

SCIENZA E BENI CULTURALI

**LA QUALITÀ DELL'INTERVENTO
SUI BENI CULTURALI
ATTUALITÀ, PROBLEMI
E PROSPETTIVE**

37° convegno di studi
Bressanone 5 – 7 luglio 2022
a cura di Guido Driussi

37° convegno Scienza e Beni Culturali
Collana Scienza e Beni Culturali
Volume.2022

ISSN 2039-9790

ISBN 978-88-95409-26-9

*LA QUALITÀ DELL'INTERVENTO SUI BENI CULTURALI
ATTUALITÀ, PROBLEMI E PROSPETTIVE*

Bressanone, 5 – 7 luglio 2022

In questo volume vengono pubblicati i contributi estesi che sono stati sottoposti a *double blind peer review* da parte di esperti dello stesso settore.

This volume includes extensive contributions (*Full-paper*) that have been subject to double-blind peer review by qualified referees.

Tutti i diritti riservati,
EDIZIONE ARCADIA RICERCHE Srl
Parco Scientifico Tecnologico di Venezia
Via delle Industrie 25/11 – Marghera Venezia
Tel.:041-5093048 E-mail: arcadia@vegapark.ve.it
www.arcadiaricerche.eu

È vietata la riproduzione, anche parziale o ad uso interno o didattico, con qualsiasi mezzo, non autorizzata.

Le riproduzioni a uso differente da quello personale potranno avvenire, per un numero di pagine non superiore al 15% del presente volume, solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dall'editore.

*Finito di stampare nel mese di giugno 2022
presso Imoco Industrie Grafiche – Treviso - Italy*

SINERGIE CONDIVISE PER LA QUALITÀ DELLA CONSERVAZIONE	
B. Scala	1
STRATEGIE CONDIVISE DI VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO IMMATERIALE PER LA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO MATERIALE. ESEMPI	
D. Pittaluga, S. Rescic, F. Fratini	13
IL PROGETTO E LA QUALITÀ FRA SCIENZA E EMPIRISMO	
L. Appolonia	25
RESTAURO PARTECIPATO E SVILUPPO SOSTENIBILE ALLA LUCE DELLA CONVENZIONE DI FARO. L'ESEMPIO DI BAGNI DI PETRIOLO: ARCHITETTURA E PAESAGGIO	
C. Crova	37
IL PROGETTO DI RESTAURO COME SINTESI DI ESPERIENZE MULTIDISCIPLINARI: ANALISI DI CONTESTO E METODOLOGIA OPERATIVA	
F. Miraglia	49
UN ESPERIMENTO PER LA MANUTENZIONE DELLE MURATURE VENEZIANE, FRA TRADIZIONE COSTRUTTIVA E INNOVAZIONE COMPATIBILE	
G. Berto, A. Squassina	59
COMPATIBILITÀ, EFFICACIA, SOSTENIBILITÀ COME INDICATORI PER L'INTERVENTO E LA MANUTENZIONE TRA TRADIZIONE E INNOVAZIONE	
G. Bruschi, A. Saetta, P. Faccio, F. Antonelli, F. Peron, E. Zendri, L. Berto, A. Squassina, D. Cimino, M. De Maria, L. Falchi, E. Guolo, R. Piovesan, E. Tesser, G. Zaccariello, I. Zamboni	71
TRADIZIONE COSTRUTTIVA E QUALITÀ DELL'INTERVENTO, FRA PASSATO E FUTURO	
A. Squassina	83
LA QUALITÀ DEL 'SAPER FARE' ATTRAVERSO LA TRASMISSIONE DEI SAPERI: ARTIGIANI E ARCHITETTI A CONFRONTO	
L. Scappin	93
CONOSCENZA DELL'ARTE DEL COSTRUIRE PER LA QUALITÀ DEL PROGETTO DI RESTAURO: SPUNTI DAL MANUALE DEL RECUPERO DI ROMA	
V. Bernardini	105

**RISCOPIRE LA MEMORIA DEI LUOGHI ATTRAVERSO LE
INDAGINI PRELIMINARI PER LA QUALITÀ DELL'INTERVENTO**

G. D'Angelo, G. Gugg 117

**STRUMENTI PER LA RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLE STRUTTURE
SOCIO-SANITARIE STORICHE**

L. Diana, R. Marmo, C. Sicignano, F. Polverino 129

**IL COMPLESSO PSICHIATRICO LEONARDO BIANCHI DI NAPOLI: LA
NATURA PREVALE E L'ARTIFICIO SI SCHIUDE**

G. Trinchese, A. Rizzo 141

**LA QUALITÀ DELL'INTERVENTO NELLE FORME DI
INTEGRAZIONE DELLE FINITURE AD INTONACO: CRITERI E MODI
TRA PASSATO E PRESENTE**

L. Scappin 153

**QUALITÀ DEL PROGETTO E 'SEMPLIFICAZIONE'. LA SFIDA DEL
PNRR**

P.R. David 165

**PATRIMONIO, COMUNITÀ, PARTECIPAZIONE. IL RUOLO DEGLI
ECOMUSEI NELLA VALORIZZAZIONE DELL'EREDITÀ
CULTURALE'**

M.G. Ercolino 177

**CARTE, NORMATIVA E ISTRUZIONI OPERATIVE NELLA
CONSERVAZIONE DELL'ARCHITETTURA MODERNA. ALCUNI
ESEMPI DELLA REGIONE SICILIA.**

C. Accetta 189

DAL DIRE AL FARE. CENSIRE PER TUTELARE.

M. M. Grisoni 201

**IL BONUS FACCIATE SUI BENI CULTURALI ECCLESIASTICI. UNA
OPPORTUNITÀ. IL CASO DI NARDÒ. GLI EDIFICI DELLA DIOCESI DI NARDÒ
GALLIPOLI: IL MUSEO DIOCESANO E LA SEDE VESCOVILE**

A. Disabato 213

**LA RINASCITA DEL SANPIETRINO. CASE-STUDY: VIA IV
NOVEMBRE E LARGO MAGNANAPOLI A ROMA, IL PRIMO
INTERVENTO DEL PIANO SANPIETRINI A ROMA**

F. Pacciani, S. Nardocci, G. Signori 223

**CONIUGARE COMPLESSITA' E QUALITA' NEL PROGETTO DI
RIQUALIFICAZIONE URBANA. UNA PROPOSTA PER IL PORTO DI
BAIA NEI CAMPI FLEGREI.**

D. Imperadice, M. Fumo 233

**DIAGNOSTICA, SPERIMENTAZIONE E METODOLOGIA DI
MONITORAGGIO PER LA CONSERVAZIONE DELLA FACCIATA
DELLA CHIESA DI SANTA MARIA DI NAZARETH A VENEZIA**

I. Rocca, I. Forti, G. D'Acunto, A. Saetta 243

**IL RECUPERO DELLE ANTICHE CARCERI DELLA VICARIA IN
CASTEL CAPUANO, UN POLO DI RIGENERAZIONE URBANA NEL
CENTRO STORICO DI NAPOLI**

A. Scielzo 255

**I PALAZZI STORICI DELL'ATENEO DI URBINO: UN MODELLO DI
GESTIONE DIGITALE INTEGRATO MIRATO ALLA QUALITÀ DEGLI
INTERVENTI**

L. Baratin, A. Cattaneo 267

**DALLA NATURA PER LA NATURA. LE FIBRE VEGETALI PRENDONO
IL POSTO DEL CEMENTO**

G. Signori 279

**LA RICOSTRUZIONE DEGLI EDIFICI DI CULTO DOPO IL SISMA 2016:
SEMPLIFICAZIONI NORMATIVE E QUALITÀ DEGLI INTERVENTI**

A. Crocioni, M. Previti 289

**DAL DOCUMENTO DI INDIRIZZO PROGETTUALE AL PROGETTO
ESECUTIVO. SI PUÒ ASSICURARE LA QUALITÀ
DELL'INTERVENTO? IL CASO DI TRE CHIESE TERREMOTATE DI
AMATRICE E DI ACCUMOLI**

S. Gizzi 301

**TRA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E CONTRASTO AI
CAMBIAMENTI CLIMATICI. QUALI SCENARI PER IL RESTAURO?**

F. Trovò 313

**MODELLI FEDERATI PER LA GESTIONE BIM DEL PROGETTO DI
CONSERVAZIONE**

A. Adami, B. Scala 327

MODELLI FEDERATI PER LA GESTIONE BIM DEL PROGETTO DI CONSERVAZIONE

ANDREA ADAMI*, BARBARA SCALA**

Politecnico di Milano, andrea.adami@polimi.it

Università degli Studi di Brescia, barbara.scalea@unibs.it

Abstract.

The federation of models is a pillar of the BIM approach: it allows to keep the contents of each discipline separate during the modelling-creation phase, and to merge them together later during the project management phase, from its feasibility to the construction site, to the management of the entire life-cycle of the building. Generally, these models refer to specific disciplines and the architectural, plant and structural model are always identified. When the asset belongs to Cultural Heritage, more generically an existing building, the BIM approach is faced with an additional level of complexity since it is necessary to model something existing and of which not much information is known. The geometric complexity of the asset often aggravates this situation because if the parametric modelling is preferred, it is difficult to represent such irregular morphologies, and if the surface modelling and a more geometrical detail is preferred, the model becomes very heavy. In many cases the choice is to approximate reality as best as possible through specific and tailor-made modelling approaches, often complex and with some borderline methods, if compared to BIM logic. In other cases it makes sense to define when the geometric complexity and the reliability of the model are necessary, and when, instead, a simplification is required to effectively manage the information. The case study presented is the Arch of Augustus, in Aosta, for the HBIM approach it has been chosen to separate the two approaches, placing side by side the federated models referred to the classical disciplines with two models of the current state: one very accurate with the purpose of maintaining all the quality of acquired 3D geometric information, while the other schematic, necessary as a 3D index for the information. However, the approach described here requires a preliminary reflection to define the BIM granularity and to define the methodological procedures that allow the bidirectional relationship between survey model and conceptual model.

Keywords: *HBIM, geometric modelling, Cultural Heritage, point cloud, federated models*

Introduzione

Le nuove ricerche sull'Historic Building Information Modelling (HBIM) hanno dimostrato l'efficacia di questo approccio per il miglioramento della qualità della gestione dei contenuti informativi relativi al progetto di conservazione. Si è anche evidenziato come alcune fasi siano ancora molto complesse e richiedano spesso approcci non standard, un atteggiamento che in qualche modo si scontra con la natura stessa del BIM. Tuttavia, il valore aggiunto garantito dal processo in termini di qualità rende sicuramente utile lo sforzo necessario. Tra le attività che presentano ancora qualche difficoltà nel rapporto tra BIM ed edilizia storica, c'è sicuramente la gestione della geometria in caso di utilizzo di software commerciali.

Numerosi studi ed esperienze hanno descritto l'interoperabilità dei software e quindi suggerito la modellazione geometrica in ambienti (Rhinoceros, FreeCAD, Sketchup), diversi da quelli del BIM. Si tratta di un tentativo di compensare gli evidenti limiti delle suite commerciali nella modellazione di oggetti complessi, eseguendo la modellazione in contesti che consentono un maggiore controllo geometrico. Questo approccio è certamente praticabile e motivante, ma presenta alcuni problemi quando si cerca di modellare non solo contenuti geometrici ma anche informativi. La forma geometrica 3D può essere corretta, ma non è altrettanto facile gestire le informazioni che ad essa dovrebbero essere collegate.

Un approccio diverso, che trova comunque origine nello stesso concetto di modello federato che caratterizza i sistemi BIM, è quello che prevede la costruzione di più modelli, ognuno con un proprio scopo e/o livello di approfondimento.

Come nell'affrontare un progetto complesso abitualmente si prevedono più tipologie di progetti (architettonico, distributivo, delle superfici, strutturale, impiantistico che purtroppo spesso non si conoscono vicendevolmente), allo stesso modo in ambiente BIM è possibile pensare di sviluppare più modelli (non solo quelli di default).

La proposta che si vuole avanzare è di avere due modelli in più rispetto a quelli tradizionali (architettonico, strutturale e meccanico-elettrico-idraulico MEP) rispetto alla situazione attuale: uno è il modello di rilievo, molto accurato e affidabile, utile per estrarre informazioni geometriche e dimensionali, l'altro potrebbe essere chiamato modello concettuale e funge da indice per una gestione molto semplice ed efficiente delle informazioni.

L'uso contemporaneo di questi due modelli comporta di scegliere, di volta in volta, la fonte delle informazioni necessarie ed avere chiaro quali sono gli obiettivi di ciascun modello, il suo utilizzo e le sue caratteristiche.

Per ogni modello è indispensabile definire la tipologia di modello geometrico da utilizzare (punti, superfici o solidi, parametrico o meno, quale tipo di superfici, ecc.). ma soprattutto il grado di precisione dell'elemento a cui collegare tutti i contenuti informativi disponibili.

Il concetto principale del metodo proposto si riferisce a modelli detti "federati". Si tratta di un gruppo di sistemi diversi, collegati ad un'unica entità. Se considerato in

modo indipendente, ogni modello rappresenta specifiche caratteristiche dell'edificio. Quando visti tutti assieme, se realizzati correttamente, permettono di avere informazioni complete sul bene

Associated General Contractors (AGC) ConcensusDocs 301- BIM Addendum¹ definisce il modello federato come un modello costituito da modelli componenti collegati ma distinti tra loro, disegni, testi e altre fonti di dati che non perdono la loro identità o integrità per il fatto di essere così collegati. Un singolo modello federato è utile per il coordinamento della progettazione, per evitare incongruenze tra i diversi livelli di progettazione. Nel campo dei Beni Culturali, e di conseguenza dell'approccio HBIM, sono coinvolte molte discipline, ognuna con la propria peculiarità e il proprio ruolo. Secondo il principio dei modelli federati, ogni disciplina ha un ruolo specifico e ne è responsabile.

In questo caso, la Geomatica ha due compiti diversi: fornire i dati metrici e consentire la gestione e la georeferenziazione dei dati che qualsiasi altra disciplina può fornire. Questo duplice ruolo della Geomatica e le scienze della conservazione affrontano le complessità dell'elaborazione dei dati HBIM come la modellazione geometrica e la segmentazione 3D. Sono le fasi logiche del processo Scan2BIM in cui la qualità delle misurazioni, se effettuata con precisione, non è generalmente messa in discussione, mentre è sempre necessario considerare la qualità della trasformazione da punti (nuvola di punti) a modello 3D (superfici, parametrico, ecc.) e la suddivisione dell'intero complesso in oggetti più piccoli.

In questo modo, una volta fatta la scelta di lavorare in ambito HBIM con due modelli diversi, entrambi legati alla geomatica per genesi e responsabilità e al restauro per l'interpretazione e la conoscenza, si ricade sul tema del processo Scan2BIM che è ancora lontano dall'essere ottimizzato e soprattutto reso automatico a causa della complessità, irregolarità e unicità che caratterizzano i Beni Culturali (2).

Tuttavia, emergono gli stessi dubbi e le stesse possibilità evidenziate nell'ampia bibliografia sul processo Scan2Bim. I dubbi principali riguardano la scelta del principio di modellazione tra superfici parametriche, poligonali e curve.

La letteratura del settore è molto approfondita e ricca sia per quanto riguarda lo stato dell'arte sia per quanto riguarda suggerimenti e proposte in base a diversi casi di studio e applicazioni, come risulta evidente dalla ricerca bibliografica utilizzando le parole chiave "Scan-to-BIM"(3,4,5,6,7,8)

La metodologia

Partendo dall'idea di un modello federato, le due proposte considerate in questa ricerca rappresentano il modello basato sulla realtà -modello di rilievo- e una rappresentazione ideale della stessa entità, definita modello concettuale. La differenza non è nel contenuto, come accade tra modello architettonico, strutturale e MEP, ma è nella natura stessa del modello e nel suo ruolo. In concreto, i modelli sono il modello di rilievo, un modello puramente geometrico, caratterizzato da un'elevata accuratezza metrica e affidabilità (garantita dal controllo dei metodi di rilievo e

modellazione), e il modello concettuale che mira a ricondurre tutte le informazioni ad uno schema logico, la struttura ideale dell'edificio.

Questa differenza è evidente nella scelta dei diversi tipi di modellazione 3D sia nella divisione in elementi del modello. Il modello di rilievo è molto accurato, preciso e affidabile e può essere costruito come modello di punti (pointcloud) o come mesh. Quest'ultimo, basato sulle superfici, più mimetico della realtà, è anche più complesso da gestire in un sistema di authoring BIM in termini di numero di facce e dimensione del file.

Il modello di concettuale men deve essere molto semplice da usare e da gestire e, come già detto, può essere meno legato agli oggetti reali. Per questo, e per seguire i principi della modellazione BIM, l'approccio parametrico è il più adatto.

Naturalmente, per consentire il collegamento bidirezionale tra i due modelli, essi devono condividere lo stesso sistema di riferimento. Può sembrare banale specificare questo concetto in questo contesto, poiché è un elemento fondante del principio dei modelli federati².

Se la fase di modellazione è sviluppata correttamente, non solo in termini geometrici, ma anche di georeferenziazione dei dati, i due modelli possono coesistere, e ci si rivolgerà a un modello o all'altro a seconda delle esigenze. Entrambi georeferenziati nello stesso sistema di riferimento, saranno indici tridimensionali di contenuti diversi: solo dati geometrici in un modello (rilievo) e informativi, a più livelli, nel modello definito come concettuale. Tale approccio consente anche di sopperire ai limiti ancora evidenti nella modellazione di forme complesse.

L'ultima caratteristica da definire per ogni modello è la sua suddivisione in oggetti. Nel modello di rilievo, l'elemento più piccolo è definito in base alla natura digitale del file stesso: singolo punto della nuvola di punti o singola faccia di una mesh. Non si tratta di una vera e propria suddivisione semantica del modello, ma non è strettamente necessaria in quanto il ruolo di questo modello è quello di contenere informazioni metriche.

D'altra parte, invece, è fondamentale per il modello concettuale definire i suoi oggetti più piccoli. Infatti, essi rappresentano l'elemento in cui tutte le informazioni sono collegate. In molti casi gli elementi tecnologici potrebbero essere una scelta molto interessante, soprattutto per quanto riguarda il restauro. In altri casi, più legati alla conservazione e alla tutela dei materiali, questa scelta è più discussa.

Il caso di studio: l'Arco di Augusto ad Aosta

L'approccio presentato è stato sperimentato nell'Arco di Augusto ad Aosta.

L'arco, simbolo della città, nonché elemento caratterizzante l'accesso al centro storico, necessita di interventi di conservazione, e cogliendo questa opportunità si è deciso di sviluppare un progetto di conservazione in modalità BIM (9).

L'Arco di Augusto di Aosta fu costruito contemporaneamente alla fondazione della città, intorno al 23-25 d.C.: si tratta di un arco onorario. L'arco non si trovava all'interno della città, ma fu costruito subito dopo il ponte sul torrente Buthier. La strada

di accesso alla città passava sotto la volta dell'arco e conduceva alla porta Porta Praetoria.

L'arco è costruito in puddinga un conglomerato sedimentario tipico della zona aostana. Nel corso della sua vita, l'arco ha subito numerose trasformazioni. Le più recenti sono legate ai lavori voluti da Alfredo D'Andrade tra il 1883 e il 1891 e seguiti dall'egittologo Ernesto Schiapparelli nel 1912-14.



Figura 1 Arco di Augusto in Aosta

Durante la Seconda Guerra Mondiale l'arco fu protetto con impalcature di legno per proteggerlo dalle bombe.

Fino al 1961 la strada carrabile è passata sotto la volta dell'arco, causando una crescente esposizione del monumento all'inquinamento e successivamente è stata costruita una rotatoria intorno all'arco, in modo da deviare il traffico diretto.

In ogni caso, per monitorare e preservare lo stato di salute del monumento, la Soprintendenza di Aosta e il laboratorio di analisi interno, il RAVA, hanno svolto un'intensa attività di monitoraggio e controllo sull'edificio, raccogliendo numerosi dati analitici e statistici che oggi costituiscono un patrimonio indispensabile per la redazione del progetto di restauro.

Tutta questa ricchezza di dati scientifici e la documentazione d'archivio (cartacea a fotografica) doveva essere resa facilmente accessibile dai professionisti incaricati del progetto di conservazione. Gli studi, condotti principalmente dal Laboratorio di analisi scientifica della Soprintendenza di Aosta, hanno prodotto un'importante raccolta di studi storici, caratterizzazione chimico-fisica dei materiali e delle patologie, studi sullo stato di conservazione e sui fattori di rischio (10) e analisi e registrazioni delle condizioni microclimatiche e ambientali (11, 12,13).

Per il momento non sono state svolte analisi strutturali, né una campagna diagnostica volta a indagare le proprietà meccaniche dei materiali, né altre tecniche (radar, indagini soniche) volte a comprendere la struttura interna del monumento. Per questi motivi la modellazione è limitata alla superficie, lo spessore dei conci è stato approssimato con osservazioni empiriche durante la fase di modellazione, principalmente sulla dimensione che il concio dovrebbe avere per accogliere gli elementi angolari e fornire supporto al livello superiore.

I risultati

Il rilievo, effettuato con un approccio integrato, è stato realizzato con l'utilizzo di laser scanner terrestre (Leica RTC360), fotogrammetria a terra (Canon Eos 5d con obiettivo 35 mm) e drone (Dji Mavic 2 pro), tutti georeferenziati attraverso una rete topografica in un sistema di riferimento locale

Il risultato finale del rilievo integra i risultati della nuvola di punti del laser scanner a terra e della nuvola fotogrammetrica del drone ed è il punto di partenza di questa ricerca. La nuvola di punti è caratterizzata dal colore grazie all'acquisizione delle immagini del drone e alla presenza di una fotocamera digitale sullo scanner. Quando viene importata nel software di BIM Authoring, Autodesk Revit, utilizzato in questa ricerca, la nuvola di punti è molto facile da usare e da gestire. Con gli strumenti di visualizzazione di Autodesk Revit, può essere tagliata, spostata e ruotata. Ma mantiene anche i valori di colore per ogni punto, in modo da poterlo vedere anche in modo più realistico (per quanto consentito dalla qualità dei colori).

Il modello di rilievo è la nuvola di punti, inserita direttamente nel software BIM Autodesk Revit, ed è il riferimento geometrico, accurato e con la possibilità di interrogare tutte le informazioni metriche.

Il modello concettuale, invece, è quello che è stato realizzato scegliendo come elementi di massima suddivisione i conci di pietra che costruiscono l'arco; la loro dimensione ha permesso tale tipo di modellazione, senza risultare in un numero ingestibile di elementi e divenire riferimento a informazioni grafiche, numeriche e scritte direttamente su un oggetto 3D.

In questo modo, le informazioni relative alla forma reale degli elementi possono essere estratte dal modello di rilievo, ma mentre il contenuto informativo viene inserito è gestito attraverso il modello concettuale. Per estrarre con successo le informazioni metriche è sufficiente che l'oggetto sia nella sua corretta posizione (e relazione topologica con il suo contesto), quindi la sua forma e la sua decorazione potrebbero essere semplificate, a condizione che gli elementi reali possano essere ancora riconosciuti. Questa prima operazione di segmentazione ideale del monumento - non del modello - ha ricalcato le tecniche costruttive messe in atto per la realizzazione dell'Arco, che prevedevano un numero limitato di elementi in pietra, rifiniti in loco per assumere forme specifiche. Queste forme originali non sono sempre perfettamente riconoscibili a causa del degrado avvenuto nel tempo. Perciò invece di semplificare le forme irregolari esistenti, per favorire il riconoscimento dell'elemento architettonico si è scelto di ricreare la forma originale del bugnato come se fosse nuova.

Il dato è stato ricavato dall'analisi dei modelli tridimensionali provenienti dal rilievo (sezioni a nuvola di punti e ortofoto), dalle rappresentazioni in letteratura, dalle regole geometriche per la costruzione degli ordini architettonici e degli studi comparativi (altri archi dello stesso periodo, dello stesso contesto geografico) e così è stata identificata la presumibile forma originale dei conci.

Da ricordare che il software Revit etichetta gli oggetti dell'edificio per Famiglia, Categoria, Tipo e Istanza. Le famiglie possono essere famiglie di sistema, famiglie caricabili e famiglie in opera. Le famiglie sono raccolte in Categorie, che corrispondono agli elementi costruiti, come muri, travi, colonne, pavimenti, finestre, ringhiere, tetti, porte, ecc.

Con l'Arco di Augusto non era possibile utilizzare famiglie di sistema. Gli elementi preimpostati, come i muri, i pilastri o le travi, seguono gli schemi costruttivi moderni, collegandosi automaticamente a ciò che automaticamente ritengono logico.

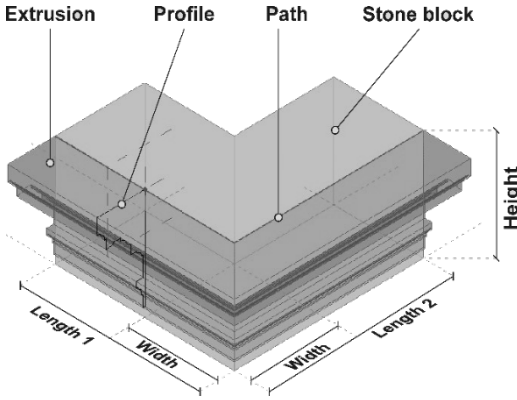


Figura 2 esempio di un elemento parametrico angolare

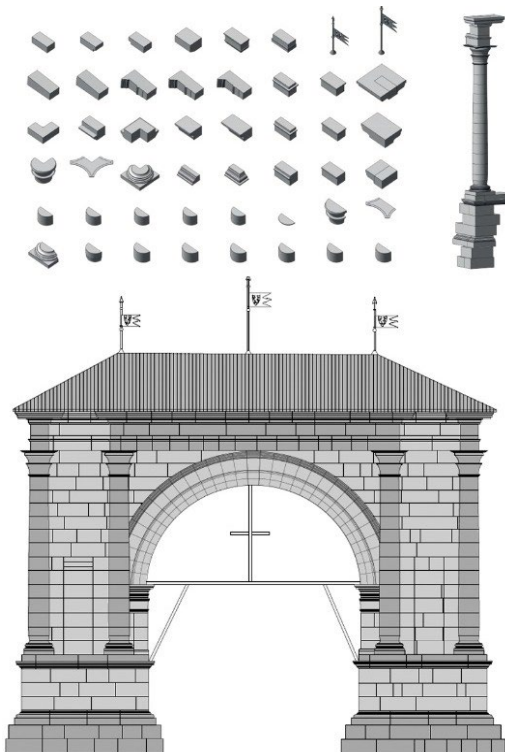


Figura 3 in alto gli elementi delle famiglie di conci, in basso il prospetto ovest

La scelta migliore per la costruzione dei conci è stata quella di utilizzare le famiglie caricabili, la categoria è stata chiamata 'modello generico' poiché nessuna categoria esistente poteva corrispondere ai nostri elementi.

Per ogni concio è stata costruita una famiglia parametrica, utilizzando i profili e le forme ottenuti confrontando le regole geometriche degli ordini architettonici con le sezioni delle nuvole di punti. Con le famiglie parametriche non è necessario creare un solido per ogni singolo concio presente sul monumento, è sufficiente individuare un prototipo per ogni variante (tipo) dei conci, creare l'oggetto tridimensionale (Famiglia), e poi posizionare un'istanza nello spazio modello, adattando la dimensione all'oggetto reale letto sul modello di rilievo (fig. 2)

Il processo ha portato a un abaco di conci³ ognuno con caratteristiche proprie, ma soprattutto con caratteristiche geometriche parametriche e funzioni specifiche che permettono ancora oggi il riconoscimento degli elementi architettonici.

Con meno di cinquanta elementi è stato possibile costruire il modello finale contenente più di 1500 conci. (fig. 3). All'interno di Autodesk Revit ogni elemento tridimensionale giace su un piano di riferimento, questi piani sono chiamati Livelli; essendo il concio disposto in file orizzontali, ogni concio è automaticamente

collegato a un livello, le tecniche di costruzione ci danno già un modo per indicizzare e interrogare il modello, ordinando i blocchi di pietra per livelli, l'ID univoco è dato automaticamente dal software, ma possono essere aggiunti ulteriori ID con significato codificato. A ciascun concio sono state poi assegnate informazioni storiche (interventi subiti), informazioni conservative (stato di conservazione e alterazione), valutazioni di rischio (esposizione agli agenti atmosferici, esposizione all'erosione), blocchi lapidei campionati: queste informazioni sono essenzialmente legate alla posizione ma non alle singole dimensioni dell'oggetto

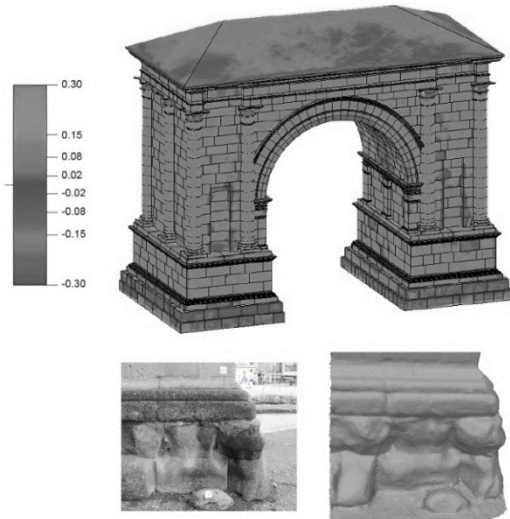


Figura 4 in alto confronto metrico tra modello concettuale e modello di rilievo. In basso, dettaglio di concio in pietra puddinga: foto (a sinistra) e modello di rilievo mesh (a destra)

La rappresentazione di figura 4, che descrive attraverso una mappa a falsi colori la differenza tra modello di rilievo e modello concettuale, non può essere considerata solo come una mappa di precisione per valutare la qualità della fase di modellazione. Al contrario, questa mappa a colori è una nuova informazione che può descrivere le parti più deteriorate, a causa dell'erosione e della perdita di materiale. Anche in questo caso starà al progettista la scelta di riferirsi al modello di rilievo (per le misure precise) o a quello concettuale (per le informazioni da collegare al concio).

Non tutte le informazioni sono collegate ai singoli blocchi di pietra; alcuni dati sono collegati direttamente all'intero modello, ad esempio i file .dwg bidimensionali contenenti la cartografia regionale e comunale. Il modello di rilievo stesso, essendo la nuvola di punti collegata nello spazio del modello, contiene informazioni sull'immediato intorno dell'edificio, sulle pendenze del sito e del terreno, sulla presenza di mensole, alberi, arredi urbani e sistemi di antenne, tutte informazioni utili, quando si pianifica l'accessibilità del cantiere e la progettazione delle opere provvisorie. Seguendo questo approccio, ma facendo molta attenzione a non perdere le informazioni di posizione di ogni singolo segmento, si sono ottenuti due modelli georeferenziati nello stesso sistema di riferimento (e nello stesso spazio modello): uno utile per estrarre informazioni metriche (modello di rilievo) e uno utile per la gestione di tutte le informazioni (modello concettuale).

Architetti, restauratori, progettisti, utenti del sistema BIM, hanno quindi la possibilità di scegliere, tra i modelli federati, quello di maggiore interesse per le proprie attività, sia documentali che progettuali.

Avere un modello concettuale ci permette di utilizzare alcuni degli strumenti BIM disponibili con il software scelto, tra cui la possibilità di estrarre il quantity take off, cioè la stima dei costi. Non disponendo di informazioni affidabili al di là della superficie, possiamo solo estrarre quantità relative all'area superficiale dei conci, che è un parametro calcolato. Utilizzando forme idealizzate, l'area subirà un certo grado di imprecisione se confrontata con la superficie misurata sulla nuvola di punti o sulla mesh fotogrammetrica. Si tratta di un problema minore, poiché la valutazione dei costi basata sull'unità di superficie viene generalmente calcolata sulla base di disegni bidimensionali, quindi vengono applicati dei coefficienti per considerare la tridimensionalità dell'oggetto. Questi coefficienti, opportunamente corretti, possono essere applicati anche per la valutazione dei costi estratti dal modello.

Un altro strumento (che non può funzionare solo con le nuvole di punti) fornito con Revit è il motore di simulazione del percorso del sole, che consente a progettisti e restauratori di studiare meglio le zone d'ombra sul monumento, che influenzano il comportamento dell'acqua sulla pietra.

Il rilevamento delle interferenze può essere effettuato sia con i modelli concettuali che con quelli di rilievo; per gli studi preliminari va bene il modello concettuale, mentre quando è necessaria una precisione millimetrica si utilizza il modello di rilievo. Il rilevamento automatico delle interferenze non è stato testato per questo modello, ma poiché l'unico elemento che si scontrerà con il monumento sarà costituito dalle opere provvisorie (l'impianto di illuminazione è collocato intorno al monumento e non su di esso), sarà sempre possibile creare viste sui punti di ancoraggio e avere un rilevamento "manuale" degli scontri tra l'architettura e le opere provvisorie.

Conclusioni

Il concetto di modello federato è molto tipico dell'approccio BIM, ma anche nel contesto HBIM può svolgere un ruolo importante. Soprattutto in tutti quei casi in cui la fase di modellazione è particolarmente complessa a causa di forme complesse, stato di conservazione, ecc. In questo lavoro si è affermata l'importanza e l'utilità della federazione del modello di rilievo e dei modelli concettuali. Inteso come nuvola di punti 3D e sua concettualizzazione attraverso un modello BIM parametrico con una specifica granularità scelta guardando all'edificio stesso.

Un altro campo di applicazione potrebbe essere legato a quelle attività di progettazione che non implicano la necessità di un unico modello molto accurato (conservazione preventiva programmata) ma che possono utilizzare diverse fonti di dati e informazioni e allo stesso tempo fare buon uso degli strumenti BIM.

Proseguendo sulla stessa strada, il passo successivo prevede la possibilità di allegare informazioni direttamente alla nuvola di punti (o meglio a una parte di essa). La creazione di una relazione bidirezionale tra modello di rilievo e modello concettuale potrebbe essere un'altra questione rilevante: per questo, sarà necessario collegare il concetto schematico ideale alla sua sola porzione reale. Questa operazione è ancora

oggi piuttosto complessa a causa della difficoltà di gestire molte superfici o nuvole di punti, all'interno dello stesso file.

Bibliografia

1. Solihin, W., Eastman, C., Cheol Lee, Y., 2016. A framework for fully integrated building information models in a federated environment, *Advanced Engineering Informatics*, Volume 30, Issue 2, 2016, Pages 168-189, ISSN 1474-0346, <https://doi.org/10.1016/j.aei.2016.02.007>
2. Adami A., 2021, HBIM per i grandi complessi architettonici. In *Geomatica e HBIM per i beni culturali*, (edited by. A. Adami) Architectural Design and History, Franco Angeli s.r.l., Milano, pages 34-61.
3. Yang, X.; Grussenmeyer, P.; Koehl, M.; Macher, H.; Murtiyoso, A.; Landes, T. Review of Built Heritage Modelling: Integration of HBIM and Other Information Techniques. *J. Cult. Herit.* 2020, 46, 350–360.
4. Costantino, D., Pepe, M., Restuccia, A.G., 2021. Scan-to-HBIM for Conservation and Preservation of Cultural Heritage Building: The Case Study of San Nicola in Montedoro Church (Italy). *Applied Geomatics*, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12518-021-00359-2>
5. Santagati, C., Papacharalambous, D., Sanfilippo, G., Bakirtzis, N., Laurini, C., Hermon, S., 2021. HBIM Approach for the Knowledge and Documentation of the St. John the Theologian Cathedral in Nicosia (Cyprus). *J. Archaeol. Sci. Rep.* 2021, 36, 102804
6. Brumana R., Oreni D., Barazzetti L., Cuca B., Previtali M., Banfi F., 2020, Survey and Scan to BIM Model for the Knowledge of Built Heritage and the Management of Conservation Activities in *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment, Research for Development*, https://doi.org/10.1007/978-3-030-33570-0_35.
7. Banfi, F., 2019. The integration of a scan-to-HBIM process in BIM application: the development of an add-in to guide users in Autodesk Revit, In. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W11, 141–148, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-141-2019>, 2019.
8. Barazzetti L., 2016. Parametric as-built model generation of complex shapes from point clouds in *Advanced Engineering Informatics*, Volume 30, Issue 3, 2016, Pages 298-311, ISSN 1474-0346, <https://doi.org/10.1016/j.aei.2016.03.005>.
9. Adami, A., Appolonia, L., Scala, B., 2021. The Arch of Augustus in Aosta: data and analysis reuse. In Proceedings of the joint international event 9th ARQUEOLÓGICA 2.0 & 3rd GEORES, Valencia (Spain). 26–28 April 2021 CGAL, 2021. Computational Geometry Algorithms Library, <http://www.cgal.org>.
10. Appolonia, L., Migliorini, S., Idone, A., Piccirillo, A., 2007. L'Arco di Augusto in Aosta: un esempio di percorso programmato tra progettazione e diagnostica. In *Bollettino della Soprintendenza per i beni e le attività culturali*, 4, pp. 215-228
11. Ponziani D., Ferrero E., Appolonia L., Migliorini S., 2012, Effects of temperature and humidity excursion and wind exposure on the Arch of Augustus in Aosta, in *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 13 No. 4.
12. Semprini P., Appolonia L., Furlani F. et al., 2007, Applicazione di un codice di fluidodinamica computazionale (CFD) a studi microclimatici su beni culturali in ambienti aperti, in VI Congresso Nazionale IGIIC - Lo stato dell'Arte programmato tra progettazione e

diagnostica. In Bollettino della Soprintendenza per i beni e le attività culturali, 4, pp. 215-228.

13. Ponziani D., Ferrero E., Appolonia L., Migliorini S., 2012, Effects of temperature and humidity excursion and wind exposure on the Arch of Augustus in Aosta, in Journal of Cultural Heritage, Vol. 13 No. 4.

¹ https://www.consensusdocs.org/wp-content/uploads/2019/02/301_Guidebook.pdf

² È inoltre importante sapere come i software di modellazione gestiscono i modelli e le coordinate. Infatti, essi non sono progettati per gestire coordinate di grandi dimensioni (dati georeferenziati) e quindi eseguono traslazioni automatiche tra il sistema di riferimento topografico scelto per il rilievo (sia locale che assoluto) e quello interno del modello. Tipicamente, ciò significa avere due punti di origine, alcuni nel sistema topografico e altri nel sistema interno del modello.

³ Il parallelepipedo "concio generico", il "concio angolare", la "base della colonna", il "corpo della colonna", il "concio del capitello", il "concio della trabeazione"

4. LENZI, PAIS, ZUCCA, 2015: I. Lenzi, I. Pais, A. Zucca, *Un patto globale per lo sviluppo sostenibile - Processi e attori per l'Agenda 2030*, Milano, Fondazione Eni Enrico Mattei, 2015, p. 17
5. CAVALLI, 2018: L. Cavalli, *Agenda 2030 da globale a locale*, Milano, Fondazione Eni Enrico Mattei, 2018, p. 28
6. COMMISSIONE EUROPEA, *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni*, Bruxelles, 11-12-2019, p.10
7. IPCC, 2022: A.A.V.V., *Climate Change 2022 - Mitigation of climate change - Terzo volume (WGIII)*, Sesto Rapporto di Valutazione IPCC (Summary for policymakers), passim
8. EU 2021: Council of the European Union - *Council conclusions on on culture, high-quality architecture and built environment as key elements of the New European Bauhaus initiative*, n. documento 14534/21 del 30 novembre 2021
9. EUROPA NOSTRA, 2021: A.A.V.V., *European Cultural Heritage Green Paper*, 2021 (edited by ICOMOS, Europa Nostra, European Investment Bank Institute)
10. ICOMOS, 2019: A.A.V.V., *The future of Our Pasts: Engaging Cultural Heritage in Climate Action*, ICOMOS, 2019
11. ONU, 2015: Organizzazione delle Nazioni Unite, *Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile*, Risoluzione adottata dall'Assemblea Generale il 25 settembre 2015
12. A.A.V.V., Progetto A.T.T.E.S., *Azioni di trasferimento tecnologico per il miglioramento delle prestazioni energetico-ambientali dell'edilizia storica secondo i criteri dell'edilizia sostenibile*, Ministero della Cultura con Metadistretto veneto dei culturali e Metadistretto della bioedilizia, 2011. Vedasi il sito web: <https://www.veneto.beniculturali.it/progetto-atess> consultato il 25 maggio 2022
13. A.A.V.V., *Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale -Architettura, centri e nuclei storici ed urbani*. Ministero della Cultura, 2015