

SCIENZA E BENI CULTURALI

XXXIX° Convegno 2024

**LA CONSERVAZIONE
PREVENTIVA E
PROGRAMMATA
VENTI ANNI DOPO
IL CODICE DEI BENI CULTURALI**

Giornate di studi

Bressanone, 2 - 5 luglio 2024

Edizioni Arcadia Ricerche

39° convegno Scienza e Beni Culturali
Collana Scienza e Beni Culturali
Volume.2024

ISSN 2039-9790
ISBN 978-88-95409-28-3

*LA CONSERVAZIONE PREVENTIVA E PROGRAMMATA.
VENTI ANNI DOPO IL CODICE DEI BENI CULTURALI*
Bressanone (BZ), 2 - 5 luglio 2024

I contributi estesi pubblicati nel presente volume sono stati sottoposti a double blind peer review da parte di esperti dello stesso settore.

*PREVENTIVE AND PLANNED CONSERVATION. TWENTY
YEARS AFTER THE ITALIAN CULTURAL HERITAGE FRAMEWORK LAW*
Brixen (BZ), 2th – 5th July 2024

The extensive contributions (Full papers) published in this volume 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 2024
presso Imoco Industrie Grafiche – Treviso - Italy*

SCIENZA E BENI CULTURALI

**LA CONSERVAZIONE
PREVENTIVA E PROGRAMMATA
VENTI ANNI DOPO
IL CODICE DEI BENI CULTURALI**

39° convegno di studi

Bressanone 2 – 5 luglio 2024

a cura di Guido Driussi e Zeno Morabito

Organizzazione:

Associazione Scienza e Beni Culturali

Università Ca' Foscari Venezia

Dip. di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Beni Culturali

A.R.I., Südtirol

Enti Patrocinatori:

Università degli Studi di Padova *Dip. di Beni Culturali*

Università Ca' Foscari Venezia *Dip. DAIS*

Università IUAV di Venezia e Scuola di Specializzazione per i Beni
Architettonici e del Paesaggio di Venezia

Università Sapienza – Roma *Facoltà di Architettura* Scuola di
Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio

Politecnico di Torino – *Dip. Di Architettura e Design*

Ordine dei Chimici e Fisici di Venezia

Società Chimica Italiana

Fondazione Roffredo Caetani

Amici dell'Università di Padova

Bressanone Turismo

Con la collaborazione di:

Arcadia Ricerche S.r.l

Mapei S.p.a.

Tecnostudi Ambiente srl

San Marco Group

COMITATO SCIENTIFICO

Lorenzo Appolonia
Eleonora Balliana
Paolo Bensi
Renzo Bertoncello
Roberto Borgogno
Greta Bruschi
Roberto Bugini
Renata Codello
Cesare Crova
Paola Raffaella David
Stefano Della Torre
Carla Di Francesco
Sara Di Resta
Guido Driussi
Fabio Fratini
Marina Fumo
Giorgia Gentilini

Giuseppe Longega
Alessandra Marino
Claudio Menichelli
Francesco Miraglia
Rossella Moioli
Zeno Matteo Morabito
Antonia Moropoulou
Francesco Novelli
Serena Pesenti
Maria Pietrogiovanna
Daniela Pinna
Lucia Saccani
Antonio Sansonetti
Luca Scappin
Angela Squassina
Francesco Trovò
Isabella Zamboni
Elisabetta Zendri

COMITATO EDITORIALE

Lorenzo Appolonia
Eleonora Balliana
Maddalena Bassani
Paolo Bensi
Lorenzo Cantini
Eva Coïsson
Cesare Crova
Paola Raffaella David
Stefano Della Torre
Guido Driussi
Fabio Fratini
Marina Fumo
Giorgia Gentilini
Carlo Manfredi
Claudio Menichelli

Francesco Miraglia
Rossella Moioli
Zeno Matteo Morabito
Francesco Novelli
Giulio Mirabella Roberti
Francesca Pasqual
Serena Pesenti
Mattia Previtali
Maria Pietrogiovanna
Micol Roversi Monaco
Lucia Saccani
Antonio Sansonetti
Nur Umar
Francesco Trovò
Elisabetta Zendri

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Guido Driussi
Francesco De Marco
Zeno Matteo Morabito
Alessandro Mazzucato

«TAKE CARE»: I MUSEI REALI DI TORINO E LA CONSERVAZIONE DI UN SISTEMA COMPLESSO DI BENI

MARINA FEROGGIO*

ROSSELLA MOIOLI**

ANTONIA SPANÒ***

STEFANO DELLA TORRE****

*Musei Reali di Torino, Torino, marina.feroggio@cultura.gov.it

**Architetto Libero Professionista, Vimercate (MB), rossellamoioli1@gmail.com

***Politecnico di Torino, Torino, antonia.spano@polito.it

****Politecnico di Milano, Milano, stefano.dellatorre@polimi.it

Abstract

The paper gives an overview of the ongoing project Take Care, granted in the framework of the PRIMA program by Compagnia di S. Paolo, Turin. The project deals with the preventive and planned conservation of the Royal Museums in Turin. Besides organizing a three years remedial works program on several parts of the complex, the project encompasses the draft of a comprehensive conservation plan and the development of an interdisciplinary research on the digitalisation of conservation planning, including new perspectives on knowledge management, surveying and digital informative modelling of the building. The structure of the project fosters the applied character of the research, which explores the frontiers of digitalisation, including AI techniques to speed up the most time consuming phases of the work, but keeps centred on facing also the feasibility issues related to process innovation for the implementation of planned conservation procedures. The ongoing project already shows some outcomes, both in detecting and operating practical problems of the available tools and of the new perspectives of digitalizing the processes in cultural heritage sector.

Keywords

Musei Reali di Torino, Conservation Plans, HBIM, Scan-to-BIM, Machine Learning

Il progetto «Take care» dei Musei Reali di Torino

I Musei Reali di Torino sono uno dei complessi museali più estesi e diversificati d'Europa e si collocano, per le loro dimensioni e per il valore delle collezioni che custodiscono, a livello delle maggiori residenze reali europee: situati nel cuore della città antica, si sviluppano su una superficie di circa 50.000 mq, a cui si aggiungono oltre otto ettari di giardino storico.

Afferenti al Ministero della Cultura e dotati di autonomia speciale, a essi è stata recentemente riconosciuta la qualifica di museo di rilevante interesse nazionale di livello dirigenziale generale.

Appare subito evidente come la gestione di un patrimonio culturale di tale entità ed eterogeneità non possa che passare attraverso una strategia in grado di garantire, in stretto rapporto con le imprescindibili politiche di valorizzazione e uso rispettoso dei beni stessi, la necessaria cura e attenzione alla conservazione nel tempo del patrimonio in consegna.

In questo contesto di riferimento i Musei Reali, nel 2021, hanno partecipato e sono risultati tra i vincitori della prima edizione del bando PRIMA (Prevenzione Ricerca Indagine Manutenzione Ascolto per il patrimonio culturale), promosso e sostenuto dalla Fondazione Compagnia di San Paolo¹, dedicato alla progettazione e alla realizzazione di piani triennali di “manutenzione programmata e conservazione preventiva” di sistemi di beni aperti al pubblico, costituiti da un minimo di tre fino a un massimo di cinque beni immobili. L'obiettivo sotteso era di diffondere la cultura della cura continua a scapito dell'intervento emergenziale, oltre a essere volto a favorire la gestione ottimale e più efficiente di tali beni, anche in ottica di sostenibilità economica, ambientale e sociale delle attività correlate.

I Musei Reali hanno selezionato, per la candidatura al bando, il sistema di beni costituito da Palazzo Reale con Armeria e Biblioteca Reale, Cappella della Sindone e Giardini Reali, individuando in essi tre casi esemplificativi di diverse condizioni conservative, modalità d'uso ed esigenze di cura, come tali significativi per la redazione e l'attuazione di un “Piano triennale di Manutenzione Programmata e Conservazione Preventiva”², denominato «Take care», replicabile e scalabile in una visione di lungo periodo all'intero compendio.

Per la redazione del Piano è stata applicata la metodologia della Conservazione Preventiva e Programmata che si configura come una strategia di medio-lungo periodo volta all'integrazione delle attività di conservazione e valorizzazione e che costituisce la base necessaria per un'efficace gestione del bene culturale.

¹ La Fondazione Compagnia di San Paolo da anni è impegnata nella conservazione e manutenzione del patrimonio culturale, con riferimento sia ai complessi monumentali di grande pregio delle città di Torino e di Genova, sia rispetto ai maggiori attrattori culturali regionali del Nord Ovest italiano, che al patrimonio diffuso di questo territorio.

²La denominazione tecnica del documento discende dalle richieste contenute nel bando.

È orientata alla prevenzione e alla cura costante del patrimonio culturale ed è un processo articolato di produzione di nuova conoscenza e di stratificazione di informazioni, che necessita di strumenti di programmazione e di gestione dei dati³. Poiché uno degli obiettivi del bando riguardava l'integrazione tra la pratica della manutenzione del patrimonio culturale e l'avanzamento della conoscenza, la Fondazione Compagnia di San Paolo aveva previsto che alcuni dei progetti vincitori potessero anche rappresentare un valido campo di applicazione per la sperimentazione di progetti di ricerca.

A tal riguardo i Musei Reali hanno proposto, di concerto con il Politecnico di Milano - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito - e con il Politecnico di Torino - Dipartimento di Architettura e Design - lo sviluppo di un progetto di ricerca applicata rivolto allo studio e all'approfondimento delle strategie di digitalizzazione del processo di conservazione, finalizzate a risparmi di risorse attraverso l'ottimizzazione dei tempi, delle tecnologie d'intervento e tramite la condivisione dei dati.

Occorre anche osservare come il Progetto «Take care» risponda alle direttive della Direzione Generale Musei del Ministero della Cultura che nel corso dell'ultimo anno ha portato all'attenzione dei Direttori dei musei ad essa afferenti l'importanza della "manutenzione programmata" attraverso la richiesta di elaborazione di report e di progetti per parchi archeologici, musei, edifici storici e/o collezioni, al fine di individuare le fonti di finanziamento necessarie a garantire con continuità l'esecuzione delle attività di monitoraggio e manutenzione, nonché per avviare un piano strategico di prevenzione e manutenzione mettendo a sistema le numerose esperienze virtuose che già interessano parte degli Istituti o luoghi della cultura.



(a)

(b)

Figura 1. (a) Vista 3D dell'area dei Musei Reali nel modello fotogrammetrico della città di Torino (2018). (b) Scalone d'onore di Palazzo Reale.

³ MOIOLI 2023 p. 39.

2. Programmazione economico-finanziaria: Piano di conservazione e controllo della spesa

I ragionamenti economici legati al patrimonio culturale paiono sempre ruotare esclusivamente attorno alla sostenibilità finanziaria del funzionamento dell'Ente, delle attività di valorizzazione ed ai meccanismi, al limite con l'approccio aziendalista, di audience development in relazione alla valutazione dell'effetto diretto della bigliettazione.

È invece molto più complesso costruire un ragionamento circa l'impatto economico determinato dall'esistenza – possibilmente in buono stato - di un vasto patrimonio costruito, come nel caso specifico, dalle caratteristiche fisiche e dai profili amministrativi del tutto vari e disomogenei. Esistenza e buono stato di conservazione possono essere garantiti solamente in due modi: mediante grandi restauri a distanza di alcuni decenni o mediante attività di cura costante, preferibilmente basate sulle azioni preventive, più che sulla manutenzione a guasto o a danno avvenuto, che dir si voglia. La prassi consolidata è orientata tipicamente verso la prima opzione.

Le ragioni per cui la prevenzione viene generalmente trascurata sono molteplici e di varia natura: ragioni ideologiche e di mentalità, ma soprattutto di tipo economico. Pesano in particolare le ragioni di ordine finanziario legate all'anticipazione della spesa per la prevenzione. Ma a queste si può contrapporre come ipotesi di fondo il riconoscimento di un valore "economico", anche a fini assicurativi, dell'autenticità materiale del bene, scegliendo di attuare la cura continua come opzione al restauro impattante sulla consistenza materica del bene.

Dunque, per definire come strutturare il Piano di conservazione affinché diventi uno strumento efficace di gestione integrata anche degli aspetti economici delle attività conservative e di valorizzazione è stato necessario comprendere la situazione *as is* relativamente al tema fondamentale della definizione del budget dedicato alle attività manutentive e della sua ripartizione.

Il punto di partenza è stato inevitabilmente il budget messo a bilancio e lo storico degli importi impegnati sui piani annuali delle opere e i relativi consuntivi. La principale difficoltà risiede nella difficile comparazione delle modalità di costruzione delle voci di costo poiché i beni compresi nel progetto hanno vicende ed esigenze conservative molto diverse tra loro.

Il Piano Economico Finanziario presentato alla Fondazione Compagnia di S. Paolo prevedeva infatti nel capitolo di spesa relativo agli interventi tre distinte voci per tre comparti del complesso: Cappella della Sindone, Palazzo Reale-Armeria Reale-Biblioteca Reale e Giardini Reali. Da questo documento emergono chiaramente le specifiche esigenze conservative e il peso economico delle attività *una tantum* legate a verifiche post intervento e del monitoraggio microclimatico di verifica di specifiche situazioni ambientali di cui non si hanno ancora dati a disposizione rispetto alle azioni di cura continua, molto più vicine al tema dell'*housekeeping*.

Dal punto di vista delle procedure, è chiaro che i Musei Reali devono adottare le modalità previste dalla normativa in materia di appalti e, dunque, è in essere un

meccanismo ormai consolidato di bandi pubblici e definizione di capitolati speciali d'appalto.

Il Piano degli Oneri Economici, parte integrante del Piano di conservazione, presentato per il progetto del Bando Prima è un documento parziale rispetto alla pianificazione generale del Piano dell'intero compendio, ma si sottolinea che in questo modo l'Ente ha avviato una valorizzazione delle buone pratiche già adottate e la costruzione del budget pluriennale organizzato sulla base del Programma di Conservazione.

La Conservazione Preventiva e Programmata individua come punti cardine l'interazione tra edificio/bene e il contesto fisico in cui è inserito e i nessi relazionali tra elementi tecnologici. Su questi due fattori si imperniano sia le informazioni relative alla descrizione delle caratteristiche tecnico-costruttive, allo stato di conservazione e agli interventi pregressi sia la valutazione del rischio rispetto alla possibilità, non probabilità, che nel tempo si inneschino dei meccanismi di trasformazione potenzialmente forieri di forme di alterazione e degrado.

Si ritiene che la capacità di predizione sia tanto più efficace quanto più rivolta alla comprensione dei comportamenti futuri del sistema complesso bene-singoli componenti. Adottando questo approccio, il progetto ha l'ambizione sotto il profilo economico di sedimentare una metodologia che produca non certo l'azzeramento delle spese per la conservazione del bene, ma una riduzione dei costi complessivi a regime, constatabile già sul medio periodo. I costi non riguardano solo le attività conservative dirette ed indirette sui beni, ma sono relative anche a tutte quelle procedure time consuming che possono essere evitate se esiste una modalità efficace della sistematizzazione delle informazioni e delle conoscenze prodotte nel tempo dalle stesse attività conservative.

Le modalità di archiviazione della documentazione di progetto e di cantiere degli interventi di restauro – tipicamente il consuntivo scientifico – e della consuntivazione delle attività manutentive, oltre che degli studi scientifici, al momento è in carico ai settori responsabili delle opere e non è direttamente reperibile.

La programmazione di tutte le fasi e le attività – dalla diagnostica alla manutenzione impiantistica – permette inoltre di mantenere un livello qualitativo alto per tutti gli interventi, potendo definire le risorse professionali necessarie e le procedure operative, e verificarne gli esiti grazie alle ispezioni periodiche e alla registrazione dei risultati delle ispezioni.

Ciò significa strutturare capitolati, contratti e procedure di gara in grado di selezionare figure professionali competenti.

La continuità di manutenzione nel tempo e, soprattutto, la tempestività nel riconoscere l'insorgenza dei fenomeni di degrado sono le condizioni per attuare un controllo di gestione delle risorse economiche impegnate. Tale obiettivo è ovviamente più facilmente perseguibile mediante l'utilizzo di un sistema informativo in grado di registrare la consuntivazione delle spese.

L'attuazione delle attività conservative necessiterebbe, come descritto nei paragrafi successivi, dell'ausilio di Sistemi Informativi per poter rendere produttive tutte le informazioni disponibili, per garantire l'efficienza dei passaggi procedurali e per ottenere una efficacia sia degli interventi sia della spesa.

Gestione delle informazioni e interoperabilità per la conservazione preventiva e programmata

Le strategie di digitalizzazione del processo di conservazione dei beni architettonici mirano, tramite la condivisione dei dati, a risparmi di risorse attraverso la ottimizzazione dei tempi, delle tecnologie d'intervento, e in generale della gestione degli spazi e del loro uso.

Due premesse sono indispensabili per spiegare la direzione presa dalle attività di progetto e il loro stato di avanzamento.

La prima è che in questi ultimi anni si sono aperte nuove opportunità, che non devono essere trascurate, grazie a diverse sperimentazioni ed esperienze interdisciplinari. La ricerca congiunta tra le discipline della conservazione e della geomatica informatizzata ha ormai alle spalle una lunga tradizione.

La seconda è che gli strumenti digitali sono in continua evoluzione, e le scelte che si fanno devono tenere conto di possibilità ancora in fieri, per non rischiare una precoce obsolescenza.

Le attività di ricerca di competenza del Politecnico di Milano sono dirette ad affinare e sviluppare le piattaforme di gestione dei dati (non spaziali) appositamente studiate e già collaudate su complessi analoghi ai Musei Reali. Si mira a definire criteri di archiviazione e gestione delle informazioni, esemplificati in un dimostratore che sia uno strumento operativo a disposizione dei Musei Reali

Rispetto agli strumenti di facility management disponibili sul mercato, si lavora per definire le caratteristiche di piattaforme studiate per gestire la delicatezza dei processi di conservazione programmata di edifici di pregio aperti al pubblico e contenenti oggetti a loro volta di pregio. In altre parole, si introducono nel property e facility management due principali fattori di complessità: il controllo degli usi e dei comportamenti ai fini delle problematiche di conservazione preventiva del bene architettonico contenitore non meno che dei beni contenuti, e la programmazione come fattore qualificante della gestione, secondo uno dei principi che ispirano sia il nuovo codice dei contratti pubblici sia la legislazione sulla tutela dei beni culturali.

La prima parte delle attività hanno riguardato la valutazione sulle prospettive di una possibile evoluzione della piattaforma Planet-Beni architettonici, che era stata studiata oltre dieci anni fa e già ampiamente collaudata sulla parte restaurata della Villa Reale di Monza⁴.

⁴ BENATTI, BORGARINO, DELLA TORRE 2014; MOIOLI ET AL. 2018; DELLA TORRE, MOIOLI, PILI 2018.

Un possibile obiettivo della collaborazione con il gruppo del Politecnico di Torino è stato dapprima individuato nella analisi della compatibilità tra il modello entità-relazioni del database di Planet e i modelli 3D prodotti dai rilievi dei Musei Reali. Tuttavia, questa ipotesi, dopo essere stata attentamente sperimentata, è stata accantonata, in quanto da una parte la evoluzione stessa degli strumenti di modellazione digitale informativa ha portato ad una visione più avanzata del processo, in cui diviene centrale la interoperabilità per il dialogo tra i diversi attori, dall'altra la necessità di riformulare interamente il sistema informativo per la uscita dal mercato dei browser su cui era stato costruito.

Si è dunque ritenuto che la ricerca nell'ambito del progetto «Take care» possa e debba produrre un prototipo aggiornato sulla situazione attuale, alla luce delle prospettive più recentemente aperte in materia di digitalizzazione e di ambiente interoperabile.

Una fase fondamentale e non ancora esaurita della ricerca in questa direzione ha avuto come asse l'idea di scambio informativo tra modelli parametrici dedicati alle diverse specializzazioni disciplinari del processo di gestione e conservazione. Si parla di piattaforme e di modelli federati, a superare le controindicazioni relative ai modelli H(istoric)BIM che per la loro accuratezza risultano inutilmente “pesanti”, non solo in termini di potenza di calcolo richiesta, ma proprio in termini di dettaglio descrittivo, per molte delle applicazioni specialistiche che contribuiscono al processo. Su questa linea sia consentito citare il progetto CHERIE - Cultural HERitage Interoperable Environment, che ha avuto come dimostratore il Museo di Capodimonte⁵, e il progetto CHEAC (Cultural Heritage after Covid), dedicato al sito di Pompei. Alla costruzione di ontologie specifiche per il processo di conservazione dell'architettura è dedicato il progetto di ricerca di interesse nazionale HPFC - Historic Preservation Foundation Classes, tuttora in corso, e varie tesi di dottorato basate su collaborazioni strategiche⁶. In questi progetti sono già stati sperimentati nuovi modelli di interoperabilità e di connessione tra database per la conservazione (almeno limitatamente ad alcune fasi) e modelli BIM, lavorando sui requisiti di interoperabilità attraverso la implementazione di ontologie specifiche per la conservazione programmata, verificate con Protégé, al fine di costruire un effettivo flusso di dati dai documenti di progetto alla piattaforma di gestione delle attività conservative⁷.

Dallo schema dei modelli federati ci si sta progressivamente portando, seguendo la evoluzione delle tecnologie (cloud, big data, AI...) verso la costruzione di grandi archivi accessibili ai diversi attori: il che sposta la ricerca verso la definizione di

⁵ DELLA TORRE 2020.

⁶ DELLA TORRE, PILI 2020.

⁷ MOYANO ET AL. 2023; PILI in corso di stampa.

metadati compatibili con quanto sviluppato, per una archiviazione in cloud, tra l'altro compatibile con i grandi progetti in corso in ambito PNRR⁸.

Il tema ha un certo livello di delicatezza, perché anni di sperimentazione⁹ hanno dimostrato la arretratezza degli operatori, a tutti i livelli, rispetto al tema della gestione della conoscenza, che pure è forse il requisito principale per una buona conservazione, ottenuta secondo la definizione sancita dal codice dei beni culturali fin dal 2004, attraverso la coerenza, il coordinamento e la programmazione delle attività. In questa situazione, si tende ad usare strumenti informatici per facilitare i sottoprocessi, ma non ci si attrezza per lo scambio e la valorizzazione dei dati: in altre parole per una innovazione che razionalizzi il processo.

In questa situazione, la applicazione delle nuove potenzialità tecnologiche, se attuata senza una contemporanea pressione verso la applicazione dei costrutti della conservazione programmata, rischia di mettere a disposizione dati che la maggior parte degli operatori non avrà interesse ad utilizzare.

Per questo la ricerca in corso nell'ambito del progetto Take Care, pur non mancando di considerare la compatibilità con prospettive ulteriori, rimane ancorata agli obiettivi di applicabilità dei prodotti sul caso concreto, ritenendo tale applicabilità un requisito essenziale per gli ulteriori sviluppi tecnologici rispetto alla archiviazione condivisa e allo scambio dei dati.

Nel frattempo, gli sviluppi tecnologici su acquisizione e modellazione delle geometrie costituiscono una componente essenziale degli avanzamenti e del superamento dei colli di bottiglia e delle barriere che impediscono l'innovazione.

Sviluppo e implementazione di tecnologie innovative per il rilievo 3D e la modellazione in sistemi di archiviazione e condivisione dei dati

Le tecnologie di rilievo 3D che sfruttano i metodi image and range based per riprodurre modelli accurati e densi degli ambienti indagati si sono avvalsi di significative innovazioni negli ultimi anni trovando ampia applicazione nell'ambito dei piani di conservazione del patrimonio, parallelamente all'affinamento dei principi, nazionali ed europei, che mirano a posizionare la digitalizzazione del patrimonio come elemento chiave della sua valorizzazione e come motore dello sviluppo sociale e culturale delle comunità¹⁰.

⁸ Istituto centrale per la digitalizzazione del patrimonio culturale, Piano Nazionale di Digitalizzazione del Patrimonio Culturale 2022-2026 [<https://digitallibrary.cultura.gov.it/il-piano/>]; Ministero della Cultura, Linee guida per la redazione del piano di gestione dei dati, 2022 [<https://docs.italia.it/italia/icdp/icdp-pnd-dmp-docs/it/v1.0-giugno-2022/index.html>]

⁹ MOIOLI 2023.

¹⁰ *Raccomandazione della Commissione sulla creazione di uno spazio dei dati europeo per il patrimonio culturale* (UE) 2021/1970, Commissione europea, 10 novembre 2021; EU Commission. *Shaping Europe's Digital Future*; EU Commission: Brussels, Belgium, 2023; Piano nazionale di digitalizzazione del patrimonio culturale, 2022-2023, Ministero della Cultura.

Un'evoluzione ancora più significativa investe le strategie per formalizzare e sviluppare sistemi ad hoc che garantiscano la gestione delle informazioni, non solo investendo la consolidata considerazione che tutte le attività di ispezione e monitoraggio dovrebbero essere documentate e conservate come parte della storia della struttura¹¹, ma mirino a consentire che la conoscenza complessiva che si sviluppa intorno alle fabbriche possa fondarsi su un dialogo continuo e rigoroso su base interdisciplinare¹².

Recentemente, e sempre più consapevolmente, sulla scia delle consapevolezze ormai radicate intorno all'utilizzo dell'informazione geospaziale e dei relativi sistemi informativi georiferiti, le esigenze di documentazione 3D alla scala architettonica hanno spinto a esplorare e ampliare sperimentazioni del paradigma HBIM (Historic Building Information Modeling) al fine di soddisfare i necessari requisiti nel contesto del patrimonio di dati multi-sorgente e multi-contenuto, e adattare i processi consolidati di reverse modeling basati su soluzioni scan-to-BIM¹³.

Per consentire che l'alleanza virtuosa che combina i contributi tecnologico-scientifici agli approcci delle humanities in senso olistico conduca ad innovazioni appropriate, molte riflessioni di ricerca ripongono considerevole stima nelle possibilità di utilizzo e di adattamento delle caratteristiche dello standard IFC (Industry Foundation Classes) alle esigenze di archiviazione dei risultati delle indagini conservative, in modo che il modello di digital twin che ne deriva possa soddisfare i requisiti di replicabilità nel contesto del patrimonio architettonico e interoperabilità rispetto alle successive fasi di intervento previste dal piano di conservazione.

Sulla scorta di queste premesse e congruamente alle tematiche enunciate, si prova a fornire una sintesi schematica di quanto sperimentato nell'ambito della digitalizzazione del processo di conservazione dei Musei Reali di Torino.

Scelta area campione

Durante la fase di pianificazione del progetto di ricerca applicata, che ha individuato anche la tipologia delle informazioni da inserire nel sistema basato su approccio BIM, nonché le relazioni spaziali e funzionali, si è individuata una zona del Palazzo Reale opportuna per la sperimentazione.

Non si tratta di un percorso parallelo, ma interconnesso con il Piano di Conservazione nella parte di gestione delle informazioni e dunque la scelta degli spazi su cui applicare le attività relative al progetto di ricerca è stata presa di comune accordo. L'area oggetto di studio è stata individuata tenendo conto delle caratteristiche degli ambienti, volendo sperimentare i temi di ricerca su diversi

¹¹ ICOMOS (International Council on Monuments and Sites). ICOMOS CHARTER. Principles for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage; ICOMOS: Paris, France, 2003.

¹² ADDISON ET AL. 2008; ORENI ET AL. 2014; BRUMANA ET AL. 2019.

¹³ POCOBELLI ET AL. 2018; SPANÒ ET AL. 2023.

contesti: spazi aperti al pubblico, ambienti non aperti al pubblico, situazioni con microclimi diversi e locali di servizio.

Si è deciso di scegliere un settore che comprenda gli undici livelli di fabbrica della torre sud-ovest, dagli interrati fino alle coperture, affacciato su piazzetta reale e comprendente vani a doppia altezza, come lo scalone d'onore e il salone degli svizzeri.

Rilievo 3d, approcci consolidati e soluzioni innovative

Il rilievo di dettaglio 3D da tecniche consolidate ha previsto un rilievo fotogrammetrico da UAV (Uncrewed aerial vehicles) che ha riguardato i fronti dell'edificio (accuratezza del processo fotogrammetrico intorno a 1cm), mentre gli interni sono stati rilevati mediante scansioni laser statiche (accuratezza sub centimetrica) integrate a scansioni derivate da sistemi MMS (Mobile Mapping System) basati su hand-held scanners (con co-registrazione eseguita con nuvole tradizionali di accuratezza pari a 2-3 cm).

Parallelamente ai sistemi consolidati è stata sperimentata una soluzione ibrida innovativa, cioè il sistema Flash di Faro technologies, che combinando uno scanner tradizionale, una camera panoramica ed un nuovo software consente acquisizioni di nuvole di punti ultrarapide, caratterizzate da minore densità rispetto alle acquisizioni tradizionali, che produce però nuvole finali comparabili per densità a quelle tradizionali in quanto viene sfruttata una tecnica di upsampling che aumenta la regolarità e la densità delle nuvole¹⁴.

Modello informativo 3D, basato su approccio HBIM (contenuti geometrici e semantici interrelati)

Parallelamente alla modellazione parametrica consolidata, basata su approcci Scan to BIM classici, manuali e onerosi dal punto di vista dei tempi di processamento, la ricerca introduce una metodologia innovativa che consente una notevole automazione integrando strategie di VPL (Visual Programming Language) e librerie Python 3D nella modellazione Scan-to-BIM¹⁵.

La scelta di utilizzare le librerie 3D Python all'interno di Dynamo consente l'automazione del processo, assicurando la generazione di un modello HBIM con un LOA¹⁶ (Level Of Accuracy) appropriato. L'utilizzo e la gestione di mesh classificate ad un LOA elevato offre il vantaggio di generare una geometria BIM ereditando tutte le proprietà e caratteristiche rilevanti facilitando operazioni differenziate di arricchimento semantico. La prospettiva, inoltre, di gestire diversi LOD attraverso il downsampling delle informazioni geometriche dei modelli 3D importati e conservando i contenuti informativi semantici può consentire un'efficace modellazione multiscala degli edifici storici.

¹⁴ SAMMARTANO ET AL. 2024

¹⁵ AVENA ET. AL. 2024.

¹⁶ USIBD 2019.

Conclusioni

Sotto il profilo tecnico, il progetto mira ad eseguire un intervento replicabile e di medio termine di ripresa dei piccoli difetti emersi dopo i recenti restauri, ma l'impatto consiste nell'adozione di innovative tecnologie digitali per la progettazione e la documentazione dell'intervento.

Invece, dal punto di vista economico sul medio periodo, il progetto ha puntato a rispondere in particolare ad uno degli obiettivi dei Millennium Goals: l'obiettivo 8 "Promuovere una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, la piena e produttiva occupazione e un lavoro dignitoso per tutti" con il sotto-obiettivo 8.2 "raggiungere livelli più elevati di produttività economica attraverso la diversificazione, l'aggiornamento tecnologico e l'innovazione, anche mirando ad un alto valore aggiunto nei settori ad alta intensità di manodopera."

Poiché se si vuole ragionare degli aspetti economici della Conservazione Preventiva e Programmata, l'accento non è da porsi soltanto sulla protezione e sugli interventi di conservazione dei beni, quanto piuttosto sulla capacità del patrimonio culturale di produrre impatti positivi.

L'integrazione tra conservazione e valorizzazione ha bisogno di una prospettiva a lungo termine; sono necessari, infatti, alcuni anni per rendere evidenti gli effetti economici – forse sarebbe meglio dire impatti con ricadute economiche - positivi, così come l'efficacia della prevenzione e della manutenzione in termini di conservazione del bene, ma oggi i tempi sono maturi, grazie alla disponibilità di tecnologie adeguate e di una maggiore condivisione di visione, per realizzare il passaggio di mentalità auspicato già nei primi anni Duemila con le ricerche promosse da Regione Lombardia sulla Conservazione Preventiva e Programmata e oggi recepito dalla Fondazione Compagnia di San Paolo.

Bibliography

- ADDISON Alonzo, SANTANA QUINTERO Mario, SEVERO Marta, *Cultural Heritage Repositories: Digital Archives for Conservation and Management*, in *Proceedings of the Browsing Architecture. Metadata and Beyond*, Hrsg. MACE Consortium 2008, pp. 306–317.
- AVENA Marco, PATRUCCO Giacomo, REMONDINO Fabio, SPANÒ Antonia, *A scalable approach for automating scan-to-bim processes in the heritage domain using AI and VPL*, in *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, 2024.
- BENATTI Elvio, BORGARINO Maria Paola, DELLA TORRE Stefano, *Planet Beni Architetonici. Uno strumento per la conservazione programmata del patrimonio storico-architettonico*, in DELLA TORRE Stefano (a cura di), *ICT per il miglioramento del processo conservativo*, Nardini, Firenze 2014, pp. 13-29.
- BRUMANA Raffaella, IOANNIDES Marions, PREVITALI Mattia, *Holistic Heritage Building Information Modelling (HHBIM): From Nodes to Hub Networking, Vocabularies and Repositories* *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, 2019, XLII-2/W11, pp. 309–316.

DELLA TORRE Stefano, MOIOLI Rossella, PILI Alessandra, *Digital tools supporting conservation and management of built cultural heritage*, in VAN BALEN Koenraad, VANDESANDE Aziliz (a cura di), *Innovative Built Heritage Models*, CRC Press/Balkema - Taylor and Francis Group, Leiden 2018, pp. 101-106.

DELLA TORRE Stefano, PILI Alessandra, *Built Heritage Information Modelling/Management. Research Perspectives*, in DANIOTTI Bruno, GIANINETTO Marco, DELLA TORRE Stefano (a cura di), *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment*, Springer, Cham 2020, pp. 231-241.

DELLA TORRE Stefano, *I risultati del progetto CHERIE negli scenari post-pandemia: prospettive nell'azione del Cluster TICHE*, in «Il capitale culturale», Supplementi 11 (2020), pp. 553-559.

MOIOLI Rossella, BONIOTTI Cristina, KONSTA Anthoula, PILI Alessandra, *Complex properties management: Preventive and planned conservation applied to the Royal Villa and Park in Monza*, in «Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development», Vol. 8 Issue 2, 2018, pp.130-144.

MOIOLI Rossella, *La Conservazione preventiva e programmata. Una strategia per il futuro. Premesse, esiti e prospettive degli interventi di Fondazione Cariplo sul territorio*, Nardini Editore, Firenze 2023.

MOYANO Juan, PILI Alessandra, NIETO-JULIAN Juan E., DELLA TORRE Stefano, BRUNO Silvana, *Semantic interoperability for cultural heritage conservation: Workflow from ontologies to a tool for managing and sharing data*, in «Journal of Building Engineering», 80, 2023, 107965.

ORENI Daniela, BRUMANA Raffaella, DELLA TORRE Stefano, BANFI Fabrizio, BARAZZETTI Luigi, PREVITALI Mattia, *Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila)*, in «ISPRS Technical Commission V Symposium, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», 2014, pp.1-7.

PILI Alessandra, *Gestire la conoscenza: ontologie e strumenti operativi per la conservazione del patrimonio culturale*, in «Archistor», supplemento, in corso di stampa.

POCOBELLI Danae Phaedra, BOEHM Jan, BRYAN Paul, STILL James, GRAU-BOVÉ Josep, *BIM for Heritage Science: A Review*, in «Heritage Science», 6, 30, 2018.

SAMMARTANO Giulia, PATRUCCO Giacomo, AVENA Marco, BONFANTI Cristina, SPANÒ Antonia, *Enhancing terrestrial point clouds using upsampling strategy: first observation and test on Faro Flash Technology*, in «Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.», 2024.

SPANÒ Antonia, PATRUCCO Giacomo, SAMMARTANO Giulia, PERRI Stefano, AVENA Marco, FILLIA Edoardo, MILAN Stefano, *Digital twinning for 20th century concrete heritage: hbm cognitive model for Torino Esposizioni halls*, in «Sensors», 23 (10), 2023, n. 4791.

USIBD Level of Accuracy (LOA) Specification Guide. *Document C120TM*, Version 3.0 – 2019.