

Architectural Design and History

# Geomatica e HBIM per i Beni Culturali

a cura di  
**Andrea Adami**

**FrancoAngeli**

## Informazioni per il lettore

Questo file PDF è una versione gratuita di sole 20 pagine ed è leggibile con



La versione completa dell'e-book (a pagamento) è leggibile con Adobe Digital Editions. Per tutte le informazioni sulle condizioni dei nostri e-book (con quali dispositivi leggerli e quali funzioni sono consentite) consulta [cliccando qui](#) le nostre F.A.Q.



# **Architectural Design and History**

La Collana *Architectural Design and History* intende esplorare le relazioni tra il progetto di architettura e la città contemporanea, in particolare dove la trasformazione urbana si confronta con la tutela e la valorizzazione del patrimonio storico. Attraversando diverse teorie, tecniche e pratiche, i contributi indagano l'identità complessa della cultura architettonica, avviano connessioni e scambi tra le discipline, e promuovono una concezione strategica e evolutiva del patrimonio architettonico. La Collana è promossa dal Polo Territoriale di Mantova del Politecnico di Milano, sede della Cattedra UNESCO in *Architectural Preservation and Planning in World Heritage Cities*. Tutti i volumi pubblicati sono sottoposti a revisione con garanzia di terzietà, gestita dal Comitato Scientifico attraverso la collaborazione di *referee* esterni altamente qualificati.

### **Comitato Scientifico**

Federico Bucci (Politecnico di Milano, Polo Territoriale di Mantova, Italia)  
Ángela García de Paredes (Universidad Politécnica de Madrid, Spagna)  
Jean-Philippe Garric (Université Paris-1, Francia)  
Jian Long Zhang (Tongji University, Cina)  
Guillermo Aranda Mena (Royal Melbourne Institute of Technology, Australia)  
Quintus Miller (Università della Svizzera Italiana, Svizzera)  
Eduardo Souto de Moura (Politecnico di Milano, Polo Territoriale di Mantova, Italia)  
Ana Tostões (Universidade Técnica de Lisboa, Portogallo)  
Elisa Valero Ramos (Universidad de Granada, Spagna)  
Yael Moria (Shenkar College, Israele)  
George Zillante (University of Adelaide, Australia)

*Architectural Design and History*

# **Geomatica e HBIM per i Beni Culturali**

a cura di  
**Andrea Adami**

**FrancoAngeli**

**Geomatica e HBIM per i Beni Culturali**

a cura di Andrea Adami

Coordinamento redazionale

Elena Montanari

Progetto grafico

Tassinari/Vetta

Copyright © 2021 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy

*L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it).*

8	<b>Patrimonio costruito e BIM</b> Luigi Fregonese	140	<b><i>BIMexplorer:</i></b> <b>un web-based tool per l'esplorazione semantica dei modelli BIM</b> Roberto Pierdicca, Ramona Quattrini, Eva Savina Malinverni, Christian Morbidoni
14	<b>BIM per il Duomo di Milano</b> Francesco Fassi	152	<b>Casi reali di utilizzo del BIM nel restauro</b> Antonio Salzano
34	<b>HBIM per i grandi complessi architettonici</b> Andrea Adami	164	<b>Applicazione HBIM per la conservazione programmata dei paramenti del Cortile della Cavallerizza</b> Barbara Scala
62	<b>Integrazione tra BIM e GIS nel caso dei rilievi e delle verifiche delle infrastrutture</b> Luigi Barazzetti	186	<b>Condivisione delle informazioni e dei dati nel processo di digitalizzazione dei Beni Culturali</b> Cinzia Tommasi
76	<b>Integrazione tra sistemi di <i>SLAM-based mobile mapping</i> e immagini per attività di <i>facility management</i></b> Stefano Cantoni	196	<b><i>Lessons learned</i> e prospettive future per BIM e HBIM da una prospettiva geomatica</b> Mattia Previtali
88	<b>La fruizione dei dati da modelli HBIM</b> Francesca Matrone, Raffaella Stano	210	<b>Nuovi requisiti generativi <i>Scan-to-BIM</i></b> Fabrizio Banfi
106	<b>Ottimizzazione della metodologia HBIM applicata al progetto di restauro architettonico</b> Lorenza Ori	230	<b>Autori</b>
124	<b>Una nuova proposta per la progettazione del <i>database</i> in ambito HBIM</b> Nazarena Bruno		



**1**  
La nuvola di punti generata per Villa Forni Cerato, che fornisce informazioni su geometria, materiali e stato di conservazione della struttura.

Il dettaglio contiene nuvole ottenute per via fotogrammetrica (da terra e da drone) e nuvole estratte tramite *laser scanner*.

Le elaborazioni in falsi colori mettono in risalto la tessitura del paramento murario esterno (He.Su.Tech).

Questo volume nasce dagli esiti di una giornata di studio organizzata nell'ambito del programma di *MantovArchitettura* e dedicata al tema *Geomatica e BIM: Giovani ricerche*.

L'iniziativa è stata progettata insieme a Luigi Barazzetti e Francesco Fassi, con lo scopo di ampliare il dibattito attorno a questa area di indagine, esplorare i risultati e le direzioni dei progetti più recenti, ma anche promuovere nuove relazioni e scambi tra i giovani che si avvicinano a questo tema nel panorama della ricerca italiana.

L'applicazione di sistemi BIM (*Building Information Modelling*) al patrimonio costruito e storico (da cui HBIM, *Historic Building Information Modelling*) è un tema oggi ampiamente dibattuto, che in Italia trova un terreno particolarmente fertile grazie alla ricchezza del patrimonio distribuito in tutti i territori.

È incontrovertibile che la Geomatica — l'insieme dei metodi e degli strumenti dedicati all'acquisizione, alla restituzione, all'analisi e alla gestione di dati di natura metrica o tematica relativi alla superficie della Terra, o a porzioni di essa — abbia un ruolo di grande rilevanza. Sono ancora da definire, invece, i ruoli che essa può svolgere nel processo di modellazione informativa degli edifici (dalla semplice fornitura dei dati fino alla modellazione delle informazioni, dalle verifiche di accuratezza e precisione fino all'integrazione con i dati territoriali, dall'implementazione per il cantiere fino alla fruizione *online* e allo scambio).

Questi — e altri — sono i temi affrontati nella giornata di studio, poi sedimentati e rielaborati, quindi raccolti in questa pubblicazione, caratterizzata dall'approccio concreto che connota le scienze topografiche.

I saggi degli autori che hanno partecipato alla giornata di studio, così come gli altri interventi (del prof. Stefano Della Torre, direttore del Dipartimento Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito del Politecnico di Milano, e del prof. Federico Bucci, Rettore del Polo di Mantova e *Chairholder* della Cattedra UNESCO *Architectural Preservation and Planning in World Heritage Cities*), esplorano e mettono in evidenza la connessione profonda tra le scelte legate al rilievo e alla modellazione BIM e le attività di conservazione programmata, progettazione, pianificazione e tutela nei contesti storici — che è anche l'oggetto del progetto di ricerca SIR2014 di cui mi sono occupato, *Building Information Modelling for the Planned Conservation of Cultural Heritage: Even a Geomatic Question*, finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca.

# **Patrimonio costruito e BIM**

Luigi Fregonese

L'enorme diffusione in questi ultimi anni dei sistemi BIM (*Building Information Modelling*) applicati nel campo dei Beni Culturali ha generato una vasta produzione scientifica in merito alle esperienze condotte nell'ambito delle discipline della Geomatica.

Questa raccolta mette in luce il ruolo della Geomatica nei sistemi BIM applicati al costruito e illustra come questi possano concorrere attivamente al processo di documentazione del patrimonio esistente, attraverso l'analisi di diversi percorsi della conoscenza nel campo della ricerca applicata, per mezzo della quale i sistemi BIM possono offrire nuove modalità di gestione del processo di costruzione lungo tutto il ciclo di vita dell'edificio (dalla progettazione, fino alla realizzazione e alla gestione). Questi sistemi infatti permettono di organizzare grandi flussi di informazioni, e di condividerli tra i diversi operatori della catena di costruzione, attraverso *database* collegati ad oggetti tridimensionali.

Ma il BIM come sistema tecnologico (dalla progettazione, attraverso la realizzazione, fino alla manutenzione nel tempo) nasce per le nuove costruzioni...

In questo scenario complesso che vede coinvolte tutte le fasi di vita di un edificio, la proposta di adottare il processo BIM non solo per la gestione delle nuove costruzioni ma anche per l'intervento sull'esistente è rilevante in un Paese come l'Italia, con una storia molto ricca e un'elevata presenza di patrimonio storico costruito. Ecco allora l'opportunità di riferirsi al concetto di HBIM (*Historic Building Information Modelling*), termine coniato da Maurice Murphy nel 2009 per riferirsi ai sistemi BIM applicati agli edifici storici che necessitano di intervento e successiva gestione.

La Geomatica ha un ruolo cruciale nell'HBIM in quanto è lo strumento primario per la digitalizzazione del patrimonio edilizio e per ottenere un modello dell'esistente — un modello *as-built*. Per ottenere questo risultato, lo *scanner laser* e la fotogrammetria sono gli strumenti principali, e sono coinvolti nel processo di costruzione del modello informativo, detto *Scan-to-BIM*. La Geomatica si occupa non solo della raccolta dei dati, ma anche della loro strutturazione e gestione, operazioni che costituiscono la fase di modellazione per arrivare ad una rappresentazione tridimensionale adatta ai comuni software BIM mantenendo il rigore e l'accuratezza che caratterizzano l'approccio geomatico.

Nella visione che è stata delineata e che nelle pagine di questo libro trova la sua narrazione, si evidenziano i legami tra il patrimonio e i modelli BIM applicati al costruito, all'*Heritage*, attraverso la Geomatica come strumento che supporta la costruzione dell'HBIM come risorsa per il Costruito, secondo i criteri più innovativi che oggi la ricerca permette.

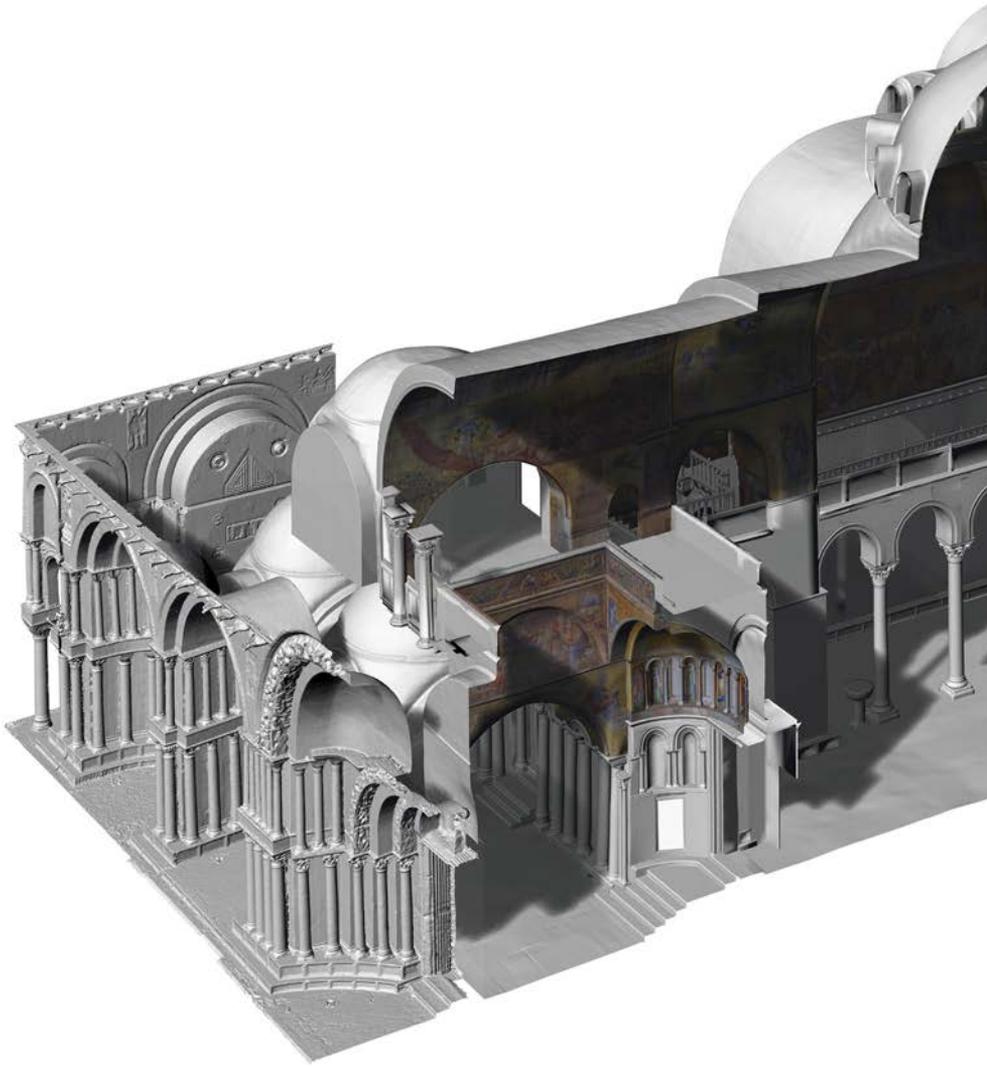
Proprio in questa direzione si muove anche la ricerca applicata del Politecnico di Milano. Le esperienze sulla conservazione programmata sviluppate all'interno del Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (DABC) hanno evidenziato la necessità di un nuovo approccio alla conservazione, non tanto legato all'intervento puntuale quanto mirato a prolungare nel tempo gli effetti benefici attraverso un'attenzione costante e programmata. Tali esperienze hanno trovato un terreno fertile presso il Polo Territoriale di Mantova, in cui nel tempo, a partire dagli anni Novanta del secolo scorso, si è consolidata l'identità di una Scuola di Architettura particolarmente attenta ai temi della tutela, della conservazione e della valorizzazione del patrimonio architettonico e ambientale.

In questo contesto, la ricchezza del patrimonio storico e culturale che caratterizza questa città e il suo territorio partecipa direttamente a modellare e a promuovere la cultura del progetto di architettura, declinato nei suoi diversi campi di azione. La ricerca applicata nella gestione del patrimonio culturale nel Polo Territoriale di Mantova ha trovato un ulteriore punto di forza nel riconoscimento, nel 2008, del Sito UNESCO «Mantova e Sabbioneta», che ha aumentato la rilevanza del progetto di tutela nelle due città, riconosciute come testimonianze eccezionali di realizzazione urbana, architettonica e artistica del Rinascimento. Per opera della famiglia Gonzaga, nelle diverse genealogie delle due città (evolutiva per Mantova e fondativa per Sabbioneta) sono stati messi in luce la qualità del patrimonio architettonico e i capolavori degli artisti che hanno portato a compimento gli ideali del primo Rinascimento in Italia, e successivamente hanno contribuito alla sua diffusione internazionale in tutta Europa.

Queste eccezionali opportunità hanno reso il Polo Territoriale di Mantova un luogo ideale per lo sviluppo di un ambizioso progetto internazionale di istruzione, formazione e ricerca.

In questo contesto la ricerca viene esplicitata in due direzioni. Da un lato il Campus di Mantova è diventato sede della Cattedra UNESCO per la Pianificazione e la Protezione Architettonica nelle Città Patrimonio Mondiale dell'Umanità e, al suo interno, ha ideato e organizzato MantovArchitettura come progetto culturale che ogni anno prevede un ricco programma di mostre, workshop, conferenze e incontri con i protagonisti della cultura architettonica internazionale. Nell'altra direzione è stata avviata l'attività di Ricerca del Laboratorio interdipartimentale MantovaLAB. Questo Laboratorio opera in stretta relazione con gli obiettivi e le finalità della Cattedra UNESCO, collegando discipline e tecnologie diverse per lo sviluppo della conservazione, tutela e valorizzazione del patrimonio architettonico, territoriale ed ecologico-ambientale.

MantovaLAB, organizzato in diversi gruppi di ricerca dedicati al rilievo e alla documentazione, alla progettazione strutturale, all'analisi storica e alla conservazione, svolge un'importante attività di ricerca su diversi fronti. Ai propri partner del territorio di riferimento e oltre, propone un processo integrato di documentazione del patrimonio costruito che unisce i dati metrici raccolti attraverso la Geomatica con tutte le informazioni provenienti dai diversi settori disciplinari. Il laboratorio di ricerca è attivo anche nel tentativo di allargare il concetto e l'attenzione rivolta al patrimonio, ponendo l'accento sulla necessità di un approccio integrato e consapevole non solo sul patrimonio culturale, ma sull'intero sistema del patrimonio costruito storico.



**1** Modello 3D della Basilica di San Marco a Venezia: sezione prospettica della chiesa, lungo la navata centrale (He.Su.Tech).



# **BIM per il Duomo di Milano**

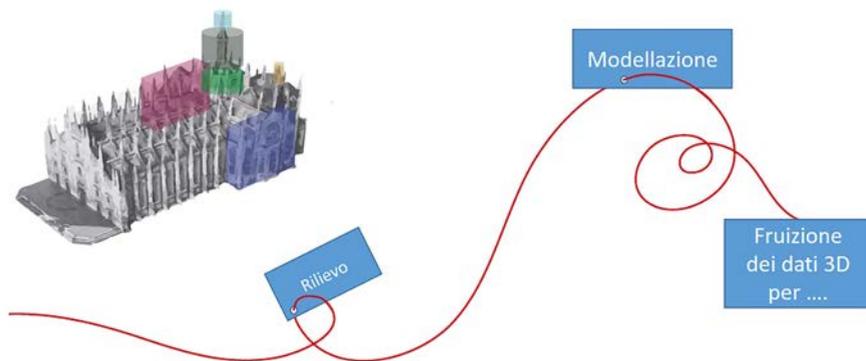
Francesco Fassi

## **Pionieristica sperimentazione a supporto dei restauri della Guglia Maggiore**

Il lavoro presentato illustra alcuni aspetti chiave dell'attività pluriennale del gruppo 3DSurvey in collaborazione con la Veneranda Fabbrica del Duomo di Milano. La collaborazione di ricerca iniziata nel 2008 è tutt'ora attiva. Lo scopo principale del progetto di ricerca, così come inizialmente concepito, era il rilievo 3D ad alta risoluzione e ad elevata accuratezza (scala di rappresentazione 1:20-1:50) di alcune parti della Cattedrale a supporto dei diversi cantieri di restauro. Dal 2013 in poi il progetto prevede, invece, il rilievo completo tridimensionale di tutta la cattedrale. Il primo e più importante dei cantieri in cui si è sviluppata gran parte della ricerca è stato quello della Guglia Maggiore, iniziato nel 2008 e concluso nel 2013. Consideriamo questo progetto pionieristico, in quel momento, sia per quanto riguarda il rilievo che per le attività promosse nel campo della fruizione dei dati acquisiti, con la creazione di un sistema di tipo BIM progettato e sviluppato *ad hoc* a supporto delle attività di restauro della Veneranda Fabbrica.

Il progetto presentato si inserisce come esempio significativo nel panorama del rilievo e della modellazione tridimensionale di edifici e complessi monumentali e in generale dei Beni Culturali. Il processo del rilievo copre sostanzialmente tre diverse fasi: il rilievo vero e proprio, comprese tecniche e metodologie che vanno dall'acquisizione delle misure al pre-processamento dei dati acquisiti; la realizzazione del modello 3D finale; la parte di fruizione e di utilizzo. Il progetto si snoda in tutte e tre le aree, e può essere sicuramente considerato un'esperienza di riferimento nel panorama internazionale per quanto riguarda gli aspetti di rilievo architettonico e di modellazione tridimensionale *reality-based*. Per la parte relativa alla fruizione, alla condivisione e all'utilizzo di rilievi 3D complessi e di modelli di tipo BIM, per cui il lavoro da svolgere è ancora tanto, il progetto rappresenta un esempio pionieristico e ancora attuale.

Negli ultimi anni si è assistito ad un rapido sviluppo metodologico e strumentale nella prima fase — il rilievo vero e proprio —, che ha portato a notevoli miglioramenti in termini di velocità di acquisizione e automazione dei processi, in particolar modo di quello fotogrammetrico. Questo avanzamento è avvenuto grazie allo sviluppo di tecniche



di *computer vision* a servizio delle metodologie di misura. Ora si è in grado di misurare con facilità e in modo accurato oggetti in tre dimensioni, in maniera completa, veloce, ad alta risoluzione e per lo più secondo un processo automatico. Il progetto sulla Guglia Maggiore del Duomo di Milano è testimone fin dall'inizio di questo progresso tecnologico: si è passati infatti dall'utilizzo di tecniche fotogrammetriche digitali completamente manuali, che permettevano una modellazione di tipo *wireframe* semplificato, a tecniche fotogrammetriche completamente automatiche, che permettono la costruzione di un modello 3D completo e ad altissima definizione.

Il secondo step è rappresentato dal processo di sintesi, cioè il passaggio dal dato grezzo a quello raffinato, che porta alla costruzione del modello 3D digitale nelle sue più svariate forme, da scegliere *ad hoc* in funzione delle varie esigenze. È la fase più laboriosa dell'intero processo, soprattutto se confrontata con i tempi della fase di misura. Infatti, questa è ancora una fase completamente manuale, dove l'operatore necessariamente deve intervenire con le sue scelte metodologiche, interpretative e critiche. Questo aspetto è tuttora valido, nonostante notevoli passi avanti siano stati fatti nella creazione di software utili a snellire le attività di modellazione vera e propria. È abbastanza chiaro comunque che modellare un'architettura complessa non possa essere fatto automaticamente, e che questo processo richieda e richiederà sempre un'interpretazione dell'uomo.

La terza fase è quella della fruizione del modello. Negli ultimi anni lo sviluppo tecnologico, sia hardware che software, ha fatto sì che

## 2

Il filo conduttore del progetto di ricerca sviluppato attraverso la collaborazione tra Politecnico di Milano (Dipartimento ABC), 3DSurvey Group e la

Veneranda Fabbrica. Il progetto si è focalizzato su temi di rilievo avanzato di architetture complesse, modellazione 3D *reality-based*, e fruizione del dato 3D finale.

il 3D non fosse più privilegio di pochi, usato solo in particolari campi di applicazione. Anche la mentalità sta cambiando proprio nel pubblico più esteso; perciò, anche in campo architettonico si sente sempre più l'esigenza di allargare il panorama di fruizione in modo che il 3D possa essere utilizzato da tutti e non solo dal ristretto settore di esperti che l'ha confezionato. Nel mondo dei Beni Culturali questo bisogno è molto sentito. Oggigiorno però, oltre alla visualizzazione di modelli tridimensionali esteticamente belli, poco altro si riesce a fare. Già in molti casi si sta vivendo una sorta di delusione da parte degli operatori, che dopo l'entusiasmo iniziale non trovano un'effettiva utilità nell'uso del 3D.

Un utilizzo professionale del 3D si vede proprio nei sistemi BIM. Così come progettati, quelli commerciali funzionano bene per le nuove costruzioni ma poco si adattano alle svariate esigenze di manutenzione degli edifici storici. Le modalità di modellazione, inoltre, poco si adattano alle forme complesse e irregolari proprie del mondo dei Beni Culturali. Il concetto di BIM non si riferisce solo alla modellazione tridimensionale ma anche al Sistema Informativo legato all'edificio e alle sue parti. È però importante che non rimanga uno strumento statico, privato e riservato a professionisti del settore esperti di 3DBIM e, soprattutto nel mondo dei Beni Culturali, deve poter essere usato dall'esteso e variegato gruppo di operatori che ruotano intorno al mondo della conservazione e del restauro.

Nel mondo dei Beni Culturali i dati devono essere condivisi. È un aspetto fondamentale, più che in altri settori, perché nelle attività manutentive, conservative e di restauro intervengono una moltitudine di attori diversi che hanno basi culturali e tecnologiche diverse e che devono potere comunicare tra di loro e condividere dati ed informazioni. Un progetto di particolare successo orientato da questa filosofia è lo sviluppo del sistema SICaR, che è appunto una piattaforma *web* per la documentazione dei restauri. È un sistema informativo *open source* condivisibile per la catalogazione dei cantieri di restauro, già adottato dal MiBAC. Il sistema costituisce un supporto per la progettazione e per la raccolta della documentazione, pensato per il costante aggiornamento delle conoscenze relative alle discipline della tutela. La piattaforma rende possibile la collaborazione fra restauratori, storici dell'arte, architetti e operatori tecnico-scientifici, permettendo l'adozione di un metodo operativo condiviso, attraverso la registrazione *real-time*

di tutte le fasi di lavoro tramite l'acquisizione di immagini in formato digitale e di dati tecnico-scientifici che, associati a quelli storico-artistici, costituiscono un ampio materiale documentario. Tutti i dati raccolti ed inseriti nel sistema (tavole 2D e immagini) sono quindi resi accessibili sulla piattaforma *web-based* di SICaR, e possono essere consultati da tutti gli operatori del settore, ma anche da qualsiasi utente interessato.

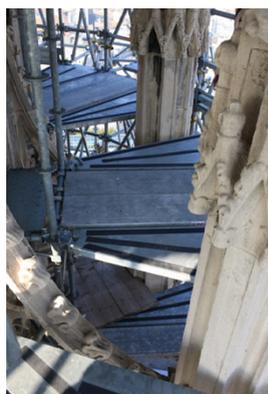
Per una maggiore partecipazione e utilizzo condiviso di dati 3D alcuni gruppi di ricerca hanno sviluppato *tools* e sistemi che funzionano *online*. Alcuni forniscono strumenti che consentono di interagire con il modello, altri invece sono sistemi che permettono solo la visualizzazione avanzata.

In realtà, pochi sono gli esempi nel panorama nazionale ed internazionale che, occupandosi nello specifico di oggetti appartenenti al mondo dei Beni Culturali, consentono di interagire con modelli 3D di grandi strutture architettoniche e che sono pensati per i fini professionali. È qui che si inserisce pionieristicamente il progetto Duomo condotto tra il 2008 e il 2013.

### **L'attività di rilievo**

La ricerca inizialmente si proponeva di realizzare rappresentazioni classiche bidimensionali della Guglia Maggiore, a supporto delle attività di progettazione e di restauro. La situazione di estrema difficoltà di rilievo (a causa della verticalità delle strutture, della presenza di un ponteggio strallato, di spazi angusti o irraggiungibili, e dell'estensione stessa del cantiere) e soprattutto l'esigenza di ottenere acquisizioni sempre più complete hanno portato il lavoro nella direzione di un rilievo esclusivamente 3D, dal quale si potessero estrarre tutte le informazioni metriche desiderate, puntuali, bidimensionali o di peso e di area.

La difficoltà di questo tipo di approccio è duplice. Infatti si riferisce, da un lato, alla possibilità di produrre un rilievo tridimensionale accurato e completo, e dall'altro, di «sintetizzarlo» in un formato lavorabile e modificabile dai vari operatori, ovvero in un formato vettoriale o NURBS, mantenendo una definizione ed un'accuratezza sufficienti per la scala alla quale si desiderano estrarre le informazioni metriche (1:50).



Come già ampiamente descritto<sup>1</sup>, l'attività di ricerca condotta nei primi anni del progetto (2008-2010) è stata incentrata sull'identificazione dei modi e delle tecnologie di rilievo più idonee, veloci, e con costi contenuti. Infatti, la tecnologia scanner, che sembrava essere la più ovvia per portare a termine un rilievo tridimensionale esteso e complesso, non ha condotto ad alcun risultato a causa della penetrazione del raggio laser nel marmo; la conseguente scarsa accuratezza della misura non avrebbe permesso la restituzione metrica alla scala architettonica desiderata. La scelta è ricaduta quindi su un tipo di approccio «multi-sensore», basato sull'uso di diversi sensori di misura scelti *ad hoc* in base alle necessità, adoperati singolarmente o in parallelo.

<sup>1</sup> La Guglia Maggiore: posizione in quota, spazi angusti e un ponteggio strallato non hanno semplificato la già complessa attività di rilievo.