

I FRONTI URBANI DI ROMA

FROM SCAN TO BIM

Manuale per l'uso applicato di tecnologie avanzate di
documentazione nella conservazione del patrimonio

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA
"LA SAPIENZA"

Tesi di Laurea Magistrale
Corso di Laurea Magistrale a Ciclo Unico in Architettura
A.A. 2020-2021

Candidati:

Bianca
Papacharalambous
Matricola 1696083

Lorenzo
Porciani
Matricola 1698819

Relatore:
Prof. Arch. Alfonso
Ippolito

Correlatrice:
Arch. Martina Attenni

ABSTRACT

Il flusso di lavoro nei progetti di architettura storica riscontra problemi relativi a quanto segue: processi poco chiari, informazioni sparse e uso di strumenti obsoleti.

Il Building Information Modeling (BIM) è diventato un sistema IT, la cui applicazione nell'ambito degli edifici storici è denominata Heritage BIM (HBIM). La letteratura sull'HBIM sottolinea la necessità di ulteriori ricerche sul processo generale dei progetti sul patrimonio, la loro effettiva attuazione e la necessità di una migliore documentazione culturale.

Il nostro patrimonio edilizio è costantemente sottoposto a profondi cambiamenti: dai fenomeni naturali ai cambiamenti climatici, dall'inquinamento provocato dall'uomo alla pianificazione urbana. I siti che testimoniano l'unicità e le radici delle singole società sono in grande pericolo. Alcuni di loro scompariranno, altri sono scomparsi per sempre. L'avvento della scansione laser, della fotografia digitale ad alta risoluzione, dell'ampio accesso a Internet e degli archivi digitali a prezzi accessibili hanno reso possibile per la prima volta nella storia di acquisire e diffondere informazioni a una velocità sufficientemente veloce, facendo così la differenza.

L'implementazione del Building Information Modeling (BIM) è diventata una realtà in tutto il mondo, non solo

per i suoi vantaggi, ma anche per il suo utilizzo obbligatorio in progetti di costruzione e ingegneria civile nei paesi di tutto il mondo. I progetti di intervento sui beni architettonici richiedono una metodologia che tenga conto delle condizioni dell'edificio nel tempo e del suo valore per i nuovi usi. I vantaggi dell'utilizzo di modelli 3D accurati per integrare i dati di ingegneria in un ambiente di lavoro collaborativo rendono l'HBIM molto utile in progetti il cui obiettivo è il recupero del patrimonio immobiliare.

Inoltre, l'integrazione con il modello informativo storico dell'edificio garantirà l'accesso ai dati localizzati e faciliterà la comunicazione con le parti interessate durante l'esecuzione di progetti di ristrutturazione.

Lo scopo di questa ricerca è, quindi, quello di proporre un protocollo di *Heritage Building Information Modeling* (HBIM) per gestire gli interventi negli edifici del patrimonio. Comunemente si è spinti a pensare che il BIM non sia così efficiente anche nel caso di edifici esistenti, ma se associato alle potenzialità delle nuove tecnologie di rilievo può apportare molteplici vantaggi, come:

- Interoperabilità tra strumenti e operatori;
- Miglioramento qualità delle informazioni in termini di affidabilità.

ABSTRACT

The workflow in historic architecture projects experiences problems related to the following reasons: unclear processes, scattered information, and use of outdated tools.

Building Information Modeling (BIM) has become an IT system, the application of which in the context of historic buildings is referred to as Heritage BIM (HBIM). The literature on HBIM emphasizes the need for further research on the overall process of heritage projects, their effective implementation, and the need for better cultural documentation.

Our building heritage is constantly undergoing profound changes: from natural phenomena to climate change, from man-made pollution to urban planning. The sites that testify to the uniqueness and the roots of individual societies are in great danger. Some of them will disappear; others are gone forever. The advent of laser scanning, high-resolution digital photography, wide access to the Internet, and affordable digital archives have made it possible for the first time in history to acquire and disseminate information at a fast-enough rate, making a difference.

The implementation of Building Information Modeling (BIM) has become a reality worldwide, not only because of its advantages, but also because of its mandatory use

in construction and civil engineering projects in countries around the world. Architectural asset projects require a methodology that considers the building's condition over time and its value for new uses. The benefits of using accurate 3D models to integrate engineering data into a collaborative work environment make HBIM very useful in projects whose goal is the rehabilitation of real estate assets.

In addition, integration with the historical building information model will ensure access to localized data and facilitate communication with stakeholders during the execution of renovation projects.

The purpose of this research is, therefore, to propose a Heritage Building Information Modeling (HBIM) protocol to manage interventions in heritage buildings. Commonly it is led to think that BIM is not so efficient even in the case of existing buildings, but if associated with the potential of new survey technologies can bring multiple advantages, such as:

- Interoperability between tools and operators.
- Improved quality of information in terms of reliability.

INDICE

1. PRINCIPALI PROBLEMI NELLA GESTIONE DEGLI INTERVENTI SUL PATRIMONIO ESISTENTE E NECESSITÀ DI UNA SOLUZIONE	11
2. SCAN TO BIM: UN APPROCCIO PER FASI.....	13
2.1. Il processo <i>Scan to Cloud</i>	16
2.1.1. Rilievo con <i>Leica ScanStation C10</i>	19
2.1.2. Conversione in <i>Leica Cyclone</i>	22
2.1.3. Allineamento in <i>Autodesk ReCap Pro</i>	24
2.2. Il processo <i>Cloud to Bim</i>	29
2.2.1. Importazione della nuvola di punti nel software di modellazione.....	31
2.2.2. Realizzazione delle geometrie principali	33
2.2.3. Utilizzo delle famiglie di sistema	34
2.2.4. Utilizzo delle famiglie caricabili	34
2.2.5. Modellazione dei dettagli architettonici	37
2.2.6. Le famiglie locali nel modello	38
2.2.7. Problematiche generali.....	38
3. TERMINI TECNICI	40

1. PRINCIPALI PROBLEMI NELLA GESTIONE DEGLI INTERVENTI SUL PATRIMONIO ESISTENTE E NECESSITÀ DI UNA SOLUZIONE

Ci sono notevoli inefficienze negli interventi di architettura del patrimonio - conservazione, restauro, riabilitazione e ricostruzione. Queste inefficienze tendono a compromettere la conservazione del patrimonio culturale per uno sviluppo economico sostenibile. Inoltre, c'è un crescente interesse nell'adozione di nuove metodologie da parte delle organizzazioni e dei gruppi di lavoro del patrimonio, che mirano a migliorare queste inefficienze. Nei progetti di intervento sul patrimonio sono coinvolti molti *stakeholder*, con una varietà di *background*: per esempio l'archeologo, l'archivista, l'ingegnere strutturale e il restauratore. Queste parti interessate di solito lavorano separatamente, quindi vengono prodotti dati dispersivi, a volte duplicando il lavoro o non prendendo in considerazione informazioni esistenti. Ne risulta, di conseguenza, una conoscenza frammentata e incongruente a causa dei metodi tradizionali di raccolta dati, in cui ogni documento, cartaceo o in formato digitale, parla per sé. Un sistema difficile da gestire che restituisce spesso dati non aggiornati, poco affidabili e ambigui. In questo caso, la sfida è duplice perché il BIM diviene uno strumento d'implementazione di procedure

e sistemi di gestione già avviate e consolidate. Esiste, di conseguenza, la necessità di sviluppare soluzioni volte a migliorare la gestione dei progetti edilizi.

2. SCAN TO BIM: UN APPROCCIO PER FASI



Per i modelli Heritage o Historic BIM, il sostrato è costituito dalle nuvole di punti, che interessano l'organismo architettonico, ma che tuttavia danno conto delle caratteristiche geometriche, cromatiche e materiche, e di conseguenza superficiali, rendendo necessarie una serie di altre informazioni che vanno oltre la superficie scansionata. Il livello di complessità di rappresentazione 3D del costruito storico e la sua trasposizione in modelli informativi è in effetti molto elevato, e di fatto ancora oggi gli approcci tentati non automatizzano del tutto il processo di trasposizione delle nuvole di punti in modelli BIM. Il processo Scan to Bim prevede pertanto, ancora un'importante componente di modellazione manuale. L'obiettivo di ottenere una migliore corrispondenza possibile tra l'oggetto reale ed il suo modello virtuale implica una strutturazione della metodologia operativa per fasi, al fine di ottimizzare il flusso di lavoro, ma anche di renderlo replicabile ed applicabile ad altri oggetti del patrimonio storico.

Due sono i principali passaggi utilizzati.

- Fase 1: Conoscenza

- ✓ Raccolta dei dati sul manufatto architettonico
- ✓ Ricerche bibliografiche, storiche ed archivistiche
- ✓ Operazioni di rilevamento architettonico tramite acquisizione massiva

- Fase 2: Scomposizione e Ricostruzione su piattaforma BIM

Durante questo passaggio si è scomposta ogni singola facciata nei suoi elementi ontologici, discretizzando ogni componente.

Nella modellazione è pressoché impossibile utilizzare componenti tipologiche predefinite, attingendo alle librerie di oggetti parametrici già presenti nel software BIM: è imprescindibile, dunque, un'operazione di modellazione per tutte le nuove tipologie di famiglie.

L'operazione di ricostruzione si svolge sulla base dell'individuazione di due categorie di elementi:

- ✓ *elementi architettonici varianti* nei parametri ma replicabili all'interno del progetto, come elementi strutturali, profili modanati, infissi e ordini architettonici;
- ✓ *elementi decorativi invariati unici*, come statue, bassorilievi stemmi etc.

Le due categorie di elementi si differenziano soprattutto per la metodologia impiegata nella loro modellazione: è possibile modellare gli elementi replicabili direttamente nella piattaforma BIM, tramite un processo di modellazione interna articolata per tipologie di famiglia; mentre gli elementi unici seguono invece un processo di modellazione esterna alla piattaforma BIM, attraverso operazioni di generazione di superfici mesh dalla nuvola di punti e successiva importazione, come famiglia, all'interno del progetto in BIM, senza tuttavia alcuna possibilità di modifica.

La modellazione interna è stata eseguita attraverso l'uso di famiglie di sistema, caricabili e locali. La famiglia contiene la definizione geometrica dell'elemento ed i parametri utilizzati, e controlla e definisce ogni istanza dell'elemento stesso. È necessario pianificare a priori e stabilire il modo in cui ogni famiglia si comporterà all'interno del modello; la progettazione del funzionamento e l'elenco delle informazioni necessarie per la famiglia, faciliteranno le decisioni per la creazione della famiglia nell'Editor.

Nella Content Libraries ogni famiglia è catalogata per categoria ed ha attributi varianti che possono essere espressi come tipi o come istanze.

Questa fase preliminare di previsione del comportamento della famiglia nel modello è necessaria

soprattutto alla scelta della tipologia dei parametri da modellare.

La tecnologia "Scan to Bim" permette di ricavare un modello 3D parametrico a partire dalla nuvola di punti ottenuti a mezzo di tecniche di rilevazione con laser scanner.

Questo è possibile con l'ausilio di software commerciali d'avanguardia che attraverso algoritmi di riconoscimento rilevano alcune tipologie di elementi all'interno di porzioni di nuvola. Questi elementi costituiscono la base per una completa modellazione 3D con riscontri nelle differenti discipline ingegneristiche quali progettazione, costruzione, gestione dell'opera nella sua interezza (esercizio, manutenzione, ambiente, sicurezza...) e dismissioni

Rispetto alle tradizionali tecniche di rilievo che, a causa della complessità delle "superfici" in esame, possono richiedere settimane o addirittura mesi per essere completate; la scansione laser può produrre risultati più oggettivi e più precisi in una frazione del tempo.

2.1. Il processo *Scan to Cloud*

La fase "Scan to Cloud" consiste sostanzialmente nell'utilizzo del laser scanner 3D per la realizzazione della nuvola di punti elaborati e gestita tramite i relativi

software di supporto. Il laser scanner è uno strumento in grado di misurare ad altissima velocità la posizione di milioni di punti, i quali definiscono la superficie degli oggetti circostanti. Dopo aver eseguito una scansione a 360 gradi in una determinata stazione si procede con lo scansionare la stazione successiva seguendo una successione di punti lungo un percorso poligonale definito dall'operatore.

La scansione laser tridimensionale (3D) per la documentazione digitale delle strutture del patrimonio sta aumentando di popolarità grazie ai suoi vantaggi rispetto ai metodi di rilievo tradizionali. La scansione offre un metodo di documentazione più veloce, oggettivo e preciso.

La scansione laser 3D è un metodo di rilievo completamente non distruttivo e senza contatto. I sistemi di scansione generano una "nuvola di punti" 3D che può essere manipolata per produrre l'output desiderato, come disegni architettonici o modelli 3D e visualizzazioni animate al computer.

I sistemi di scansione terrestre variano nella portata che possono catturare, da pochi metri di distanza dal bersaglio a 250 metri.

La documentazione digitale mediante scansione laser 3D ha molte importanti applicazioni nella conservazione del patrimonio esistente:

- fornisce una registrazione accurata e obiettiva del rilievo della struttura o del monumento prima e dopo la conservazione, per aiutare il monitoraggio delle condizioni della struttura, per aiutare la conservazione e la ricostruzione in combinazione con la ricerca scientifica sulla conservazione;
- crea modelli 3D per aiutare i visitatori a interpretare e comprendere la struttura e i suoi metodi di costruzione;
- produce repliche esatte di modelli in scala di piccoli oggetti;
- crea un archivio digitale delle strutture del patrimonio nel caso in cui andassero perdute a causa di eventi catastrofici.

Nel nostro caso , la campagna di rilievo si è svolta a ottobre 2020, dalle 9.00 alle 17.00, con l'intento di sfruttare al massimo la luce naturale diurna.

2.1.1. Rilievo con *Leica ScanStation C10*

Familiar, Total Station-like Interface
Leica ScanStation C10 supports standard field workflows with a rich, familiar total station interface. Easy to learn touch screen operation.

Compatibility with standard surveying equipment
Attach handles with Leica GPS SmartAntenna or prism holder, or use without handle for unobstructed overhead scans.

Smart X-Mirror™ design
The mirror automatically spins for fast 360° and full dome scans and oscillates for efficient, targeted scans.

Very-high speed, low noise pulsed laser
Reduces field time while providing excellent range and survey-grade accuracy for each point.

Integrated, dual-axis level compensator
For convenient survey-grade traversing and resection, plus tighter registration.

Laser plummet and tribrach mount
Standard procedures make ScanStation C10 easy to use.

Integrated real-time streaming video with zoom
Fast, accurate selection of scene and targets to be scanned.

Onboard controller and colour, graphic display
Convenient control and on-site QA, including onboard review of scans.

High-resolution digital image display
Auto-adjusting, internal, high resolution digital camera for photo-realistic colour mapping of point clouds.

Graphical icons make learning the instrument easy
Leica firmware makes onboard management fast and efficient for instrument setup, operation and monitoring with rigorous field QA.

3D viewing of target scans
Helps ensure Leica Geosystems-quality registration and geo-referencing.

Integrated data storage
Avoids the need for a laptop or separate handheld device; easy data transfer via USB or Ethernet interface.

Integrated battery
Hot-swappable, standard total station battery.

Leica ScanStation C10 - The All-in-One Laser Scanner for Any Application

L'hardware di scansione utilizzato è il *Leica ScanStation C10*, uno strumento ad impulsi a lungo raggio a tempo di volo, in grado di registrare 50.000 punti/secondo. La ScanStation ha un campo visivo orizzontale di 360 gradi e un campo visivo verticale di 270 gradi, ideale per grandi edifici o per la parte inferiore dei ponti.

Ha una precisione di 4,5 mm a 50 metri con una portata massima di circa 300 metri ed è in grado di effettuare una nuvola di punti di 1,2 mm x 1,2 mm di densità.

La ScanStation è stata spostata all'interno dell'area di progetto con un passo di circa 15 m per garantire una copertura completa da tutte le angolazioni e un *overlapping* di circa 20% tra una scansione e l'altra.

Nello specifico, per ogni sponda, si è proceduto longitudinalmente al fronte, inizialmente da un lato e dall'altro della carreggiata, successivamente scendendo lungo la banchina fluviale.

In totale, sono state effettuate 121 scansioni ad alta risoluzione con fotografia integrate, di cui:

111 a 360 gradi, con *probe* fisso pari a 10 m, della durata media di 13 minuti,

e 10 a target ridotto, con *probe* variabile, della durata media di 35 minuti.

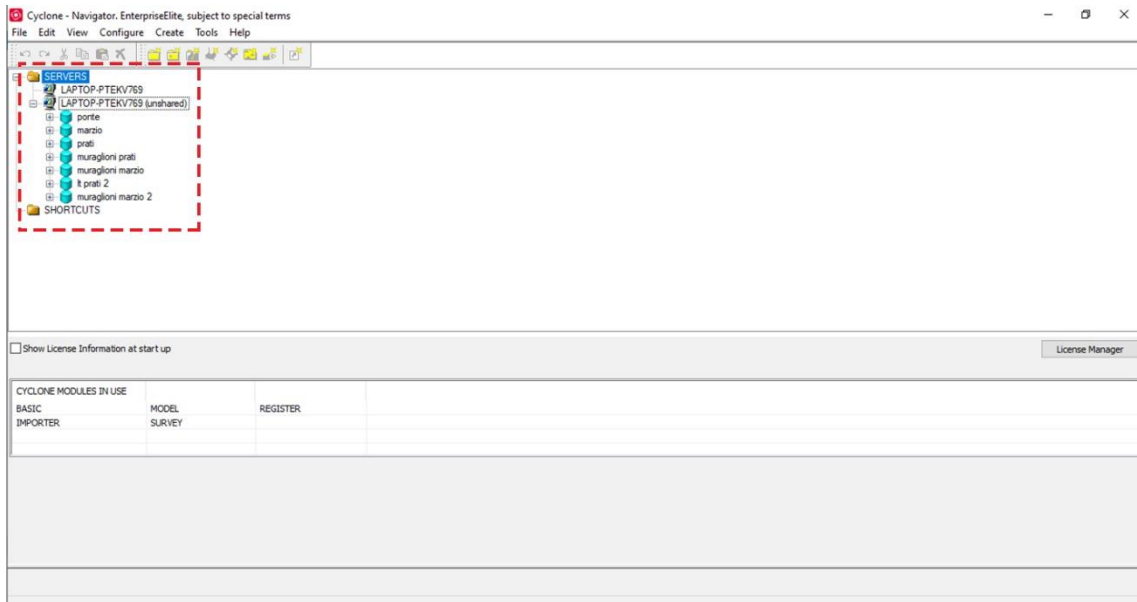
Sono stati dunque raccolti circa 369 milioni di punti con una risoluzione media di 2 mm.

Le scansioni sono state divise in sette cartelle di progetto per facilitare le fasi di lavoro successive - importazione, conversione e allineamento.



I limiti di presa del laser scanner sono dovuti alla distanza massima di presa, alle superfici non visibili dalla strumentazione e alla zona d'ombra. Quest'ultima corrisponde alla base del laser stesso, cioè al treppiedi che lo sorregge. Per ovviare a queste problematiche si eseguono le rilevazioni con il laser scanner in punti diversi in modo da avere un buon margine di ricoprimento per ogni nuvola e da rendere visibile allo scanner tutte le aree dell'edificio.

2.1.2. Conversione in *Leica Cyclone*

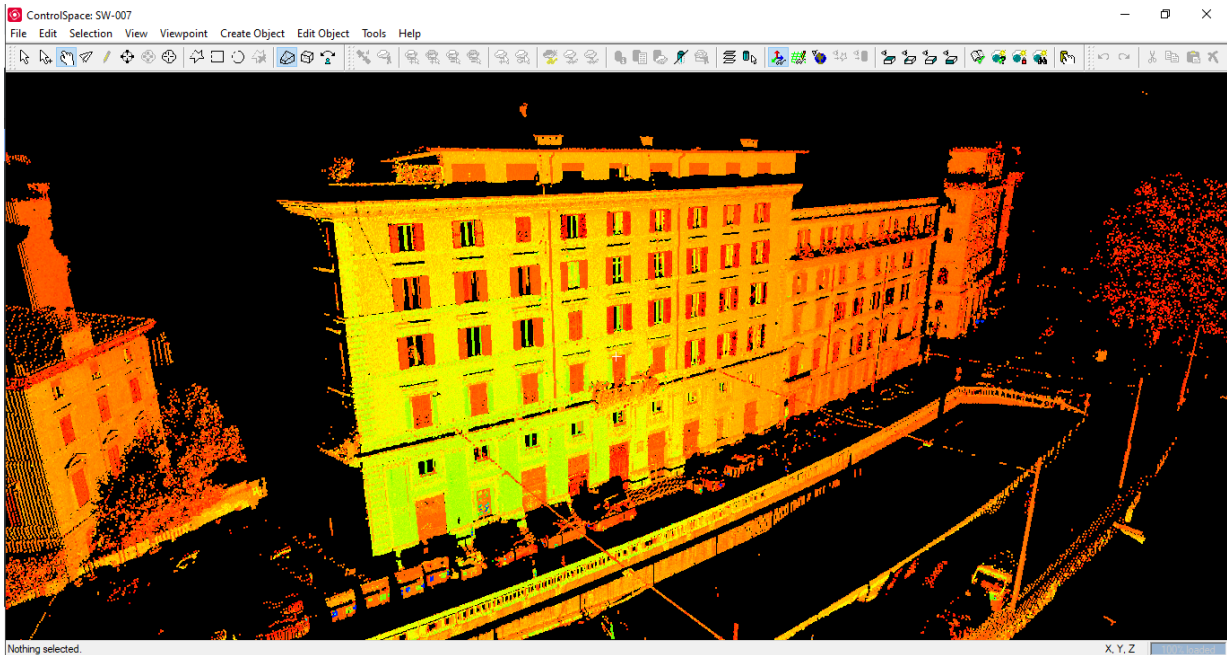


Una volta terminata la campagna di rilievo, le cartelle sono state convertite tramite il software di registrazione *Leica Cyclone* (Leica Geosystems, 2010).

Leica Cyclone permette agli utenti di lavorare efficacemente con grandi quantità di dati laser scanner e modelli interpolati. Gli utenti possono facilmente navigare nelle nuvole di punti, utilizzando comandi come pan, zoom e ruota. Il livello di dettaglio del motore grafico di *Cyclone* consente una efficiente visualizzazione 3d e la gestione anche di grandi quantità di nuvole di punti e modelli 3D.

L'importazione dati di scansione può avvenire da qualsiasi scanner e l'esportazione in qualsiasi formato richiesto. Dopo l'importazione, gli utenti hanno accesso a un vasto numero di strumenti per misurare distanze tra punti selezionati o superfici modellate.

I file sono stati esportati in formato .e57, in modo da poter essere letti dal programma di allineamento *Autodesk ReCap Pro*.



2.1.3. Allineamento in *Autodesk ReCap Pro*

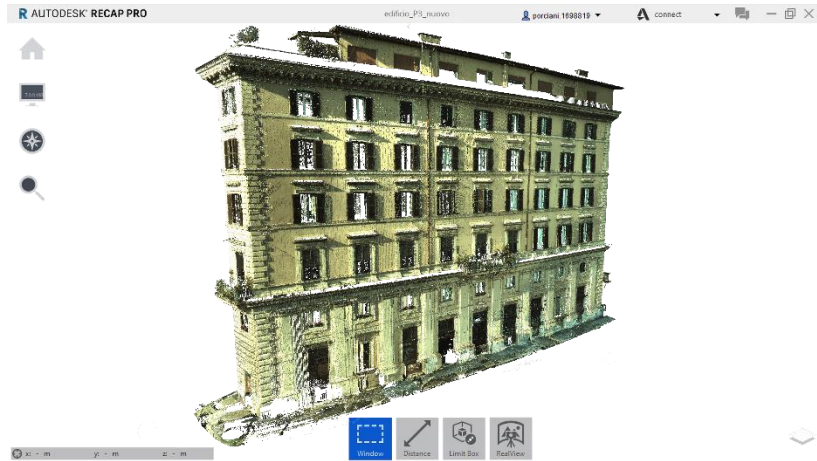
Lavorando per cartelle, le singole scansioni sono poi state importate su *Autodesk Recap Pro*.

Il software per la scansione 3D ReCap™ Pro consente di creare modelli 3D da scansioni laser e fotografie importate. Genera una nuvola di punti o una mesh per supportare i processi BIM.

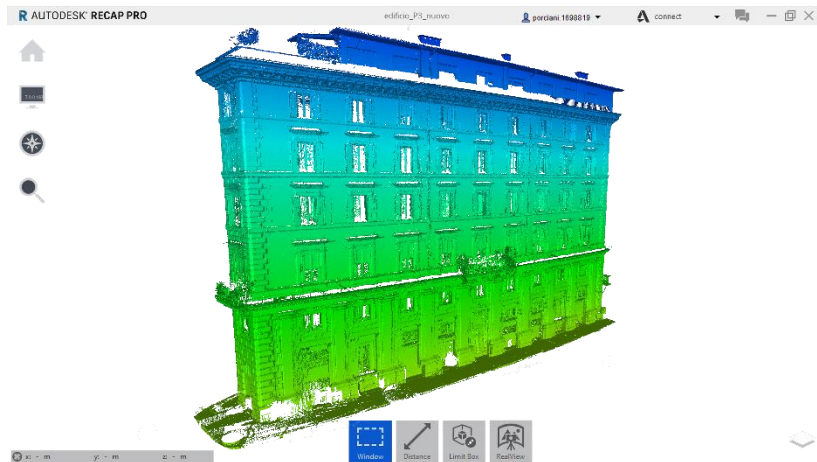
Ogni scansione è stata importata applicando un filtraggio del rumore minimo, per conservare la maggior

parte dei punti. Successivamente sono state registrate manualmente, tramite un processo noto come "Registrazione cloud-to-cloud", in cui punti comuni, facilmente identificabili, sono utilizzati per legare insieme le scansioni adiacenti, con il fine di produrre un'unica nuvola di punti - registrazione accurata di dati unificati.

ReCap permette di cambiare l'aspetto della nuvola di punti per comunicare dati specifici sulla scansione in modo più efficiente. Alcuni metodi, come specificare le modalità di colore, forniscono informazioni sulle superfici e le quote della nuvola di punti.



RGB: visualizza i punti nei colori del mondo reale originariamente catturati da una telecamera integrata nello scanner. Questo colore è basato sui valori di colore RGB (rosso, verde, blu).



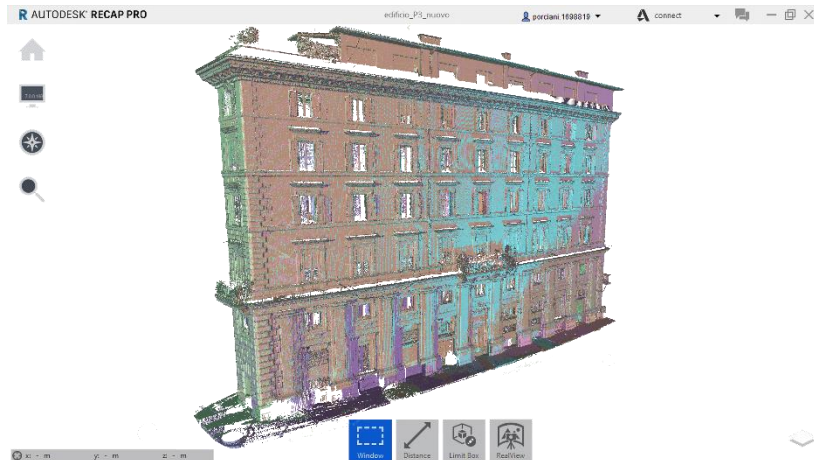
Elevation: visualizza i colori dei punti che riflettono l'altezza, o le coordinate Z.



Intensity: imposta la visualizzazione dei punti per mostrare l'intensità, che misura la riflettività dei punti in base alla struttura della superficie, all'angolo della superficie e all'ambiente.



Normals: visualizza i punti con i colori assegnati ai valori X, Y, Z associati alla direzione della normale per il punto.



Scan location: visualizza la nuvola di punti con ogni posizione di scansione differenziata per colore.

2.2. Il processo *Cloud to Bim*

La tecnologia "Cloud to Bim" permette di ricavare un modello 3D parametrico a partire dalla nuvola di punti. La ricostruzione digitale avanzata permette di ottenere un modello digitale perfettamente fittato ai punti contenuti in queste nuvole. Questo è possibile con l'uso di software d'avanguardia che attraverso algoritmi di riconoscimento rilevano alcune tipologie di elementi all'interno di porzioni di nuvola nelle seguenti modalità. Nel classico approccio BIM, il modello 3D viene costruito da zero e utilizzato come riferimento per la costruzione dell'edificio, mentre nell'HBIM il processo è inverso, gli edifici reali esistono già e servono come riferimento per raccogliere i dati BIM.

In questa fase, gli oggetti parametrici vengono posizionati e la relazione tra di loro viene definita per generare un modello simile al BIM. Quest'ultimo passo è il più complesso e richiede più tempo, perché la maggior parte del tempo viene fatto manualmente, dato che non esiste un database di oggetti parametrici per gli edifici storici che coprano tutte le nostre esigenze.

La metodologia BIM consiste in una rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un sistema spaziale e in una risorsa di conoscenza condivisa di informazioni su un sistema spaziale, che costituisce una base affidabile per il processo decisionale durante il

ciclo di vita di uno spazio, dalla sua prima concezione alla sua demolizione.

Il BIM è un sistema collaborativo che attualmente è pienamente sviluppato nella progettazione e nella gestione delle industrie coinvolte nel settore dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni (AEC). Tuttavia, nell'ambito degli interventi nel settore dei beni culturali e architettonici, sono pochissimi gli studi dedicati alla gestione dei modelli informativi.

Se è vero che sono già state fatte ricerche per esplorare il valore del BIM nella gestione del patrimonio e dei paesaggi culturali, queste sono ancora scarse e continuano ad essere un tema nuovo in cui c'è ancora molto da approfondire. Sono molti gli argomenti che corroborano l'applicazione del BIM. Una delle maggiori novità offerte dal BIM è l'inserimento di "nuove dimensioni" per un migliore controllo e gestione del modello. In questo modo, 4D si riferisce al tempo, alla pianificazione, e permette di navigare un modello 3D come se fosse una linea temporale, permettendo così anche il controllo del ciclo di vita dell'edificio modellato, mentre 5D si riferisce agli aspetti economici del progetto e 6D si riferisce alla sostenibilità. L'essenza del BIM è un lavoro collaborativo, coordinato ed efficiente che consiste nella rappresentazione virtuale in un modello 3D di un ambiente, di una struttura o di un edificio con le sue caratteristiche fisiche e funzionali intrinseche. Il

modello generato come combinazione di un'accurata rappresentazione geometrica dell'edificio in un ambiente di dati integrati è uno dei principali vantaggi di questa metodologia.

L'implementazione del BIM è di importanza globale, non solo per i vantaggi che offre, ma anche per il suo ruolo nelle procedure di gara in progetti pubblici.

La realizzazione di questo lavoro nasce dall'esigenza, ancora oggi ribadita, di tutelare il patrimonio esistente come testimonianza del passato storico, sociale ed economico dei territori. Lo sviluppo di questo progetto si inquadra in queste linee, in cui il BIM viene utilizzato in ambito accademico, dimostrando così la concordanza esistente tra la conservazione di un edificio del patrimonio architettonico e l'utilizzo del BIM.

I compiti principali del progetto si articolano in due tre fasi principali:

- Registrazione delle informazioni dell'edificio (fase 1);
- Modellazione dell'edificio esistente (fase 2);
- Realizzazione di una piattaforma Open Data (fase 3).

2.2.1. Importazione della nuvola di punti nel software di modellazione

Successivamente al rilievo, si è potuto passare al processo di restituzione digitale attraverso l'uso del software Bim Autodesk Revit 2021. Dall'elaborazione delle immagini si è ricavata una nuvola di punti densa dell'edificio in scala.

La nuvola di punti, se opportunamente creata, funge da principale riferimento geometrico su cui poter realizzare le geometrie di un modello digitale di un edificio rilevato.

Come precedentemente descritto, sono state realizzate 12 nuvole di punti (ognuna rispettivamente per ogni edificio).

Nella prima fase della modellazione si è quindi inserita la nuvola di punti all'interno del software modellatore, che precedentemente è stata indicizzata.

L'operazione di indicizzazione permette di riconoscere ogni punto della nuvola di punti come uno snap all'interno dell'ambiente di lavoro del modellatore. Gli snap consentono di far interagire i punti della nuvola con i vari oggetti che il software mette a disposizione dell'utente.

Questa caratteristica della nuvola di punti semplifica la modellazione e permette di interrogarla, rendendolo un aspetto in grado di fornire informazioni spaziali.

La nuvola di punti, una volta caricata, non è più modificabile, permettendo all'utente di contare su un modello geometrico fisso su cui costruire il suo lavoro.

La possibilità di interrogare la nuvola di punti nell'ambiente di lavoro, attraverso diversi piani di riferimento, semplifica ulteriormente il lavoro di modellazione. È bene precisare che il software permette di importare solo nuvole di punti indicizzate solo nell'ambiente di lavoro principale, ma non nell'editor di famiglie (tale limite verrà affrontato successivamente).

2.2.2. Realizzazione delle geometrie principali

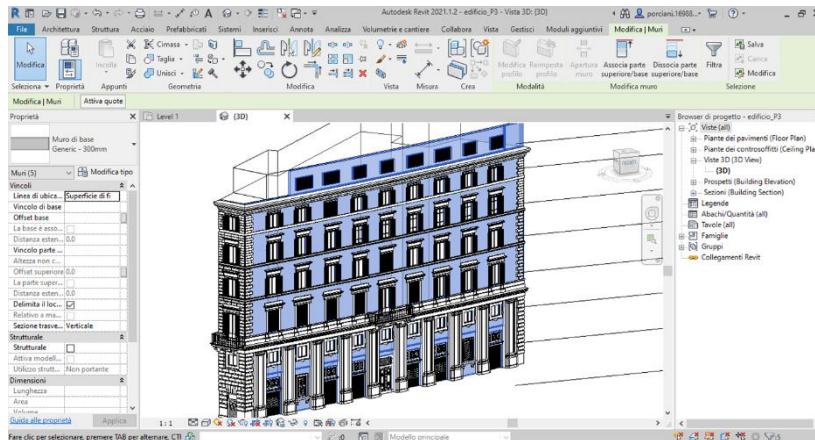
La nuvola di punti creata ha un livello di dettaglio equivalente a quello di una rappresentazione in scala 1:50. Utilizzando la nuvola di punti indice come guida, è stato tracciato per creare i macro elementi architettonici che compongono l'edificio, come le partizioni verticali. Successivamente, gli elementi di modellazione vengono inseriti in famiglie esterne (come i vincoli). Per modellare una geometria più dettagliata (come strutture o profili che esistono nelle famiglie caricabili), vengono utilizzati diversi metodi, che verranno introdotti più avanti nella sezione sulle famiglie caricabili.

Nella modellazione dei muri si è riscontrata una problematica: il software di modellazione utilizzato non consente di modellare automaticamente murature fuori piombo. Si è osservato, però, che l'errore è al di sotto del limite considerato, quindi tale "difetto" è stato trascurato nel processo di modellazione.

2.2.3. Utilizzo delle famiglie di sistema

Le categorie di famiglie di sistema utilizzate sono:

- murature;
- scale;
- ringhiere.

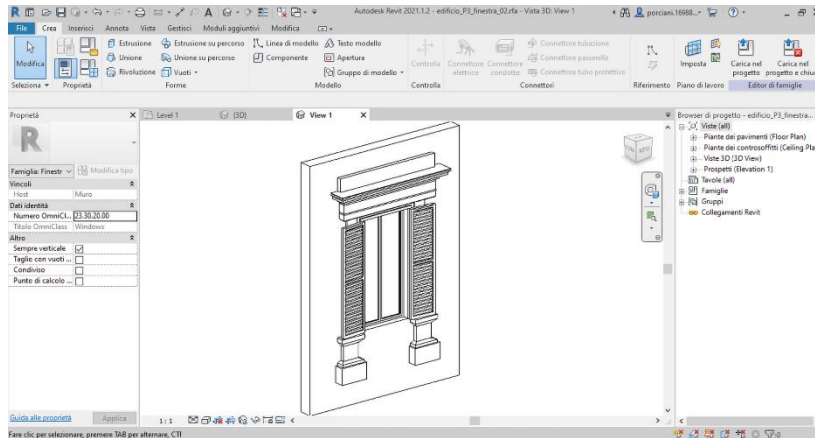


2.2.4. Utilizzo delle famiglie caricabili

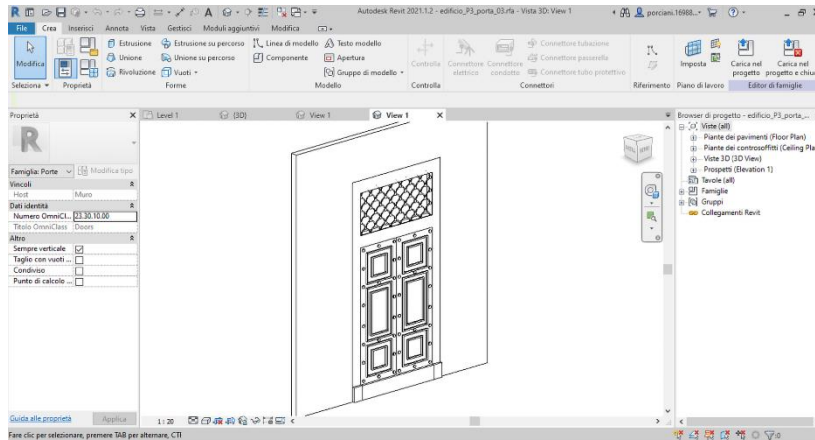
Le tipologie di famiglie descritte nel paragrafo vengono generate nell'"Editor di famiglie", da cui possono poi essere inserite nel modello. L'editor di famiglie è progettato per personalizzare completamente gli oggetti della famiglia in modo da poter definire la

geometria, la forma, l'aspetto e la parametrizzazione dell'oggetto in questione. Le categorie di famiglie caricabili utilizzate sono:

- finestre;
- porte;
- colonne;
- archi;
- volte a botte;
- profili architettonici;
- balaustre;
- parapetti.



Editor famiglia finestra parametrica



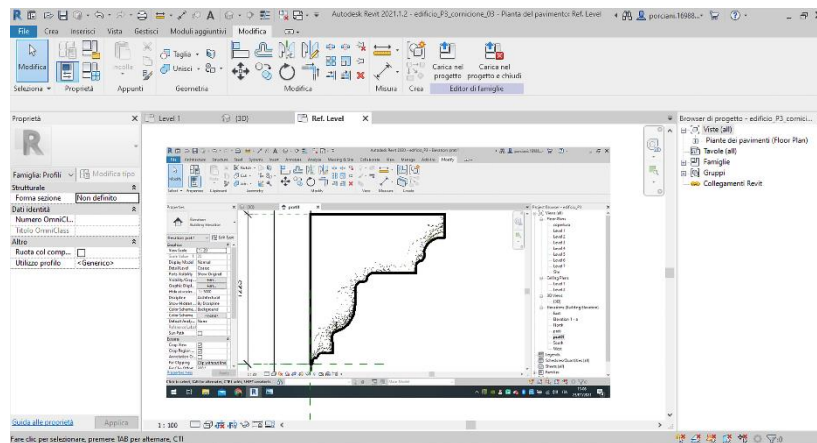
Editor famiglia porta parametrica

La caratteristica più importante di queste famiglie è la loro parametrizzazione, che include l'assegnazione di parametri alla famiglia stessa. Se modificati, i parametri cambieranno automaticamente la configurazione della famiglia nel modello, in modo che le modifiche possano essere gestite rapidamente ed è garantito un alto grado di flessibilità nelle rappresentazioni 3D, perché si adattano facilmente a qualsiasi caratteristica. Ad esempio, è possibile creare porte di dimensioni standard della stessa famiglia di partenza, dove la larghezza di una porta è raddoppiata e le ante dell'altra porta si aprono a 45 °.

2.2.5. Modellazione dei dettagli architettonici

La prima problematica riscontrata è consistita nell'impossibilità di caricare all'interno dell'Editor della famiglia la nuvola di punti, il che costringe l'utente a dover lavorare tramite l'importazione di ortofoto e/o catture della nuvola di punti, opportunamente scalate secondo la misurazione effettuata all'interno dell'Editor principale, sulla nuvola di punti.

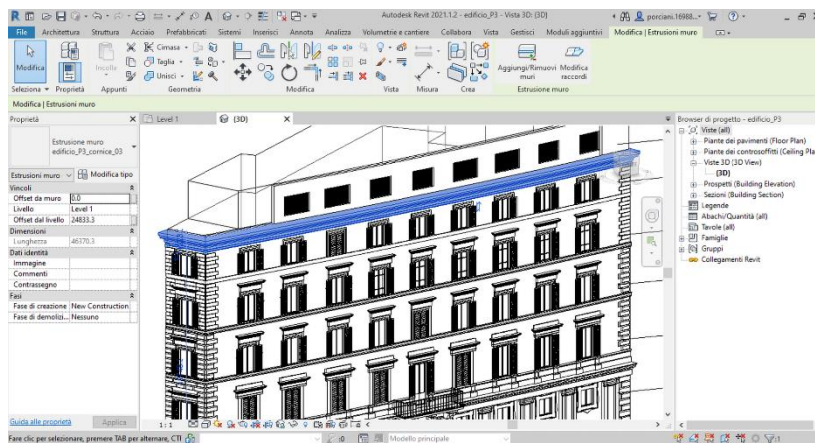
Tale procedimento, anche se apparentemente articolato, consente comunque un'accurata modellazione, caratterizzata da un elevato livello di dettaglio.



Editor famiglia Metric Profile

2.2.6. Le famiglie locali nel modello

La famiglia locale è una famiglia che rappresenta i dettagli architettonici. Nella modellazione BIM, questo tipo di famiglia è stato utilizzato per creare le cornici degli archi di ponte Cavour e lungo i muri delle facciate. Questi elementi sono realizzati utilizzando i contorni come *Sweep* creato in una famiglia caricabile (*Metric Profile*) e quindi importato nel progetto.



Realizzazione del cornicione tramite comando "Wall Sweep"

2.2.7. Problematiche generali

La tecnologia BIM è stata creata per gestire la progettazione "ex-novo", pertanto molti problemi riscontrati sono legati al software di modellazione

utilizzato, che ha difficoltà nella realizzazione di modelli HBIM. Ad esempio, le irregolarità tipiche degli edifici esistenti (ad esempio le pareti verticali esterne) non sono molto compatibili con l'automaticità del software che tende verso la regolarità geometrica delle nuove costruzioni. Queste difficoltà rendono difficile sfruttare appieno le potenzialità del software, che richiede costantemente l'intervento manuale dell'utente, prolungando, in tal modo, i tempi di modellazione.

3. TERMINI TECNICI

As Built

Modello BIM che dà la possibilità al Committente di avere un progetto che rappresenta perfettamente la realtà. Comprende tutte le modifiche e le varianti che sono state eseguite al progetto originario durante la fase di realizzazione.

BIM (Building Information Modeling)

Processo che utilizza un modello tridimensionale contenente tutte le informazioni che riguardano l'intero ciclo di vita di un'opera, dal progetto alla costruzione, fino alla sua demolizione e dismissione. Il modello, informativo, dinamico, interdisciplinare, condiviso e in continua evoluzione, contiene dati su geometria, materiali, struttura portante, caratteristiche termiche e prestazioni energetiche, impianti, costi, sicurezza, manutenzione.

Famiglie

Gruppo di elementi con un insieme di proprietà comuni, denominate parametri, ed una rappresentazione grafica associata. I modellatori che lavorano tramite processi BIM organizzano le famiglie distinguendo diverse categorie.

Le *famiglie di sistema* costituiscono la struttura dell'intero modello e risiedono unicamente all'interno di un file di progetto; esse comprendono gli elementi necessari all'impostazione del modello, quali livelli, griglie strutturali, e impostazioni di sistema, considerandoli come parametri di progetto.

Le *famiglie caricabili* costituiscono lo strumento più importante del software di modellazione parametrica; esse consentono di coprire la vasta gamma di esigenze legate alla progettazione di un edificio; vengono inserite all'interno di un progetto prelevandole da librerie esterne e possono essere personalizzate rispetto alla forma, all'aspetto, al livello di dettaglio, ai parametri. Le *famiglie locali*

comprendono tutti gli elementi del progetto per i quali, data la loro specificità, l'uso di famiglie caricabili risulta non conveniente. Sostanzialmente possono essere pensate come *famiglie caricabili*, in quanto ne possiedono le caratteristiche, ma che risiedono solo all'interno del progetto, come le *famiglie di sistema*, perché non è necessario un loro riutilizzo in progetti differenti. Nonostante possano apparire più semplici da utilizzare, perché legate alla modellazione di emergenze locali, esse incidono significativamente sulle performance dei software. A differenza delle *famiglie caricabili*, che vengono calcolate come una sola famiglia a prescindere dal numero di volte in cui vengono inserite all'interno di un progetto, le *famiglie locali* vengono calcolate e analizzate ogni volta come un nuovo elemento.

HBIM (Heritage/Historical Building Information Modeling)
Processo BIM applicato al patrimonio storico costruito.

LOD (Level of Detail)

Misura dell'affidabilità delle informazioni di tipo tecnico ed economico contenute in un modello BIM.

LOD (Level of Development)

Dettaglio grafico con cui un modello, o un oggetto digitale del modello, può essere visualizzato e rappresentato in fase di output. La classificazione dei Level of Development più nota è quella contenuta nelle BIM Guidelines del New York City Department of Design and Construction, nella quale il livello di sviluppo degli oggetti digitali del modello cresce dal LOD 100 al LOD 500, che non corrispondono alle scale canoniche di rappresentazione del progetto.

LOD 100: elementi modellati in maniera concettuale, costituiti da un volume o una massa semplificati, al quale sono attribuite informazioni minime; La struttura dei processi HBIM tra rilievo e

modello. Scomposizione e ri-costruzione del patrimonio architettonico.

LOD 200: elementi hanno una definizione semantica (relativa alla tipologia di appartenenza) e una conformazione geometrica approssimata ma definita;

LOD 300: oggetto digitale deve essere ben definito sia dal punto di vista geometrico (stratigrafie, forma, posizione nello spazio), sia delle informazioni attribuite (tipologia dei materiali, collocazione temporale);

LOD 400: si giunge ad un grado di dettaglio geometrico ed informativo ancor più accurato, tipico di un progetto esecutivo o costruttivo, nel quale gli aspetti computazionali, prestazionali e realizzativi dovranno essere definiti;

LOD 500: la simulazione si confronta con il momento effettivo della costruzione; gli elementi del modello dovranno infatti essere talmente definiti a livello informativo che per gli stessi si potranno programmare, non solo la fornitura e posa in opera, ma anche tutte le attività connesse alla gestione e manutenzione del bene architettonico.

Modello parametrico

La parametrizzazione definisce una serie di variabili e le loro relazioni, che possono essere modificate per cambiare il risultato finale del sistema. Nel campo della modellazione si farà riferimento alle relazioni che esistono tra tutti gli elementi del modello per consentire loro di coordinare e gestire le modifiche relative a forma e geometria. Le relazioni possono essere create automaticamente nei seguenti modi.