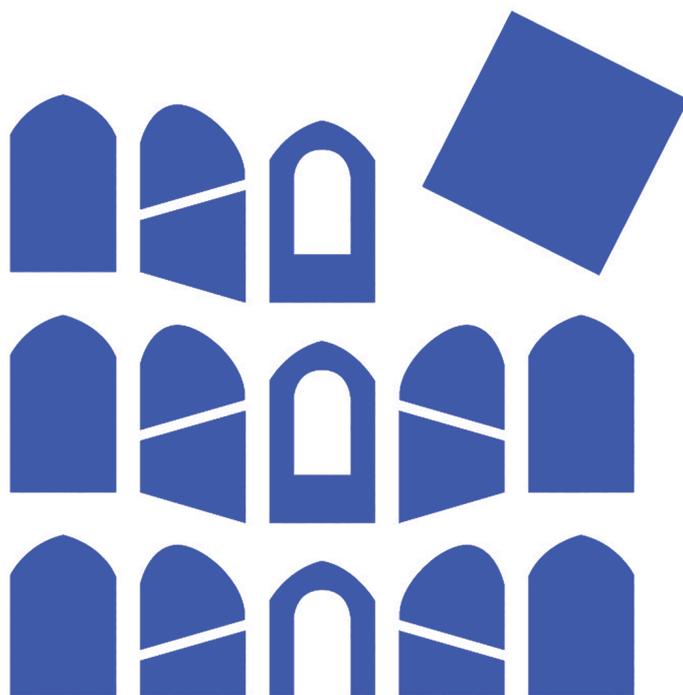


Restauro dell'architettura Per un progetto di qualità

coordinamento di Stefano Della Torre e Valentina Russo

7. Metodologie digitali per la gestione degli interventi a cura di Stefano Della Torre



Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità

Coordinamento di Stefano Della Torre e Valentina Russo

7. Metodologie digitali per la gestione degli interventi

a cura di Stefano Della Torre

Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità

Coordinamento di Stefano Della Torre e Valentina Russo

Apparati e Documento di indirizzo per la qualità dei progetti di restauro dell'architettura, ad esito del III Convegno della SIRA Società Italiana per il Restauro dell'Architettura "Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità", Napoli, 15-16 Giugno 2023

1. *Finalità e ambito di applicazione*, a cura di Maria Teresa Campisi e Sara Di Resta
2. *Il concetto di qualità e il tema della programmazione*, a cura di Stefano Della Torre
3. *Conoscenza per il progetto*, a cura di Pietro Matracchi e Antonio Pugliano
4. *Indirizzi di metodo*, a cura di Marina Docci
5. *Conservazione, prevenzione e fruizione*, a cura di Eva Coisson
6. *Integrazione, accessibilità e valorizzazione*, a cura di Caterina Giannattasio
7. *Metodologie digitali per la gestione degli interventi*, a cura di Stefano Della Torre

Comitato scientifico:

Consiglio direttivo 2021-2023 della SIRA Società Italiana per il Restauro dell'Architettura

Stefano Della Torre, Presidente

Valentina Russo, Vicepresidente

Maria Teresa Campisi, Segretario

Eva Coisson

Sara Di Resta

Marina Docci

Caterina Giannattasio

Pietro Matracchi

Antonio Pugliano

Coordinamento redazionale: Stefania Pollone, Lia Romano, Luigi Veronese, Mariarosaria Villani

Redazione: Luigi Cappelli, Antonio Festa, Stefano Guadagno, Sara Iaccarino, Damiana Treccozi, Giuliana Vinciguerra, Elena Vitagliano

Elaborazione grafica del logo e della copertina: Luigi Cappelli

© SIRA Società Italiana per il Restauro dell'Architettura

Il presente lavoro è liberamente accessibile, può essere consultato e riprodotto su supporto cartaceo o elettronico con la riserva che l'uso sia strettamente personale, sia scientifico che didattico, escludendo qualsiasi uso di tipo commerciale.

ISBN 978-88-5491-462-9

eISBN 978-88-5491-463-6

Roma 2023, Edizioni Quasar di S. Tognon srl

via Ajaccio 43, I-00198 Roma

tel. 0685358444, fax. 0685833591

www.edizioniquasar.it – e-mail: qn@edizioniquasar.it

Indice

Stefano Della Torre <i>Metodologie digitali per la gestione degli interventi</i>	1217
Riccardo Florio, Raffaele Catuogno, Teresa Della Corte, Caterina Borrelli <i>Rilievo integrato e rappresentazione digitale nei percorsi di conoscenza per la valorizzazione dell'architettura storica. Il caso della Palazzina dei Principi nel Real Bosco di Capodimonte</i>	1221
Antonella Versaci, Alessio Cardaci, Luca Renato Fauzià <i>Per un utilizzo 'attivo e cosciente' dei sistemi di acquisizione digitale nel progetto di restauro</i>	1230
Silvia Cutarelli <i>Tipo e tipologia: prospettive di ricerca a scala urbana per i sistemi HBIM</i>	1239
Simonetta Acacia, Laura Davite <i>Un sistema informativo per la conoscenza del patrimonio architettonico del centro storico di Chiavari (GE)</i>	1248
Roberto Di Giulio, Giulia Favaretto, Danila Longo, Marco Medici, Marco Pretelli, Andrea Ugolini <i>Villa Muggia a Imola: modellazione e digitalizzazione delle informazioni di "una rovina del moderno"</i>	1254
Alessandra Pili <i>Ontologie e strumenti per un Processo BIM integrato per il Patrimonio Culturale</i>	1263
Maria Parente, Federica Ottoni <i>HBIM tra aspettative e realtà: limiti e frontiere dell'utilizzo dei modelli informativi per la conoscenza e il restauro (anche strutturale)</i>	1269
Luca Sbrogiò, Tatiana Zanni, Maria Rosa Valluzzi <i>La modellazione informativa (HBIM) e il percorso di conoscenza degli edifici storici ed esistenti: applicazione e problemi in una villa veneta</i>	1276
Barbara Scala <i>Gli Enti di tutela nel passaggio della gestione dei beni con il digitale per una maggiore qualità</i>	1284
Maria Grazia Orecchio <i>Possibili applicazioni delle tecnologie e dei processi BIM e dell'ACDat (Ambiente di Condivisione Dati) per la gestione digitale e innovativa di siti archeologici in ottemperanza anche ai nuovi obblighi normativi del Codice Appalti</i>	1291
Anna Maria Pentimalli Biscaretti di Ruffia <i>Progetto di restauro e nuovi modelli e strategie di organizzazione dei flussi di dati: il ruolo delle piattaforme digitali nel percorso di conoscenza</i>	1299

Luca Sbrogiò, Tatiana Zanni, Maria Rosa Valluzzi

La modellazione informativa (HBIM) e il percorso di conoscenza degli edifici storici ed esistenti: applicazione e problemi in una villa veneta

Abstract

Conservation projects on architectural heritage (AH) must rely on a wide range of data from various sources and disciplines, necessitating collaboration among experts and yielding multiple outputs. Building information modelling (BIM) was initially designed to address the complexities of the construction sector, but unique characteristics of architectural heritage (HBIM), including traditional construction techniques, material decay, and damage, pose challenges to its application. Nevertheless, HBIM holds promise as a valuable tool for documenting and managing architectural heritage. The preliminary study of AH involves a series of steps, encompassing archival research and onsite material testing, with the goal of creating a model for assessing structural safety. This paper employs a similar approach to develop a BIM model of a Palladian villa in Vicenza, fully utilizing parametric modelling and the information embedded within 3D elements to convey the knowledge acquired during the study. As a result, the model is somewhat simplified; for example, the walls are represented as perfectly vertical. However, the lack of finer detail is compensated for by including corresponding information in the parameters of BIM objects (e.g., utilizing an ‘out-of-plumb’ parameter in this case). The stratigraphy of attributes elements was adapted to match that observed on site and therefore the walls were subdivided according to changes into materials, building phases and thickness, to display them correctly and allow further analysis. The mapping of the decay of materials required some redundancy, as decay information must be attributed also to the supporting elements. Overall, the BIM database proved flexible enough to gather all necessary information. However, the distribution of the model is hindered by user-defined attributes, which are still absent from shared libraries in the architectural heritage field.

Parole chiave

modellazione parametrica, HBIM, ville venete, edifici in muratura, percorso di conoscenza
parametric modelling, HBIM, Veneto villas, masonry building, knowledge path

Introduzione

Il progetto di conservazione degli edifici storici richiede l’acquisizione di informazioni da fonti diverse e il coinvolgimento di molteplici discipline, oltre a comportare la produzione di svariati documenti. In tale contesto, la modellazione informativa degli edifici (BIM), in quanto *database* grafico codificato secondo un formato prestabilito, consente di gestire la complessità e sta diventando uno strumento sempre più diffuso nel settore delle costruzioni, specie negli appalti pubblici. L’applicazione di questo strumento agli edifici esistenti (HBIM) richiede di confrontarsi con tecniche costruttive non standard e situazioni di degrado e dissesto, ma offre nuove prospettive per la documentazione e la gestione del patrimonio culturale.

Il progetto, e la valutazione preliminare ad esso, sull’edificio esistente si deve fondare su un “percorso di conoscenza”¹, articolato nelle fasi di: I) recupero di notizie documentarie e grafiche; II) rilievo e documentazione; III) ricostruzione delle fasi costruttive su base documentaria e stratigrafica; IV) identificazione dei materiali strutturali e di finitura; V) rilievo dei nodi strutturali; VI) rilievo del degrado superficiale e del quadro fessurativo; VII) caratterizzazione meccanica dei materiali anche mediante prove in sito. Anche se molte di queste fasi sono state trattate separatamente in contesti

1 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT), Decreto ministeriale 17/01/2018, aggiornamento delle *Norme Tecniche per le costruzioni*.

BIM (cfr. *infra*), sono ancora poche le descrizioni del percorso nel suo complesso², anche in ragione dell'adattamento del flusso di lavoro agli specifici contesti in cui risulta applicato.

Tecniche di modellazione HBIM

Il 'percorso di conoscenza', oltre a ricercare basi solide per il progetto di restauro, ha come obiettivo tecnico la definizione del modello – funzione di geometria, dettagli e materiali – da utilizzare per la valutazione di sicurezza strutturale³. In altri termini, si tratta di interpretare i dati per fornire una schematizzazione della realtà mediante uno strumento tecnico con proprie precisione e tolleranze, le quali garantiscono l'affidabilità dei risultati e la stabilità dei calcoli⁴. D'altra parte, il modello deve poter recepire in modo agevole eventuali modifiche a seguito di nuove evidenze. L'eccesso di precisione e l'univocità possono quindi non risultare aspetti vantaggiosi a priori.

La ricerca svolta ambisce a creare quindi un 'modello informativo' di un edificio esistente, con le medesime caratteristiche di quello strutturale e in più in grado di ospitare le informazioni generate dal percorso di conoscenza, con un duplice obiettivo: I) conservare la natura parametrica del modello, pur rappresentando correttamente la geometria e la costruzione dell'architettura; II) sfruttare appieno le potenzialità del *database* informativo, ricorrendo agli attributi degli oggetti per rappresentare quelle situazioni che si decide di omettere dal punto di vista grafico e individuando le tecniche di modellazione più adatte a rappresentare le informazioni acquisite⁵. Gli attributi utilizzati sono prevalentemente di tipo testuale o booleano.

La 'geometria' dell'edificio consiste nell'estensione fisica del manufatto e dei suoi elementi nello spazio. Rispetto ad una procedura *scan-to-BIM*⁶, che restituisce una 'immagine fedele' di un edificio in un dato momento, registrandone tutte le irregolarità, la modellazione integralmente parametrica ottiene un modello 3D 'ideale', come appena uscito dal cantiere di costruzione (pareti verticali, solai planari)⁷. La perdita di fedeltà della rappresentazione guadagna tuttavia nella maggiore flessibilità del modello, poiché è possibile rappresentare le informazioni che si sono perse nella fase di modellazione come attributi degli elementi, compreso un parametro di tempo o di fase per ciascuno di essi, oppure collegando agli oggetti documenti e fotografie che si riferiscono alla loro condizione. Questo monitoraggio nel tempo, in piccolo, di eventuali dissesti semplifica la gestione dell'edificio, poiché richiede minime risorse per essere eseguito, rispetto all'esecuzione di nuove scansioni 3D. Tuttavia, non tutti i sistemi strutturali sono parametrizzabili, specie se si considerano i solai e le coperture, nei quali nel corso del tempo è facile osservare l'inserimento di elementi di rinforzo o di sostegno che non seguono la logica del sistema originale (passo o direzione diversi). L'inclusione di questi oggetti 'singolari' nel modello consente di ottenere una rappresentazione completa dell'edificio, ancorché schematica.

La modellazione deve considerare anche l'evoluzione dell'edificio, distinta in periodi, che riguardano porzioni volumetriche complete, e fasi, ossia le trasformazioni minute degli elementi portanti in conseguenza di adattamenti funzionali. Pur essendo prevista negli strumenti di modellazione la possibilità di includere le fasi, esse complicano notevolmente la gestione del modello e pongono problemi rispetto alla loro rappresentazione – superficiale o volumetrica⁸. Pertanto, a valle dell'analisi storica e stratigrafica delle pareti, è necessario pianificare in anticipo le suddivisioni degli elementi introducendo suddivisioni negli elementi in cui sono riconosciute fasi costruttive diverse⁹. Questa prassi

2 GIGLIARELLI, CANGI, CESSARI 2022; WALEK 2020.

3 MODENA, DA PORTO, VALLUZZI 2012.

4 CATTARI *et al.* 2022.

5 ZANCHETTA, BORIN 2012.

6 BANFI, BRUMANA, STANGA 2019.

7 ROSIGNOLI *et al.* 2021.

8 BORIN, BERNARDELLO, GRIGOLETTO 2020; BANFI *et al.* 2022.

9 SANTONI *et al.* 2021.

si rende ancora più necessaria quando a fasi diverse sono associati materiali diversi, cui corrispondono attributi specifici degli elementi del modello.

Il ‘dettaglio costruttivo’ dell’architettura storica esprime il sapere tecnico dei costruttori in un certo periodo e in una certa area. La rappresentazione parametrica consente di riprodurre, entro certi limiti, le tecniche tradizionali, ad esempio definendo la stratigrafia o l’assemblaggio degli elementi costruttivi (pareti, solai, volte, coperture) coerentemente con quanto rilevabile in sito. Questo esercizio di smontaggio e rimontaggio degli elementi, per poterli riprodurre in modo adeguato nel modello, è una modalità di documentazione del tutto analoga a quella adottata nei *Manuali del Recupero*.

Infine, i ‘materiali’ consistono nelle caratteristiche e nelle proprietà dei materiali impiegati nella costruzione, anche in ragione del loro stato di conservazione. Nel caso di beni architettonici, la caratterizzazione dei materiali in sito avviene per lo più tramite caratterizzazione visiva, indagini non distruttive o al massimo debolmente distruttive¹⁰. I risultati di queste prove sono inseribili nelle proprietà (fisiche) dei materiali del modello oppure come ulteriori attributi degli oggetti¹¹.

Lo stato di conservazione viene accertato tramite la mappatura del degrado e del quadro fessurativo. Pur potendo interessare solo la superficie o anche il volume degli elementi resistenti, essi si configurano come un apporto successivo alle modificazioni antropiche dell’edificio e pertanto sono rappresentabili mediante famiglie adattive (FAS) basate su superficie per il degrado e basate su linea (FAL) per il dissesto¹². La rappresentazione grafica che si ottiene risulta simile a quella tradizionale, tramite campiture delle aree di interesse nelle viste ortogonali dell’edificio. La rappresentazione informativa risulta invece più laboriosa perché l’associazione tra il degrado/dissesto e il supporto va definita manualmente per ciascun oggetto e può essere estratta dal modello solo mediante algoritmi, necessari anche per ottenere le informazioni descrittive (tipo, superficie) da inserire negli abachi, non risultando direttamente accessibili nel modello generico¹³. Il trattamento ‘informativo’ del dato, tuttavia, permette di poterlo aggiornare facilmente, attribuendo una data alle aree censite al momento del rilievo, così da poterle confrontare in momenti successivi.

Esperienza applicativa: Villa Gazzotti a Vicenza

Le ville venete offrono l’occasione di riflettere sulle potenzialità di questi nuovi strumenti per la documentazione e la gestione del patrimonio culturale, anche a larga scala, perché presentano molti aspetti critici: la numerosità, la dispersione territoriale, la frammentazione proprietaria, la mancanza di fondi, l’abbandono¹⁴.

Villa Gazzotti-Grimani si colloca in località Bertesina del comune di Vicenza¹⁵. L’edificio è stato costruito tra il 1542 e il 1550 su progetto di Andrea Palladio e pertanto fa parte delle opere giovanili dell’architetto¹⁶. Oltre a includere varie preesistenze, sicuramente una torre tardomedievale e forse un primo edificio residenziale a questa addossato, il cantiere palladiano ha conosciuto un’interruzione, dovuta all’avvicendamento della committenza, che ha lasciato tracce evidenti nell’edificio attuale¹⁷. In seguito, la villa è stata convertita in abitazione rurale, introducendo nuovi solai e scale e alterando la distribuzione delle aperture, in particolare sui fronti laterali e posteriori. Il volume parallelepipedo dell’edificio allungato è scandito da paraste composite ed è aperto al centro da tre fornici di accesso

10 BOSILJKOV *et al.* 2010; NOWAK, JASIEŃKO, HAMROL-BIELECKA 2016.

11 DOMANESCHI *et al.* 2019.

12 LO TURCO, CAPUTO, FUSARO 2016; LANZARA *et al.* 2021.

13 LANZARA *et al.* 2022.

14 BARBIERI 2013.

15 Si ringraziano L. Tavano, G. Martino e C. Miolo per le immagini dei modelli e A. Curti per aver consentito l’accesso all’edificio per lo svolgimento dei sopralluoghi.

16 BAITIOTTI 1999.

17 WINTER, FUCHS 2011.



Fig. 1. Vicenza, Villa Gazzotti. a) prospetto sud (foto N. dal Maso 2021); b) veduta del piano seminterrato, in corrispondenza del salone centrale; c) veduta del salone centrale (foto C. Miolo 2021).

alla loggia sormontati da un timpano; i fornici sono affiancati da due finestre con edicola per lato (Fig. 1a). Le sale principali sono coperte da volte in muratura: a crociera sul salone, a botte ribassata sulla loggia, a padiglione sulle sale laterali; gli ambienti minori e il calpestio del piano nobile sono realizzati con solai in legno (Fig. 1b, c).

L'edificio ha dimensioni relativamente modeste (c. 31x15x13 m) e presenta modi tipicamente palladiani nella semplicità geometrica dell'impianto e degli alzati. La decorazione architettonica è ridotta all'essenziale – capitelli e basi delle colonne, edicole sopra le finestre – affidando alle ampie superfici intonacate il classicismo della costruzione. A questa semplicità si contrappone la notevole complessità delle fasi costruttive, risultate sia dal cantiere che dalle successive trasformazioni, e oggi rese leggibili dal degrado degli intonaci esterni. Alla villa è infine attribuibile un piccolo *corpus* di documenti, pertinenti soprattutto alle fasi iniziali e che va riducendosi nel tempo, fino alle sole mappe catastali nell'Ottocento. Queste caratteristiche rendono la villa adatta ad una applicazione esplorativa della modellazione informativa di un edificio storico, anche nel contesto dell'insegnamento universitario del restauro. La modellazione è avvenuta in Revit di Autodesk® e ha richiesto circa un paio di mesi di lavoro, dalla creazione del modello alla compilazione degli attributi.

La modellazione geometrica della villa ha avuto inizio da una nuvola di punti ottenuta da laser scanner. La nuvola è stata sezionata in orizzontale e in verticale nei due sensi ogni 50 cm per definire gli allineamenti delle pareti. Si è deciso di modellare le pareti come perfettamente verticali rispetto alle sezioni alla base, attribuendo eventuali distorsioni dal piano verticale al fuori piombo sviluppato nel corso del tempo, anche per la presenza delle volte. In pianta le pareti avevano solo lievi rotazioni reciproche e quindi sono state rappresentate come ortogonali tra loro. Per ciascuna parete è stato definito il materiale strutturale come un equivalente omogeneo (laterizi pieni murati con malta di calce), la composizione della sezione (se monolitica o composta da più paramenti affiancati) e la successione degli strati (portanti e di finitura), cercando di indicare dove possibile la modalità di lavorazione degli elementi. Le murature sono state interrotte e sono state assegnate diverse definizioni in corrispondenza delle fasi costruttive e delle variazioni di sezione, ad esempio in corrispondenza delle canne fumarie (Fig. 2a, b). Ciò permette, nella successiva fase di analisi, di poter riconoscere queste situazioni come

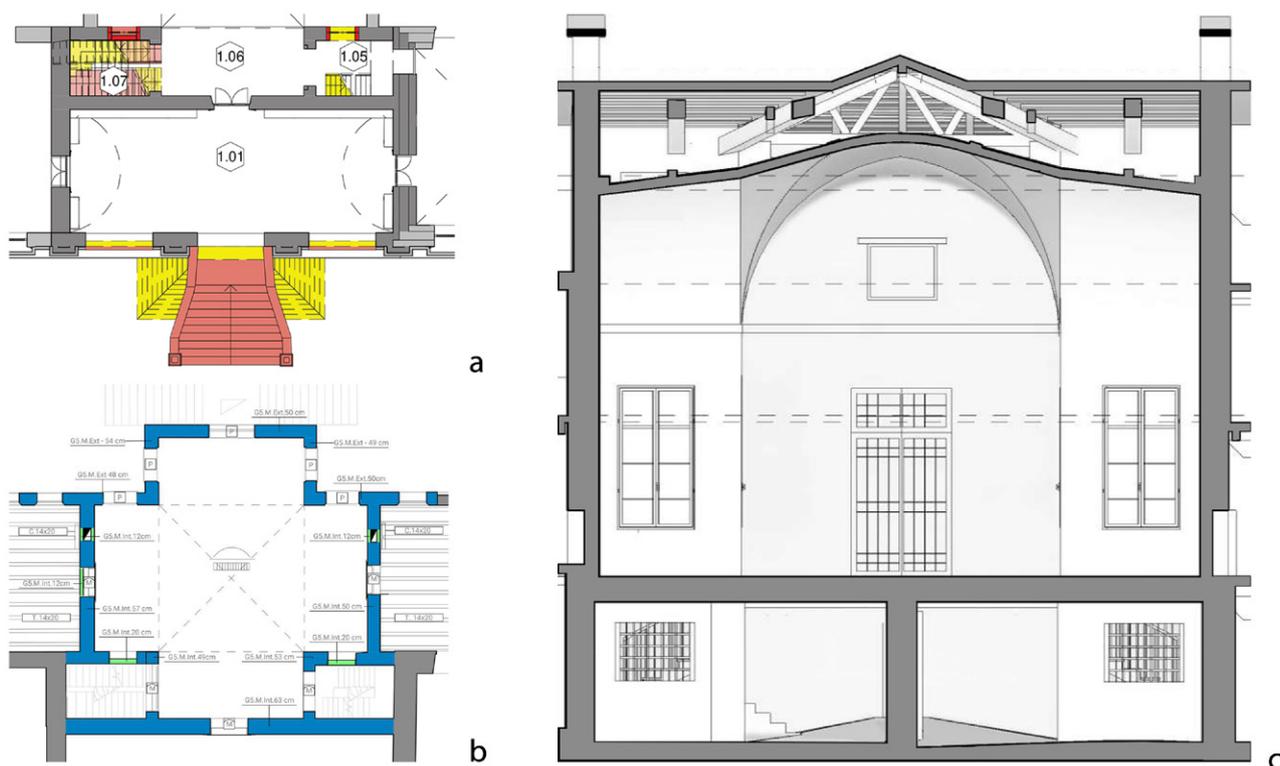


Fig. 2. Vicenza, Villa Gazzotti. Modello HBIM: a) fasi costruttive della zona della loggia e della scala di accesso; b) tipi murari delle pareti del salone con relative marche; c) sezione longitudinale del salone in cui sono visibili le orditure del tetto (capriate e grossa orditura).

critiche per il funzionamento strutturale della parete ed evidenziarle mediante una rappresentazione adeguata. Sono stati riconosciuti almeno otto tipi di parete, corrispondenti a variazioni in uno degli attributi descritti, ma un successivo approfondimento potrebbe portare ad aumentare il numero.

I solai di piano sono stati modellati mediante sistemi di travi, definendone le dimensioni e il passo medi sulla base di quelli rilevati in sito, e assegnando al pavimento soprastante la stratigrafia corrispondente (mattonato o terrazzo alla veneziana). I solai del piano ammezzato non presentavano particolari irregolarità, ma nel solaio del calpestio del salone centrale sono state rappresentate anche le travi di rinforzo aggiunte nel corso del tempo per ridurre l'inflessione dell'orditura portante a causa del peso del pavimento e alla maggiore luce degli elementi. Attraverso il contrassegno del tipo e lo strumento di gestione delle fasi è possibile distinguere gli elementi aggiunti da quelli che originariamente componevano il solaio. Nelle coperture sono state riprodotte le capriate presenti, utilizzate in corrispondenza delle luci maggiori, e la grossa orditura riportata su di esse (Fig. 2c).

Al termine della modellazione, le deviazioni della verticalità delle pareti perimetrali e le inflessioni dei solai sono state attribuite mediante attributi di tipo condivisi appositamente definiti (Fig. 3). A ciascun tratto di parete perimetrale, approfittando della suddivisione già definita, è stato assegnato un valore pertinente, poiché il fuori piombo risultava non omogeneo sulla lunghezza del prospetto sud e praticamente assente sugli altri prospetti. L'inflessione dei solai è risultata particolarmente rilevante nel solaio del salone, più contenuta negli altri locali della villa.

Il degrado e il dissesto dell'edificio sono stati mappati mediante FAS e FAL rispettivamente. La rappresentazione grafica del degrado (Fig. 4a) è soddisfacente, anche se forse meno precisa rispetto ad una procedura tradizionale di disegno poiché è limitata dal numero di punti predefinito nella FAS e dal dover scomporre le aree in corrispondenza degli elementi non planari (cornici, paraste). Tuttavia, è possibile compilare automaticamente gli abachi con l'incidenza di ciascun tipo di degrado (Fig. 4b) ricorrendo alla programmazione visuale di Dynamo per Revit (Fig. 4c, d)¹⁸.

18 Si tratta di una modalità di scrittura del codice in cui l'utente traduce le operazioni logiche mediante 'operatori' già predisposti e collegati da fili su uno spazio di disegno invece di una sintassi codificata. Dynamo è disponibile su <https://dynamobim.org/>.

Conclusioni

Il modello HBIM rappresenta un valido supporto alla documentazione del bene culturale, offrendo un *database* sufficientemente ampio e flessibile per collezionare informazioni molto diverse, e anche alla gestione, poiché consente di tenere traccia dello stato di conservazione nel tempo in modo semplice. La scala di rappresentazione corrisponde di fatto ad una rappresentazione ‘manuale’ 1:100, poiché non tutti i particolari decorativi e architettonici sono riproducibili. In modo analogo, emergono difficoltà di modellazione sia geometrica che informativa degli elementi singoli, non riconducibili a veri e propri sistemi strutturali, quali i rinforzi dei solai o i tiranti. La rappresentazione delle informazioni richiede in alcuni casi (e.g., il degrado) uno sdoppiamento tra componente grafica e informativa. Certi attributi descrittivi della consistenza strutturale materica risultano altamente personalizzati poiché richiedono la definizione preliminare del vocabolario di riferimento, limitando così il potenziale scambio delle informazioni tra gruppi di ricerca diversi. In questo senso, La modellazione semantica, le ontologie e un utilizzo più puntuale del formato aperto .ifc sono aspetti su cui è necessario porre attenzione in vista della sempre maggiore diffusione di questa tecnica di modellazione.

Bibliografia

BANFI *et al.* 2022

F. BANFI, R. BRUMANA, A.G. LANDI, M. PREVITALI, *Building archaeology informative modelling turned into 3D volume stratigraphy and extended reality time-lapse communication*, in «Virtual Archaeology Review», XIII, 2022, 26.

BANFI, BRUMANA, STANGA 2019

F. BANFI, R. BRUMANA, C. STANGA, *Extended reality and informative models for the architectural heritage: from scan-to-BIM process to virtual and augmented reality*, in «Virtual Archaeology Review», X, 2019, 21, pp. 14-30.

BARBIERI 2013

G. BARBIERI, *Ville venete: un nuovo sguardo*, Terra Ferma, Crocetta del Montello 2013.

BATTILOTTI 1999

D. BATTILOTTI, *Villa Gazzotti*, in L. Puppi, *Andrea Palladio*, nuova ed. aggiornata ed ampliata. Aggiornamento del catalogo delle opere, a cura di D. Battilotti, Milano 1999, pp. 449-450.

BORIN, BERNARDELLO, GRIGOLETTO 2020

P. BORIN, R.A. BERNARDELLO, A. GRIGOLETTO, *Connecting Historical Information with BIM Ontologies. HBIM Methods for the Visualization of Harris Matrix for the Torrione in Carpi*, in L. Agustín-Hernández, A. Vallespín Muniesa, A. Fernández-Morales (a cura di), *Graphical Heritage*, Cham 2020, pp. 757-770.

BOSILJKOV *et al.* 2010

V. BOSILJKOV, M. URANJEK, R. ŽARNIĆ, V. BOKAN-BOSILJKOV, *An integrated diagnostic approach for the assessment of historic masonry structures*, in «Journal of Cultural Heritage», XI, 2010, 3, pp. 239-249.

CATTARI *et al.* 2022

S. CATTARI, B. CALDERONI, I. CALIÒ, G. CAMATA, S. DE MIRANDA, G. MAGENES, G. MILANI, A. SAETTA, *Nonlinear modeling of the seismic response of masonry structures: critical review and open issues towards engineering practice*, in «Bulletin of Earthquake Engineering», XX, 2022, 4, pp. 1939-1997.

DOMANESCHI *et al.* 2019

M. DOMANESCHI, V. VILLA, G.P. CIMELLARO, C. CALDERA, A. ZAMANI NOORI, S. MARASCO, F. ANSARI, *Integrating BIM with on site investigation for seismic vulnerability assessment*, in M. Papadrakakis, F. Fragiadakis (a cura di), *Proceedings of the 7th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering (COMPdyn 2015)*, Crete 2019, pp. 544-553.

GIGLIARELLI, CANGI, CESSARI 2022

E. GIGLIARELLI, G. CANGI, L. CESSARI, *Rilievo per la modellazione e la gestione informativa HBIM. Approccio multicomponente per l'analisi strutturale e il restauro di edifici storici*, in «Archeologia e Calcolatori», XXXIII, 2022, 1, pp. 135-155.

LANZARA *et al.* 2021

E. LANZARA, S. SCANDURRA, C. MUSELLA, D. PALOMBA, A. DI LUGGO, D. ASPRONE, *Documentation of structural damage and material decay phenomena in H-BIM systems*, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLVI, 2021, 1 pp. 375-382.

LANZARA *et al.* 2022

E. LANZARA, S. SCANDURRA, M. PULCRANO, S. ACQUAVIVA, M. GALLO, D. PALOMBA, A. DI LUGGO, *VPL for HBIM: Algorithmic Generative Processes for the Thematic Mapping of Information Models*, in M.A. Ródenas-López, J. Calvo-López, M. Salcedo-Galera (a cura di), *Architectural Graphics*, Cham 2022, pp. 453-463.

LO TURCO, CAPUTO, FUSARO 2016

M. LO TURCO, F. CAPUTO, G. FUSARO, *From Integrated Survey to the Parametric Modeling of Degradations. A Feasible Workflow*, in M. Ioannides, E. Fink, A. Moropoulou, M. Hagedorn-Saupe, A. Fresa, G. Liestøl, V. Rajcic, P.e Grussenmeyer (a cura di), *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*, Cham 2016, pp. 579-589.

MODENA, DA PORTO, VALLUZZI 2012

C. MODENA, F. DA PORTO, M.R. VALLUZZI, *Conservazione del patrimonio architettonico e sicurezza strutturale in zona sismica: insegnamenti dalle recenti esperienze italiane*, in «Materiali e Strutture. Problemi di conservazione», I, 2012, 1-2, pp. 17-28.

NOWAK, JASIEŃKO, HAMROL-BIELECKA 2016

T.P. NOWAK, J. JASIEŃKO, K. HAMROL-BIELECKA, *In situ assessment of structural timber using the resistance drilling method – Evaluation of usefulness*, in «Construction and Building Materials», CII, 2016, pp. 403-415.

ROSIGNOLI *et al.* 2021

O. ROSIGNOLI, B. SCALA, D. TRECCANI, A. ADAMI, L. TAFFURELLI, S. SCANDURRA, L. FREGONESE, *Parametric paradigma: exceptional coffered ceiling architecture vs HBIM*, in J.L. Lerma, C. Cabrelles (a cura di), *Proceedings ARQUEOLÓGICA 2.0 - 9th International Congress & 3rd GEORES - GEomatics and pREServation* (Valencia, 26 - 28 Aprile), Valencia 2021, pp. 300-306.

SANTONI *et al.* 2021

A. SANTONI, R. MARTIN-TALAVERANO, R. QUATTRINI, J.I. MURILLO FRAGERO, *HBIM approach to implement the historical and constructive knowledge. The case of the Real Colegiata of San Isidoro (León, Spain)*, in «Virtual Archaeology Review», XII, 2021, 24, pp. 49-65.

WAŁEK 2020

M. WAŁEK, *Applying digital tools as an effective support for conservation research and design process: the Rocca Janula castle in Cassino, Lazio*, in «Archeologia e Calcolatori», XXXI, 2020, 2, pp. 245-256.

T. WINTER, C. FUCHS 2011

T. WINTER, C. FUCHS, *Villa Gazzotti a Bertesina. Notizie sulle ricerche in corso*, in M. Piana e U. Soragni (a cura di), *Palladio. Materiali tecniche restauri. In onore di Renato Cevese*, Marsilio, Venezia 2011, pp. 112-117.

C. ZANCHETTA, P. BORIN 2012

C. ZANCHETTA, P. BORIN, *Progettare la relazione: esperienze avanzate di modellazione parametrica*, CLEUP, Padova 2012.

Sitografia

<https://dynamobim.org/>