

# LOD per il patrimonio architettonico: la modellazione BIM per la fabbrica Solimene

Adriana Rossi, Umberto Palmieri

## Abstract

*Sulla base di un modello non strutturato, derivato da dati acquisiti con ranging scanner a differenza di fase, gli autori hanno modellato un campione architettonico della fabbrica di ceramiche Solimene (Vietri, Salerno) con tecnica BIM. I componenti, riferiti ai livelli di sviluppo accertati (LOD), sono posti all'origine di una catena operativa condivisa e interoperabile, necessaria al confronto di documenti e modelli per fini progettuali e divulgazione del patrimonio architettonico.*

*Parole chiave: H-BIM, LOD, tecnologie di rilievo, modellazione parametrica, nuvola di punti, interoperabilità.*

## Introduzione

Lo sviluppo delle tecniche di rilievo strumentale con laser scanner 3D e *dataset* fotografici ha introdotto nuovi metodi per gestire la complessità dei dati acquisiti con elevata precisione e velocità, anche e soprattutto per architetture di grandi dimensioni. I processi connessi hanno modificato profondamente il carattere del lavoro tipico del rilevatore: un professionista in passato dedicato alla descrizione e all'analisi critica dei manufatti architettonici/ingegneristici, oggi intensamente coinvolto non solo come esperto di tecniche digitali ma come ideatore e amministratore del processo di comunicazione del progetto. Infatti, il modello numerico che si ottiene come esito delle fasi di acquisizione con sensori attivi, è oggettivamente rappresentativo della realtà: da esso si possono ricavare misure rigorose e

controllare la qualità dei prodotti del rilievo, verificando – anche a posteriori – dettagli minuziosi. Tuttavia, malgrado la precisione certificata, questo modello non può essere manipolato all'interno di uno spazio virtuale generato da computer. Per scalare volumi e modificare superfici, oppure inserire informazioni geometriche di elementi non visibili, occorre trascrivere la nuvola di punti in forme continue governabili matematicamente [Migliari 2004].

Le tecniche, le più diffuse per attuare questa conversione, sfruttano algoritmi basati sulla triangolazione di Delaunay: costruendo griglie di *mesh* poligonali aventi i vertici su punti selezionati della nuvola acquisita, si generano forme atte a rispondere a relazioni di connessione e identificazione morfologica. I modelli derivati sono perciò adeguati a sup-

portare altri tipi di operazioni e informazioni, indispensabili ai professionisti del settore interessati a adeguare il proprio modus operandi allo sviluppo tecnologico. Vincendo le resistenze dei più tradizionalisti in ambito progettuale, la norma [1] in materia di appalti pubblici impegna, per decreto, a gestire il flusso di lavoro con piattaforma BIM. Il caso studio proposto offre l'occasione propizia per verificare l'applicabilità della procedura agli edifici storici (H-BIM), discutere pregi e difetti del flusso di lavoro organizzato a partire dal modello di rilievo, sostenere il lavoro di squadra per l'analisi delle possibilità di attuazione e trascrizione esecutiva delle idee.

## Il caso studio

Singolare nella concezione, ambigua nella forma, irregolare nella realizzazione oltre che incisivamente segnata dal tempo, è la fabbrica di ceramiche Solimene, un'opera realizzata tra il 1950 e il 1955 a Vietri sul Mare (Italia) e dal 2004 vincolata ai sensi del D.L. 42/2004. Il volume della fabbrica s'impone a mezza altezza della falesia che dà origine alla costiera amalfitana, prospettando verso il golfo di Salerno. È ben visibile dal mare con le sue caratteristiche vetrate trapezoidali intervallate da corpi torreggianti che sembrano sostenere il tetto giardino, copertura di un profondo

Fig. 1. Prospetto sud della fabbrica Solimene (foto degli autori).



cavo in cui si produce e si vende vasellame di stile locale in terracotta decorata.

Il prospetto principale è caratterizzato da cerchi di maiolica verde brillante e terracotta rossiccia grezza (fig. 1): non un semplice rivestimento come potrebbe apparire da lontano, ma fondi di migliaia di "bottiglie" annegate orizzontalmente nel cemento della parete (circa 16.000). La scelta tramanda e rinnova un linguaggio radicato nel vissuto, conservando, anche in questo caso, l'indissolubile legame tra funzione, struttura e ricercatezza estetica: allo studio dell'esercizio statico-dinamico del fabbricato, la parete di bottiglie si è dimostrata una pregevole soluzione ai fini costruttivi oltre che termici e acustici [Rossi 1995, pp. 360-367].

A detta dello stesso autore, l'architetto Paolo Soleri (1919-2013), l'intera configurazione progettuale è "frugale" [Abbate, Spina, Zevi 2010, pag. 182] per la sua funzionale "sostenibilità", rispettosa della tradizione di cui assurge a manifesto.

Il progettista, ripercorrendo l'insegnamento impartito dal maestro Frank Lloyd Wright, propone una soluzione fonte

inesauribile di esercizio teorico: l'astrazione necessaria a interpretare la sua struttura formale indirizza verso costrutti mentali in grado ancor oggi di riconfigurare l'aspetto compositivo [Monteleone 2013].

A prima vista, i corpi torreggianti sembrano di forma troncoconica, essendo eretti come giganteschi vasi a sostegno del tetto giardino [Rossi 1995, pp. 360-367]. Quest'idea è rafforzata osservando le prospettive dipinte ad acquarello [2] dallo stesso Soleri ma chiarita dal rilievo critico [Rossi 2017]. La natura della loro configurazione geometrica, infatti, è stata dimostrata matematicamente sulla base dei punti rilevati con stazione totale (*Trimble S6 Vision*): si tratta di cilindri leggermente obliqui con l'asse inclinato di circa sei gradi centesimali rispetto al piano di riferimento orizzontale. Ne discende che:

- il bordo dei solai aggettanti di ciascun piano è un arco di ellisse (poco pronunciato a causa della leggera pendenza dell'asse del cilindro) (fig. 2);
- l'intersezione tra il cilindro obliquo e la superficie dei pilastri è un ramo di ellisse non interamente contenuto sulla superficie del pilastro osculatore.

Appare probabile che le irregolarità del profilo verticale, evidenti come strozzature a metà dei cilindri (fig. 3), più che una cattiva esecuzione, siano state una scelta obbligata in corso d'opera [Rossi, Palmieri 2018, pp. 1553-1560].

Volendo rispondere agli interrogativi insoluti è stato effettuato un nuovo rilievo con laser scanner terrestre e *dataset* fotografici. Il dispositivo utilizzato, il Faro Focus 130 HDR, e la tecnologia impiegata restituiscono un modello sperimentale certificato [3]. L'attendibilità informativa del metodo è derivata dal telerilevamento di milioni di punti, che segnalano la distanza dallo zero di tutte le parti solide raggiunte dalla luce del laser [Rossi, Palmieri 2019]. Il sistema lavora molto bene per le superfici diffuse quasi-lambertiane [Guidi, Russo, Beraldin 2010] e non altrettanto per le superfici riflettenti delle vetrate [Benedetti, Gaiani, Remondino 2011]. Però, essendo l'analisi indirizzata alla descrizione delle pareti piene che configurano i torrioni aggettanti, i dati acquisiti sono sufficienti a indirizzarne l'attendibilità descrittiva [4]. A questo fine, sono state effettuate 10 scansioni esterne (con stazionamenti ad intervalli di 30 m) e 2 interne all'edificio. I *target* hanno permesso al software dello strumento (*Faro Scene*) di collegare "gerarchicamente" le scansioni, gli *step* cronologici delle operazioni effettuate e i *dataset* fotografici. Per rendere più rapido il calcolo, in fase di acquisizione si è fatto uso di target sferici lungo l'asse stradale e flat quadrati in facciata (fig. 4). I dati

Fig. 2. Intersezione tra cilindro obliquo e piano impostato sulla superficie dei pilastri.

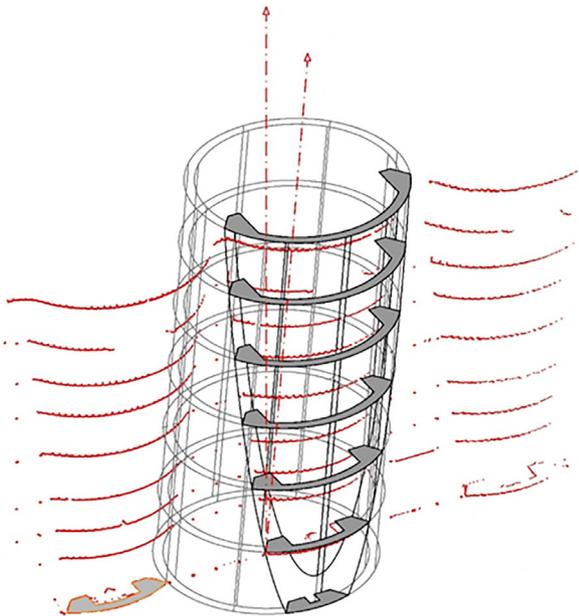
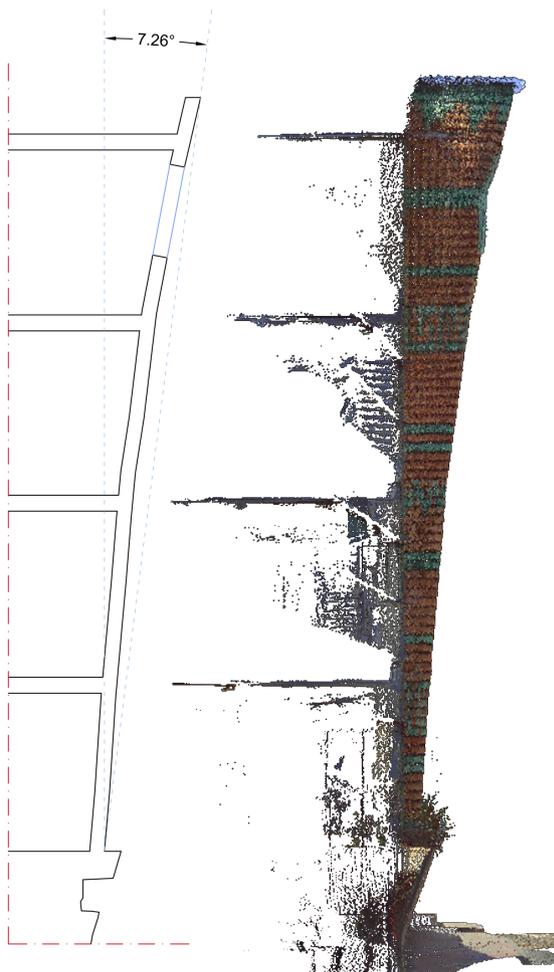


Fig. 3. Profilo schematico dei corpi torreggianti a forma di grandi vasi.



sono stati organizzati in maniera controllata con l'ausilio di *RiScan Pro*. Filtrate le nuvole dei punti acquisite, effettuando il necessario *editing* per eliminare elementi di disturbo o informazioni superflue, è stato ricavato un modello "non strutturato" di coordinate (XYZ-RGB-i), trascritte in superfici triangolate (*mesh*) su cui sono state applicate le *texture*. L'*output*, un modello numerico navigabile nelle tre dimensioni, permette sia la misura di distanze (precise al decimo di millimetro), sia il collegamento a documenti iconografici o alfanumerici.

Volendo insistere sullo studio della morfologia dei corpi aggettanti in facciata, è stato necessario trasformare i dati sperimentali (discontinui) in modelli vettoriali idealmente continui. Tale trascrizione non esime dall'interpretazione seppur metodologicamente fondata. A questo fine, l'elaborazione tridimensionale degli impalcati importati all'interno di un unico contesto descrittivo, è guidata dagli strumenti offerti dal software di modellazione. Esistono ambienti specializzati che vantano, in vista dell'organizzazione di un modello BIM, la capacità di modellare forme per poi assistere la produzione di molti – se non tutti – i settori specialistici (strutture, impianti, sicurezza, costi ecc.). Questi,

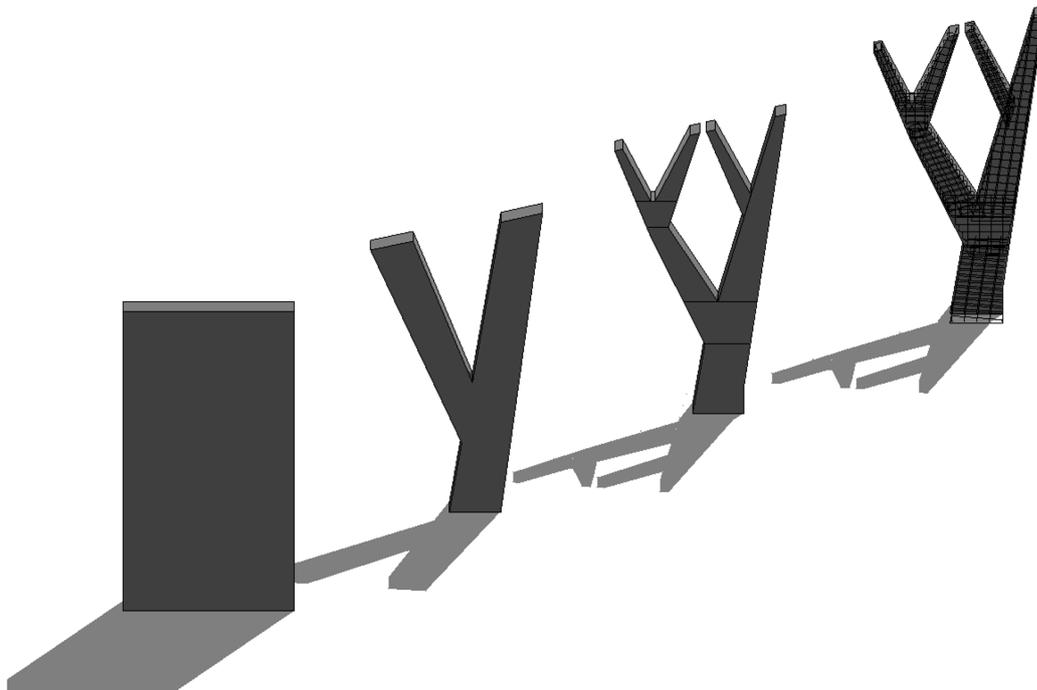
Fig. 4. Localizzazione dei target e dei punti di stazione del rilievo.



tuttavia, sono stati programmati per configurare forme e tecniche che usualmente sono impiegate nella progettazione sia ingegneristica che architettonica: al loro interno, abbastanza velocemente ed efficacemente si modellano le parti di edifici generalmente costituite con elementi seriali e di forma elementare. Tutt'altro che rapida appare, invece nel nostro caso, la modellazione di elementi singoli come quelli rilevati nella facciata della fabbrica Solimene (sebbene circoscritti a tre degli undici torrioni). Si è quindi preferito fare uso di un software di grafica 3D avanzata (*Rhinoceros*) per ricostruire le superfici e poi proseguire tramite software BIM le attività di modellazione e implementazione delle necessarie informazioni [Tang et al. 2010, pp. 829-843]. Se il "costruire in digitale" ha dimostrato l'efficacia di strumenti e metodi di lavoro in grado di sostituire molte fasi del processo classico ricorrendo

ad archivi di oggetti normati, la (ri)costruzione in digitale degli edifici storici (H-BIM), proprio a causa della loro atipicità, muove dalla creazione dei componenti derivati dal rilievo certificato per assicurare l'adeguato livello di accuratezza in funzione degli obiettivi prefissati. In realtà, ogni ipotesi di progetto, presuppone sempre il rilievo dello stato di fatto [Banfi 2016, pp. 116-127] che, nel caso dei manufatti storici, deve tener conto delle trasformazioni diacroniche. Porre ad origine della catena condivisa un documento certificato offre il vantaggio di operare col medesimo software sia per la creazione di componenti, sia per lo studio prettamente ingegneristico inizialmente legato al corretto dimensionamento degli stessi. Dunque, le fasi di acquisizione e successiva elaborazione dei dati acquisiti rivestono un'importanza dirimente guidando l'organizzazione del flusso di lavoro BIM.

Fig. 5. Sviluppo della famiglia di pilastri strutturali.



### Livelli di sviluppo accertati

La modellazione informativa, se indirizzata alla descrizione di edifici storici (H-BIM), può realizzarsi soltanto a partire dalla definizione di elementi costruttivi derivati dal rilievo. La vera forma e grandezza degli edifici e del contesto in cui essi sono inseriti, sono catalizzatrici per l'elaborazione di un modello navigabile, nucleo aggregativo delle informazioni storico-documentali, delle analisi diacroniche dei mutamenti, degli studi sui materiali e sulle tecnologie e dei necessari confronti multidisciplinari. Quello che nel recente passato si configurava come nucleo aggregativo di dati simbolici alfanumerici e iconici, oggi, se posto ad origine di una catena di lavoro condivisa e interoperabile,

trasforma il plastico fotorealistico e navigabile, descrittore del sistema informativo soggiacente, in una vera e propria costruzione digitale sia pure virtuale [Gaiani, Benedetti, Apollonio 2011]. In questa prospettiva, la scientificità delle procedure di acquisizione risulta dirimente, sia per la creazione del database degli elementi esistenti, sia per lo studio prettamente esecutivo dei progetti volti al restauro e alla manutenzione.

L'azione principale va dunque rivolta alla codificazione del processo d'indagine adeguato al livello di analisi conoscitiva concordato e sottoscritto [5]. Le norme, infatti, stabiliscono le caratteristiche geometriche che gli oggetti devono garantire (LOG, *Level of Geometry*) in funzione degli aspetti informativi correlati (LOI, *Level of Information*) al fine di

Fig. 6. Dettaglio dei pilastri interni della fabbrica.



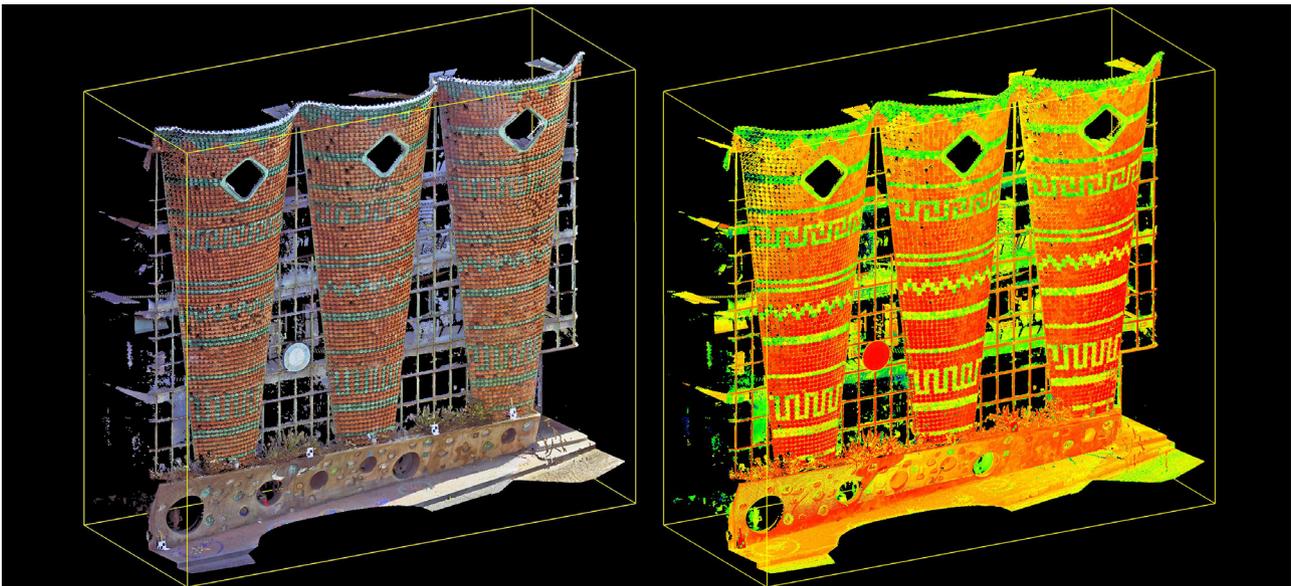
rendere affidabile il Livello di Sviluppo (LOD, *Level of Development*) richiesto dal progetto BIM oriented [6]. Le stesse norme evidenziano, però, che il dettaglio grafico è una questione distinta e indipendente [7]. Auspicabile è tuttavia una sorta di “tolleranza” del dettaglio rappresentato così da agevolare il passaggio tra livelli attigui [Historic England 2017], soddisfacendo la precisione necessaria. È evidente che il livello (LOG, LOD o LOI) non coincide con le potenzialità di modellazione offerte dal *authoring BIM software*, né, tantomeno, interferisce con la qualità del rilievo certificato, o con l’approfondimento dei dettagli modellati per creare oggetti orientati nel senso sopra chiarito. L’unicità della fabbrica Solimene rende prioritaria la costruzione parametrica dei componenti stabilendone a priori il livello di complessità. Per tale scopo non sempre conviene agganciarsi direttamente alla nuvola di punti [8]. In mancanza di adeguati archivi, forma e geometria hanno avuto il compito di guidare la primaria scomposizione per poi orientare il riconoscimento dei caratteri seriali, classificabili in categorie tassonomicamente organizzate a “cascata”. L’esempio mostrato in figura 5 chiarisce uno sviluppo per level-

li applicato alla modellazione dei pilastri, elementi di forma originale (fig. 6) e non certo elementare (come invece può accadere per le strutture verticali di nuove costruzioni). La pratica operativa prevede uno sviluppo a diverse velocità di informazione e quindi a diverse geometrie. Soffermandoci sull’esempio estratto, il pilastro che imita la ramificazione di un albero, si nota la sequenza LOD unica e non confondibile con il dettaglio puramente grafico: l’elemento in *Revit* diventa vera e propria struttura verticale.

I moderni software di *BIM authoring* sono in grado di modellare gli elementi costruttivi con astrazioni grafiche differenti, definendo rappresentazioni di dettaglio in funzione del LOD concordato. Spaziano, quindi, da una visualizzazione schematica fino ad un grado di dettaglio particolarmente elevato [9].

Creato l’oggetto è possibile abbinare ad esso le informazioni non geometriche renderlo univocamente identificabile: potrà essere nominato in conformità ad un sistema di classificazione, ad una posizione, possibilmente georeferenziato, quindi, archiviato correttamente all’interno del modello dati.

Fig. 7. Campione significativo della facciata estratto dalla nuvola di punti.



Per definire una famiglia parametrica in cui gli oggetti sono consapevoli delle loro caratteristiche salienti, non basta limitarsi alle pure logiche di grafica vettoriale 3D, ma occorre mostrare e calcolare (ovvero descrivere matematicamente) la configurazione geometrica-costruttiva di ciascun componente così da renderlo "intelligente", ovvero, corredato di tutto ciò che documenta compiutamente quanto rinvenuto in merito.

Fin dalla prima fase bisogna associare al modello 3D attributi atti a descrivere la natura degli oggetti presenti nel modello BIM. Nel concreto, è la creazione di geometrie definite semanticamente (murature, finestre, porte) basate su una struttura organizzativa architettonica tipica riferita a livelli di dettaglio standardizzati. Questa attività fornisce la logica tassonomica per sviluppare l'intero database formato da oggetti intelligenti, interrogabili, interoperabili ai diversi fini.

### Costruzione del modello informativo

Nel caso in esame, la criticità legata all'assenza di librerie standardizzate fruibili da piattaforma BIM [Arayici 2009] per essere direttamente assemblate [Eastman 2008], ha reso necessario strutturare elementi specificamente costruiti e derivati dal rilievo strumentale, al fine di popolare un database di oggetti parametrici e interattivi, formalmente omogenei e sempre interrogabili per controlli e verifiche. La costruzione del modello ha presentato la difficoltà oggettiva di doverne accertare la configurazione geometrica prima di procedere. La nuvola di punti acquisita con laser scanner terrestre 3D è stato il dato certificato per il modello numerico (discontinuo) [Karmazyn 2017]. Il file, processato e indicizzato dopo la fase di rilievo, è stato inserito in ambiente BIM e georeferenziato.

Il collegamento della nuvola di punti al progetto ha consentito di avere un riferimento sia visivo che operativo estremamente accurato della condizione esistente del manufatto, da adoperare come guida per le operazioni di produzione dati BIM. Infatti, ciascun punto rilevato è misurabile, selezionabile e consente gli snap per la modellazione. La nuvola, una volta ottimizzata ed epurata da informazioni superflue, ci ha permesso di avviare direttamente la definizione degli elementi parametrici, limitando le imprecisioni. Avendo già scartato in ingresso tutti i punti non funzionali, la (ri)costruzione digitale della fabbrica Solimene è risultata decisamente più rapida. Ciò che è stato reso effettivamen-

te in BIM è un campione significativo della facciata (fig. 7) costituito da 3 delle 11 "torri" che segnano il meraviglioso prospetto. Ciascun elemento costruttivo contraddistinto da nome, numero e posizione è stato associato ad un tipo, quindi, archiviato correttamente all'interno del modello dati con una corrispondente famiglia parametrica. I tipi predisposti per il modello sono stati i seguenti:

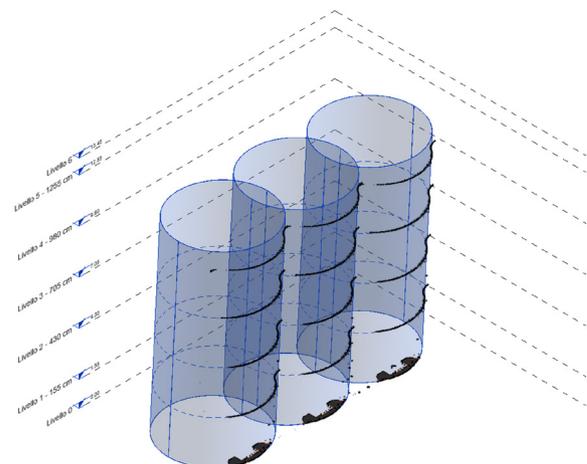
- pareti piene;
- strato murario esterno;
- pareti vetrate;
- solai strutturali;
- pilastri strutturali.

Per questo studio il modello è stato basato sull'aspetto simbolico degli elementi architettonici, riferendolo ai livelli di sviluppo codificati e rimandando ad una fase successiva la possibilità di riproporre anche tutta la bellezza iconica della fabbrica.

Il principio è stato quello di impiegare due linguaggi in parallelo: il primo, tecnico, proprio del disegno architettonico e il secondo, informativo, sviluppato con dati alfanumerici.

I componenti dell'esemplare sono stati decostruiti in solidi generici definiti dal proprio ingombro dimensionale, rispondenti ai volumi rilevati, determinando così il livello LOD350. L'avanzamento della modellazione, però, è stato correlato anche alla quantità e qualità delle informazioni raccolte ed

Fig. 8. Riferimenti costruttivi per la creazione delle famiglie parametriche.



effettivamente trasferite al modello: descrizioni accurate e notizie storiche associate ai vari tipi geometrici ci hanno permesso di aumentare il livello di informazione (LOI), incrementando il livello di affidabilità (LOR) del lavoro.

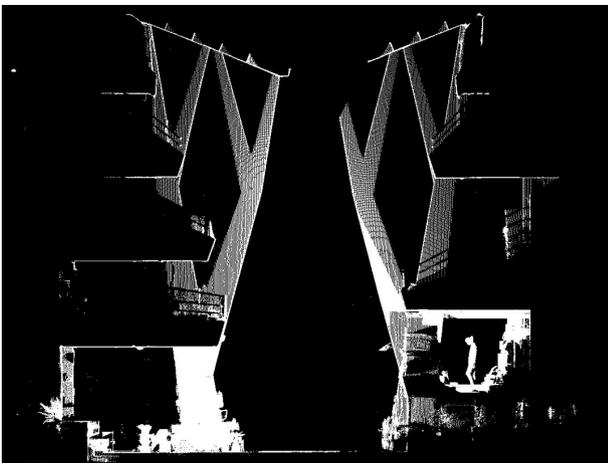
Le fasi di modellazione sono state distinte seguendo le logiche di cantiere, auspicando che la (ri)costruzione simulata in digitale potesse palesare anche le accidentalità sorte durante la fabbricazione.

Dapprima sono stati derivati dalla nuvola di punti i riferimenti geometrici, ovvero, le quote altimetriche corrispondenti a ciascun piano della fabbrica, il piano su cui giacciono le grandi vetrate nonché le circonferenze che rappresentano l'intersezione dei cilindri inclinati con ciascun impalcato. Successivamente sono stati modellati proprio questi cilindri per essere impiegati come intradosso dei tamponamenti (fig. 8).

A questo punto è stato possibile procedere con la creazione dei solai, dei pilastri strutturali, dei muri di tamponamento e delle ampie vetrate.

Per i solai, avendo già le quote di riferimento, è stato sufficiente applicare la famiglia "pavimento" al livello desiderato. I pilastri della facciata, in parte nascosti nel tamponamento, sono stati modellati esaminando anche le foto di cantiere, mentre quelli a forma d'albero sono derivati dalla scansione interna (fig. 9).

Fig. 9. Ortofoto della nuvola di punti derivata dalla scansione interna della fabbrica.



I muri di tamponamento sono stati modellati dalle superfici dei cilindri e poi dettagliati con le caratteristiche aperture romboidali e con una *texture* che raffigurasse il distintivo gioco cromatico dei fondi di terracotta rossa e verde. Le vetrate, giacendo sul piano verticale, sono state rapidamente create con l'apposita famiglia "facciata continua" rimodellandone il profilo per conferirgli la forma trapezoidale.

A questo punto, i componenti sono stati correttamente dimensionati e posizionati l'uno rispetto all'altro, in perfetta coerenza con le risultanze del rilievo laser scanner 3D (fig. 10).

La possibilità di ampliare il modello multidimensionale con ulteriori informazioni ha esortato a fruire di specifiche funzionalità del software BIM, come gli strumenti di collaborazione. All'atto pratico, è stata sperimentata la condivisione del progetto con addetti ai lavori in grado di eseguire un approfondimento sulla struttura portante della fabbrica. Creando un *workset* specifico, sono state aggiunte le armature negli splendidi pilastri ramificati (fig. 11).

### Obiettivi perseguiti e raggiunti

Il caso studio ha offerto l'occasione per testare forze e debolezze del metodo H-BIM posto alla base del flusso di lavoro nel nostro caso volto a:

- integrare una pluralità di sguardi a supporto dell'indagine analitica: il modello 3D (nel suo insieme e nei suoi componenti) diviene descrittore esaustivo dell'articolato database sottostante, superando il carattere di mero strumento grafico di interpretazione;
- verificare che i livelli di sviluppo considerati saranno congruenti con le esigenze documentative tipiche dei capitolati di appalto, fino alla realizzazione del prototipo che dovrebbe costituire l'intero ambiente dati del progetto.

In conclusione, va osservato che processare la digitalizzazione della rappresentazione e della documentazione del progetto offre numerosi ulteriori sviluppi di ricerca:

- verificare in digitale le ipotesi costruttive, misurare gli scarti tra modello numerico e modello ideale, rivelare le ragioni intervenute nei conflitti costruttivi in corso d'opera;
- sottoporre a verifica induttiva le ipotesi conformative;
- avvalersi del sistema informativo e dei modelli interoperativi per consentire apporti *inter* e *trans* disciplinari per presentare i risultati in modo imparziale, logico e critico;
- organizzare un processo che converge verso l'idea di progetto garantendo a futura memoria la documentazione dettagliata e veritiera dello stato di fatto;
- condividere tutti i dati del rilievo analitico.

Note

[1] Il codice dei contratti pubblici (d.Lgs. 50/2016).

[2] Presso il Comune di Vietri sono custodite le copie autografate, sottoscritte con l'ing. Immormino che ne verificò il calcolo statico, necessario per ottenere la licenza edilizia, rilasciata nel 1954, come variante al progetto già approvato in precedenza [Zampino 1995].

[3] Laser scanner a differenza di fase, precisione:  $\pm 2$  mm. Range 0-130 m; Fotocamera metrica integrata ad alta definizione ( $> 6$  MP); Antenna GPS integrata; A alta velocità di acquisizione: min. 976.000 pti/sec; A angoli di scansione: 360° orizzontale – 300° verticale.

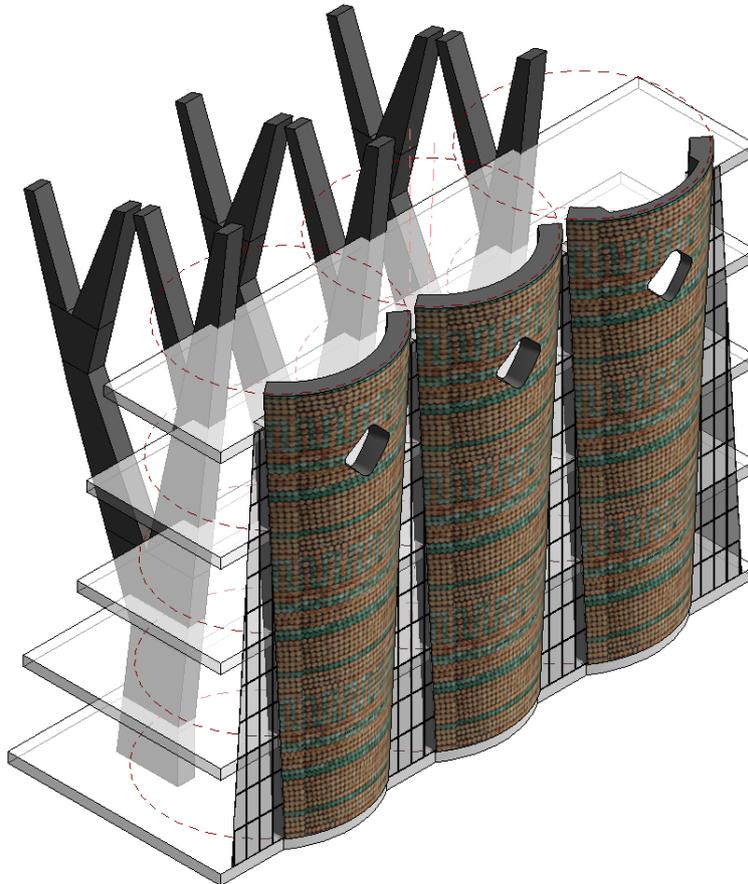
[4] La differenza dei tempi di andata e di ritorno del segnale permette al software di interpretare i valori come "picchi" e "valli" delle superfici e quindi di convertirli in punti oppure in poligoni. Non altrettanto accade per le superfici riflettenti e trasparenti per le quali l'acquisizione è molto più complessa.

[5] BIM Execution Plan [BEP - PAS 1192-2:2013].

[6] UNI 11337:2017-4; AIA E202-2008: B.I.M. Protocol Exhibit.

[7] In particolare, la UNI 11337:2017-4.

Fig. 10. Modello BIM elaborato in riferimento al LOD350.



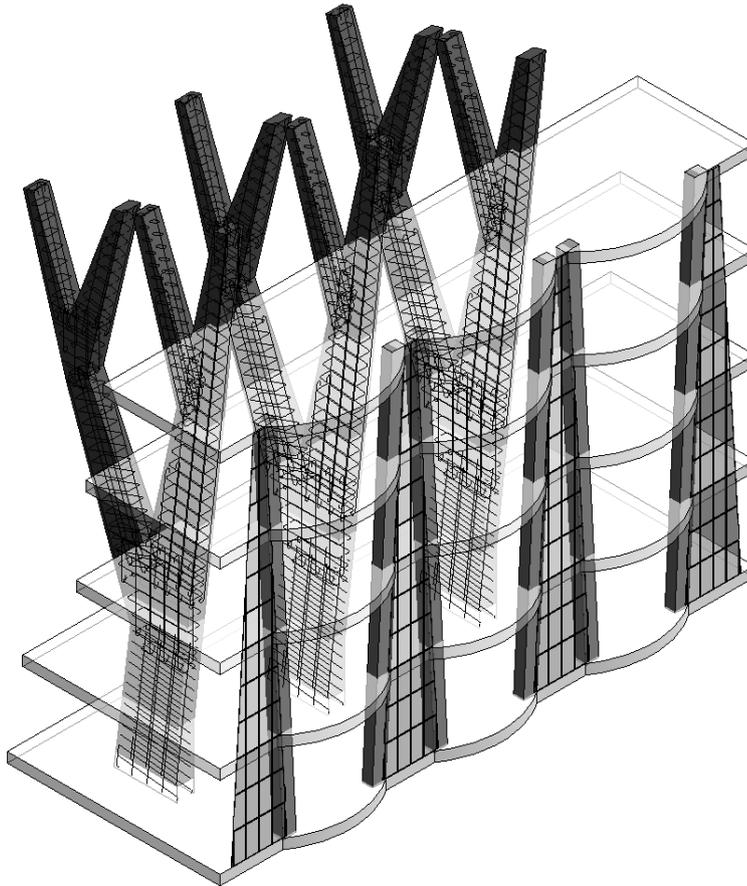
[8] Dal 2008, periodicamente viene aggiornata online "AIA E202-2008: Building Information Modeling Protocol Exhibit" una guida contenente i contenuti dei principali elementi progettuali a seconda della fase progettuale che descrivono.

[9] AEC (UK) BIM protocols.

#### Ringraziamenti

I risultati inediti e originali di questa ricerca sarebbero stati impossibili da ottenere senza l'indagine e l'analisi sviluppata da Halyna Karmazyn, allora studiosa di straordinaria diligenza, oggi ingegnere ambientale e civile. La sua volontà e la sua onestà sono, per tutti i fortunati che ne hanno approfondito la conoscenza, occasione di una profonda revisione critica del modo di intendere e di volere la vita.

Fig. 11. Modello BIM elaborato in riferimento al LOD400.



## Autori

Adriana Rossi, Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", adriana.rossi@unicampania.it.  
Umberto Palmieri, Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", umberto.palmieri@unicampania.it.

## Riferimenti bibliografici

- Abbate, C., Spina, M., Zevi, A. (a cura di). (2010). *Una guida all'architettura frugale*. Guidonia: Iacobelli editore.
- AEC (UK) BIM protocols.
- Arayici, Y. (2009). Towards building information modelling for existing structures. In *Structural Survey*, vol. 26, n. 3, pp. 210-222.
- Banfi, F. (2016). Building information modelling: A Novel Parametric Modeling Approach Based on 3D Surveys of Historic Architecture. In M. Ioannides et al. (eds). *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*. 6th International Conference, EuroMed 2016. Nicosia, Cyprus, October 31-November 5, 2016, Proceedings, Part I, pp. 116-127. Berlin: Springer.
- Benedetti, B., Gaiani, M., Remondino, F. (2011). *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*. Pisa: Scuola Normale Superiore.
- Brujic, D. Ristic, M., Ainsworth, I. (2002). Measurement-based modification of NURBS surfaces. In *Computer-Aided Design*, n. 24, pp. 173-183.
- Eastman, C. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. New York: John Wiley & Sons.
- Gaiani, M., Benedetti, B., Apollonio, F.I. (2011). Teorie per rappresentare e comunicare i siti archeologici attraverso modelli critici. In *SCIRES-IT: Scientific REsearch and Information Technology*, vol. 1, issue 2, pp. 33-70.
- Guidi, G., Russo, M., Beraldin, J-A. (2010). *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*. Milano: McGraw-Hill.
- Historic England (2017). *BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model*. Swindon: Historic England.
- Karmazyn, H. (2017). *Dal modello sperimentale al modello matematico*. Tesi di laurea in Ingegneria civile Edile Ambientale, relatore prof.ssa Adriana Rossi. Dipartimento DICDEA, Seconda Università di Napoli.
- Migliari, R. (a cura di). (2004). *Disegno come Modello*. Roma: Edizioni Kappa.
- Monteleone, C. (2013). *Geometria e Astrazione nel Guggenheim Museum*. Roma: Aracne.
- Riley, T., Reed, P. (2007). *Frank Lloyd Wright: 1867-1959*. Milano: Mondadori Electa.
- Rossi, A. (1995). Dal vaso all'architettura della ceramica. In E. Mandelli E. (a cura di). *Il disegno luogo e memoria. Atti del convegno*, pp. 360-367. Firenze: Alinea.
- Rossi, A. (2017). The Façade of Paolo Soleri's Solimene Factory. In *Nexus Network Journal*. Vol. 19, 2, pp. 503-520.
- Rossi, A., Palmieri, U. (2018). (In)tangibili caratteristiche: ripresentazioni integrate di un tomagno in terracotta. In: Salerno R. (a cura di). *Rappresentazione materiale/immateriale/Drawings as (In)tangible*. 40° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione / XV Congresso UID, Milano, 13-15 settembre 2018, pp. 1553-1560. Roma: Gangemi editore.
- Rossi, A., Palmero, L., Palmieri, U. (2019). De la digitalización laser hacia el H-BIM: un caso de estudio / From laser scanning to H-BIM: A case study. In *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 24, n. 36 (2019). In corso di stampa.
- Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman R., Lytle, A. (2010). Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. In *Automation in Construction*, n. 19, pp. 829-843.
- UNI Norma Nazionale I 1337-4:2017. Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni.
- Zampino, G. (a cura di) (1995). *Gli spazi della ceramica*. Catalogo della mostra. Vietri sul Mare 10 dicembre 1994 - 20 Gennaio 1995 Mare. Napoli: Grimaldi & C. Editori.