culturale, capaci di abbattere barriere geografiche, fisiche e cognitive.

Dal punto di vista scientifico, l'uso di modelli digitali e realtà virtuale non si limita alla divulgazione. I dati raccolti e le ricostruzioni 3D forniscono un supporto concreto alla ricerca storica e archeologica. Ad esempio, la possibilità di simulare illuminazioni naturali o artificiali, verificare le prospettive visive degli ambienti o analizzare l'accessibilità dei percorsi interni permette di generare nuove ipotesi interpretative e di testare soluzioni progettuali per interventi conservativi o museali. In questo senso, il modello digitale diventa uno strumento multifunzionale, utile sia per il pubblico che per gli studiosi, integrando ricerca, didattica e comunicazione in un unico ecosistema digitale.

Un aspetto innovativo del progetto riguarda anche l'integrazione tra diverse piattaforme e dispositivi. Modelli HBIM, animazioni 3D, applicazioni VR e materiali per mostre non sono stati sviluppati come prodotti separati, ma come componenti di un sistema coerente, in cui ogni elemento può dialogare con gli altri. Questo approccio consente, ad esempio, di utilizzare lo stesso modello digitale per generare sia animazioni storiche per uno schermo, sia esperienze VR immersive, sia supporti interattivi per mostre, massimizzando l'efficacia e la sostenibilità del progetto.

Infine, il progetto pone particolare attenzione alla fruizione inclusiva. Le applicazioni immersive e i materiali digitali sono stati pensati per utenti con diverse esigenze, includendo opzioni di navigazione facilitata, descrizioni audio e testi accessibili. Questo riflette una consapevolezza crescente dell'importanza di rendere il patrimonio culturale accessibile non solo fisicamente, ma anche cognitivamente e digitalmente, promuovendo una partecipazione più ampia e consapevole.

In summary, interpretative dimension of project is characterized by three fundamental aspects: rigorous and transparent use of sources, historical experimentation through reconstructive models, and effective, accessible communication of research results. Experience conducted on the Columbarium of the Scipios demonstrates how digital modeling can move beyond static representation, becoming dynamic instrument of knowledge, comparison, and scientific dissemination.

19.2 Communication, Dissemination, and Virtual Reality

In this direction, the second strategic strand of the project is pursued, focusing on communication and dissemination of research results, with the aim of extending scientific value of digital models to the widest possible community. Availability of an HBIM (Historic *Building Information Modeling*) model opens new opportunities to present complexity of monuments in clear and engaging way, overcoming traditional barriers between specialized research and non-expert audiences.

The first step involves development of navigable 3D models, conceived not only as internal analytical tools, but also as resources for digital access by museums, universities, and cultural institutions. These models allow users to explore spaces with high degree of freedom, observing architectural and decorative details that are often difficult to access in reality. Virtual navigation makes it possible to understand spatial proportions, sequence of rooms, and relationships between construction elements, transforming visit into immersive and highly educational experience.

At the same time, animations illustrating historical evolution of monuments have been developed to show transformations that occurred over centuries. These animations combine precision of three-dimensional model with chronological sequences representing construction phases, later interventions, and environmental modifications. This approach facilitates public understanding while also offering scholars visual tool for testing interpretative hypotheses by quickly comparing alternative reconstructive solutions.

In sintesi, la dimensione della comunicazione e della divulgazione rappresenta un pilastro fondamentale del progetto, complementare alla ricerca archeologica e alla modellazione interpretativa. Attraverso modelli 3D navigabili, animazioni storiche, applicazioni in realtà virtuale e materiali per mostre, il progetto crea un ecosistema digitale integrato, in grado di valorizzare il patrimonio storico, facilitare la sperimentazione scientifica e rendere l'esperienza culturale più accessibile, coinvolgente e partecipativa. La combinazione di accuratezza scientifica, chiarezza comunicativa e innovazione tecnologica dimostra come la digitalizzazione dei beni culturali possa trasformarsi in uno strumento potente per la conoscenza, la divulgazione e la conservazione del patrimonio.

Virtual reality (VR) represents further qualitative leap in heritage communication and access. Through full immersion in digital models, users can experience sense of presence within reconstructed environments, perceiving scale, proportion, and spatial depth in ways that traditional images cannot convey. In case of sites such as Columbarium of the Scipios (Figs. 230–239), which are often not fully accessible for conservation or logistical reasons, VR enables "experiential visit" combining learning, emotion, and interaction. Users can move freely through spaces, examine decorative details, and even compare different historical phases, creating direct connection with heritage.

Beyond immersive tools, the project also develops materials for exhibitions and public outreach events designed to make even highly specialized content understandable. From 3D-printed scale models to virtual reconstructions projected onto screens or surfaces, and from interactive panels to multimedia applications, each *output* is designed with careful attention to accessibility and educational value. The aim is to democratize knowledge of cultural heritage by offering experiences accessible to different levels of expertise, from history enthusiasts to professionals in the field.

Digital communication also makes it possible to reach geographically broad audience, overcoming physical and logistical limitations of archaeological sites. Students, researchers, and enthusiasts worldwide can explore monuments and historical contexts that would otherwise be difficult to access, increasing dissemination of knowledge and promoting shared heritage culture. In this sense, virtual reality and interactive applications become instruments of cultural inclusion, capable of breaking down geographic, physical, and cognitive barriers.

From scientific standpoint, use of digital models and virtual reality is not limited to dissemination. Collected data and 3D reconstructions provide concrete support for historical and archaeological research. For example, simulation of natural or artificial lighting conditions, verification of visual perspectives within spaces, or analysis of internal accessibility pathways make it possible to generate new interpretative hypotheses and test design solutions for conservation or museum interventions. In this sense, digital model becomes multifunctional tool serving both public and scholars, integrating research, education, and communication within single digital ecosystem.

An innovative aspect of the project also lies in integration of multiple platforms and devices. HBIM models, 3D animations, VR applications, and exhibition materials were not developed as separate products, but as components of coherent system in which each element interacts with others. This approach allows same digital model to be used for generating historical animations for screens, immersive VR experiences, and interactive exhibition supports, maximizing effectiveness and sustainability of project.

Finally, particular attention is given to inclusive access. Immersive applications and digital materials were designed for users with diverse needs, including options for simplified navigation, audio descriptions, and accessible texts. This reflects growing awareness of importance of making cultural heritage accessible not only physically, but also cognitively and digitally, fostering broader and more informed participation.

In summary, dimension of communication and dissemination represents fundamental pillar of project, complementary to archaeological research and interpretative modeling. Through navigable 3D models, historical animations, virtual reality applications, and exhibition materials, the project creates integrated digital ecosystem capable of enhancing historical heritage, facilitating scientific experimentation, and making cultural experience more accessible, engaging, and participatory. Combination of scientific accuracy, communicative clarity, and technological innovation demonstrates how digitalization of cultural heritage can become powerful instrument for knowledge, dissemination, and conservation.

Fig. 230 – Immagine delle pitture parietali ancora conservate nel Colombario presente nel complesso del Sepolcro degli Scipioni.

Fig. 230 – Image of the wall paintings still preserved in the Columbarium within the complex of the Tomb of the Scipios.

Fig. 231 – Il modello informato può essere utilizzato anche per la valorizzazione, estrapolando le informazioni sulle superfici perimetrali e i due pilastri centrali del Colombario.

Fig. 231 – The informed model can also be used for enhancement purposes by extracting information on the perimeter surfaces and the two central pillars of the Columbarium.

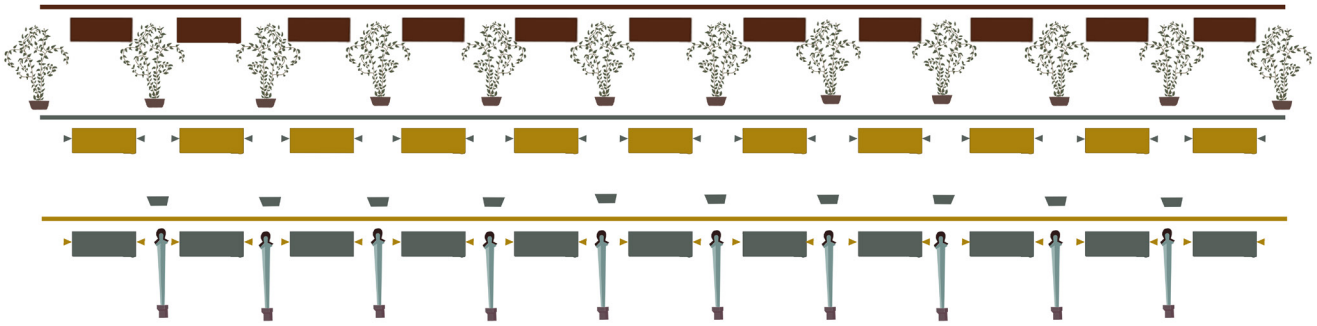


Fig. 232 – Creazione delle texture da applicare alle pareti verticali del modello informato per la ricostruzione dell'aspetto originale del Colombario.

Fig. 232 – Creation of textures to be applied to the vertical walls of the informed model for reconstructing the original appearance of the Columbarium.

Fig. 233 – Creazione delle texture da applicare alla copertura interna del modello informato per la ricostruzione dell'aspetto originale del Colombario.

Fig. 233 – Creation of textures to be applied to the internal roof of the informed model for reconstructing the original appearance of the Columbarium.

Fig. 234 – Dettaglio della texture ricostruita con foto originali del Colombario. Elaborazione di S. Yousefnejad.

Fig. 234 – Detail of the reconstructed texture using original photographs of the Columbarium. Processed by S. Yousefnejad.

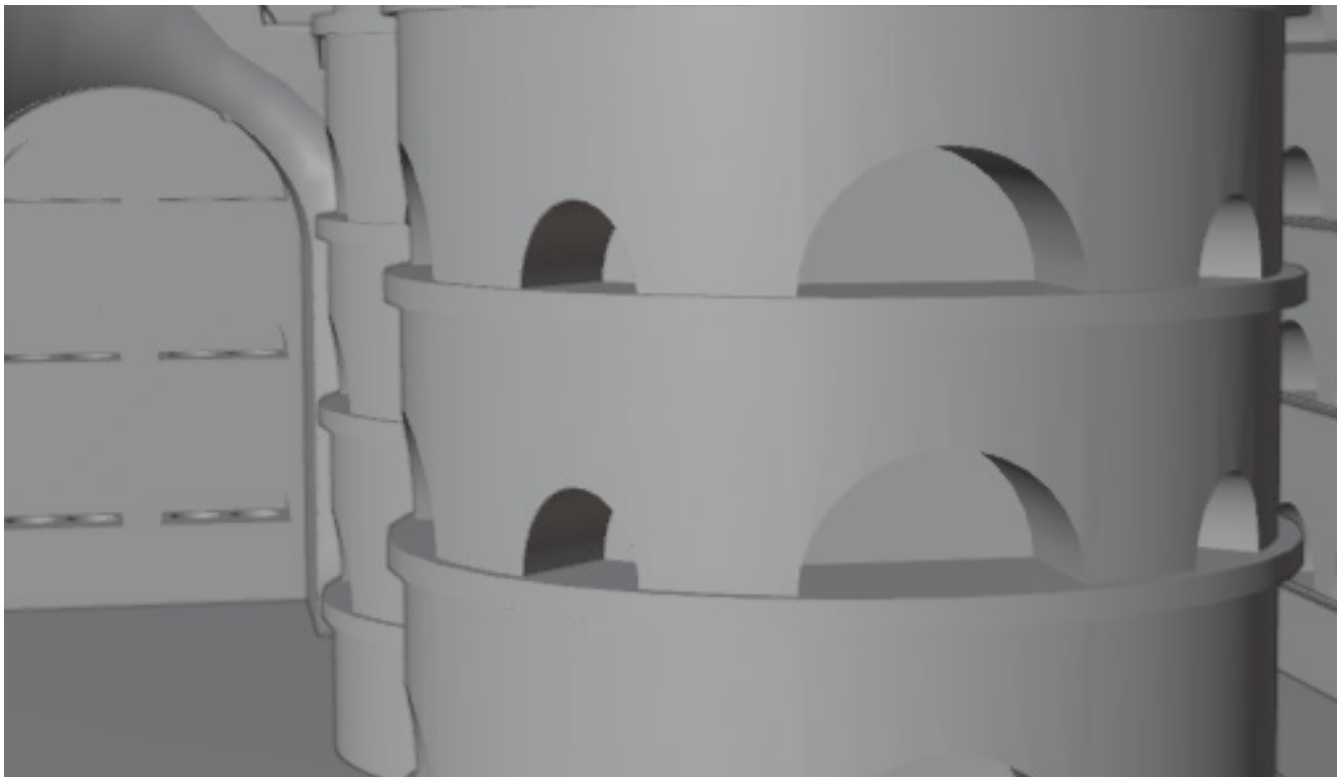


Fig. 234 – Modello informato senza texture da trasferire in un ambiente di gaming per visualizzare in VR il Colombario. Elaborazione di S. Yousefnejad.

Fig. 234 – Transfer of the textured informed model into a game engine environment to visualize the Columbarium in VR. Processed by S. Yousefnejad.

Fig. 235 – Modello informato texturizzato trasferito in in un ambiente di gaming per visualizzare in VR il Colombario.

Fig. 235 – Transfer of the textured informed model into a game engine environment to visualize the Columbarium in VR.

Fig. 236 – Visualizzazione in VR con uso di visore head mount del tipo MetaQuest3 per visualizzare il Colombario ricostruito.

Fig. 236 – VR visualization using a head-mounted display such as Meta Quest 3 to experience the reconstructed Columbarium.

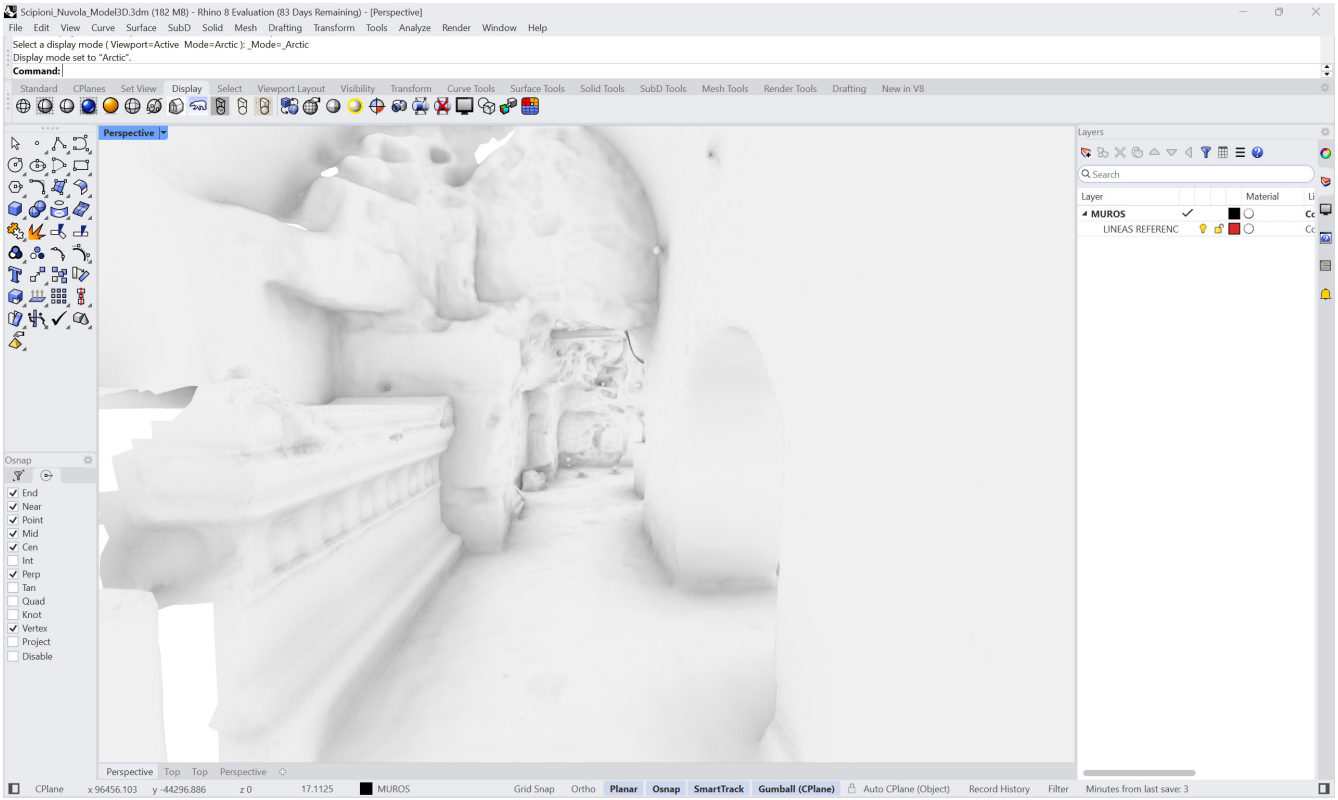


Fig. 237 – Modello 3D del Sepolcro degli Scipioni per creare la visualizzazione VR.

Fig. 237 – 3D model of the Tomb of the Scipios created for VR visualization.

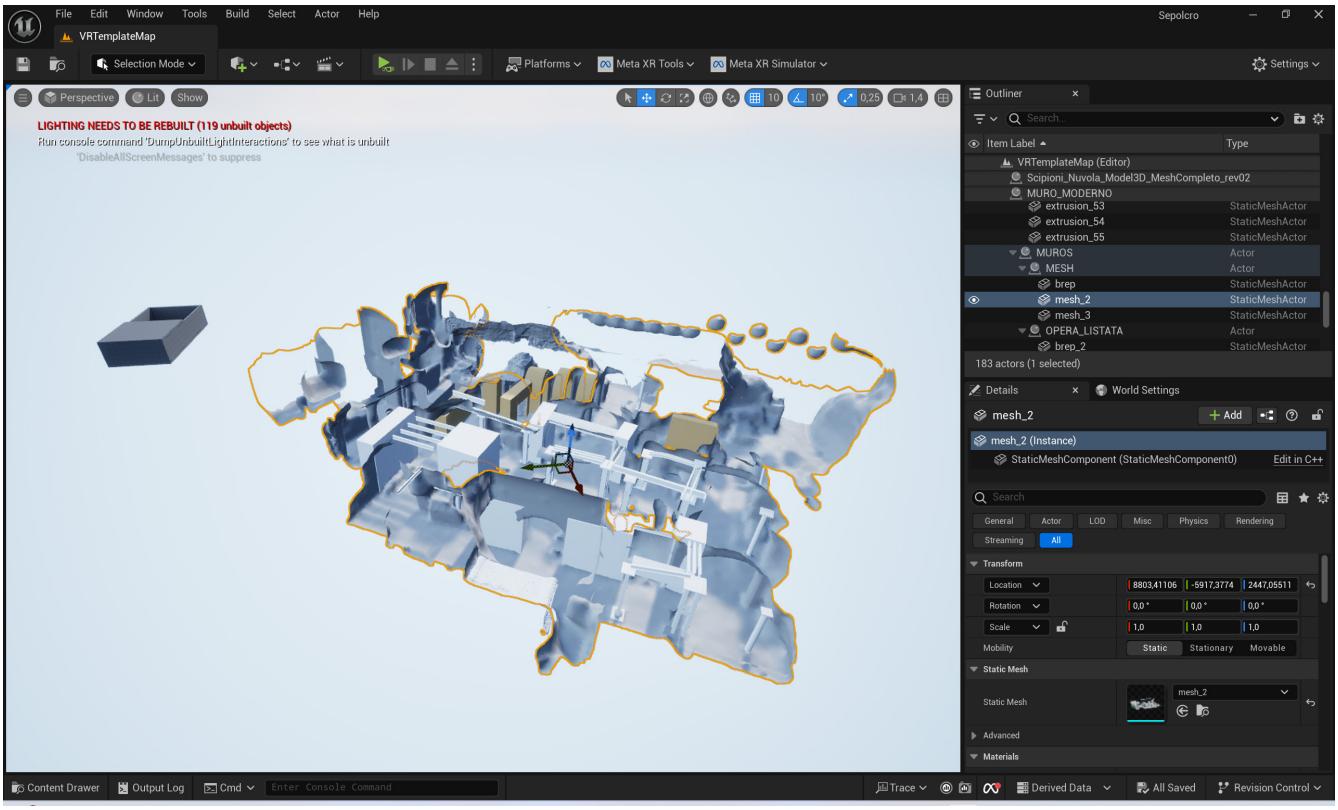


Fig. 238 – Trasferimento del modello informato texturizzato in un ambiente di gaming per visualizzare in VR il Colombario.

Fig. 238 – Transfer of the textured informed model into a game engine environment to visualize the Columbarium in VR.

Fig. 239 – Visualizzazione in VR con uso di visore head mount del tipo MetaQuest3 per visualizzare il Sepolcro degli Scipioni ricostruito.

Fig. 239 – VR visualization using a head-mounted display such as Meta Quest 3 to experience the reconstructed Tomb of the Scipios.

Fig. 240 – Navigazione in VR del Sepolcro degli Scipioni ricostruito. Visualizzazione del sepolcro. Elaborazione di L. Ayazbayeva, E. Kudriavtseva.
Fig. 240 – VR navigation of the reconstructed Tomb of the Scipios. View of the tomb. Processed by L. Ayazbayeva, E. Kudriavtseva.

Fig. 241 – Navigazione in VR del Sepolcro degli Scipioni ricostruito. Navigazione tra i cuniculi. Elaborazione di L. Ayazbayeva, E. Kudriavtseva.
Fig. 241 – VR navigation of the reconstructed Sepolcro degli Scipioni. Navigation through the tunnels. Processed by L. Ayazbayeva, E. Kudriavtseva.

BIBLIOGRAFIA

Bibliography

A.V.V. (1940). Ley 12.665 Creación de la Comisión Nacional de Museos, de Monumentos y Lugares Históricos, 8 de octubre de 1940. Argentina.

A.A.V.V. Ministero per i beni e le attività culturali. (1972). *Carta del Restauro*. Italia.

A.A.V.V. Parlamento della Repubblica. (2004). *Codice dei beni culturali e del paesaggio* (D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42). Italia.

Attenni, M., Rossi, M. L., (2022). *HBIM come processo di conoscenza Modellazione e sviluppo del tipo architettonico*. Milano: Franco Angeli.

Atteni, M. Bianchini, C., Ippolito, A. (2019). HBIM ovvero un modello informativo per l'edificio storico. In P. Belardi (a cura di) *Atti del 41° Convegno internazionale dei Docenti delle discipline della Rappresentazione quindicesimo congresso UID. Riflessioni Reflections l'arte del disegno/il disegno dell'arte the art of drawing/the drawing of art,* Perugia 19-21/09/2019. Roma: Gangemi editore, pp. 285-296.

Barba, S., Barbato, D., Di Filippo, A., Napoletano, R., Ribera, F. (2020). BIM-oriented modelling and management of structured information for cultural heritage. In L. Agustín-Hernández, A. Vallespín Muniesa, & A. Fernández-Morales (a cura di) *Graphical Heritage*. EGA 2020. Cham: Springer, pp. 630–640.

Basile, S. D. (2017). La "pratica del fabbricare" italiana a Buenos Aires: strumento di modernizzazione tra formazione e immigrazione. In Registros, vol. 12 n. 2, pp. 146-157.

Bianchini, C. (2023). Metamodellazione / Metamodelling. In Disegnare. Idee Immagini, n. 66, pp. 80–95.

Brandi, C. (2000). *Teoria del restauro*. Torino: Piccola Biblioteca Einaudi.

Buschiazzo, M. J. (1971). *La arquitectura en la República Argentina: 1810-1930*. Buenos Aires: Mc Gaul.

Conti, A. (2003). La construcción del concepto de patrimonio en Argentina entre 1910 y 1940. In *Anales LINTA*, vol. IV, n. 2. La Plata: Universidad Nacional de La Plata press, pp. 23-30.

Herr, C. (2016). Restauraciones del pasado colonial en Argentina. La Actuación de Mario J. Buschiazzo". In XXX Jornadas de Investigación y *XII Encuentro Regional SI+. Configuraciones, Acciones & Relatos.* Buenos Aires: FADU-UBA press.

Herr, C. (2018). Restauración arquitectónica: Debates y tensiones del campo disciplinar en la etapa fundacional (1937–1946). In *Actas del Congreso Internacional de Historia de la Arquitectura*. Buenos Aires: FADU–UBA press, pp. 1008–1020.

Fregonese, L., Adami, A., Chiarini, S., Cremonesi, S., & Taffurelli, L. (2017). *HBIM for conservation: A new proposal for information modeling of historic buildings.* ISPRS Archives.

ISO (2018). ISO 19650-1/2: *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works.* International Organization for Standardization.

Letellier, R. (2007). *Recording, Documentation, and Information Management for the Conservation of Heritage Places*. Getty Conservation Institute.

London Charter (2009). *Guidelines for computer-based visualization of cultural heritage.*

Moreira, A., Quattrini, R., Maggiolo, G., Mammoli, R. (2018). HBIM methodology as a bridge between Italy and Argentina. In F. Remondino, I. Toschi, and T. Fuse (a cura di) *The International Archives of the Photogrammetry, Remote*

Sensing and Spatial Information Sciences, Atti del Symposium Towards Photogrammetry 2020, Volume XLII-2, Riva del Garda, 4-7 giugno 2018, pp. 715-722.

ISPRS TC II Mid-term Symposium "Towards Photogrammetry 2020", 4–7 June 2018, Riva del Garda, Italy

Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2009). Historic Building Information Modelling (HBIM). *Structural Survey,* 27(4).

Pallasmaa, J. (2005). *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses.* Wiley.

Parrinello, S., Dell'Amico, A. (2021). From survey to parametric models: HBIM systems for enrichment of cultural heritage management. In C. Bolognesi, D. Villa (a cura di) From Building Information Modelling to Mixed Reality. Cham: Springer, pp. 89-107.

Schávelzon, Daniel (2023). La Arqueología Urbana de Buenos Aires. Excavando una ciudad imaginada. Oxford: Archaeopress Publishing Ltd, pp. xiv-xvii.

Tata, A. (2023). *Procedure per la modellazione hbim del patrimonio architettonico*. Alghero: Publica.

Seville Principles (2011). *International Principles of Virtual Archaeology.*

In un'epoca in cui il digitale sta trasformando profondamente il modo di conoscere, conservare e comunicare il patrimonio, gli esiti del progetto TNE Docenti - TNE Studio "*Moving Italianness per una migliore visione collaborativa italo-argentina*" dal titolo "*Heritage Building Information Modeling e patrimonio storico architettonico*" propongono una riflessione critica e operativa sull'*Heritage Building Information Modeling* (HBIM) come nuovo paradigma per lo studio dell'architettura storica.

Frutto di un progetto di cooperazione internazionale tra Italia e Argentina, il volume racconta un percorso di ricerca, sperimentazione e formazione che mette in dialogo due contesti culturali e disciplinari differenti, uniti dalla volontà di costruire strumenti condivisi per la gestione della complessità del patrimonio. Attraverso casi studio sviluppati tra Buenos Aires e Roma, l'HBIM viene indagato non come semplice tecnologia di modellazione, ma come sistema informativo capace di integrare dati geometrici, storici, materici e interpretativi in un unico ambiente conoscitivo.

Il volume esplora le potenzialità del modello digitale come infrastruttura dinamica, in grado di supportare processi di analisi, conservazione, gestione e valorizzazione, superando la frammentazione tradizionale delle informazioni. Al centro della ricerca vi è il passaggio dalla rappresentazione alla costruzione della conoscenza, in cui il modello diventa strumento critico, capace di rendere esplicite fonti, interpretazioni e livelli di affidabilità.

Tra teoria e applicazione, tra ricerca e didattica, tra tradizione e innovazione, questo libro offre un contributo al dibattito internazionale sull'archeologia urbana e sul patrimonio costruito, proponendo un approccio replicabile e aperto, fondato sulla collaborazione, sulla trasparenza metodologica e sulla condivisione del sapere.

Un invito a leggere il patrimonio non solo come memoria del passato, ma come sistema vivo, in continua evoluzione, da comprendere, gestire e raccontare attraverso le nuove frontiere del digitale.

In an era where digital technologies are profoundly transforming the ways we understand, preserve, and communicate heritage, the outcomes of "TNE Docenti" – "TNE Studio" project "Moving Italianness for a better collaborative Italian–Argentine vision", entitled "Heritage Building Information Modeling and Historical Architectural Heritage", offer both a critical and operational reflection on Heritage Building Information Modeling (HBIM) as a new paradigm for the study of historical architecture.

Result of an international cooperation project between Italy and Argentina, the book presents a path of research, experimentation, and education that brings into dialogue two different cultural and disciplinary contexts, united by a shared goal of developing tools for managing the complexity of heritage. Through case studies developed between Buenos Aires and Rome, HBIM is investigated not merely as a modeling technology, but as an information system capable of integrating geometric, historical, material, and interpretative data within a single knowledge environment.

The book explores the potential of digital model as a dynamic infrastructure, able to support processes of analysis, conservation, management, and enhancement, overcoming the traditional fragmentation of information. At the core of the research lies the transition from representation to knowledge construction, where the model becomes a critical tool capable of making sources, interpretations, and levels of reliability explicit.

Balancing theory and application, research and education, tradition and innovation, this research contributes to the international debate on urban archaeology and built heritage, proposing a replicable and open approach grounded in collaboration, methodological transparency, and knowledge sharing.

An invitation to read heritage not only as a memory of the past, but as a living system, continuously evolving, to be understood, managed, and narrated through the new frontiers of the digital realm.

ISBN 978-8-89-958672-0

9 788899 586720

PVBLICA