



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

Dottorato di Ricerca in Architettura, curriculum di *Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente*
Ciclo XXXIII
Coordinatore Prof. Giuseppe *DE LUCA*

La sperimentazione di procedure di modellazione parametrica per i beni culturali.

Dal rilievo digitale al modello HBIM per la valorizzazione e gestione
di alcuni esempi del patrimonio storico architettonico

Settore disciplinare ICAR 17

Dottoranda

*Dott.ssa Anna **DELL'AMICO***

Tutor

*Prof. Stefano **BERTOCCI***

Co-Tutor

*Prof. Sandro **PARRINELLO***

Referente del Curriculum

*Prof.ssa Barbara **ATERINI***

Anni 2017/2020

*Contano due principi: non farsi mai troppe illusioni
e non smettere di credere che ogni cosa che fai potrà servire.*

Italo Calvino, La giornata di uno scrutatore.

La sperimentazione di procedure di modellazione parametrica per i beni culturali.

Dal rilievo digitale al modello HBIM per la valorizzazione e gestione di alcuni esempi del patrimonio storico architettonico.

Anna Dell'Amico

INDICE

<i>Introduzione</i>	8		
PARTE I - IL LINGUAGGIO DELLO SPAZIO VIRTUALE: LA DIGITALIZZAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE SU PIATTAFORME PARAMETRICHE	10		
<i>1. L'evoluzione dei protocolli informativi nei modelli</i>	13		
1.1 La trasformazione del linguaggio nella caratterizzazione dei dati	14		
1.2 Il disegno come strumento di lettura delle informazioni	19		
1.2.1 Trasformazioni storiche dei metodi di rappresentazione grafica	20		
1.3 Il disegno come grammatica del modello per la codificazione dello spazio	29		
1.4 L'evoluzione tecnologica dei protocolli di modellazione tridimensionale			
1.4.1 Il computer e la teorizzazione del dato informativo numerico	32		
1.4.2 Rappresentazioni in 3 dimensioni e l'idea di un modello per la rappresentazione digitale	35		
1.4.3 Disegni CAD e modelli informativi	40		
1.5 L'evoluzione dei processi di gestione del patrimonio culturale attraverso gli strumenti collaborativi	41		
<i>2. Lo stato dell'arte ed il quadro normativo nazionale ed internazionale</i>			
2.1 Il processo costruttivo tra rappresentazione e conoscenza: la nascita del Building Information Modeling	57		
2.2 Il quadro normativo BIM nazionale ed internazionale, i protocolli di gestione del progetto	61		
2.2.1 Il caso italiano			
2.2.2 Lo standard inglese come modello di riferimento a livello internazionale	66		
		2.2.3 Il caso degli Stati Uniti (USA), come esempio critico di ricerca di una standardizzazione unificata	68
		2.2.4 L'adozione del BIM in Asia: il caso esemplare del sistema CORENET di Singapore	
		2.2.5 L'influenza dello standard inglese per la standardizzazione australiana	70
		2.2.6 Verso una normativa unica a livello internazionale	71
		2.3 Piattaforme e archivi digitali web-based per un Collaborative Data Management	75
		<i>3. Un modello affidabile per il Cultural Heritage</i>	
		3.1 Modelli reality based per la narrazione del patrimonio	91
		3.2 Il concetto di Historical Building Information Modeling	96
		3.3 Verso il concetto di fast survey per l'efficientamento dei processi informativi	98
		3.4 Database continui e discontinui, la discretizzazione del dato	116
		3.5 La definizione di un linguaggio per la costruzione del modello	119
		PARTE II - L'INFORMATION MODELLING APPLICATO AL CULTURAL HERITAGE	127
		<i>4. Le N dimensioni del sistema informativo HBIM</i>	129
		4.1 I principi della modellazione dal modello esplicito al modello parametrico	134
		4.1.1 Il modello esplicito	138
		4.1.2 Il modello parametrico	142
		4.1.3 Il modello come contenitore	145
		4.2 Dalle banche dati 3D al modello parametrico	148
		4.3 La problematica della rappresentazione delle geometrie complesse	152
		4.4 Classificazioni tipologiche e informazioni nel modello	156

5. La costruzione di un modello “Sistema” nelle esperienze di ricerca	167	Prospettive della ricerca	322
5.1 La digitalizzazione del patrimonio museale mobile: esempio per una catalogazione interattiva per le collezioni museali, decori dell’artigianato tradizionale dei nativi americani	171	BIBLIOGRAFIA	324
5.2 La digitalizzazione dello spazio Architettonico e le Celle della Certosa del Galluzzo	191	CREDITI	336
5.3 Fruizione del modello e stampa digitale del patrimonio storico: corpi di Fabbrica dell’edilizia storica monumentale nello studio del Palazzo Centrale dell’Università degli studi di Pavia	205	ABSTRACT	340
5.4 La modellazione condivisa: complessi architettonici nell’architettura araba dell’Alhambra, i bagni della moschea dell’Alhambra a Granada	241		
5.5 Un sistema multiscalare dall’edificio al territorio, PROMETHEUS H2020 e le rovine dell’Upper Kama in Russia	277		
CONCLUSIONI	318		
6. Gestione dei modelli e fruizione interattiva dei contenuti			
6.1 La lettura delle informazioni associate ai modelli			
6.2 Piattaforme di fruizione virtuale	319		
6.3 Piattaforme per la modellazione condivisa	320		
6.4 Considerazioni sul ruolo del HBIM per la gestione e la valorizzazione del patrimonio culturale	321		

Introduzione

La ricerca presentata all'interno di questo percorso di tesi, si pone al centro di un dibattito culturale internazionale estremamente attuale che riguarda la costruzione di modelli digitali basati sul sistema informativo BIM (*Building Information Modeling*). Tali modelli, in particolare quelli rivolti al settore del Cultural Heritage (HBIM, *Historical Building Information Modeling*), sono finalizzati alla conservazione dell'identità architettonica e della memoria storica e di come questa possa essere tramandata in forma digitale.

Nell'ultimo decennio, la digitalizzazione ha trasformato i metodi e gli strumenti della rappresentazione, determinando un enorme aumento della quantità e qualità di dati, e della varietà dei prodotti.

Nel campo della progettazione ex-novo, l'utilizzo di sistemi BIM ha visto, un consolidamento nelle procedure e l'individuazione di metodologie standard.

Rimane invece discussa l'efficacia dell'applicazione di un protocollo BIM nell'ambito del patrimonio architettonico costruito.

Il bene costruito è caratterizzato da una propria unicità che rende difficoltoso immaginare l'applicazione di un protocollo nato per la replica e la standardizzazione dei processi di rappresentazione, in un'ottica che riflette il periodo storico in cui il risparmio di tempo implica un risparmio di costo: per questo è oggetto di critiche e scetticismi sulla effettiva efficacia di utilizzo.

La rappresentazione di un bene esistente pone dei limiti che necessitano una riflessione implicita sulle finalità e i metodi di disegno.

La ricerca accademica nel settore del disegno e della rappresentazione ha il compito di indagare le possibilità e le metodologie di lavoro che possono avere un'applicazione valida nei sistemi di *Building Information Modeling*,

all'interno della rivoluzione che sta avvenendo nelle pratiche di gestione della digitalizzazione degli edifici.

Altro limite di applicazione di tali protocolli al settore dei beni culturali è lo scambio informativo che risulta difficoltoso all'interno di un sistema che, per sua natura, è frammentato perché composto da eterogenee tipologie di operatori, con funzioni complementari tra loro.

Nella gestione del patrimonio architettonico, nonostante vi sia stata una consistente evoluzione tecnologica, il processo di informatizzazione non è omogeneamente distribuito ed è ancora poco integrato negli Enti Pubblici deputati al controllo. L'interscambio di dati avviene perlopiù tramite file in formati resi standard dal mercato che, a dispetto delle specifiche peculiarità di ognuno, sono utilizzati con eccessiva disinvoltura, trascurando la perdita qualitativa dell'informazione che può avvenire.

Lo stato dell'arte a livello nazionale pone l'Italia tra i paesi più avanzati riguardo la regolamentazione della normazione dell'*Information Modeling* le innovazioni dei protocolli della gestione e della rappresentazione nelle modalità operative nel campo delle costruzioni e, più in generale, sui beni architettonici, porteranno alla definizione di procedure informatiche connesse al restauro e alla gestione del patrimonio costruito. Nel caso specifico della gestione del patrimonio architettonico, sebbene le metodologie di catalogazione per la conservazione ed il riuso siano consolidate e sperimentate, raramente sono legate insieme e con efficacia le componenti geometriche, documentali ed iconografiche. Si avverte dunque la mancanza di una necessaria osmosi, fondamentale per la corretta trasmissione della conoscenza, tra gli ambienti più propriamente legati alla progettazione e all'esecuzione delle opere, per lo studio e il progetto di architettura e per i settori che operano nell'amministrazione, tutela e gestione dei beni culturali.

Nel settore *Architecture, Engineering, Construction* (AEC), l'adozione delle tecniche di digitalizzazione degli ambienti costruiti attraverso strumentazione digitale sono sempre più adottati sia con lo scopo progettuale che conservativo.

Nel settore delle discipline del disegno e del rilievo architettonico, l'applicazione di una metodologia che possa rispondere alla necessità di un continuo aggiornamento del dato, attraverso la strutturazione di modelli digitali HBIM, è una riflessione in linea con l'innovazione dei protocolli di modellazione digitale che stanno diventando strumento di regolamentazione all'interno dei protocolli previsti dai quadri normativi nazionali ed internazionali.

Questa ricerca, in primo luogo, indaga la relazione che intercorre tra rilievo digitale e lo sviluppo di banche dati 3D, approfondendo l'aspetto della trasformazione del dato metrico della nuvola di punti in sistema di modello tridimensionale BIM per patrimonio storico, supportato da un'analisi sulle diverse tecniche di rilievo *reality based*: da un'acquisizione di tipo speditivo al rilievo del dettaglio; in secondo luogo viene proposta un'indagine sulle modalità e le possibilità offerte da questa tipologia di modelli come veicolo conduttore di esplicitazione delle informazioni in maniera efficace, tramite una serie di output per la conoscenza, la gestione e la documentazione del patrimonio.

Queste tematiche vengono affrontate attraverso la trattazione di alcune sperimentazioni sviluppate all'interno di progetti di ricerca a livello nazionale ed internazionale, ai quali ho partecipato durante i tre anni di percorso formativo, promossi dai Laboratori di ricerca DAda-LAB e PLAY del Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, dell'Università degli studi di Pavia, dove ho svolto un periodo di visiting Ph.D della durata di due anni (2018-2020), e dal Laboratorio di Rilievo del Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze.

In particolare, quanto sperimentato riguarda la definizione

di un protocollo metodologico, replicabile, che possa essere declinato a diversi livelli di approfondimento conoscitivo.

L'indagine è strutturata in forma granulare a partire dalla micro scala dell'oggetto, alla scala architettonica dell'edificio, per arrivare alla rappresentazione del rapporto tra edificio e sistema territoriale ad un livello di macro scala.

L'analisi prevede una scomposizione del problema della rappresentazione, individuando dei protocolli che possano essere applicabili a differenti livelli e scale di lettura rivolte alla rappresentazione e discretizzazione di parti ed elementi legati tra loro in un rapporto di gerarchia o di interconnessione, delineandone criticità e potenzialità. Cercando di portare un contributo nella comprensione in termini tecnici e teorici delle possibilità dello strumento BIM applicato al Cultural Heritage.

PARTE I

IL LINGUAGGIO DELLO SPAZIO VIRTUALE:
LA DIGITALIZZAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE
SU PIATTAFORME PARAMETRICHE

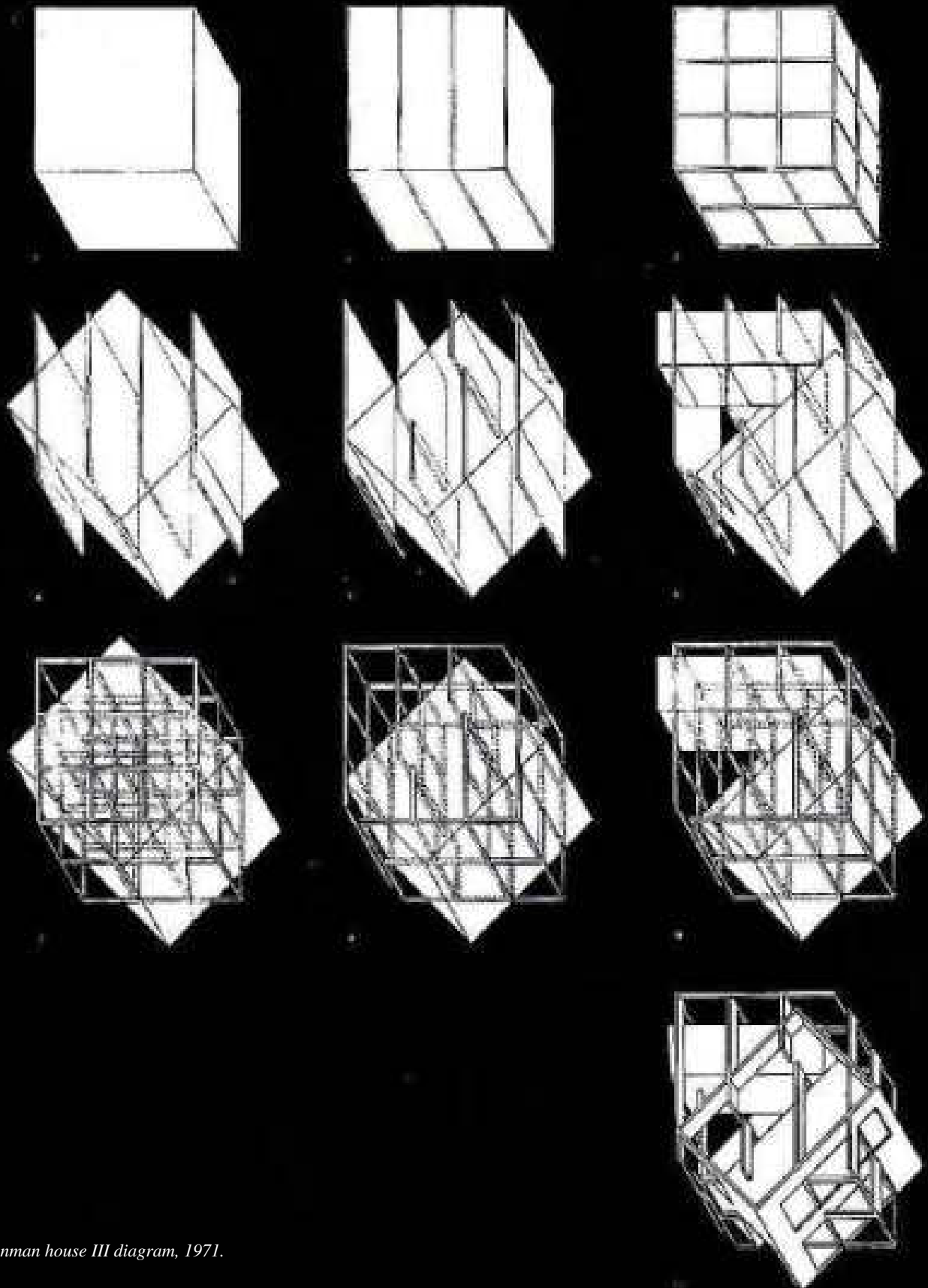


Fig.1 Eisenman house III diagram, 1971.

CAPITOLO I

L'EVOLUZIONE DEI PROTOCOLLI INFORMATIVI NEI MODELLI

*“Ma oggi l’idea di spazio, nell’era dell’incontro tra architettura e media informatici, come si sta configurando in relazione alle mutazioni introdotte dalla rivoluzione digitale? Stiamo assistendo alla nascita di un nuovo dominio, di un nuovo spazio che prima semplicemente non esisteva”.*¹

Questi interrogativi posti da Margaret Wertheim² nel 1999, durante gli esordi della digitalizzazione dei processi di rappresentazione, ancora oggi, a distanza di venti anni, non hanno trovato risposte completamente esaurienti. Lo spazio digitale si configura come ambiente simile allo spazio mentale in cui il disegnatore, come architetto, ha libertà di espressione delle idee progettuali. La grande differenza tra il concetto di spazio digitale rispetto allo spazio reale sta nel suo manifestarsi non in maniera esplicita, ma necessita di un *medium* di visualizzazione. Un’interfaccia informatica che ne permetta la sua fruizione e ne conferisca le chiavi di lettura spaziali.³ Il disegno esplicita quelle esigenze descrittive che animano la forma della comunicazione. Quelle tensioni rappresentative che focalizzano il gesto del rappresentare nel suo essere metodo di comunicazione e, infine, di trasmissione dell’informazione.⁴ Il sistema narrativo al quale si riferisce uno specifico disegno o un modello risulta parte di un linguaggio che, nella sua grammatica compositiva, può essere interpretato sulla base del concetto di disegnare *da* e *per*, valutando ciò che si vuole rappresentare e le finalità della rappresentazione tramite, una riflessione, che in certi casi risulta implicita, fondata anche sulle metodologie di acquisizione del dato metrico.⁵ In accordo con Phelipe Queau - *Il virtuale è una neo-realtà fatta di astrazione e modelli matematici nella quale avviene un isolamento del tempo che perde linearità e spessore*⁶ - il vantaggio dell’ambiente virtuale sta nell’azzerare barriere e distanze, nel poter avvicinare oggetti e luoghi che nel reale sono distanti e difficilmente accessibili, ed è pertanto definibile come un’eterotopia⁷ del tempo, dove il tempo rimane sospeso accumulandosi all’infinito.

Come nel caso dell’oggetto reale, dove il tempo stratifica segni e forme che qualificano una superficie singolare che

complica la forma dello spazio, nel virtuale i dati si ordinano ma le connessioni si stratificano complicando le interrelazioni tra i dati.⁸ In questa maglia complessa i processi di tutela della qualità del dato diventano sempre più prioritari nella gestione dei modelli informativi. Lo scopo primario della disciplina della rappresentazione e del rilievo architettonico è la conoscenza dello spazio costruito, entro i limiti della realtà fenomenica.⁹ La natura del modello digitale non supera l’alterità tra modello e manifestazione fenomenica dell’oggetto.

Il *medium* di rappresentazione, ovvero il modello, è posto tra pensiero soggettivo e fenomeno reale. Dall’osservazione dell’oggetto il risultato sarà comunque una rappresentazione discretizzata del fenomeno, un processo di rielaborazione del dato nello scambio tra oggetto/fenomeno.¹⁰

All’interno dei protocolli di rappresentazione tridimensionale si individuano due fasi: una prima di rappresentazione e una seconda di informatizzazione del modello. Durante la fase di rappresentazione l’oggetto di analisi, che si parli di un territorio, di un edificio o di un particolare costruttivo, viene criticamente interpretato tramite l’attento studio delle geometrie che ne delineano una forma, valutando composizioni e configurazioni spaziali che discretizzano il *continuum* mediante una lettura semantica dello spazio. Questa ricerca è finalizzata all’indagine del valore del modello 3D come ‘strumento informativo rivolto alla disciplina della Rappresentazione, per la costruzione di scenari virtuali per la fruizione e la gestione del Patrimonio, in particolare di quello architettonico.

Le discipline della Rappresentazione e del Rilievo, nell’era della digitalizzazione, si sono ampiamente convertite al digitale e le strumentazioni che vengono utilizzate si sviluppano ed aggiornano di pari passo con l’innovazione tecnologica.

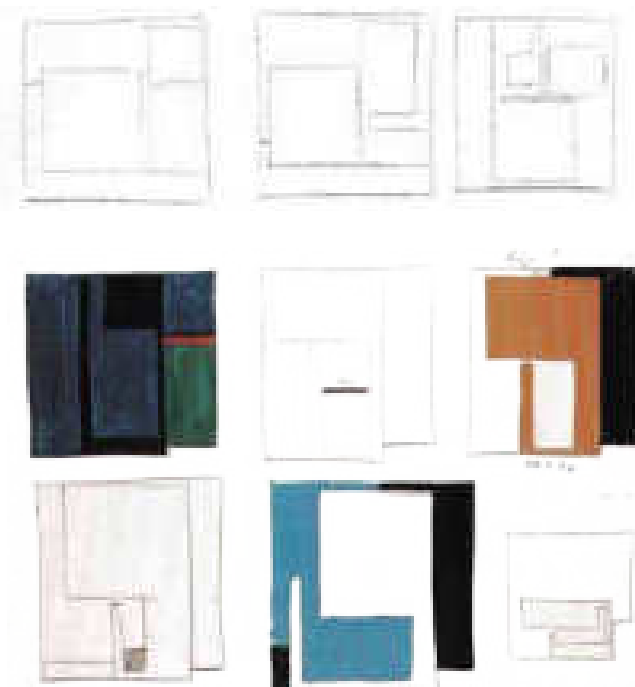
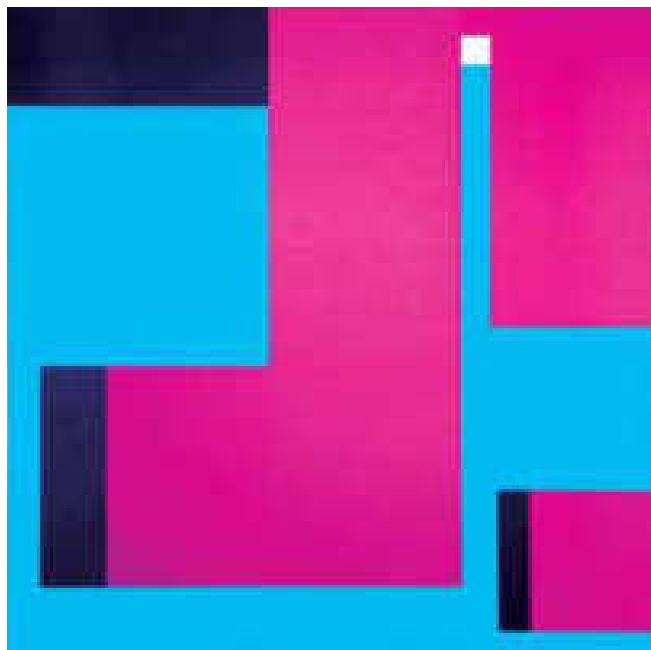
Oggi i modelli 3D, oltre che a fornire un supporto alla progettazione, sono di fondamentale importanza anche nel campo della conservazione, per registrare in modo permanente la forma degli oggetti e delle opere architettoniche esistenti, così che possano essere ‘tramandate’ alle future generazioni.

1.1 LA TRASFORMAZIONE DEL LINGUAGGIO NELLA CARATTERIZZAZIONE DEI DATI

“Mentre i negativi-positivi sono costruiti con tinte sature piatte, senza alcun segno “espressionista”, in uno spazio geometrico organizzato da ritmi rigidi, e dove tutto lo spazio è significativo; i segni sono invece delle forme appoggiate sul fondo, senza problemi di ambiguità percettiva, dove il valore è dato dall’energia, dal colore materico, dalle dimensioni, dai collegamenti, dagli spazi vuoti.”

Bruno Munari, Simultaneità degli opposti¹¹.

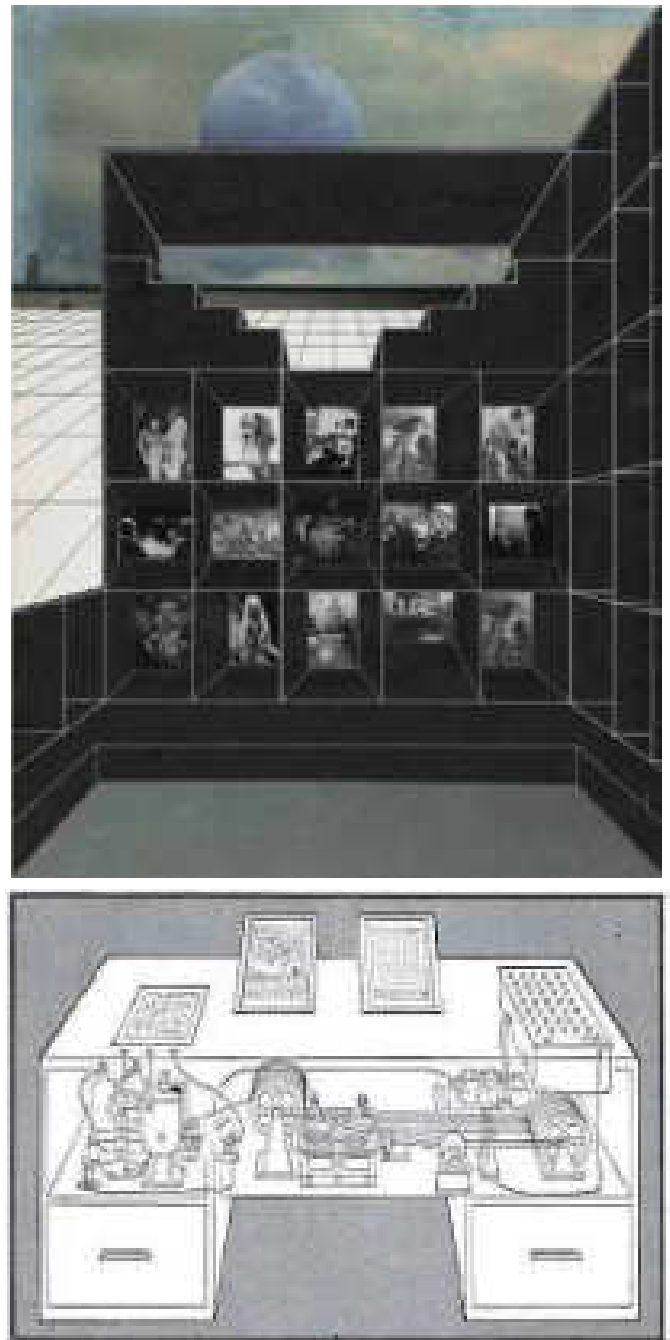
La cultura contemporanea è sottoposta ad un continuo processo di trasformazione degli aspetti della vita, della scienza, dell’arte e della società causata dalla “rivoluzione digitale”. Durante gli anni Novanta, nessuno dubitava che l’introduzione delle tecniche di rappresentazione ed acquisizione digitale stessero modificando il linguaggio della caratterizzazione dei dati nell’architettura.¹² Il virtuale¹³ a cui la società contemporanea fa riferimento oggi - *information modeling*¹⁴, applicazioni VR¹⁵ e AR¹⁶ - sono l’esito dello sviluppo tecnologico di evoluzione di un sistema rappresentativo, di come il nostro ordinare lo spazio sia riferibile a modelli computazionali e di come, nonostante il cambiamento del *medium*, resti invariato il fine di *rappresentare, di comunicare, di trasmettere* la conoscenza in maniera efficace. Questa configurazione del messaggio digitale mostra la sua utilità nel momento in cui ascende ad un livello comunicativo che non risente più dei vincoli culturali, ma si uniforma sovente a favore di un sistema di comunicazione della cultura sempre più proiettato verso la condivisione e la fruizione globale. In questo contesto culturale, le immagini assumono un ruolo preciso nello sviluppo dell’apprendimento, diventando il linguaggio del quale ci serviamo per comunicare l’informazione, di tipo prevalentemente visivo, e stabilire le modalità con cui tali informazioni possano venir veicolate per essere trasposte su diversi ambiti.¹⁷ Thomas Friedman¹⁸ all’interno di un suo saggio editoriale¹⁹ per il New York Times afferma che *“il mondo ha fatto un salto dalla connessione all’iper connessione”*²⁰ tale tendenza influenza il tipo di società umana, implicando un’inevitabile trasformazione Economica, culturale ed intellettuale. *“Noi diamo forma ai nostri strumenti dopodiché sono loro a plasmarci [...]diventeremo quel che osserviamo”*²¹. Una società che vive un parallelismo quotidiano tra vita reale e vita digitale, che abita quotidianamente architetture digitali, un futuro vissuto *online*, in contatto una linea invisibile che unisce le persone in un’interconnessione costante



In alto: **Fig.2** Bruno Munari, *Negativo-positivo*, 1993 litografia originale 75/100.

In basso: **Fig.3** Bruno Munari, *Negativi-positivi*, matita e tempera su carta, 1950, cm.35x50.

azzerando le distanze, - “che fine faranno coloro che non aggiungeranno il proprio stato?” - “che fine faranno quei monumenti che non saranno digitalizzati?”²² In un mondo digitale in cui è la non linearità, accessibilità, simultaneità ed interattività a dettare le regole della cultura contemporanea,²³ l'informazione diventa strumento catalizzatore sociale. Nella progettazione dello spazio digitale l'elemento informativo diventa parametro costruttivo che porta all'unificazione delle esperienze. La tendenza è quella che non basti più la condivisione delle informazioni ma che debba esserci una sincronizzazione costante e simultanea. Questo si materializza in un cambiamento del paradigma del linguaggio informativo e della comunicazione sia nel vivere quotidiano, attraverso la condivisione su *social network* e piattaforme di messaggistica istantanea, sia nella scelta dei mezzi di rappresentazione dell'architettura e dell'arte nell'accezione vasta del termine.²⁴ Tale meccanismo sociale ha ampiamente modificato il carattere dell'immagine dell'informazione, la digitalizzazione ha modificato le modalità di rappresentazione del pensiero e della forma dell'architettura cambiando il *medium* narrativo di visualizzazione del pensiero architettonico. In uno spazio ideale, svincolato dai limiti della materia, le categorie di spazio e tempo sono ampliate in una pluridimensionalità di possibilità e di scenari narrativi aperti e implementabili.²⁵ Il popolo digitale si trova quotidianamente a vivere in un parallelismo tra ambiente reale e stanze digitali di comunicazione e di esplorazione del mondo reale stesso. Sin dal primo dispositivo digitale nato per l'individuazione delle rotte aeree tedesche durante la seconda guerra mondiale, Wiener²⁶ parlava di teoria Cibernetica²⁷, una teoria della comunicazione, intesa attraverso una simbiosi macchina-uomo e basata in un interscambio di iterazioni e di *feedback* sui quali apportare delle correzioni per ridurre la quantità di errori. L'aspirazione è sempre stata quella di riuscire a condensare il sapere enciclopedico raccolto in masse di volumi all'interno di una scatola di fiammiferi, che potesse essere un supplemento utile come estensione della memoria delle persone. “La mente umana non lavora in questo modo. Essa opera in modo associativo. Avendo afferrato un concetto, essa salta istantaneamente al prossimo che viene suggerito dall'associazione di idee, in accordo con qualche intricata ragnatela di percorsi tracciata dalle cellule del cervello”²⁸ Questo era il concetto, alla base del pensiero di V. Bush²⁹ che gli permise di disegnare il progetto del dispositivo *memex*³⁰: un dispositivo per l'archiviazione delle informazioni in cui un individuo potesse memorizzare tutti i suoi libri, registri, comunicazioni e attraverso la



In alto: **Fig.4** La scatola modello rappresentata da Rem Koolhaas, Elia Zenghelis, Madelon Vriesendorp, Zoe Zenghelis Exodus, or the Voluntary Prisoners of Architecture: The Baths, 1972.

In basso: **Fig.5** Il progetto Memex di V. Bush, nel concetto primitivo di contenitore della memoria delle informazioni.



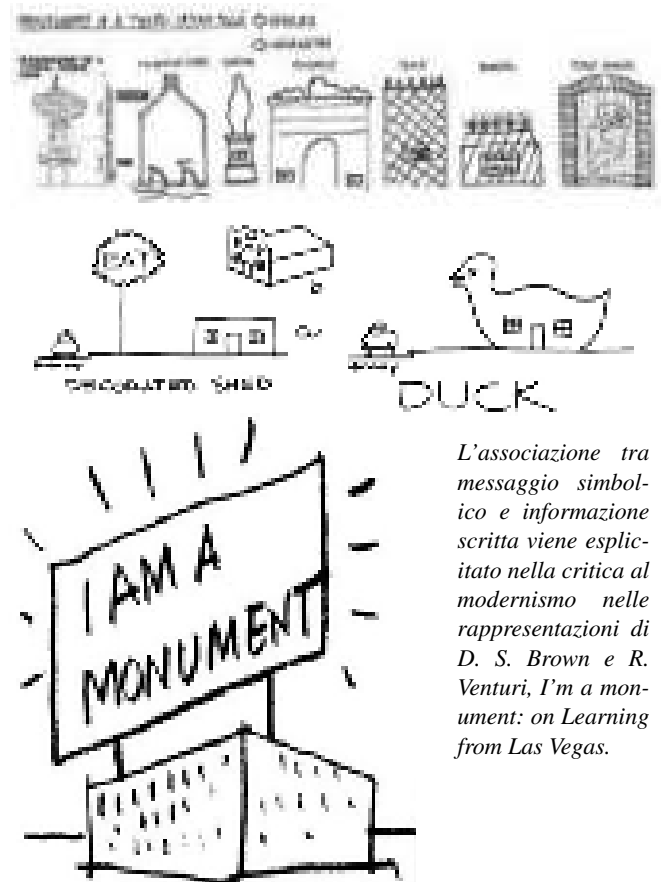
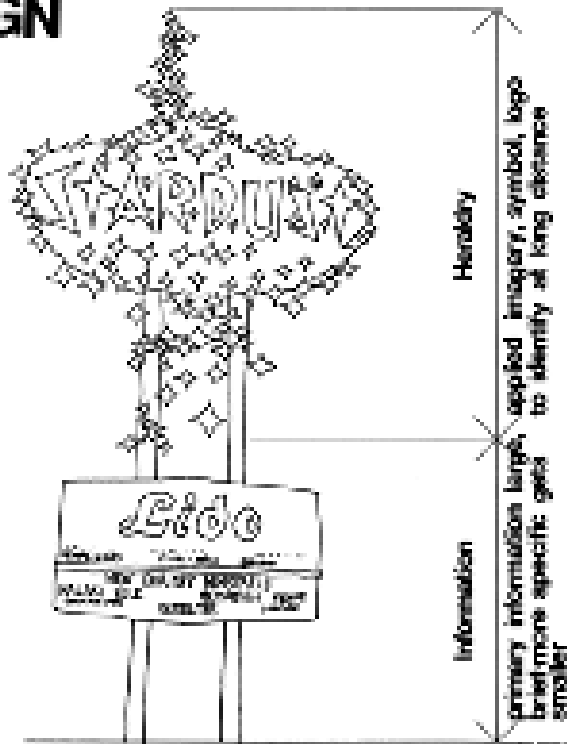
Fig.6 Nelle composizioni illustrative di Chris Ware viene proposto uno schema di rappresentazione che esplicita il concetto della selezione delle immagini attraverso i ricordi mnemonici, andando ad enfatizzare il concetto di ricordo. Chris Ware, *Building daughter* 2012.

meccanizzazione potesse essere consultato con velocità e flessibilità superiori. Bush lo descrive come un supplemento intimo di ampliamento della memoria dell'individuo³¹ in cui catalogare tutte le informazioni per poterle poi riconsultare al momento necessario.

L'idea di spazializzazione della memoria, era una tecnica di mnemonica³² conosciuta e utilizzata dagli antichi greci e romani e le "stanze della memoria"³³ sono il primo esempio della spazializzazione della conoscenza, basata sul concetto che per ricordare delle informazioni il nostro cervello ha bisogno di collocarle in uno spazio visualizzabile. Sarà possibile quindi ricordare una serie di dati collocandoli all'interno di uno spazio di ambienti virtuali tra loro interconnessi. In questa maniera il cervello associa allo spazio l'informazione e riesce a ricordarla orientandosi tra i dati informativi anche senza bisogno di una mappa logica di connessione tra i diversi luoghi della memoria.³⁴

Il concetto di spazializzazione della memoria e delle informazioni ritrova la sua fisicità nello spazio urbano contemporaneo. Le metropoli tendono al labirinto urbano e questo non può non modificare il ruolo dei progettisti e dell'architetto con i nuovi sistemi digitali telematici che trasformano le città in *e-topie*³⁵ collegate tra loro in una rete invisibile con il resto del pianeta. La tendenza è quella di far confluire le forme di virtualità anche all'interno della realtà urbana aumentando lo spazio con l'amplificazione delle superfici degli edifici che diventano un'architettura parlante, come una pagina bianca sulla quale rappresentare informazioni che diventano dinamiche. Lo spazio architettonico è del resto uno spazio che comunica significati sotto svariate forme, limiti, geometrie, tutto è un sistema di orientamento nel quale si scambiano informazioni. Le stesse architetture comunicano secondo molteplici canoni e modelli oltre ad essere esse stesse supporto per apparati comunicativi espliciti.

PHYSIOGNOMY OF A TYPICAL CASINO SIGN



L'associazione tra messaggio simbolico e informazione scritta viene esplicitata nella critica al modernismo nelle rappresentazioni di D. S. Brown e R. Venturi, *I'm a monument: on Learning from Las Vegas*.

Fig.7 Le media facades e il concetto di diffusione attraverso la cartellonistica viene schematizzato dal gruppo S. Brown, R. Venturi, S. Izenour attraverso codici di rappresentazione in cui viene sottolineata l'importanza del messaggio informativo.

Fin dall'antichità, le superfici degli edifici venivano utilizzate per il racconto con il disegno, come linguaggio codificato, per la rappresentazione di allegorie, battaglie, messaggi o insegnamenti; oggi tale tendenza è tradotta attraverso l'uso di sistemi di amplificazione dell'informazione come schermi e cartellonistiche luminose per la divulgazione.³⁶

Rem Koolhaas definisce questa tendenza come *Media facades*³⁷ - facciate che usano materializzazioni letterali di codici che appartengono a forme di comunicazione non architettoniche, come i media scritti o pittorici - attraverso due modalità: una linguistica, che utilizza per trasmettere informazioni attraverso il linguaggio verbale, e una sensazionale, che utilizza la facciata per stupire ed emozionare. Con l'avvento della semiotica digitale moderna l'architettura è diventata sistema amplificato con messaggi non architettonici, diventando sistema di comunicazione alle masse.³⁸ Le vetrate gotiche, nella storia, avevano già

dimostrato l'efficacia della luce utilizzata come dispositivo architettonico in grado di amplificare il messaggio non architettonico evocando sensazioni potenti.³⁹ L'informazione e l'architettura sono state indissolubilmente legate attraverso l'illuminazione, sia attraverso i display ancorati agli edifici, sia nell'utilizzo di apparati di illuminazione all'interno degli edifici, per cui il volume dell'edificio non è più solo architettura ma veicolo informativo.

Il concetto di *ipertesto*⁴⁰ ha cambiato il modo di memorizzare, organizzare e visualizzare le informazioni. "Immaginate se tutti i libri di informatica, di ingegneria elettronica o di matematica, tutte le riviste, i rapporti tecnici, gli atti delle conferenze, fossero un unico ipertesto, distribuito su scala mondiale, e accessibile da qualche rete collegata via satellite. Ogni riferimento potrebbe essere trovato immediatamente, i commenti dei lettori letti da tutti, e le correzioni apportate facilmente, ma sempre mantenendo un facile accesso alle

*precedenti versioni*⁴¹. Il concetto di collegare testi a sottoelementi multimediali, come immagini, filmati, suoni in un ordine non sequenziale, legati tra loro tramite dei link di richiamo che permettono la navigazione secondo la categorizzazione degli elementi, fa parte del nostro quotidiano in cui le ricerche sono sempre più personalizzate sulla base dell'uso e della crescita esponenziale degli apparecchi digitali nella sfera lavorativa e privata.

1.2 IL DISEGNO COME STRUMENTO DI LETTURA DELLE INFORMAZIONI

“L'occhio segue le vie che nell'opera gli sono state disposte.”
Paul Klee, *Pädagogisches skizzenbuch* (München, 1925)

Nella rappresentazione *en plein-air* è il gesto che definisce un segno che riassume e racconta il paesaggio. Il disegnatore utilizza un proprio codice grafico, fatto di segni e gestualità, scelto per la descrizione del luogo. Lo spettatore che osserva il disegnatore è istintivamente incuriosito ad indagare l'effettiva corrispondenza tra disegno e realtà. La disciplina della rappresentazione, per sua natura, nell'atto di riprodurre ricerca, attraverso le tecniche raffigurative, una conformità tra oggetto originale/copia, e ambiente reale/virtuale.⁴²

Nel 1800 il disegno diventò un'abilità con cui molti si confrontarono e proprio questo fenomeno fece aumentare le pubblicazioni di manuali *“how-to”*⁴³ che erano particolarmente interessate all'istruzione tecnica grafica piuttosto che all'istruzione della percezione visiva. Oltre a trascrivere l'esperienza in immagini, al disegno venivano associate delle annotazioni descrivendo la realtà in via indiretta, l'uso delle parole nel disegno allargavano la possibilità di ricezione del visivo⁴⁴. L'integrazione verbale successiva all'atto di vedere avviene attraverso il motore della memoria del soggetto che gioca un ruolo fondamentale nella trasposizione dell'informazione, in quanto connette lo spazio ed il tempo presente con esperienze antecedenti vissute in maniera diretta o indiretta.⁴⁵

Le rappresentazioni permettono uno *“spazio bianco”* come definisce M. Foucault e aprono uno *“spazio la cui struttura interna da origine al significato”* uno spazio da riempire attraverso il tracciamento dei ricordi legati all'immaginazione, dettato dalla scena attuale, dal territorio da esplorare, dall'oggetto da conoscere e dal tempo.⁴⁶

La digitalizzazione della comunicazione ha portato con sé, negli ultimi trent'anni, a un'enorme ripresa della grafica

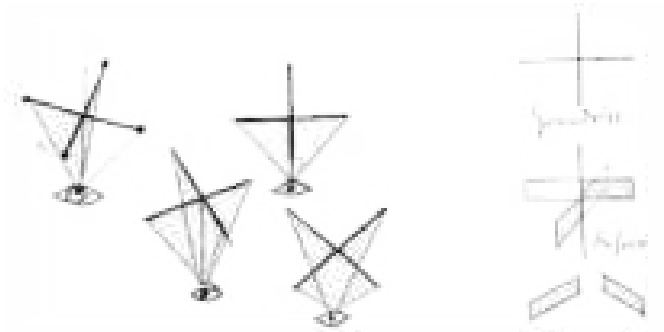


Fig.9 La lettura delle informazioni viene interpretata secondo la percezione visiva soggettiva, la stessa immagine se proposta a soggetti differenti sarà interpretata secondo un occhio critico differente basato sulla propria esperienza. Disegno di Paul Klee, in *“Teoria della forma e della figurazione. Il pensiero Immaginale”*.

delle informazioni e della visualizzazione assistita da computer. Per molti anni abbiamo visto come sono emerse continuamente nuove possibilità per presentare visivamente informazioni e nuovi strumenti tecnici in questo campo.⁴⁷ *“La scienza si trova di fronte a due ostacoli che programmatori, editori e ricercatori sviluppano idee su base giornaliera su come le informazioni visualizzate, grandi e piccole, potrebbero arricchire le nostre vite quotidiane in futuro. Nel mezzo di questo lungimiranza ne impediscono i progressi: in primo luogo l'incapacità dei nostri sensi di scoprire le verità e in secondo luogo l'inadeguatezza del linguaggio per esprimere le verità che abbiamo acquisito. L'oggetto del metodo scientifico è quello di eliminare questi ostacoli; il Metodo grafico raggiunge questo duplice obiettivo meglio di ogni altro.”* (Étienne-Jules Marey, 1878)⁴⁸

Persiste così l'idea che l'evoluzione della visualizzazione delle informazioni come suo strumento culturale sia avvenuta solo attraverso la digitalizzazione. Questa ipotesi è tuttavia incoerente. La codifica visiva delle informazioni, al fine di memorizzare e trasmettere i dati, non è propria della generazione Y⁴⁹ nativa digitale, ma esito di un'evoluzione di uno strumento culturale. La *visualizzazione delle informazioni*⁵⁰ indica una tecnica o un metodo funzionale per la produzione e la diffusione di conoscenza. Questo strumento comprende tutti gli aspetti della preparazione di informazioni o dati, il processo di codifica visiva e la conservazione e distribuzione di esso attraverso l'uso di molteplici mezzi visivi.⁵¹ Per secoli incisioni e litografie sono stati i media dominanti nella cultura occidentale per le opere di informazione. Difficilmente è possibile identificare

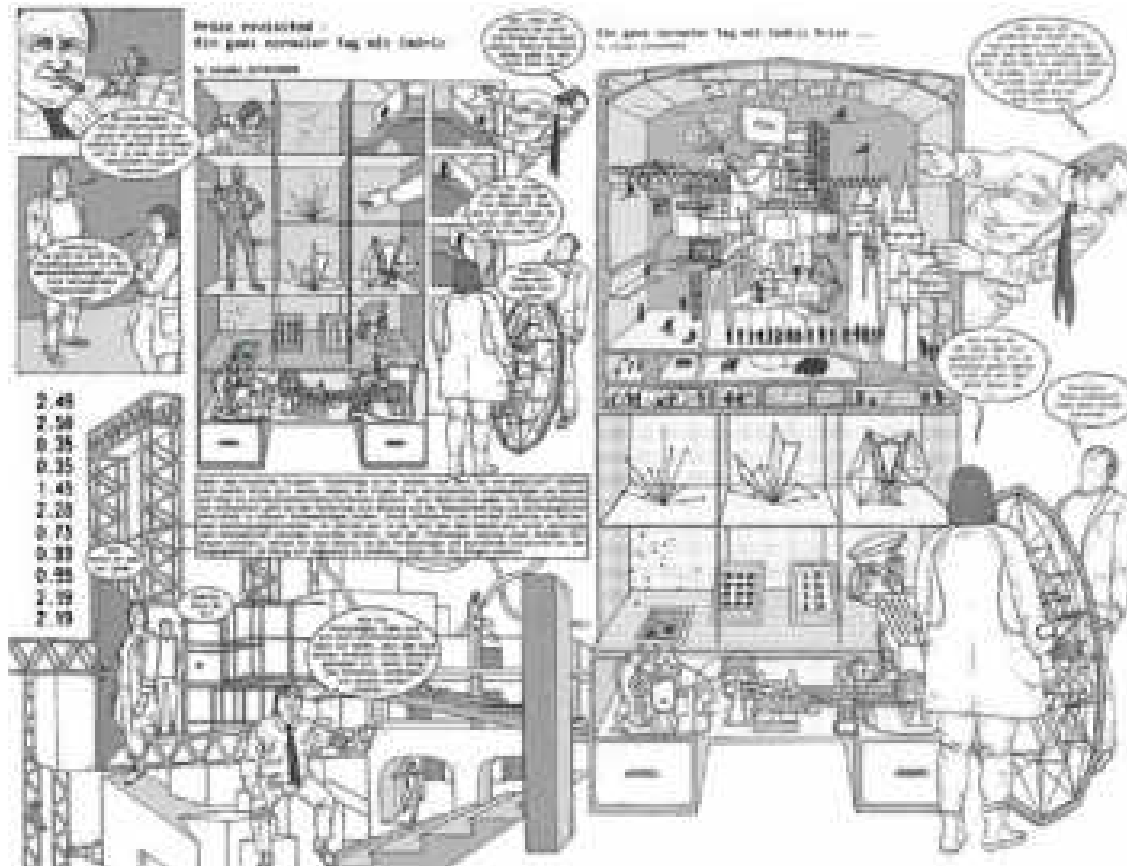


Fig.10 Lo studio ASYNCHROME ha pubblicato un capitolo spin off del loro manifesto a fumetti “Niemandräume / No Man’s spaces” nella rivista dello steirischer herbst 2015 e “Quer - Architecture magazine”, dove raffigurano un alter ego aprire una nuova porta nello “spazio della memoria collettiva”. Risulta evidente il richiamo al memex di Bush raffigurato nella macchina, generatore di modelli per l’archiviazione della memoria.

il momento chiave nella storia della visualizzazione quando tutto ha avuto inizio. Conosciamo esempi tratti dalla visualizzazione di società antiche, che appaiono come opere autonome su carta, nonché su libri, e all’interno dei successivi media di comunicazione come giornali o riviste.⁵² Il processo trasformativo attraverso il quale il materiale sorgente viene convertito in qualcosa di visivo implica una serie di passaggi automatici di pensiero attraverso i quali si tende ad enfatizzare e codificare visivamente alcune caratteristiche del materiale sorgente, mentre altre vengono ignorate⁵³.

La visualizzazione delle informazioni è quindi particolarmente legata all’esperienza soggettiva del disegnatore, si basa sulla codifica visiva delle informazioni selezionate, tramite cui è reso possibile il trasferimento delle conoscenze.⁵⁴ La parola abbreviata “infografica”⁵⁵ viene ancora utilizzata come nome generico per i diversi tipi di visualizzazioni di informazioni statiche o dinamiche.

Una fusione tra informazioni verbali e visive, in cui quelle visive sono dominanti rispetto alle verbali al fine di facilitare la lettura e il trasferimento delle informazioni.⁵⁶

1.2.1 Trasformazioni storiche dei metodi di rappresentazione grafica

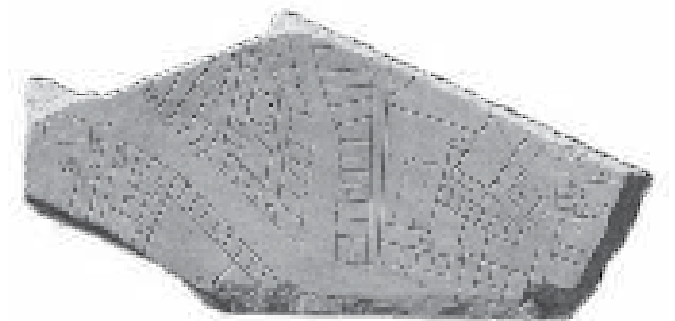
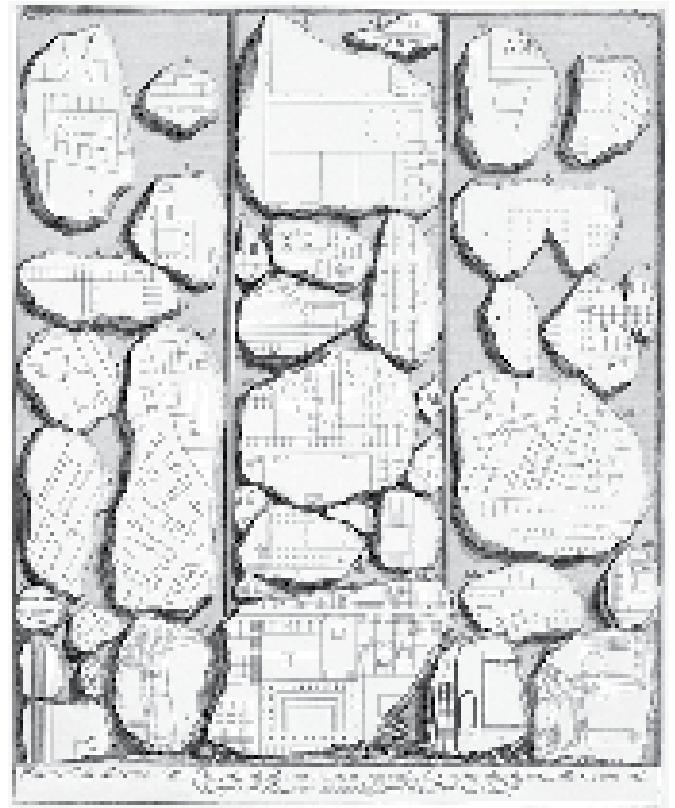
Prima del computer e della grafica digitale la riproduzione grafica non era l’unico mezzo concepibile per la produzione di una visualizzazione ma erano le mappe e diagrammi disegnati a mano, dipinti o scolpiti, nonché oggetti tridimensionali, come modelli anatomici o botanici, a supportare la rappresentazione informativa.

Il campo della visualizzazione delle informazioni comprende quindi non solo lo spettro delle forme di disegno, ma comprende anche l’enorme varietà di diverse tecniche e formati di rappresentazione tramandati nella storia.

Un noto esempio è il modello scolpito in marmo della città antica Roma, nota come *Forma Urbis Romae*⁵⁷, un precursore di modello informativo tridimensionale scolpito e applicato ad una facciata di un edificio.

Sybille Krämer, nei suoi testi, sottolinea come l'associazione di iscrizioni schematiche nel disegno conferisse “*potere cognitivo della figura*”.⁵⁸ Se poi le diverse rappresentazioni vengono tra loro schematizzate in un sistema ponderato, risulteranno più comprensibili a chi le legge.

In primo luogo sono i metodi-tecniche organizzative che sono orientati alla produzione di una struttura visiva. Gli elementi disposti sulla superficie, ad esempio, in una composizione di tipo matriciale o classificatorio, attraverso la generazione di una griglia in cui ordinatamente sono codificati i singoli campi ai quali è assegnato un valore specifico, semplificano la lettura visiva della gamma di valori.⁵⁹ Questo a sua volta ha dato origine ai metodi geometrici di codifica del piano dell'immagine. La superficie visiva è divisa lungo entrambi gli assi in unità misurabili. L'esatto posizionamento e dimensione di linee, curve o unità geometriche trasmettono dati numerici⁶⁰. Una delle forme astratte del diagramma per i dati quantitativi che ci sono conosciuti oggi - dai grafici a torta, ai grafici a barre e alle serie temporali ai grafici a dispersione e molti, molti altri - sono basati sulla quantificazione della superficie pittorica⁶¹. Queste tecniche si sono evolute in successione dal XVIII secolo, i diagrammi numerici hanno dimostrato di essere forme estremamente efficaci di rappresentazione delle statistiche. Un approccio finale alla codifica delle informazioni, nella superficie pittorica, sono metodi che possono essere classificati sotto il termine tecniche *mimetiche*⁶². A differenza delle tecniche precedentemente menzionate che interagiscono direttamente con la superficie, qui la superficie funge esclusivamente da forma-grafica composita che utilizza più di un metodo per codificare le informazioni: ad esempio linee temporali ordinate che quantificano solo una dimensione del piano pittorico, mentre l'altra dimensione è modellata da un sistema più aperto⁶³. La rappresentazione illustrativa è quindi semplificata e ottimizzata allo scopo delle informazioni, ad esempio organizzando sistematicamente o intenzionalmente i campioni anatomici o gli animali e le piante. Si deve a William Playfair⁶⁴, nel 1822 l'intuizione di utilizzare nuove forme di rappresentazione dei dati attraverso la rappresentazione delle forme che possano essere compresi ovunque e da tutti e, se possibile, senza la necessità di spiegazioni. Egli fu il primo a pubblicare tutti i comuni grafici statistici: il grafico a torta, il grafico a barre e il grafico a linee statistiche.⁶⁵



In alto: **Fig.11** Rappresentazione di Giovanni Piranesi del 1756 di alcuni frammenti di marmo della *Forma Urbis Romae*.

In basso: **Fig.12** Un frammento di una delle 150 lastre di marmo assemblate per oltre 18 m di larghezza per oltre 13 di altezza), un modello volto alla rappresentazione dell'area, comprensiva di tutta la città augustea, per un totale di oltre 4.000 ettari.

Questo rappresenta un noto esempio di come sin dall'antichità l'esigenza di rappresentare e raffigurare l'informazione venisse esplicitata attraverso la realizzazione di modelli, che aspiravano ad essere precursori degli attuali sistemi informativi.

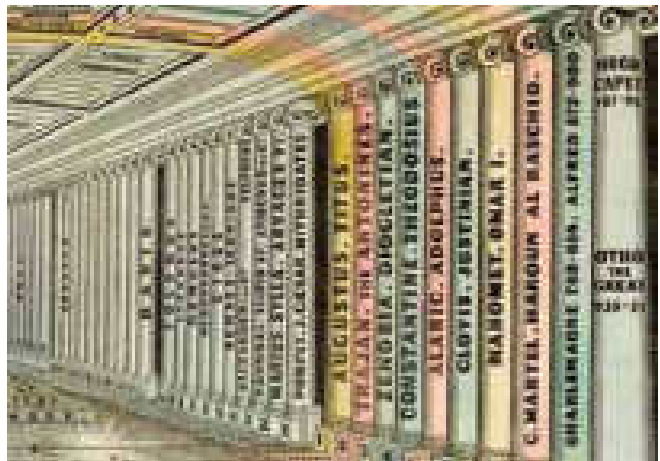


Fig.13 Alcuni esempi di rappresentazione infografica a sinistra la rappresentazione delle colate laviche del Vesuvio a destra la rappresentazione informativa inserita all'interno del modello di tempio "The temple of time", Emma Willard, early nineteenth century.

Le visualizzazioni di informazioni sono in gran parte codificate e richiedono numerose convenzioni, annotazioni e commenti di accompagnamento per essere comprese nel processo di "alfabetizzazione dei dati".

Lo strumento culturale di rappresentazione grafica per la trasmissione visiva della conoscenza ha da tempo rivendicato una posizione centrale tra il testo accademico da un lato e l'immagine artistica dall'altro, come un strumento intellettuale della cultura occidentale. Il termine "visualizzazione dei dati" significa quindi un gruppo specifico di lavori che consentono l'accesso a set di dati digitali multidimensionali in applicazioni interattive: "Statico" in contrasto con "animato" o "interattivo".⁶⁶ Un tipo specifico di informazione; nel contesto non forniscono un'unica storia uniforme di informazione o visualizzazione, ma piuttosto una strutturazione di livelli informativi di lettura. Il registro informativo non sempre risulta intuitivo spesso il fruitore,

per poter interpretare al meglio i dati, necessita di un buon livello di conoscenza di decodifica grafica.⁶⁷ Il processo di industrializzazione del XIX secolo ha profondamente trasformato le società occidentali: tecnologicamente, economicamente e socialmente.

Tale rivoluzione ha comportato un profondo cambiamento nella visualizzazione delle informazioni attraverso la crescita esponenziale nell'utilizzo della grafica delle informazioni, si può notare come alla fine del XIX secolo sia proliferato l'uso di mappe e diagrammi in molte aree della cultura mediatica.⁶⁸ L'invenzione della litografia alla fine del XVIII secolo e il suo ulteriore sviluppo in un processo di stampa a colori, fu fattore determinante.

Questa tecnica, in linea con i processi di produzione in serie industriale, segnò un significativo cambiamento portando ad un risparmio economico. Consentì tirature più grandi e portò ad una vera esplosione della cultura visiva nel XIX secolo.

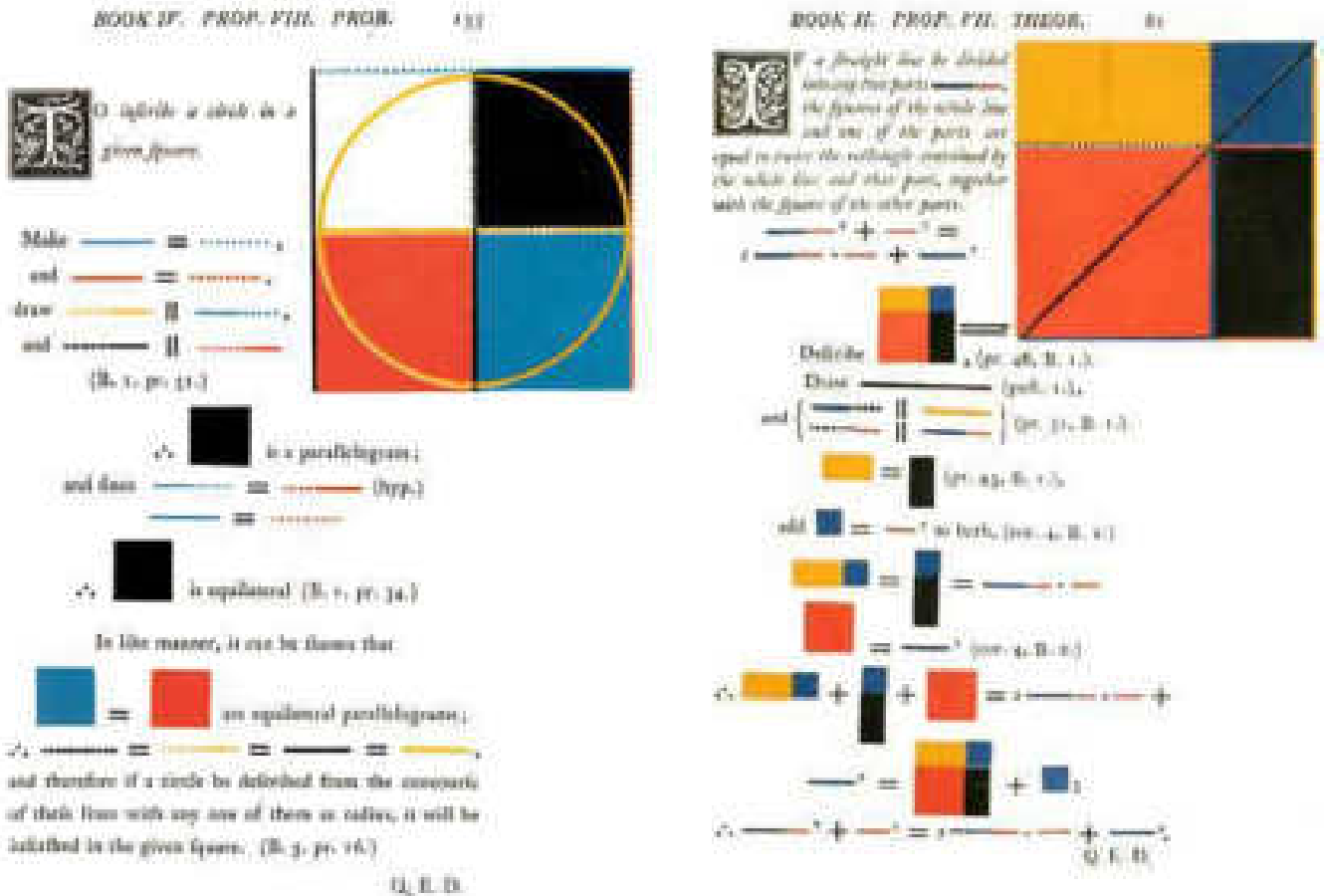


Fig.14 Alcune pagine tratte dal libro “Gli elementi di Euclide a colori” di Oliver Byrne 1847. Attraverso un processo di traduzione in simboli, Byrne propone una semplificazione del linguaggio matematico in una traduzione resa snella dall’uso di forma e colore.

Vengono così pubblicati i primi grafici di informazioni a colori in differenti formati: mappe, atlanti e poster.⁶⁹

L’evoluzione degli strumenti di rappresentazione infografica sono paralleli allo sviluppo della statistica come scienza, la raccolta dei dati per l’analisi ha bisogno di una rappresentazione per poter essere meglio interpretati. L’analisi e la visualizzazione dei dati sono state utilizzate anche in settori come quello della medicina come pratiche di ricerca complementari.

Usando i numerosi diagrammi e le mappe statistiche create nello studio del colera, ad esempio, gli epidemiologi hanno cercato relazioni causali tra vari fattori influenti⁷⁰.

Un esempio su come possa essere efficace un tipo di linguaggio semplificato nella storia dell’infografica è proposto da Oliver Byrne⁷¹ già nel 1847 nei sei libri “Gli elementi di Euclide a colori” dove attraverso il linguaggio grafico semplificato

tratta argomenti complessi come i teoremi matematici rendendoli di facile comprensione.

Tale trattazione non è soltanto una semplificazione della complessità del linguaggio analitico ma diventa anche una innovativa forma di rilettura di quella stessa complessità che permette di riformare anche altri aspetti.⁷²

Attraverso la definizione di un linguaggio grafico il modello architettonico ripresenta e si ripresenta, come nella mappa *The Temple of time* disegnata ad inizio Ottocento da Emma Wilard⁷³, un sistema che contiene informazioni quantificate e dimensionate, rese discrete, limitate in qualche modo attraverso il linguaggio grafico.⁷⁴

Il disegno di un modello implica la lettura di una complessità che viene filtrata da un’idea, un’idealizzazione del reale che viene disegnato e dunque interpretato secondo una lettura semantica per diventare parte di una forma che è il modello parametrico.⁷⁵



A sinistra: **Fig.15** Con la stampa e quindi la possibilità di produrre un testo in serie non solo ha rivoluzionato la diffusione della conoscenza in processo di produzione in serie, ma da quel momento è cambiato il paradigma del pensiero artistico ed industriale in cui tutto veniva concepito come prodotto in serie, multipli e copie.

A destra: **Fig.16** Con le opere di di Andy Warhol e di Jeff Koons, attraverso la composizione visiva ripetuta della immagini e delle opere scelte, il messaggio reale viene visualizzato e diffuso.

A partire dall'alto: Jeff Koons, Balloon Dog, Swan, Monkey (1994-2000); Andy Warhol Tse-Tung serie, 1973; Campbells Soup, 1962; Brillo box, 1964.



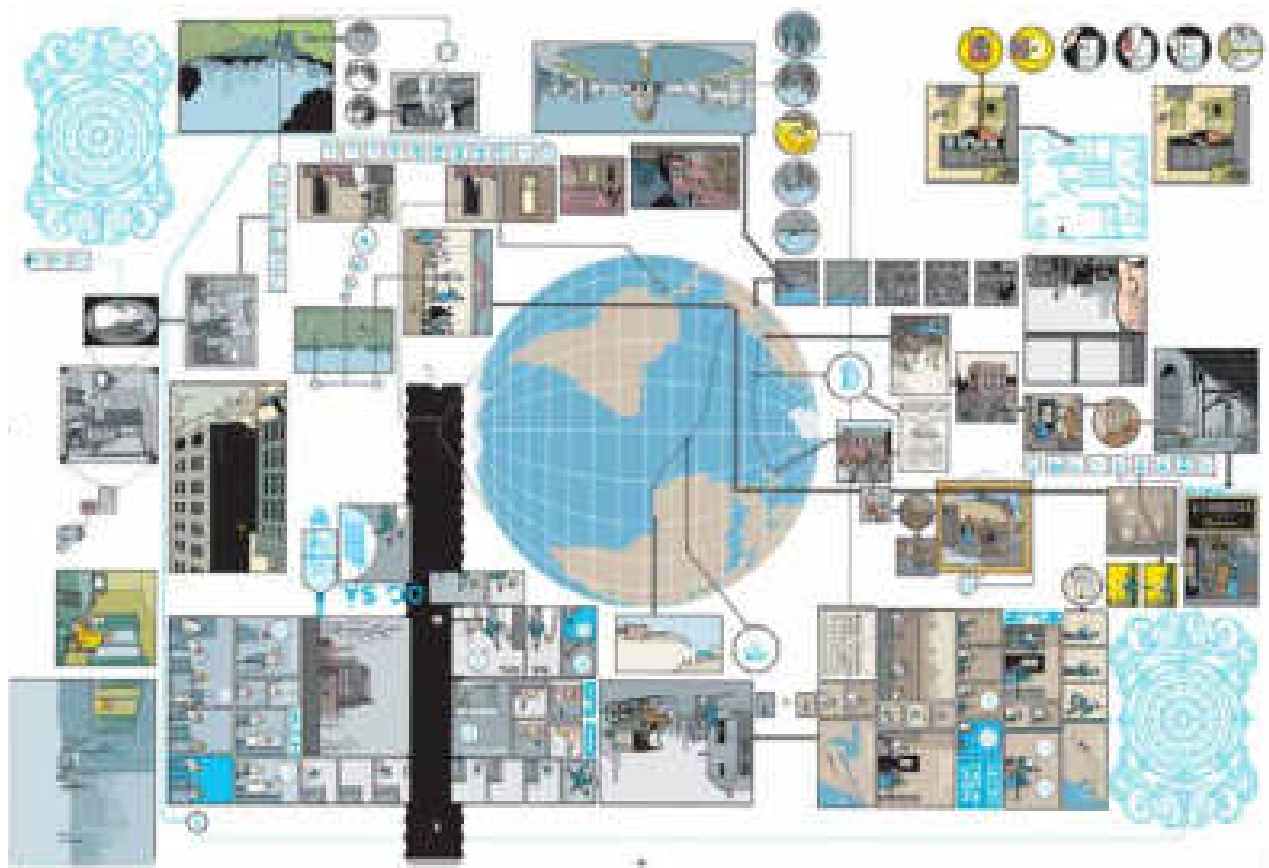


Fig.17 Da un punto di vista semiotico, l'intero fumetto è una serie di segni, ma Ware con il suo modo di raccontare lo rende ovvio le sue rappresentazioni sono ideogrammatiche, offre un campo grafico ricco, egualitario, in cui testo e immagine operano costantemente su diversi livelli, allo stesso tempo. Jimmy Corrigan, *The Smartest Kid on Earth*. Copyright: Chris Ware / Pantheon.

Dall'inizio del XX secolo la divulgazione della grafica delle informazioni viene inserita all'interno di nuovi contesti e usi per i libri di scienze dell'informazione, grafici a parete e ausili visivi nelle scuole e nelle mostre. Oggi le informazioni grafiche sono onnipresenti: sui giornali, sui siti Web e nei libri popolari di ogni tipo. Dal punto di vista estetico il design moderno ha avuto un ruolo importante nel XX secolo. Molti designer hanno cercato di trovare un linguaggio visivo contemporaneo, anche nella creazione di infografiche. Una seconda trasformazione, ancora più profonda, è emersa con lo sviluppo delle tecnologie digitali. Iniziò così una rivoluzione della tecnologia dei media, che ha influenzato la pratica della visualizzazione delle informazioni in modi che fino ad oggi non sono completamente verificabili. Il processo di produzione della grafica delle informazioni è parzialmente o interamente automatizzato. Negli anni '60, ci furono tentativi iniziali di automatizzare il processo di raccolta dei dati e la

loro trascrizione in mappe statistiche. Sono gli anni in cui la rappresentazione anche nell'arte scopre la produzione in serie con le opere prima di Andy Warhol e poi di Jeff Koons.⁷⁶ Le immagini impresse nelle serigrafie di Warhol fanno parte dell'arte pop del primo dopo guerra in cui le immagini diventano o riferimenti diretti del mondo reale o simulacri dell'oggetto rappresentato.⁷⁷

“Mi piace che le cose siano sempre *esattamente* uguali all'infinito.[...] Non voglio una cosa fondamentalemente uguale: la voglio esattamente uguale. Perché più tempo passi a guardare la stessa identica cosa, più il significato scivola via, e meglio - e più vuoto - ti senti”.⁷⁸ Per Warhol la rappresentazione dell'immagine reale non è né simulazione né simulacro, attraverso la ripetizione, vuole schermare una realtà che è stata percepita come traumatica.⁷⁹ Warhol, incarna il pensiero dell'epoca, per le sue opere sceglie immagini selezionando specifici momenti che hanno scosso

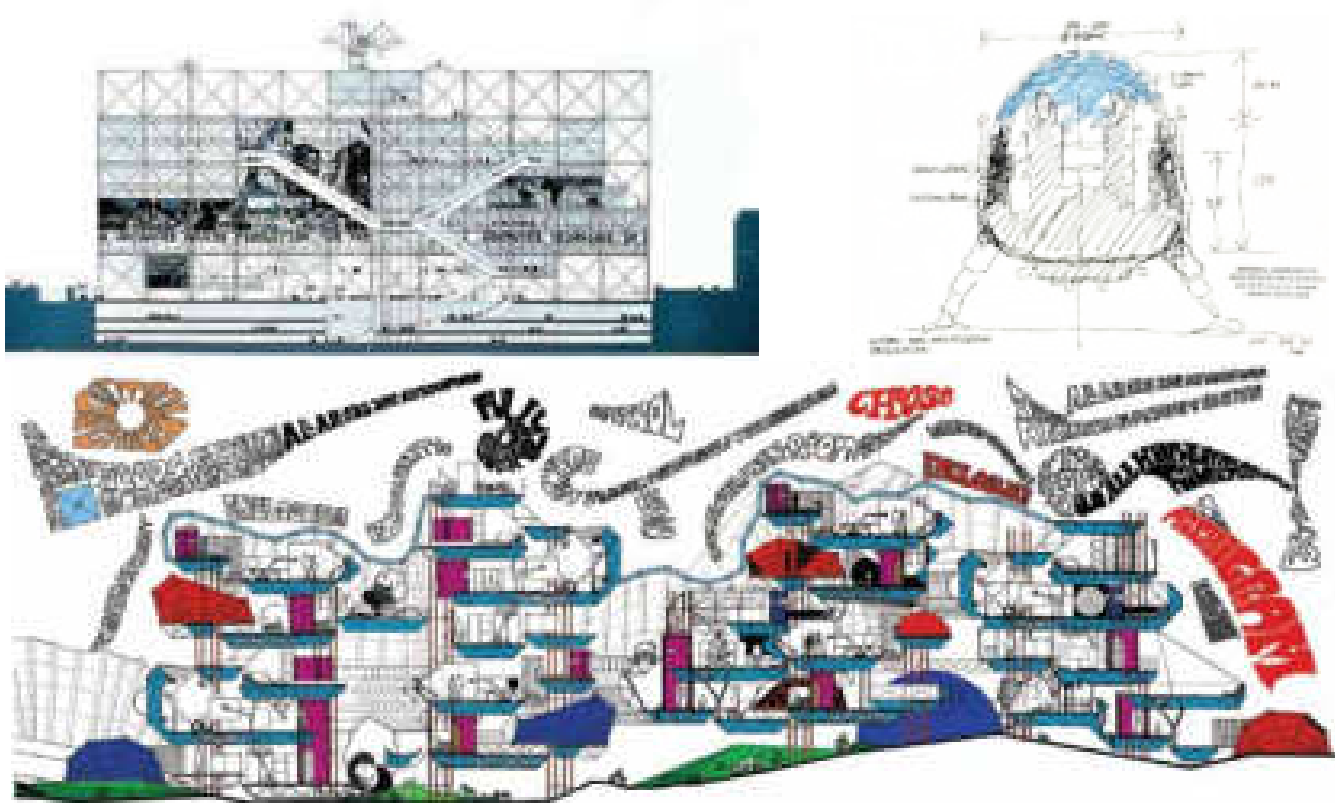
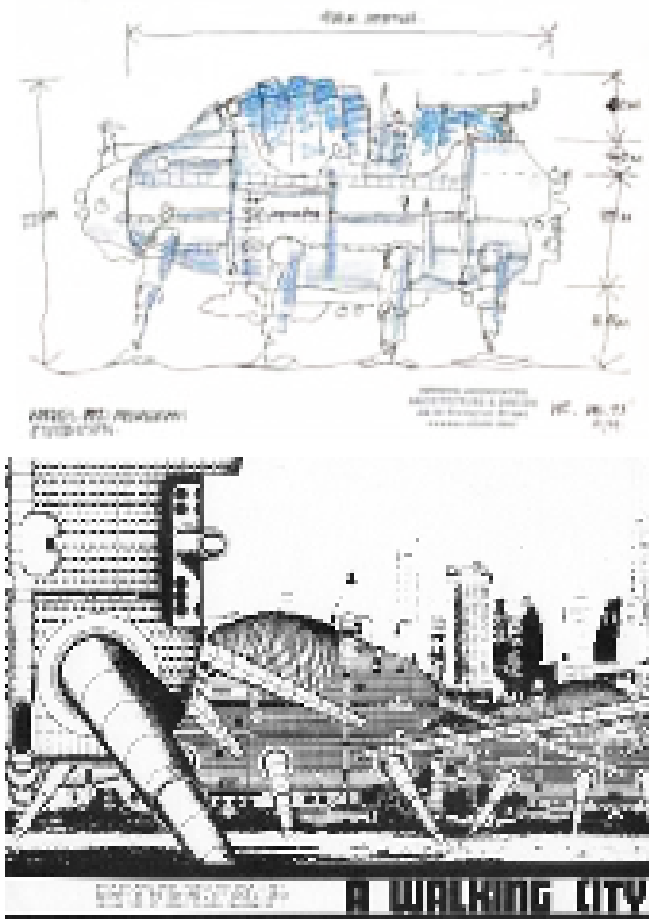


Fig.18 L'effetto della cultura pop viene esplicato nei progetti d'avanguardia del gruppo Archigram in cui si possono leggere la tendenza legata alla nascita del consumismo di massa e al progresso tecnologico. "...qualcuno una volta mi ha detto: 'Non vuoi vederlo costruito, non vuoi essere un architetto?' A mio avviso, i presupposti dietro queste domande tradiscono un malinteso su ciò che rappresenta il lavoro di Archigram. Una sua lettura errata come un insieme di proposte, un insieme di finestre attraverso le quali vedere un "mondo nuovo", è solo un rigurgito piuttosto patetico del dogma che afferma che i disegni architettonici sono rappresentazioni di qualcosa che vuole diventare." David Greene.

la società. Attraverso la composizione visiva ripetuta della immagini scelte, da Warhol applica un primo filtro di rappresentazione - il messaggio reale viene così visualizzato e poi filtrato e assimilato dallo spettatore - in questo processo le immagini vengono assimilate ed esorcizzate⁸⁰ - "Quando osservi all'infinito un'immagine terrificante, non ha più alcun effetto".⁸¹ Il passo successivo lo si ebbe all'inizio degli anni '90, in cui la ricerca intensiva sulla visualizzazione è entrata nel dominio digitale. In questo contesto, non solo sono state sviluppate e testate nuove forme visive di rappresentazione, ma sono state anche studiati i principi di ricezione, percezione e leggibilità delle visualizzazioni. Non si tratta solo della corretta rappresentazione di fatti e dati, ma anche di navigazione e accessibilità di grandi quantità di dati a supporto dell'interazione uomo-computer⁸² in una mistificazione del reale. Nel 1992, il tentativo messo a punto dalla Columbia University con il *Paperless Studio*⁸³, di utilizzare i computer

per la progettazione architettonica, venne considerato da molti un azzardo. Da quel momento l'ausilio di software per il disegno è diventato lo strumento fondamentale e standard professionale per la rappresentazione.⁸⁴ La conseguenza più immediata dell'uso del computer è senza dubbio la possibilità che offre di manipolare geometrie complesse. La topologia morfologica non è l'unica dimensione da prendere in considerazione. Nel tentativo di andare oltre la semplice seduzione di forme prodotte al computer, gli architetti sono diventati sempre più interessati ai principi fondamentali coinvolti nella progettazione parametrica e nelle possibilità di rendere tale tipo di modellazione un tipo di rappresentazione informativa, utilizzando le superfici per l'associazione al modello di contenuti informativi. Questo dal settore della progettazione sta ampliando la trattativa verso la ricerca di un metodo di informatizzazione dei modelli anche per la conservazione storica dei beni culturali.



La presenza pervasiva di apparecchiature digitali comporta una ridefinizione significativa non solo dei nostri codici di visione, attraverso proprietà come lo *zoom digitale*, ma anche del nostro legame con il rimodellamento della nostra esperienza del mondo fisico attraverso la sua digitalizzazione. “Noi dell’età moderna abbiamo due tipi di corpo [...] Il corpo reale che è collegato al mondo reale per mezzo di fluidi che corrono all’interno, e il corpo virtuale collegato al mondo dal flusso di elettroni.”⁸⁵ Gli individui attraverso la connessione digitale stanno cambiando, insieme alle sensazioni e percezioni⁸⁶. Le trasformazioni che stiamo osservando oggi sono inseparabili da condizioni come la globalizzazione. Come hanno dimostrato storici come James Beniger, Alfred Chandler e James Cortada, è stata la società dell’informazione a rendere possibile l’invenzione del computer, non il contrario.⁸⁷ Alcune caratteristiche dell’architettura digitale possono essere comprese solo in questa estesa prospettiva storica. Una visione

d’insieme dell’itinerario che conduce dall’avvento della società dell’informazione all’avvento della cultura digitale e dei modi in cui ha avuto un impatto sull’architettura.⁸⁸ Tuttavia le tecnologie digitali, ormai onnipresenti, hanno cambiato in modo significativo il paradigma in cui l’opera architettonica è progettata, regolamentata, e ricordata. Etimologicamente, oltre che politicamente, la nozione di rivoluzione implica che qualcosa è o è stato capovolto⁸⁹. Dall’inizio dell’età moderna e fino a poco tempo fa la domanda culturale e l’offerta tecnica di copie identiche sono aumentate in sincronia: copie identiche hanno ispirato una nuova cultura visiva. Alberti, definiva un edificio come la copia identica del progetto dell’architetto.⁹⁰ Dopo la rivoluzione culturale di Alberti, la seconda ondata di copie identiche arrivò anche nel settore dell’architettura, come nell’arte, con la rivoluzione industriale e la produzione in serie di copie identiche da modelli digitali, matrici, stampe, stampe tridimensionali.⁹¹ La standardizzazione industriale genera economie di scala - ed è sinonimo di modernità architettonica. Tutto ciò che è digitale è variabile e la variabilità digitale è postulata dal continuo upgrade delle tecnologie, in particolare gli strumenti computazionali odierni di rappresentazione dell’immagine di cui fa uso la materia dell’architettura sono in un continuo dinamismo evolutivo, aggiornamenti mensili in cui le tecniche di rappresentazione affinano il potere di mistificare il reale. Affermare se tali processi di informatizzazione e rappresentazione del dato risulteranno efficaci sulla base della loro storia recente è prematuro, quello che questa ricerca vuole sottolineare sono le possibilità di applicazione delle nuove tecnologie informative per la prevenzione e la valorizzazione del patrimonio culturale. Nel rinnovamento del messaggio informativo il modello digitale affronta nuovamente quelle tensioni che ne connotano l’identità formale, modificando l’affidabilità metrico morfologica e le qualità che ne aumentano la verosimiglianza e la corrispondenza al reale, in funzione di parametri maggiormente caratterizzanti altri aspetti non strettamente connessi alla forma. Se da un lato la tendenza è quella fare corrispondere quanto più possibile il modello digitale all’oggetto reale, la sintesi della complessità si orienta su criteri di approssimazione della forma e di limitazione dell’imperfezione a vantaggio di una standardizzazione delle componenti formali del costruito e di una più facile computazione e interazione con l’elemento modello. Sono i criteri di utilizzo e di comunicazione che definiscono le modalità di costruzione della forma per ritrovare nella grafica e quindi nella definizione di un linguaggio grafico del modello lemmi utili a rendere di più facile comprensione concetti che possono essere anche complessi.⁹²

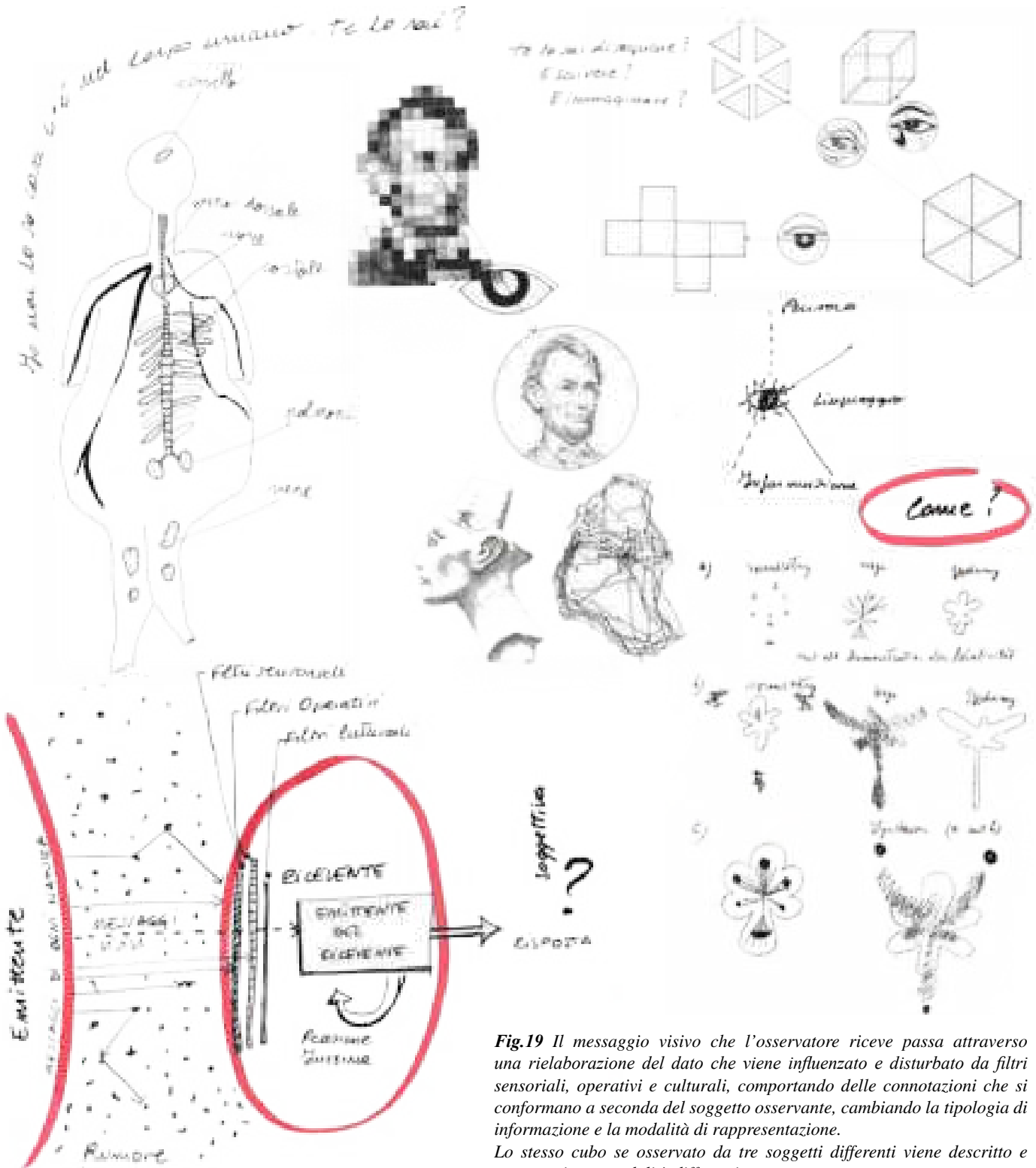


Fig.19 Il messaggio visivo che l'osservatore riceve passa attraverso una rielaborazione del dato che viene influenzato e disturbato da filtri sensoriali, operativi e culturali, comportando delle connotazioni che si conformano a seconda del soggetto osservante, cambiando la tipologia di informazione e la modalità di rappresentazione. Lo stesso cubo se osservato da tre soggetti differenti viene descritto e scoposto in tre modalità differenti.

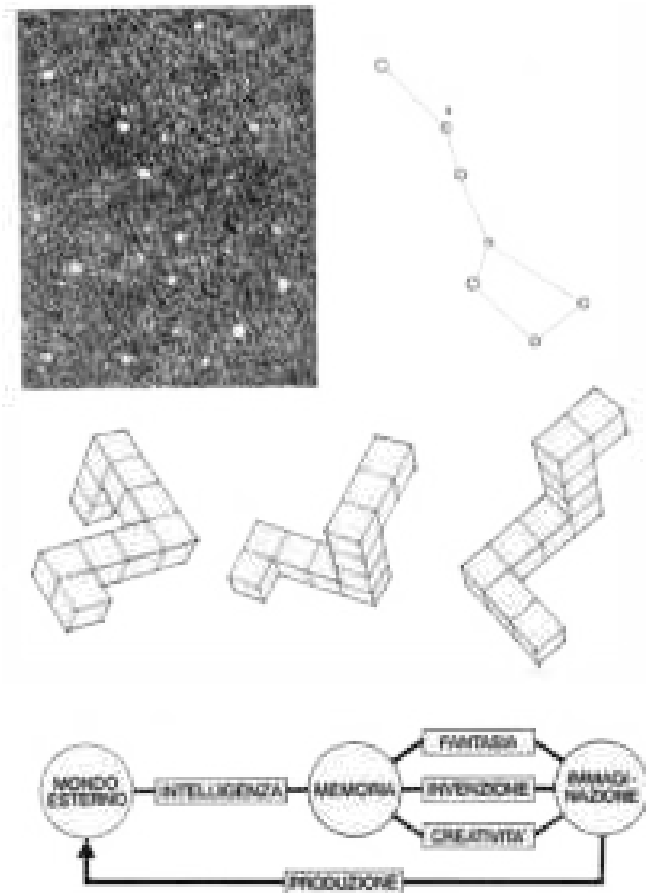


Fig.20 L'azione del vedere e rappresentare un'immagine è suddivisa nelle fasi di ricezione, organizzazione ed identificazione, ed assumerà una configurazione specifica influenzata dalla fantasia, invenzione e creatività del disegnatore.

1.3 IL DISEGNO, COME GRAMMATICA DEL MODELLO PER LA CODIFICAZIONE DELLO SPAZIO

“Una visualizzazione è un modello che funge da condotto tra un modello mentale nel cervello del progettista e un modello mentale all'interno del cervello del pubblico.” Josephine Livingstone, 2016.

L'atto della rappresentazione del mondo reale è un gesto di interpretazione o di ricezione del visivo strettamente legato non solo alla semplice capacità personale di vedere, ma riguarda anche una selezione percettiva del soggetto sul *come* e *cosa* vedere.⁹³ La visione è un'azione passiva dell'apparato neurobiologico di ricezione di stimoli produzione di esperienze visive, fortemente influenzata dalla singola esperienza del soggetto, che, nel momento della crescita, sviluppa dei meccanismi di percezione delle immagini grazie alla

continua interazione con l'ambiente, creando al suo interno una memoria atta ad anticipare le risposte comportamentali in base alla sollecitazione a determinati stimoli.⁹⁴ Lo sviluppo della capacità di risposta percettiva agli stimoli dell'apparato visivo avviene, secondo la teorizzazione di G.M. Edelman⁹⁵, durante i primi anni di sviluppo dell'apparato cerebrale, durante i quali il bambino secondo gli stimoli con cui viene a contatto, “allena” il proprio cervello a raffigurare le cose sulla base della propria esperienza cognitiva.

Questo lascia intuire quello che viene esplicitato all'interno della sua teoria (TSGN - The theory of Neuronal Group Selection) dove viene affrontato l'argomento della percezione del singolo, definita come un meccanismo tramite il quale un organismo dotato di più modalità di ricezione sensoriale arriva a discriminare “oggetti” ed “eventi” distinguendoli da uno sfondo (background) di stimoli che non si presenta preorganizzato in tale forma.⁹⁶

Dal punto di vista di un organismo neonato di qualsiasi specie, argomenta dunque Edelman, il mondo si presenta come un luogo “non etichettato” (*unlabeled*), in cui “Il numero di potenziali partizioni in “oggetti” ed “eventi” (...) è enorme, se non infinito”. (Edelman, G.M. 1987)

L'evoluzione del sistema nervoso, a livello fenotipico, avviene tramite la generazione individuale della “categorizzazione” degli aspetti salienti dell'ambiente, questo processo permette lo sviluppo della memoria e delle capacità di apprendimento.⁹⁷ In assenza di un assetto predefinito delle “cose” e di valori assoluti ad esse corrispondenti, la categorizzazione percettiva viene effettuata in base ai fattori che sono - per Edelman - da un lato significativi e dall'altro disponibili per i diversi organismi percipienti.⁹⁸

Durante il processo di ricezione degli stimoli ambientali viene operata una prima rappresentazione, che può essere di tipo visivo, uditivo, tattile, olfattivo o gustativo, in una traduzione in proprietà neuronali⁹⁹ che vengono mappate in determinate regioni della corteccia cerebrale che sono in grado di trasmettere la tridimensionalità dello spazio.¹⁰⁰ Percepire e rilevare uno spazio diventano dunque sinonimi del processo di elaborazione e lettura della composizione tridimensionale.¹⁰¹ Due sono le fasi distinguibili del processo che porta il disegnatore a mediare e rappresentare l'opera reale nel suo *archetipo*¹⁰² di rappresentazione: la raccolta dei dati e la restituzione/comunicazione tramite il disegno del dato rilevato e quindi rielaborato.¹⁰³

Il disegno - affermava Purini - è possibile associarlo a due forme geometriche: un quadrato ideale, poiché contiene quattro aspetti principali il vedere, il pensare, il comunicare, il ricordare; e un triangolo i cui vertici rappresentano le azioni della rappresentazione, catalogazione e immaginazione.¹⁰⁴ Un linguaggio, quello della rappresentazione, che forma la figura dell'architetto nella lettura dello spazio che lo circonda attraverso un'azione di *conoscenza*.¹⁰⁵ Una forma di educazione alla rappresentazione dello spazio per dare vita espressiva a nuove progettualità e a testimonianza tramite le azioni di documentazione del passato. Il disegno nasce, non come strumento per la comunicazione, ma come strumento del ricordo, per poter riconoscere quello che viene rappresentato è necessario conoscerlo, ed aver stabilito dei codici di lettura di trasformazione del disegno in un linguaggio. Tale concetto ribadisce la soggettività della rappresentazione e della lettura del rappresentato.¹⁰⁶ Tale concetto porta a sostenere la stretta analogia che intercorre tra il percepire, rilevare e quindi il conoscere. Portando con sé il concetto di limite, come ogni linguaggio il disegno non arriva

alla rappresentazione *perfetta* della realtà, rimane pur sempre una rappresentazione *imperfetta*¹⁰⁷ che con il cambio degli strumenti, ha teso a colmare tale limite dell'imperfezione in una continua ricerca dell'emulazione dello spazio reale. Dal disegno manuale la sua automatizzazione attraverso i sistemi di rappresentazione digitale CAD¹⁰⁸ (*Computer Aided Design*) introdussero una grande rivoluzione nel mondo delle tecniche di rappresentazione architettonica, che fu da un lato, come accade per ogni rivoluzione, criticata per la sua perdita della personalità insita nel tratto del segno grafico della penna che scorre sul foglio di carta. Il segno è intimamente legato con la personalità del disegnatore che riemerge, come nel tratto calligrafico¹⁰⁹, attraverso il gesto grafico di libertà ed estetica. L'anonimato della rappresentazione digitale, ha portato alla definizione di codici stilistici che attribuissero alla rappresentazione elettronica un'impronta soggettiva che risulta comunque carattere identitario riconoscibile. Come accadeva nei disegni di Le Corbusier, F.L.Wright, Ludwig Mies van der Rohe, i disegni dei giganti moderni, P. Eisenman, Zaha Hadid, Renzo Piano, Tadao Ando, Herzog and de Meuron sono simbolo di riconoscibilità stilistica utilizzando le diverse tecniche di rappresentazione e modellazione digitale. Le città, luoghi nei quali le informazioni si concentrano, vengono rappresentate tramite un loro *avatar* digitale¹¹⁰, che non è altro che un'espansione spaziale condivisibile sulla quale vengono sviluppate sempre un numero maggiore di app e tecnologie che vanno a riprodurre informazioni e servizi in base a diversi criteri di caratterizzazione del dato (utente/utilizzo). In questa estensione dell'immagine che muove una riformulazione mediatica dell'identità dei luoghi e, più in generale, una riformulazione dell'identità della rappresentazione, la documentazione del patrimonio storico affronta il tema della riproducibilità digitale degli spazi mediante una loro riconversione in piattaforme di comunicazione. Se consideriamo ogni città, i propri luoghi e monumenti come opere uniche ed irriproducibili si propone il problema dell'individuazione dei riferimenti attraverso l'uso di schemi formali, di simboli grafici generalizzabili e ripetibili di riferimento sui quali poter delineare delle linee guida di rappresentazione che possano riprodurre e comunicare diversi tipi di informazioni da quelle finalizzate alla rappresentazione visualizzazione dell'oggetto a quelle di approfondimento di carattere tecnico descrittivo, relative al dato metrico, a parametri ed attributi che consentono ai modelli digitali di essere ordinati ed interrogati sulla base degli attributi che li vanno a definire¹¹¹. Nella scelta informativa per la valorizzazione del patrimonio costruito è

necessario porsi l'interrogativo su quali siano gli elementi di pregio delle città e dei monumenti, di quali siano gli oggetti e i luoghi che sono valutati come elementi da preservare. Si pone, in primo luogo, il problema dell'individuazione delle componenti attraverso la costruzione di schemi formali o comunque entro certi limiti ripetibili, per la rappresentazione delle unicità di ogni singolo caso.¹¹² Il tema della riproducibilità del patrimonio storico delle città, tiene il dibattito aperto sulle problematiche di strutturazione e condivisione di una tipologia di linguaggio fatto di segni e simboli che possa esser codificato attraverso l'individuazione di specifici livelli di lettura. In accordo con C. Norberg-Schulz, "La divisione in livelli prevede la gerarchizzazione dello spazio e l'identificazione dei luoghi naturali, generali, ai quali sono subordinati i luoghi artificiali. I luoghi naturali contengono i luoghi artificiali di livello inferiore, questi ultimi hanno funzione di raduno e focalizzazione. L'uomo riceve l'ambiente e lo focalizza su edifici e cose. Così le cose spiegano l'ambiente e ne manifestano il carattere, divenendo a loro volta significative."¹¹³ Attraverso la disciplina della rappresentazione si sviluppa la costruzione di un linguaggio grafico nel quale la complessità del reale viene ridotta in favore di una comunicazione selettiva delle informazioni. La teoria di Berthoz¹¹⁴, introduce il concetto di *semplicità* caratteristica sviluppata dall'uomo per la gestione della complessità.

La capacità di conferire una struttura compositiva e un'identità dell'ambiente, che si esplicita nella raffigurazione di una mappa mentale¹¹⁵ è condizione propria e necessaria degli esseri viventi. La rielaborazione dello spazio in una mappa mentale è necessaria per l'orientamento dell'individuo. L'apparente semplicità dei processi di rielaborazione mentale insiti nella natura dell'uomo nascondono, una complessità delle azioni di *forma mentis*¹¹⁶. Per produrre una mappa mentale esaustiva, sostiene Cullen, è necessaria l'azione del movimento all'interno dello spazio ancora "inesplorato" e quindi non conosciuto. L'azione del movimento è direttamente proporzionale al conoscere, poiché va ad aggiungere alla visione statica e quindi limitata, la componente spazio-temporale, che attiva meccanismi ricettivi automatici di telerilevamento innescando l'immagine figurativa mentale nel soggetto che osserva. Con la variazione dei punti di vista, l'individuo sarà in grado di registrare delle informazioni utili all'orientamento spaziale. Il cinematismo dell'azione di scoperta dello spazio conferisce differenti sequenzialità di immagini qualificando i differenti rapporti di percezione tra elementi vicini e lontani che vanno a qualificare la scena.¹¹⁷

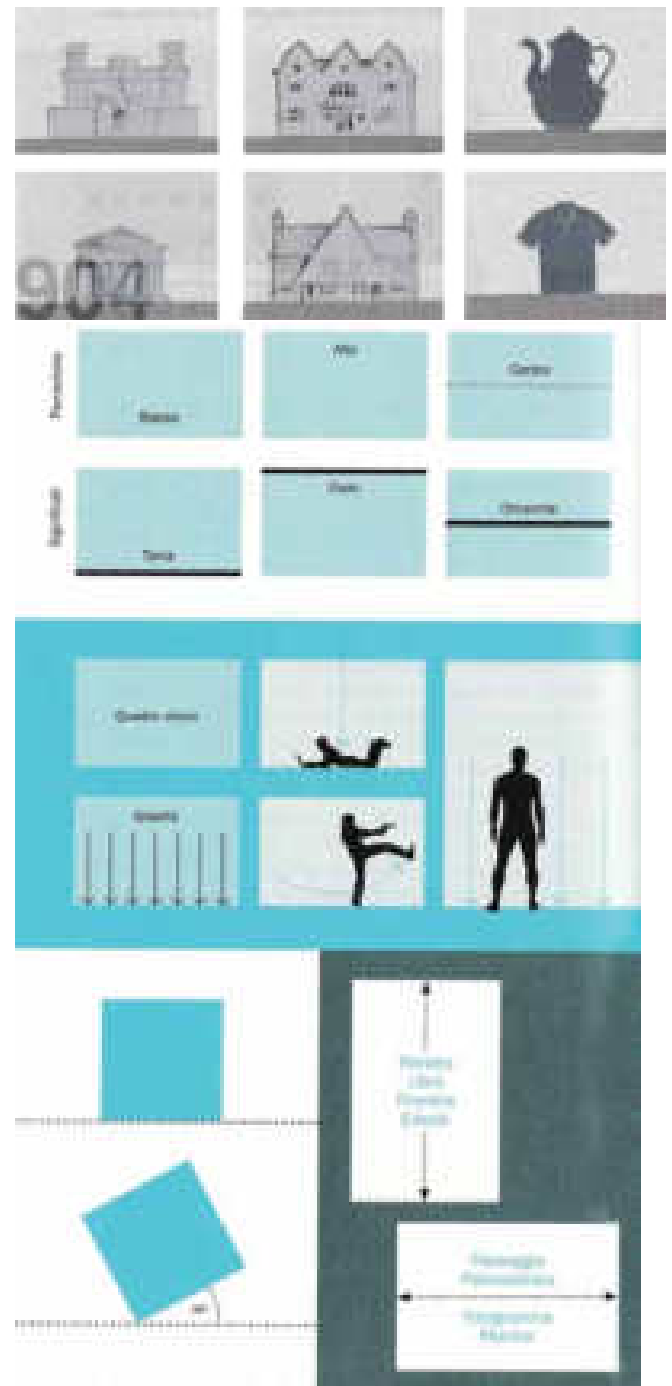


Fig.21 Sistemi complessi possono essere semplificati in base ad un'interpretazione critica che comporta un'astrazione delle geometrie delle forme o l'associazione con oggetti che richiamano la memoria del disegnatore.

Il concetto, proposto da Berhoz, non è quello di semplificare scenari complessi, ma di fornire una chiave di lettura della complessità derivante dall'applicazione di una serie di principi. Tra questi figurano: l'inibizione e il principio del rifiuto, il principio delle selezione e della specializzazione, il principio dell'anticipazione probabilistica, il principio della deviazione, il principio della cooperazione e della ridondanza, il principio del senso.¹¹⁸ Escamotage inconsci del pensiero e del comportamento per mezzo dei quali gli esseri viventi, spesso in modo inconsapevole, riescono ad affrontare la complessità dei fenomeni naturali, cognitivi e di apprendimento. Semplificare la realtà tramite l'impiego di schemi mentali permettono di capire la composizione del fenomeno costruendo un modello schematico di comprensione dello spazio. E' importate la strutturazione di un modello di comprensione che imposti una scala di lettura degli elementi tramite la definizione di un codice di rappresentazione. All'interno del volume "L'immagine della città", Lynch introduce il concetto di *l'imageability*, ovvero la qualità che hanno gli oggetti fisici di generare nella mente di chi li osserva immagini strutturate su base di forma, colore.¹¹⁹ Sulla base di questi pilastri teorici si può affermare che lo spazio può esser scomposto sulla base di livelli informativi, dell'esperienza mnemonica di ciascun individuo strutturati sulla base di una semplificazione delle forme geometriche e rese immagini figurative dal disegnatore in un messaggio di rielaborazione grafica che risulti comprensibile alla comunità.¹²⁰ Nell'analisi semantica dello spazio si passa da avere una visione dell'immagine come insieme omnicomprensivo coincidente con l'espressione del luogo ad uno studio che individua non solo gli elementi che caratterizzano la scena ma anche le diverse relazioni che intercorrono tra questi.¹²¹ Il disegno esplicita quelle esigenze descrittive che animano la forma della comunicazione e quindi operano attraverso la sintesi grafica la trasmissione dell'informazione. A tal fine risulta necessario un processo di analisi ed identificazione dell'antologia semantica di elementi simbolici, di visualizzazione dei diversi gradi di analisi ambientale. A ciascun livello di rappresentazione, che per il disegnatore/architetto va in una scala ordinata dal livello generale territoriale, all'indagine dell'ambiente circoscritto all'interno dei limiti individuati, all'oggetto architettonico di studio, lo strumento del disegno modifica il proprio livello di dettaglio descrittivo e il modo di narrare le relazioni tra i diversi elementi in base allo schema di visualizzazione basato su forme, colori, annotazioni e quanto necessario a contribuire al racconto della struttura dello spazio.¹²²

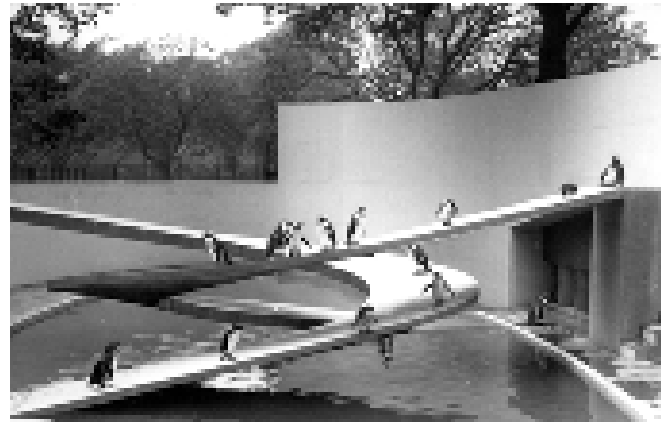
1.4 L'EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEI PROTOCOLLI DI MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE

L'atto di disegnare deve essere regolato da un progetto che possa essere l'equivalente di un dizionario per la grammatica, a supporto dell'interpretazione e quindi lettura dell'analisi grafica. Devono essere definiti i criteri e i caratteri identificativi sulla base dei quali sono stati tradotti gli elementi spaziali. È necessario sottolineare come il modello di rappresentazione, essendo parte integrante della memoria e della conoscenza storica, fornisca tutta una serie di utili informazioni sul significante architettonico, riflettendo un determinato momento storico¹²³. *"Il modello si presta ad essere storicizzato e studiato, non più, e solo per il suo rapporto con l'oggetto presentato, ma come documento esso stesso in relazione al contesto storico-culturale che lo ha prodotto [...]* Se da una parte la rappresentazione schematica realizzata nel modello allontana dall'oggetto reale, dall'altra essa facilita quel processo di astrazione che è alla base di ogni possibile iter interpretativo e/o progettuale".¹²⁴ L'avvento dei sistemi di rappresentazione tramite l'utilizzo di sistemi di calcolo, fu un passaggio epocale. Di imprescindibile importanza lo studio della geometria che ha fornito la base teorica per creare un corpus strumentale basato sulla matematica per rappresentazione di linee, aree e spazi attraverso la traduzione in algoritmi decifrabile e quindi resi visibili dalla macchina computer¹²⁵.

1.4.1 Il computer e la teorizzazione del dato informativo numerico

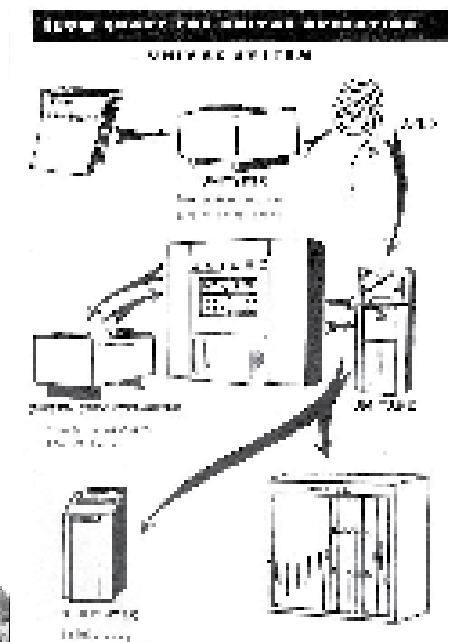
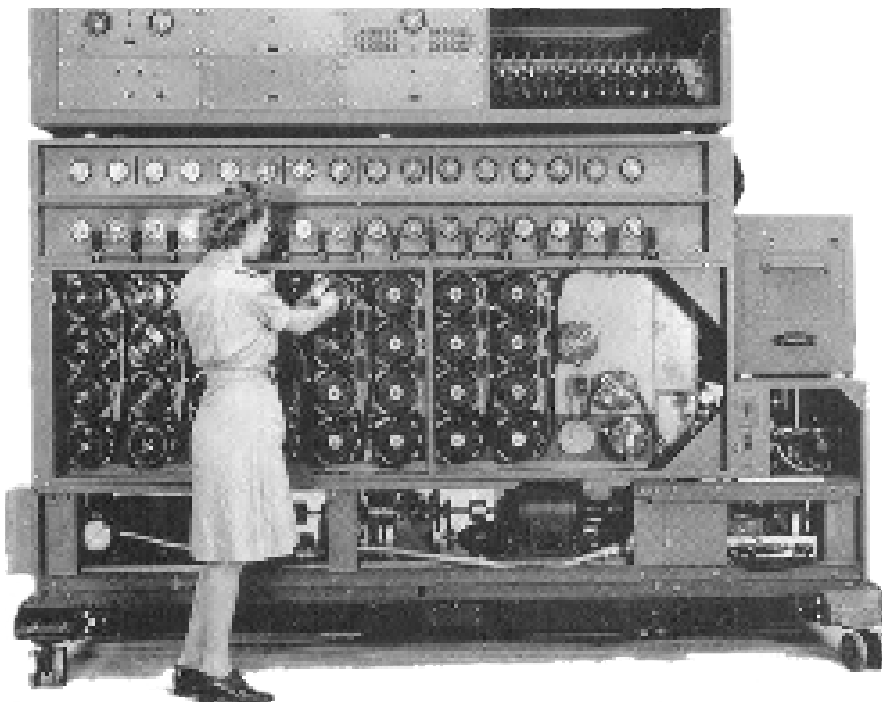
L'invenzione del computer durante la seconda guerra mondiale appare come il passo successivo nella ricerca di progettare macchine per l'elaborazione dati che avevano già dato alla luce tabulatori. Alcuni degli importanti collaboratori sono Gottfried Wilhelm Leibniz, che ha esplorato alcune delle promesse dell'aritmetica binaria, George Boole, il fondatore della matematica moderna e Claude Shannon, che ha collegato le operazioni booleane alla trasmissione e alla progettazione di circuiti nella sua tesi di master del MIT del 1937 prima di passare alla teoria dell'informazione¹²⁶. Norther Wiener collaborò con C. Shannon negli anni '30 alla teoria cibernetica, alla base del suo pensiero un'analogia matematica tra il comportamento neuronale e il comando della macchina computer. L'epistemologia riduzionista del tempo ha portato a un'interpretazione del soggetto umano come un tipo di macchina alla quale poter apportare un miglioramento prestazionale se messo in contatto con un ambiente tecnologico

computerizzato.¹²⁷ Attraverso lo studio della teoria dei sistemi e la ricerca operativa, il computer ha contribuito a plasmare una nuova visione del mondo in profonda conformità con la prospettiva della guerra fredda, indice di preoccupazione per la crescente complessità dei sistemi d'arma, basata su un approccio riduzionista alla complessità, naturale o artificiale, come risultato delle interazioni tra elementi relativamente semplici¹²⁸. In Inghilterra Alan Turing¹²⁹ portò il suo contributo, con il suo studio sulla computabilità, che ha aperto la strada agli algoritmi. La seconda guerra mondiale fu catalizzatore di avanzamento della ricerca nel settore computazionale. In questi anni viene progettato ENIAC¹³⁰, il primo calcolatore elettronico su larga scala occupava un'intera stanza. Inizialmente progettato per affrontare il calcolo dei piani balistici, completato solo nel 1945, fu utilizzato per la progettazione della bomba all'idrogeno. Sotto la supervisione di Alan Turing, furono prodotti calcolatori elettronici per la decodifica dei messaggi tedeschi generati da Enigma¹³¹. Il riflesso della condizione sociale, causato dal conflitto mondiale, a Londra si tradusse nel settore dell'architettura, in una serie di incontri tra artisti rifugiati e architetti provenienti dalla Germania e dall'Europa orientale come Martin Gropius, László Moholy-Nagy o Berthold Lubetkin¹³². Lo zoo dei pinguini di Lubetkin a Londra, fu il primo esisto



In alto: **Fig.22** "Penguin pool" progetto realizzato nel 1934 da Berthold Lubetkin per lo zoo di Londra realizzato nel 1934.

In basso: **Fig.23** Con Joan Clarke e Alan Turing venne iniziato lo sviluppo di '50 di metodi computazionali e macchine di calcolo per questo aprì il ventaglio di possibilità di utilizzo di tali sistemi non solo per scopi balistici, ma anche a scopo progettuale per la rappresentazione delle immagini. Tale tendenza venne riscontrata negli Stati Uniti ed in Inghilterra. UNIVAC (di cui si riporta lo schema della flow chart) fu il primo sistema in grado di immagazzinare le istruzioni e i dati all'interno di un'unità di memoria comune.



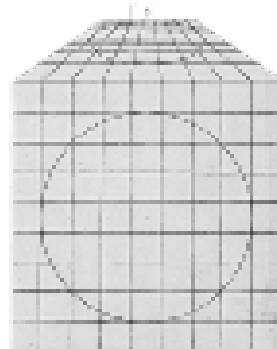
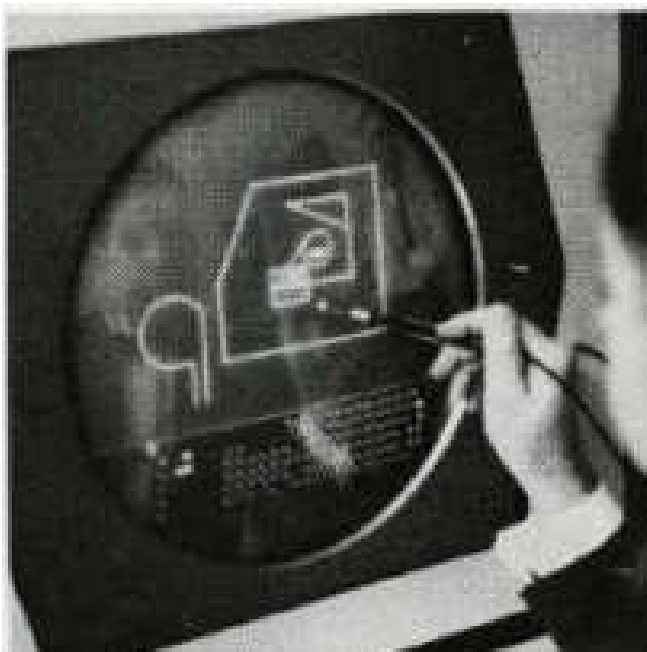


Fig.26 A destra:
Diagramma dell'Alberti che mostra
la trasformazione prospettica di
un cerchio in un'ellisse in Della
Pittura, 1 gennaio 1804.

In basso: Schematizzazione del
percorso di rappresentazione del
cerchio attraverso la penna, il
percorso viene sintetizzato nella
forma geometrica del cerchio.

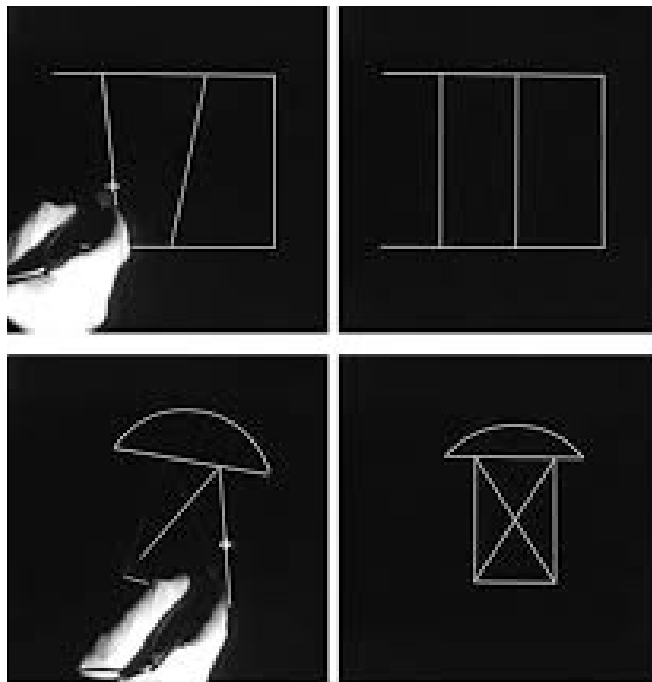


Fig.24 Nel 1963 viene progettato da Ivan Sutherland Sketchpad che
permise di realizzare le prime tipologie di disegno assistito CAD.
Un passaggio storico in cui per la prima volta un utente si trovava
ad interagire direttamente con un sistema di rappresentazione a
computer.

del pensiero post bellico, una dimostrazione di come gli animali potessero prosperare in un ambiente modernista. L'episodio è stato anche uno strumento per la promozione del dopoguerra di trasporre i concetti della cibernetica nel campo dell'architettura¹³³. A seguito delle prime realizzazioni pionieristiche, l'architettura del computer vero e proprio, con la sua memoria, unità centrale di elaborazione e unità di controllo, fu descritta nel 1945 dal matematico John von Neumann in una memoria teorica presto seguita da una serie di realizzazioni come la UNIVAC¹³⁴, la prima macchina ad essere commercializzata¹³⁵. A partire dagli anni '50 lo sviluppo dei metodi computazionali e delle macchine di calcolo portarono all'idea di utilizzo dei sistemi di calcolo, non più finalizzati a scopi balistici, ma da utilizzare anche a scopo progettuale per le discipline della rappresentazione. Sia negli Stati Uniti che in Inghilterra si ebbe una tendenza comune per la ricerca architettonica orientata alla cibernetica, per una caratterizzazione più efficace dell'ambiente costruito, contribuendo in tal modo alla società orientata al controllo.¹³⁶ Le prime applicazioni di programmi di progettazione assistita da computer CAD sono state sviluppate all'interno del settore industriale automobilistico e navale. La General Motors Research Laboratories¹³⁷ nel 1952, utilizzava i computer per l'analisi ingegneristica della produzione automobilistica, e avviò in quegli anni una ricerca sulla progettazione grafica tramite computer, questo perchè consapevole del fatto che

le immagini erano i principali *medium* di comunicazione e di documentazione dei progetti¹³⁸. Viene sviluppato, prima dalla collaborazione tra IBM e General Motors GEM, un prototipo composto da display, scanner e stampante. IBM commercializzò nel 1956 il display grafico IBM 2250. Nel 1957 Patrick Hanratty sviluppò il primo sistema a controllo numerico commerciale CAD / CAM¹³⁹ PRONTO¹⁴⁰. Nel 1963 al MIT Ivan Sutherland creò SKETCHPAD come oggetto della sua tesi di dottorato. Grazie al sistema di Sutherland era possibile disegnare forme, sia bidimensionali che tridimensionali (2D e 3D), utilizzando la penna ottica sullo schermo.¹⁴¹ Segnando così un passaggio storico importante per la prima volta un utente poteva interagire con il programma del computer. Il sistema TX-2¹⁴² utilizzato da Sutherland per eseguire il suo programma era basato sul Whirlwind, ma utilizzava transistor invece di tubi a vuoto. Questo riduceva i computer a una stanza di dimensioni più contenute diminuendo le probabilità di guasti¹⁴³. Furono General Motors, IBM con la supervisione Patrick Hanratty a presentare alla conferenza Computer Detroit (1964) DAC-1 un sistema che permetteva di visualizzare in 3D un automobile. Tuttavia questi sistemi erano riservati *élite* di sviluppatori ristretta. Nello stesso periodo viene sviluppato per la Renault con Bézier UNISURF (1971), famoso per la teoria delle Spline Curves¹⁴⁴ (1955). Negli anni '60, venne pubblicato un articolo, dove la General Motor affermava di aver fatto una scoperta simile con G. Birkhoff e C. de Boor ponendo i fondamenti delle B-spline¹⁴⁵. Erano gli anni post conflitto Mondiale, la tendenza delle aziende era mantenere il segreto per essere competitivi sul mercato e non fornire la pubblicazione degli algoritmi.

1.4.2 Rappresentazioni in 3 dimensioni e l'idea di un modello per la rappresentazione digitale

La seconda rivoluzione nel campo della rappresentazione fu l'integrazione dello spazio digitale bidimensionale con lo spazio digitale tridimensionale, in cui la *maquette*¹⁴⁶, in architettura utilizzata nella sua accezione fisica di rappresentazione tridimensionale in scala di un oggetto per la valutazione delle caratteristiche estetico-funzionali di studio del dettaglio e dei particolari, veniva introdotta nello spazio digitale in un nuovo processo di virtualizzazione del reale non più basato sulle due dimensioni ma sulle tre.¹⁴⁷ Le prime rappresentazioni 3D, arrivano nel 1959 con William Fetter¹⁴⁸ che mentre lavorava per la Boeing¹⁴⁹, creò una visione ortografica della forma umana realizzata al computer, utilizzata per la progettazione della carlinga dell'aereo.

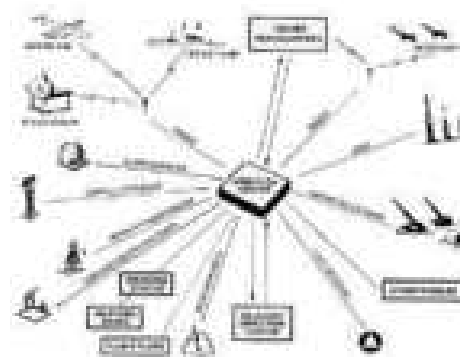


Fig.25 A partire dall'alto: Operatori SAGE impegnati alla console di lavoro. Eliot Noyes. IBM Showroom, New York, 1954. SAGE centro direttivo, ca. 1959. "IBM the WHITE room".

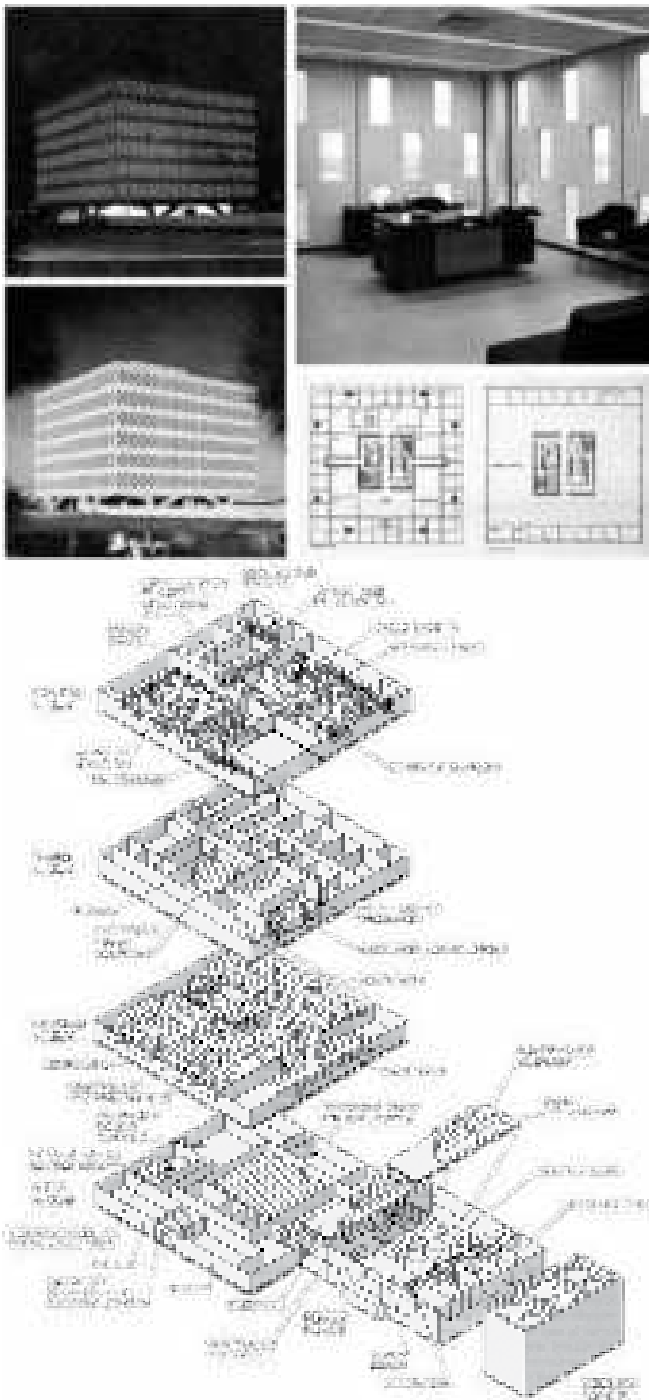


Fig.26 A partire dall'alto: Sede IBM ed esploso descrittivo degli ambienti e delle funzioni dello spazio di lavoro è possibile notare che un intero piano era lo spazio necessario per ospitare i primi Computer. "IBM the WHITE room".

Si deve a Fetter l'introduzione del termine "computer grafica¹⁵⁰". L'importanza del pensiero e del modo di vedere le cose dell'architetto venne riconosciuto negli anni '60, dalla stessa IBM che coinvolse Eliot Noyes nella progettazione spaziale dei sistemi informatici. IBM ha perseguito una politica di progettazione globale che si è estesa dal suo logo alle sue strutture architettoniche dettato dalla riduzione del design dei computer, che intorno al 1954 era stato miniaturizzato dalla scala dell'architettura alla scala dei mobili¹⁵¹. Tra i progetti di Noyes presso IBM ritroviamo la *White Room* una ripresa concetto focaultiano di *stanza bianca*, spiegato nel precedente capitolo applicato ad uno spazio, pensato per la comunicazione e il controllo informativi: uno spazio silenzioso, quasi ermeticamente sigillato, privo di stimoli ambientali indesiderati¹⁵². Questo spazio asettico, nell'idea di Noyse, avrebbe dovuto ridurre al minimo le interferenze di interazione tra uomo e macchina con l'eliminazione dello spazio che separa i due¹⁵³. In Inghilterra, ad esempio, la teoria cibernetica ebbe un'influenza su uno dei progetti più famosi degli anni '60, il Fun Palace di Cedric Price, un teatro cibernetico dove gli attori avrebbero potuto costantemente interagire con il pubblico¹⁵⁴. Alla fine degli anni '60 e all'inizio degli anni '70, la scena architettonica internazionale fu così contrassegnata da tentativi di mettere in relazione l'architettura e la pianificazione urbana con una cultura informatica. Il gruppo d'avanguardia inglese Archigram ha giocato con l'idea di collegamenti spaziali gestiti da processi di informazione: in un sistema informatizzato spaziale all'interno delle megastrutture urbane del futuro. Archigram collabora, in quegli anni, all'idealizzazione utilizzando per la comunicazione dei progetti un linguaggio visivo che nasce dalle influenze di quel periodo di trasformazione proprie di un immaginario architettonico tecnologico legato alla produzione industriale, ai mezzi di comunicazione di massa, alla cultura *low-brow* e *pop*¹⁵⁵. Nel 1966, con la MAGI¹⁵⁶ (Mathematical Applications Group, Inc), viene sviluppato un programma di modellazione solida¹⁵⁷ adattato per l'uso in CGI¹⁵⁸ tracciando la luce che ha contribuito alla spettacolarizzazione di questa tendenza culturale anche nel settore del cinematografico, realizzando tramite il software una parte degli effetti speciali del del film della Disney TRON¹⁵⁹ (1982), diventato icona *cult* di questo periodo. Negli anni '70 e '80 lo sviluppo delle tecnologie della rappresentazione segue due binari definiti: il primo l'implementazione dei sistemi CAD con nuove *features*, il secondo lo sviluppo delle tecniche di modellazione tridimensionale. Nel mondo del disegno assistito vengono introdotte nuove funzionalità come la possibilità di

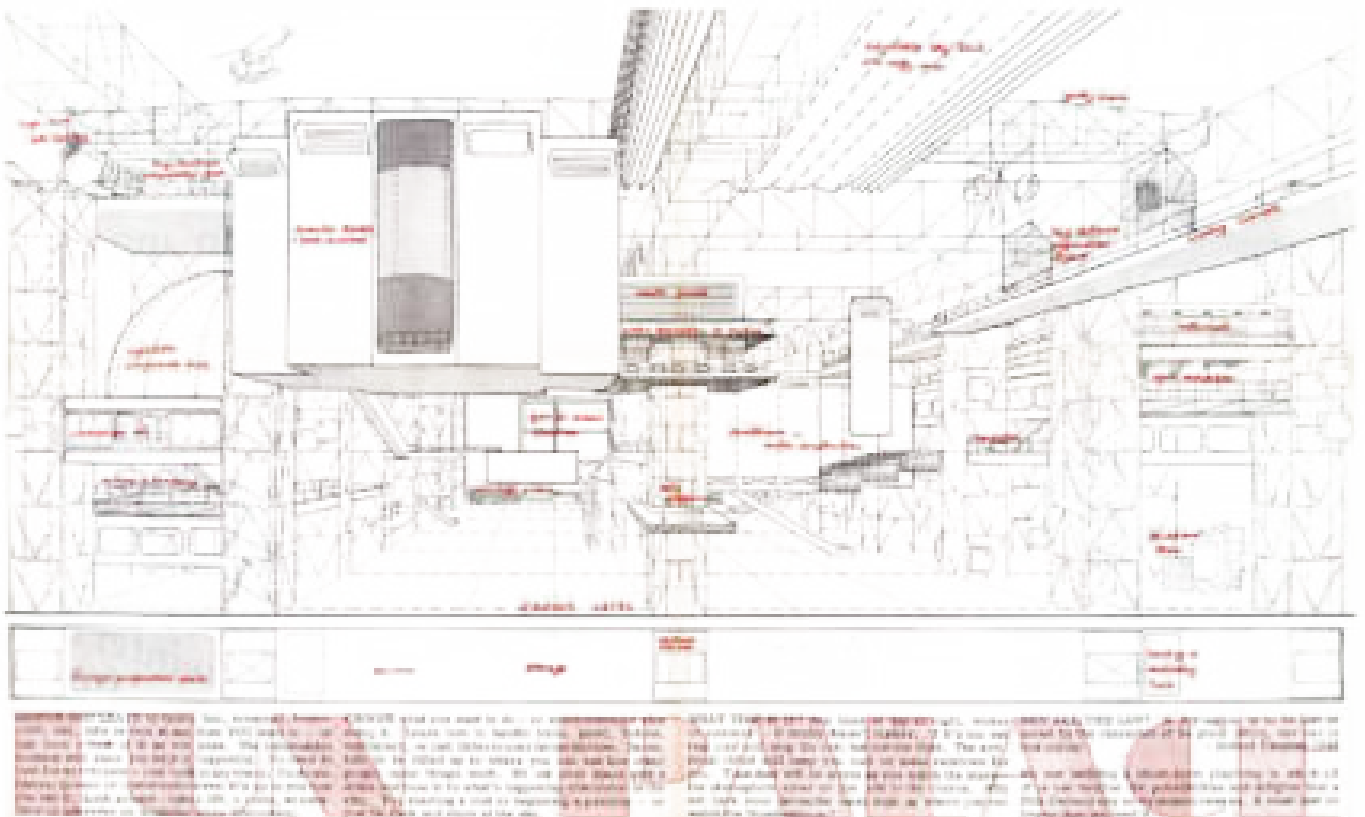


Fig.27 Il progetto Fun Palace di Cedric Price, è uno dei primi progetti che nascono dall'influenza e della diffusione delle nuove teorie cibernetiche. Sinonimo di come pensiero di concepire l'architettura cambia in base alle nuove possibilità e ai nuovi stimoli dei sistemi informatici.

suddividere le informazioni in livelli *layers* e gestire gli oggetti in blocchi¹⁶⁰. Man mano venivano rese disponibili tecniche di disegno che aspiravano a processi di automatizzazione del dato attraverso l'uso di modelli strutturati all'interno di un computer. L'uso delle curve si trova nei progetti di aeromobili, automobili, navi. E' proprio per le esigenze di modellazione dei veicoli che vengono introdotte le NURBS (*Non Uniform Rational Basis* o Bèzier Spline), studiate inizialmente per la rappresentazione bidimensionale, nel panorama della modellazione tridimensionale. Il rendering interattivo di curve e superfici NURBS in tempo reale è apparso per la prima volta sulle workstation Silicon Graphics nel 1989. Il primo modellatore interattivo di superfici fu sviluppato da CAS Berlin nel 1993 NORB. Oggi la maggior parte delle applicazioni di computer grafica professionali disponibili per uso desktop utilizzano la tecnologia NURBS¹⁶¹. A questo punto della storia della modellazione 3D, nuove aziende hanno iniziato a offrire sistemi automatizzati di progettazione e disegno. ADAM¹⁶², un sistema CAD rilasciato nel 1971,

era uno di questi. ADAM è stato progettato per lavorare su quante più macchine possibile, creando così un enorme picco nella disponibilità di CAD che è continuato con la crescita dei computer e del software. Mentre aziende come MAGI, che ha introdotto la modellazione 3D solida, creavano una nuova domanda di CAD, le università erano al lavoro per far avanzare la storia della modellazione 3D. Gouraud e Phong approfondirono tecniche di visualizzazione presso l'Università dello Utah tramite la scrittura di algoritmi semplificati per l'accelerazione e l'elaborazione del rendering migliorando: luce, riflesso e ombreggiatura. Un elemento interessante è stato il modello di teiera Utah¹⁶³, apparso nella storia come il simbolo della computer grafica 3D dopo essere stato utilizzato da Martin Newell per testare la sua ricerca grafica. Ha trovato il modello di teiera 3D ideale per i test a causa della sua struttura, della varietà di superfici che possedeva e della capacità dell'oggetto di proiettare ombre su se stesso¹⁶⁴.

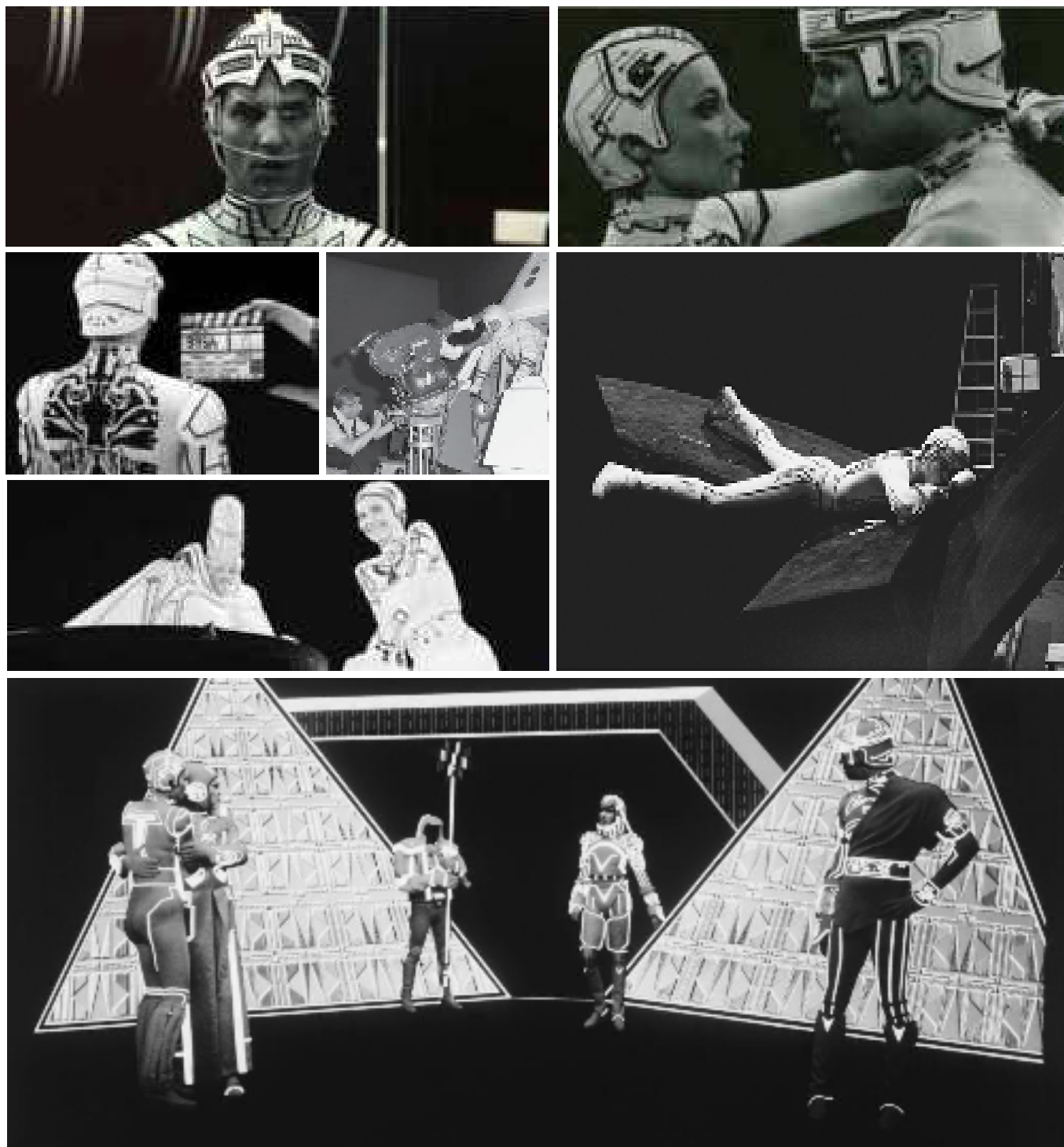


Fig.28 Alcuni scatti durante le riprese del film TRON.

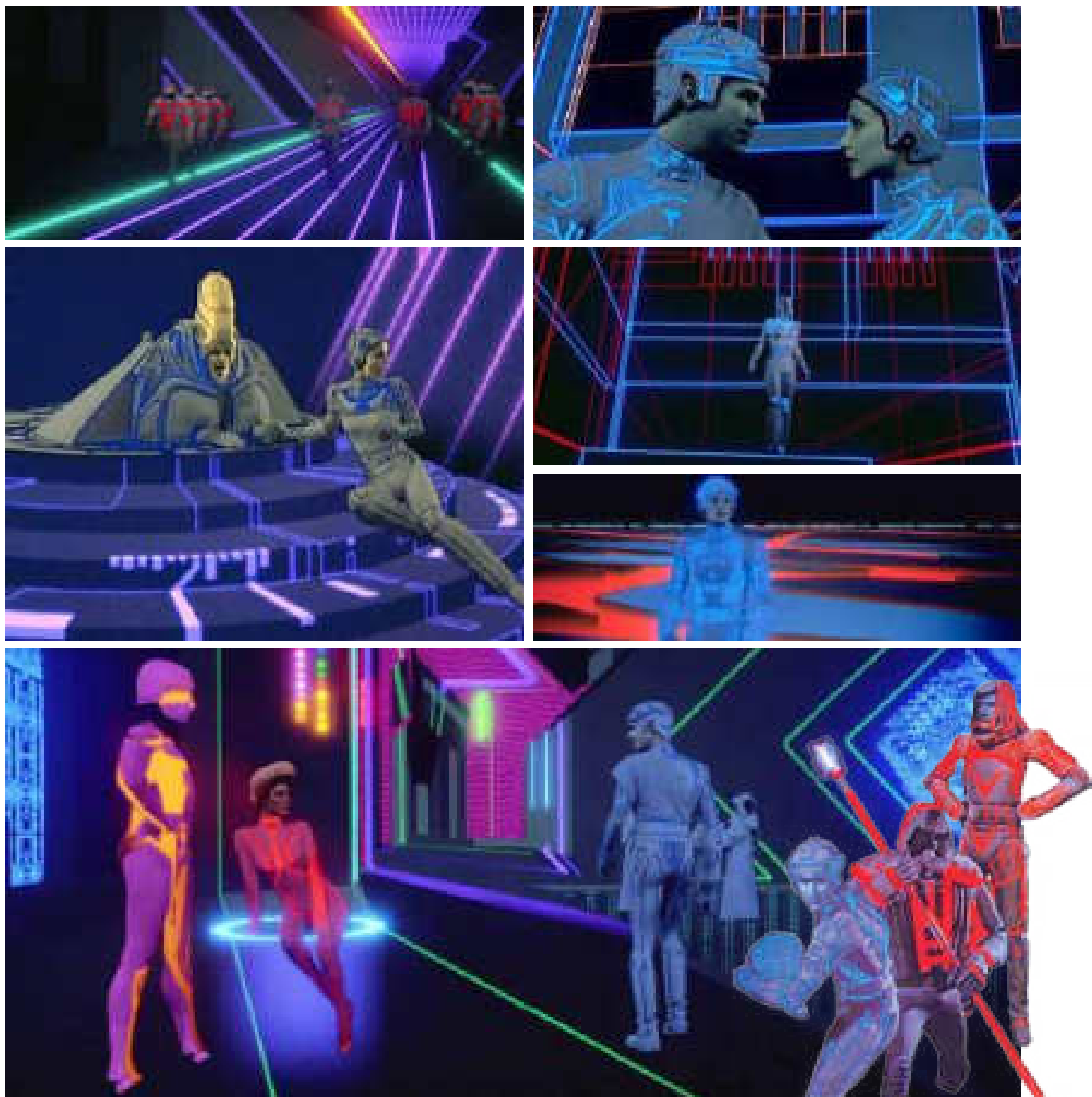


Fig.29 Il risultato del prodotto digitalizzato attraverso la tecnologia MAGI diventando icona storica.

1.4.3 Disegni CAD e modelli informativi

L'introduzione del primo PC IBM, nel 1981, ha causato un uso diffuso del CAD non solo nell'industria aerospaziale e automobilistica, ma anche nel settore dell'ingegneria e dell'architettura. Ciò è stato rafforzato anche dall'introduzione delle workstation UNIX¹⁶⁵ che erano più economiche, altamente produttive e richiedevano meno manutenzione. La modellazione 3D solida si è poi sviluppata ed è diventata mainstream con lo sviluppo di software come UniSolids CAD di Unigraphics. Con un panorama di differenti programmi sviluppati dalle diverse case produttrici nacque l'esigenza di progettare un formato di dati compatibile con i diversi programmi. Un passo verso una nuova apertura alla condivisione, nacque il formato di scambio dati IGES (1979-80) che divenne nel 1980 standard ANSI¹⁶⁶ lentamente sostituito nel 1994 dal realese STEP¹⁶⁷ (ISO¹⁶⁸ 10303). Nei primi anni '80 sono sviluppati Catia della Dassault Systemes e il sistema più utilizzato per il disegno CAD AutoCAD della Autodesk che ebbe il suo successo essendo il primo programma CAD disegno per Personal Computer. Nel 1974, mentre i sistemi CAD divenuti avanzati ebbero un boom delle vendite, Charles Eastman pubblicò la sua visione di modello virtuale "An outline of the building description system" tramite la quale vengono definite le fondamenta dell'attuale Building Information Modeling su un nuovo tipo di concepire la rappresentazione bidimensionale e tridimensionale in un'unica piattaforma, come sistema descrittivo dell'edificio non

solo dal punto di vista geometrico ma anche annotativo.¹⁶⁹ Una visione, che ha aperto il dibattito oggi più che contemporaneo sull'uso e l'informatizzazione dei modelli digitali. In accordo con Schmitt¹⁷⁰, il quale individua la quinta dimensione¹⁷¹ dell'architettura nell'informazione definendo quattro categorie:

- le informazioni presenti nella mente del progettista che dettano la forma;
- le informazioni provenienti dall'esterno i riferimenti formali esterni;
- le informazioni generate durante il processo di costruzione;
- le informazioni che nascono post costruzione nel corso di vita di un edificio.

Sostenendo l'importanza di racchiudere in un unico modello informativo, il ciclo di dati descrittivi del suo passato, presente e futuro, in un continuo interscambio temporale. L'influenza di strumenti e algoritmi computazionali sono evidenti e appaiono in molte sfaccettature dei metodi ionic contemporanei come strumenti per generare nuove forme architettoniche, modalità di fabbricazione, ottimizzazione delle prestazioni, e gestione del manufatto. Tale influenza ha coinvolto anche le discipline del Rilievo architettonico culturale e paesaggistico, in piena era digitale, sono diventate esse stesse digitali, e le strumentazioni che vengono utilizzate si sviluppano ed aggiornano di pari passo con l'innovazione tecnologica¹⁷². Come i metodi di rappresentazione ricorrono sempre più frequentemente all'uso di modelli 3D a partire

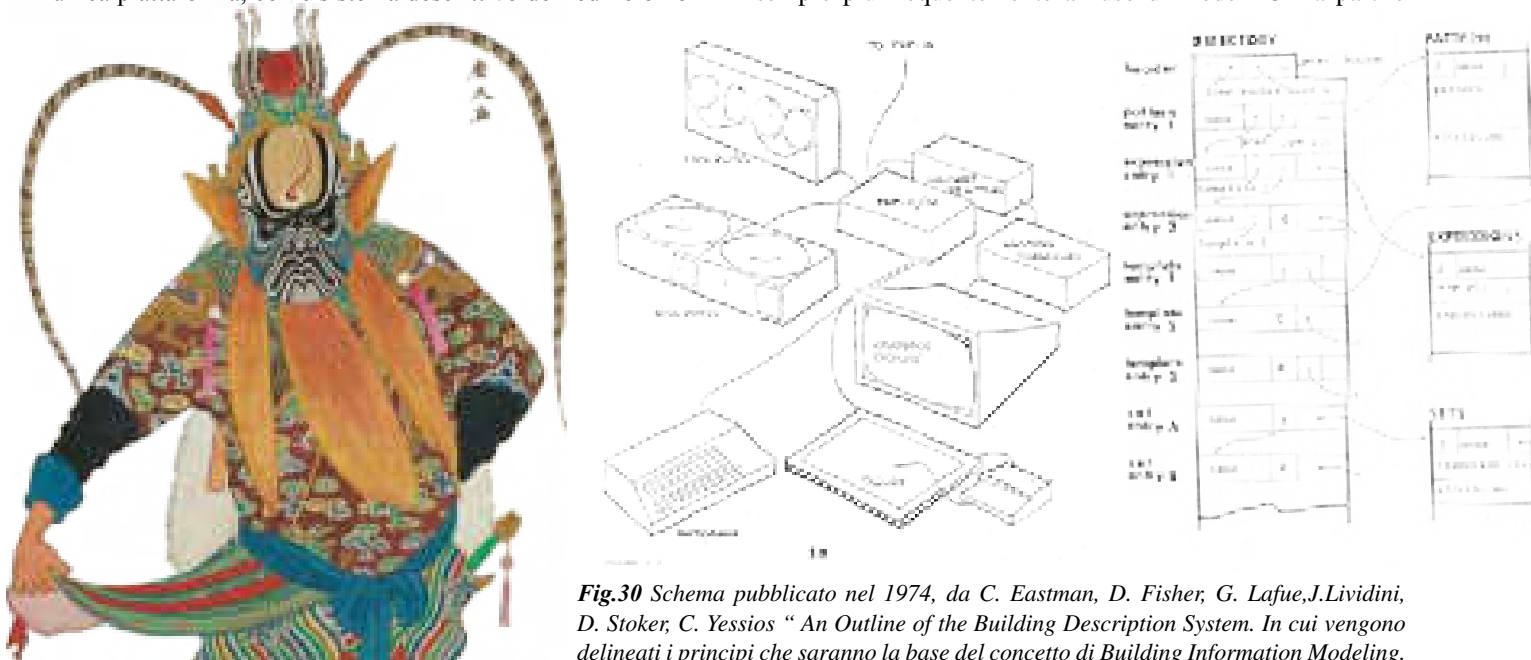


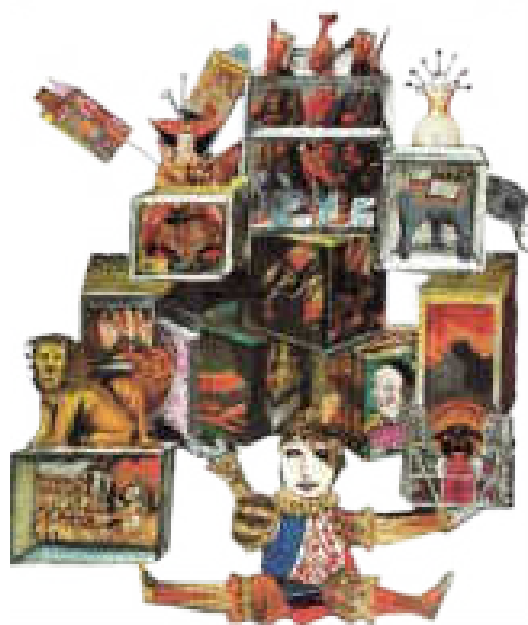
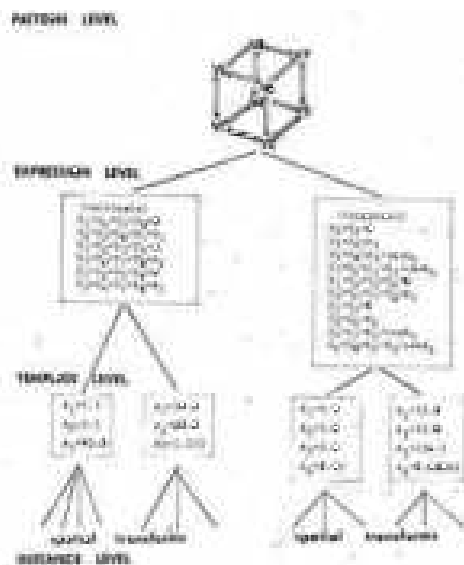
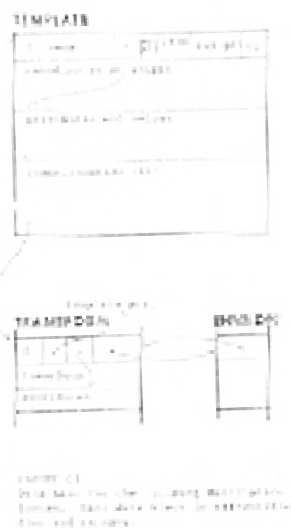
Fig.30 Schema pubblicato nel 1974, da C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J. Lividini, D. Stoker, C. Yessios "An Outline of the Building Description System. In cui vengono delineati i principi che saranno la base del concetto di Building Information Modeling.

dalle fasi di acquisizione digitale. Il modello 3D oggi, è divenuto lo strumento della memoria come racconto tramite lo scambio di dati reso possibile dalle tecniche di modellazione integrata che segue il paradigma delle *scatole cinesi*¹⁷³, in cui il modello diviene contenitore di informazioni che sono legate all'interno della forma modello, ma che possono essere isolate ed interrogate a seconda delle diverse esigenze.

1.5 L'EVOLUZIONE DEI PROCESSI DI GESTIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE ATTRAVERSO GLI STRUMENTI COLLABORATIVI

Il patrimonio culturale è una risorsa fondamentale per l'economia e lo sviluppo della società. La sua crescita intellettuale è strettamente connessa con i beni e le attività presenti sul territorio. Con l'evoluzione dei sistemi di documentazione e di rappresentazione del beni culturali, la ricerca si sta direzionando verso nuovi sistemi di tutela e di archiviazione dei dati eterogenei legati al singolo monumento. Il termine Patrimonio culturale è definito dall'art. 2, comma 1 (Dlgs 42/2004) del Codice dei beni culturali e del paesaggio del 2004 - *Il patrimonio culturale e' costituito dai beni culturali e dai beni paesaggisti* - segue al comma 2 la definizione di bene culturale - *sono beni culturali le cose immobili e mobili che, ai sensi degli articoli 10 e 11, presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnoantropologico, archivistico e bibliografico e le altre cose individuate dalla legge o in base*

alla legge quali testimonianze aventi valore di civiltà. Evoca il concetto di bene culturale come testimonianza dei valori civili in una dimensione sociale e collettiva di beni includendo nei beni il paesaggio, riconosciuto storicamente come bene comune, citando Henry Thoreau "il paesaggio non appartiene a nessuno".¹⁷⁴ Le forme di gestione del patrimonio culturale, a livello costituzionale italiano, sono sancite all'art. 115¹⁷⁵ (Dlgs 42/2004) che prevede da parte degli enti statali e/o privati azioni specifiche di tutela, valorizzazione e preservazione del bene. Attività che devono essere pianificate e coordinate dai governi locali, regionali e nazionali nell'ambito della tutela della risorse storico culturali. La prevenzione è una delle prime forme di tutela, per questo la catalogazione dei beni oltre alla programmazione di attività di conservazione preventiva risultano strumenti di fondamentale importanza. La teoria del restauro preventivo di Cesare Brandi, portò alla prassi della conservazione programmata e alla definizione negli anni '90, dello strumento della *Carta del rischio del patrimonio culturale*.¹⁷⁶ Lo strumento programmato su un sistema digitale di tipo SIT (Sistema Informativo Territoriale) risulta connesso a mappe digitali e banche dati, in grado di fornire informazioni sul grado di vulnerabilità del patrimonio,¹⁷⁷ attraverso l'indagine strutturata in un sistema ad accesso *open* su diversi livelli di approfondimento tematico. A livello internazionale è la Convenzione per la salvaguardia del patrimonio Architetonico d'Europa (Granada, 3 ottobre 1985) a stilare gli obiettivi di conservazione integrata¹⁷⁸ e



programmare piani di tutela territoriale.¹⁷⁹ La catalogazione dei beni risulta essere una delle forme di azione indispensabili per la tutela. È attraverso le attività di catalogazione, che è possibile progettare un programma di tutela e valorizzazione. L'attività di catalogazione non viene dalla cultura digitale ma ha una tradizione storica di inventariato, azione regolamentata dalla soprintendenza, che ha portato all'accumulo di materiale cartaceo degli archivi. L'informatizzazione ha giocato un ruolo decisivo in questo settore attraverso il trasferimento e la digitalizzazione in rete. La strutturazione di archivi digitali che possano essere contenitori di chiara lettura e accesso a quelle informazioni necessarie per la tutela del patrimonio. Se prima, il patrimonio culturale era sottoposto ad un'azione di salvaguardia mirata alla preservazione delle caratteristiche per le generazioni future, oggi questo non basta più, l'azione di preservazione. Al fine di poter garantire la piena dimensione culturale del luogo, deve esser unita a favorire la sua fruibilità e la sua comprensione a tutti i cittadini.

Così, garantire differenti possibilità di fruizione di un luogo diventa fine autentico della sua valorizzazione. Ovvero la possibilità di allargare i canali di divulgazione del bene tramite la qualificazione e l'ampliamento delle proprietà comunicative. Il fine della fruizione è un fine sociale, se il bene culturale è valorizzato tramite gli strumenti di comunicazione, allora risulta rafforzato il legame tra il bene e la collettività. L'azione di digitalizzazione del patrimonio e l'informatizzazione della società contemporanea ha investito il settore di gestione dei beni culturali che ha conseguentemente modificato il rapporto tra oggetti, pubblico, cambiando il paradigma delle forme di comunicazione e le possibilità di accesso al patrimonio culturale.¹⁸⁰ Le banche dati risultano frammentate, strutturate sulla base di analisi settoriali in un'eterogeneità di informazioni di tipo quantitativo scaturite dalle operazioni di acquisizione digitale e di tipo qualitativo risultato di una riflessione ed interpretazione dei dati acquisiti. La catalogazione è promossa a livelli differenti da un lato è gestita da organi ministeriali, dall'altro è circoscritta a progetti di ricerca *spot* che spesso non trovano un dialogo con gli altri sistemi di catalogazione. La difficoltà di documentare e restituire coerentemente l'immagine di un sistema complesso risiede principalmente nella gestione di una grande quantità di dati necessari per descriverlo. Questi dati, acquisiti ed elaborati seguendo diversi approcci metodologici, costituiscono le informazioni utili, che rischiano di essere frammentari se non si istituisce una rete, che è un dialogo tra dati e tra dati e utente. Le nuove tecnologie rendono i database complessi sistemi interattivi di uso remoto,

attraverso l'implementazione e la traduzione di dati raccolti in sistemi narrativi tridimensionali. Ciò consente all'utente di navigare all'interno di un sistema virtuale che riproduce l'oggetto e di interagire direttamente con il luogo e con i singoli elementi che lo compongono. La sistematizzazione dei dati all'interno di protocolli catalogazione e lettura dei descrittori di analisi dell'opera architettonica, ricercano la veicolazione e la raccolta di questi all'interno di un unico ambiente che sia *medium* di condivisione e di spazializzazione della conoscenza, tramite un modello di ricostruzione formale che sia anche interfaccia a diversi livelli di informazione per l'analisi, la ricerca e la condivisione delle risorse informative. A livello nazionale la catalogazione dei beni è promossa dal MiBACT con l'ICCD (Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione) che regola gli standard e monitora il lavoro delle singole soprintendenze.¹⁸¹ A livello internazionale un punto di riferimento è il CIDOC-CRM International Council of Documentation - Conceptual Reference Model¹⁸², comitato dell'International Council of Museums (ICOM)¹⁸³, istituita nel 1946, è un'organizzazione internazionale di istituzioni e di professionisti del settore museale impegnata nella definizione di standard e pratiche della gestione delle collezioni museali¹⁸⁴. Lo standard progettato con il sistema CRM CIDOC è strutturato in modo tale da fornire sia il recupero di informazioni di alto livello sia la formulazione e la documentazione di punti dati e domande molto specifici. Il CRM CIDOC è quindi costituito dallo standard CRMbase che fornisce le classi e le relazioni di base ideate per il mondo del patrimonio culturale. Questa ontologia di base è completata da una serie di estensioni modulari al modello di base. Tali estensioni sono progettate per supportare diversi tipi di domande di ricerca specializzate e documentazione come documentazione bibliografica o geoinformatica¹⁸⁵. Le estensioni CIDOC CRM sono sviluppate in collaborazione con le comunità di ricerca in questione. Queste estensioni sono formulate in modo armonizzato con l'ontologia di base in modo tale che i dati espressi in qualsiasi estensione siano compatibili con il sistema base di concetti e relazioni (CRM inf; CRMarchaeo; CRM dig; CRMgeo; CRMsci; CRMdig; CRMba; CRMtex; CRMsoc)¹⁸⁶. In particolare CRM Digital è uno schema di ontologia e RDF per la codifica di metadati di prodotti digitali 2D, 3D e animazioni. Le sue caratteristiche distinte rispetto ai modelli competitivi è l'inclusione completa dei processi di misurazione fisica iniziale e dei loro parametri. È stato sviluppato come estensione compatibile di CIDOC CRM, che consente di interrogare i fatti più rilevanti e di restituire descrizioni complete codificate in questo modello

da termini ISO21127 generici senza dover fare riferimento alle sue proprietà specifiche¹⁸⁷. La ricerca è quella di unificare il linguaggio della catalogazione tramite un codice standardizzato, la formalizzazione dei vocaboli da utilizzare all'interno del dominio culturale è dettato dai principi istituiti nel 1981 dall'AAT, *Art and Architecture Thesaurus* sviluppato dal *Getty Research Institute*¹⁸⁸. Un vocabolario multilingue di termini, strutturati secondo una logica di categorie definite *facets*, utilizzato per la descrizione di arte, architettura, arti decorative, controllato e destinato a esperti del settore per la definizione di un linguaggio comune.

Sono stati sviluppati dal *Getty Research Institute*, dei vocabolari complementari dato che all'interno dell'AAT non compaiono mai casi specifici sono compensati all'interno di dizionari dedicati: ULAN - *Union list of Artist Names*, CONA - *Cultural Objects Name Authority*, TNG - *Thesaurus of Geographic Name*, IA - *Iconography Authority*, CDWA - *The Categories for the Description of Works of Art*.

L'opera del Getty Institute non è una risorsa conclusa ma è in crescita, essendo rilasciato come *Likend Open Data* (LOD) in modo che possano essere sia interconnessi che resi apertamente accessibili e condivisibili sul Web semantico.

L'obiettivo dei linked open data è consentire l'interconnessione e l'interrogazione di dati provenienti da diverse risorse, rendendoli così più utili¹⁸⁹.

Ad esempio circa 3000 concetti appartenenti al patrimonio italiano sono stati forniti dal ICCD di Roma¹⁹⁰, così come altri enti europei hanno contribuito alla crescita del *thesaurus*¹⁹¹. In un'economia di gestione e *valorizzazione dei beni culturali* risulta implicita e complementare l'azione di *virtualizzazione*. L'esperienza digitale del bene non può diventare sostituita dell'esperienza diretta, ma può essere considerata integrazione di carattere fondamentale per la conoscenza dell'opera. La percezione e la fruizione indiretta delle opere, nella storia, è stata condizionata dal disegno, dalla stampa e dall'utilizzo della fotografia. Quello a cui assistiamo oggi è il riflesso di una moltiplicazione delle possibilità e dei canali di comunicazione in cui l'immagine attraverso i modelli e le piattaforme virtuali hanno amplificato il loro potenziale di esperienza fruitiva.

Il *virtual heritage*, basandosi sul collegamento tra mondo reale e virtuale, sta operando nel settore dei beni culturali all'incremento della percezione dell'utente attraverso la progettazione di informazioni multimediali collocate nello spazio di espansione digitale.

La riproduzione digitale ad alta definizione di un'architettura, di un reperto o di un'opera d'arte, è uno strumento di

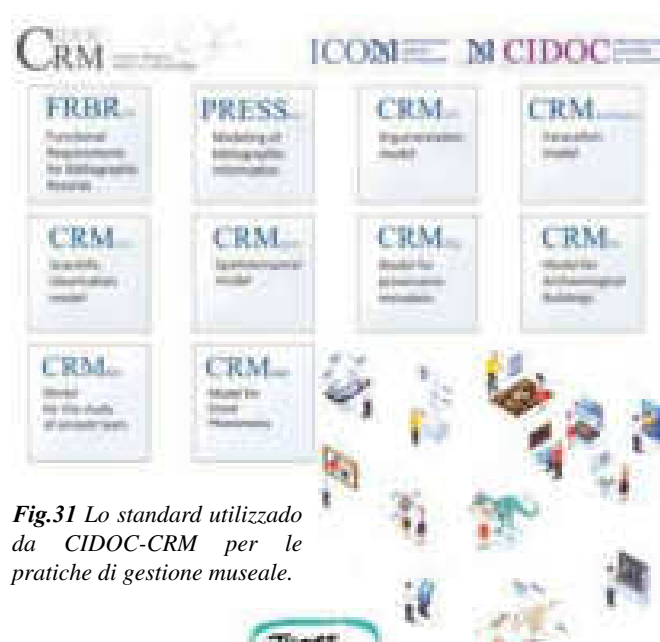


Fig.31 Lo standard utilizzato da CIDOC-CRM per le pratiche di gestione museale.

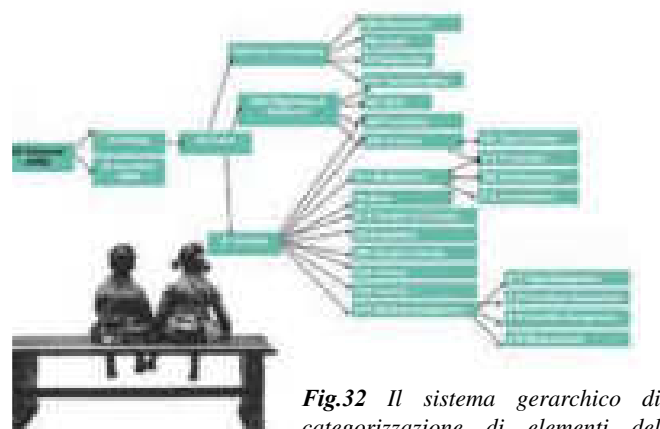
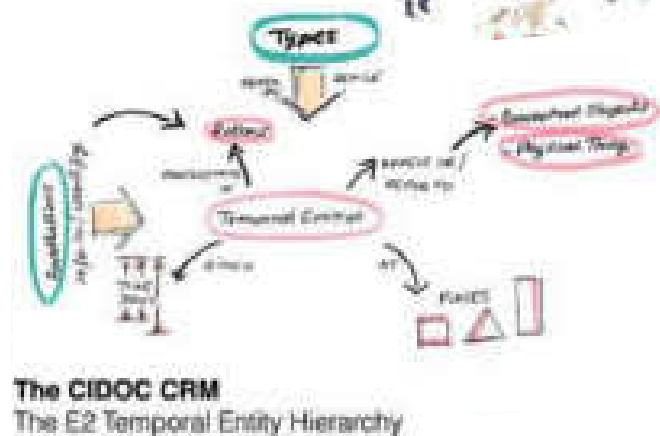


Fig.32 Il sistema gerarchico di categorizzazione di elementi del sistema CIDOC-CRM.

potenziamento della sua immagine che attraverso il digitale permette operazioni di indagine (navigazione, ispezione di dettaglio, integrazione) che non sarebbero possibili nel contesto reale.

L'utente in questo modo è in grado di accedere attraverso piattaforme di visita interattiva a siti inaccessibili, musei chiusi, edifici scoparsi. Gli istituti di cultura hanno assunto in un processo di smaterializzazione digitale propria della cultura popolare del XXI secolo, una doppia identità *on site* e *on line*¹⁹². Questo dialogo tra utente e sito culturale viene incrementato da tre fattori¹⁹³:

- l'*interattività*, l'esperienza *walking thought*¹⁹⁴ e l'interrogazione dei dati;
- la *multimedialità*, la compresenza di diverse forme di comunicazione digitale (immagini, audi, testi, filmati);
- l'*ipertestualità*, collegamenti ad altre banche dati.

L'utilizzo eccessivo dei media digitali può portare a dei rischi, come il degrado virtuale¹⁹⁵ nell'accezione di forme di alterazione che portano ad una svalutazione del bene colpendolo nella sua immagine condivisa.

Una perdita del valore nello slittamento del bene dal contesto storico al metacontesto digitale che può cadere nel rischio della sua banalizzazione, riflesso della superficialità social. Tale rischio è stato definito da George Ritzer *McDonaldization of Society*¹⁹⁶, fenomeno che si verifica quando la società, le sue istituzioni e le sue organizzazioni si adattano per avere le stesse caratteristiche che regolano la catena fast-food. Questi includono efficienza, calcolabilità, prevedibilità, standardizzazione e controllo.¹⁹⁷

Il rischio è quello che la digitalizzazione dei media culturali, canalizzati nel continuo flusso di informazioni, possa alterare la percezione degli oggetti e avvicinarli ad un prodotto commerciale, se non correttamente contestualizzati sulla base di regole di descrizione informativa secondo standard nazionali e internazionali.

La gestione della pubblicazione di contenuti sul Web, attraverso l'applicazione dei principi e delle tecnologie riguardanti i *Linked Data* e il *Semantic Web* è oggi frutto di un'evoluzione della catalogazione dei beni storici e culturali sta facendo proliferare la creazione di grandi portali di condivisione nazionali e internazionali, come il progetto Europea.¹⁹⁸ Mentre l'azione di tutela è competenza dello stato, l'azione di valorizzazione dei luoghi resta aperta a tutti i cittadini, in ambito universitario i gruppi di ricerca hanno il diritto e un ruolo specifico nella definizione delle azioni di promozione e divulgazione culturale.

Il mettere in opera significati nel contesto virtuale dell'espressione digitale implica concedere una seconda vita alla dimensione dei luoghi, una vita le cui leggi sono dettate dalle *computer science*.

La ricerca di esperire diverse possibilità di fruizione propone una riflessione tra la relazione che esiste tra il rilievo digitale e lo sviluppo di banche dati 3D e la connessione di queste con le piattaforme di modellazione e i supporti di valorizzazione digitale analizzando quelli che sono i diversi passaggi di trasformazione del dato.

Fig.33 Scenari di rappresentazione digitale la città, in uno scenario di edifici stereotipizzati.



NOTE

¹ Cfr. Wertheim, Margaret (1999). *The Pearly Gates of Cyberspace. A History of Space from Dante to the Internet*. London: Virago. Margaret Wertheim Laureata in fisica e in matematica, ha scritto per il «New York Times», il «Guardian» e «Wired». È autrice di *I pantaloni di Pitagora* (1996), in cui analizza la relazione tra fisica e religione. Il suo interesse per le nuove forme di comunicazione scientifica ha dato vita a Crochet Coral Reef, il più vasto progetto di interazione tra arte e scienza mai realizzato.

² Cfr. Wertheim, Margaret (1999). *The Pearly Gates of Cyberspace. A History of Space from Dante to the Internet*. London: Virago. Margaret Wertheim Laureata in fisica e in matematica, ha scritto per il «New York Times», il «Guardian» e «Wired». È autrice di *I pantaloni di Pitagora* (1996), in cui analizza la relazione tra fisica e religione. Il suo interesse per le nuove forme di comunicazione scientifica ha dato vita a Crochet Coral Reef, il più vasto progetto di interazione tra arte e scienza mai realizzato.

³ Cfr. Unali p. 226. *Spazio indicibile in Architettura cultura digitale* (a cura di). L. Sacchi, M. Unali.

⁴ Cfr. Parrinello S., Dell'Amico A. (2021) *From Survey to Parametric Models: HBIM Systems for Enrichment of Cultural Heritage Management*. In: Bolognesi C., Villa D. (eds) *From Building Information Modelling to Mixed Reality*. Springer Tracts in Civil Engineering. Springer, Cham.

⁵ Cfr. Cervellini (2016) *Il disegno come luogo del progetto*. Well's S.r.l., Roma.

⁶ Cfr. Queau P. (1993) *Le virtuel: Vertus et vertige*. Champ Vallon Editions, Ceyzérieu.

⁷ Il concetto di *eterotopia* viene introdotto dal filosofo M. Foucault, per definire quei luoghi esistenti in contesti reali che costruiscono una sorta di contro-luoghi, poiché per la loro natura possono essere rappresentati, contestati, ribaltati. Dei luoghi che si trovano al di fuori di ogni spazio anche se possono essere facilmente localizzati in contesti reali. Foucault utilizza la figura dello specchio per esprimere il concetto di *eterotopia*: “Lo specchio è un’utopia, dato che è un luogo senza luogo. Nello specchio, mi vedo là dove non sono, in uno spazio irreali che si apre virtualmente dietro la superficie, io sono laggiù, là dove non sono, una sorta di ombra che mi dà la mia stessa visibilità, che mi permette di guardarmi là dove sono assente: utopia dello specchio. Ma è anche un’eterotopia, dal momento che lo specchio esiste realmente e ha una sorta di effetto di rimando sul posto che occupo; a partire dallo specchio scopro di essere assente dal posto in cui sono, poiché è là che mi vedo. A partire da questo sguardo che, in qualche modo, si posa su di me, dal fondo di quello spazio virtuale che sta dall’altra parte del vetro, ritorno verso di me e ricomincio a volgere gli occhi verso me stesso e a ricostituirmi là dove sono; lo specchio funziona come un’eterotopia nel senso che restituisce il posto che occupo nel momento in cui mi guardo nel vetro, un posto assolutamente reale, connesso a tutto lo spazio che lo circonda, e al tempo stesso assolutamente irreali, perché, per essere percepito, deve passare da quel punto virtuale che sta laggiù.” Cfr.

Foucault M. (2010) *Eterotopia*. Milano: Mimesis Edizioni pp. 9-21.

⁸ Cfr. Parrinello S., Dell'Amico A. (2018). *L’artigianato tradizionale dei nativi americani procedure di rilievo e documentazione per la creazione di sistemi informativi 3D*. In *3D Modeling & BIM* (a cura di). Tommaso Empler, Roma: DEI.

⁹ *Realtà fenomenica* relativa alla definizione di *fenomenico* ovvero ciò che è conoscibile attraverso l’esperienza sensibile. Cfr. <http://www.treccani.it/vocabolario/fenomenico/>

¹⁰ Cfr. Mario Centofanti (2012). *Prolegomeni sul modello nel rilevamento architettonico*. In: (a cura di): Carlevaris L., Filippa M., *Elogio della teoria*. p. 415-422, ROMA:Gangemi, ISBN: 9788849225198, Roma, 13-15 Dicembre 2012.

¹¹ Bruno Munari (1989). *Simultaneità degli opposti*. Mantova: Publi-Paolini, p.8.

¹² Cfr. Mario Carpo (2011). *The Alphabet and the algorithm*. Massachusetts institute of Technology, p. 9.

¹³ Nell’accezione del filosofo Philippe Queau “Il virtuale è una nuova forma di realtà che consente di comprendere il reale al meglio”, è chiaro il legame tra virtuale e immagine, sottolineato dall’uso della parola forma. Cfr. Queau P (1993) *Le virtuel: Vertus et vertige*. Champ Vallon Editions, Ceyzérieu.

¹⁴ *Information Modeling*: i modelli di informazioni permettono la lettura di informazioni diverse a partire dalla stessa rappresentazione. Per rappresentare diverse qualità di dati il modello deve essere letto attraverso un sistema di costruzione digitale che gratisca la diversificazione dell’informazione. Cfr. Hai Zhuge, In *Computer Science Reviews and Trends, Multi-Dimensional Summarization in Cyber-Physical Society*, Morgan Kaufmann, 2016, pp. 171-172. Il risultato della modellizzazione delle informazioni, chiamato modello di informazione, è una descrizione non tecnica ma formale delle esigenze di informazione di un gruppo di utenti. È costituito da un diagramma che descrive tutti gli oggetti, le loro proprietà e le loro interrelazioni. Le tecniche di diagramma utilizzate si basano normalmente sul diagramma entità-relazione. Un’altra tecnica di diagramma informativo è basata sulla modellazione multidimensionale. Nel secondo passaggio, ovvero la progettazione logica del database, il modello informativo viene trasformato in tabelle costituite da colonne e chiavi implementate in un’area di gestione temporanea, data warehouse o data mart. Queste tabelle conterranno le esigenze di informazione degli utenti, una descrizione o un modello di tutte le tabelle con le loro colonne e strutture di chiavi. Cfr. Rick F. van der Lans, Chapter 11 - *Data Virtualization, Information Management, and Data Governance*, (eds) Rick F. van der Lans, In *MK Series on Business Intelligence, Data Virtualization for Business Intelligence Systems*, Morgan Kaufmann, 2012, pp. 231-241.

¹⁵ VR, dall’inglese *virtual reality*, l’utilizzo del termine risale al 1987 anno in cui Jaron Lanier fondò la VPL Research (Virtual Programm Languages) ed il concetto di linguaggio VPL (Virtual Programming Languages). Cfr. Henry E. Lowood, 2019. *Virtual reality*. In *Encyclopædia Britannica*. <https://www.britannica.com/technology/virtual-reality> Il fine della realtà virtuale è simulare un

ambiente reale per mezzo di tecnologie elettroniche, sino a dare a chi la sperimenta l'impressione di trovarsi realmente immerso in quell'ambiente. Oggi la locuzione ha assunto anche un significato più allargato e indica tutte quelle simulazioni che consentono un qualche grado di interazione con l'ambiente descritto, così come avviene per es. nei videogiochi, anche quando la simulazione non è totale, ma coinvolge solo alcuni sensi. Attraverso le operazioni di simulazione della realtà il soggetto umano può interagire, a volte per mezzo di interfacce non convenzionali, quali occhiali e caschi su cui viene rappresentata la scena e vengono riprodotti i suoni, e guanti (*dataglove*) dotati di sensori per simulare stimoli tattili e per tradurre i movimenti in istruzioni per il software. Simili tecniche sono usate, tra l'altro, nei videogiochi, nell'addestramento militare dei piloti e nella modellistica di sistemi microscopici. Cfr. def. <http://www.treccani.it/enciclopedia/realta-virtuale>.

¹⁶ AR, dall'inglese *augmented reality* (realtà aumentata), tecnica della realtà virtuale attraverso cui si aggiungono informazioni alla scena reale. AR è realizzabile attraverso piccoli visori sostenuti, come i caschi immersivi, da supporti montati sulla testa che permettono di vedere la scena reale attraverso lo schermo semitrasparente del visore (*see-through*), utilizzato anche per mostrare grafica e testi generati dal computer. Nella sua espressione più completa, un sistema di r. a. acquisisce continuamente la scena osservata attraverso una telecamera solidale con il visore e ne analizza il contenuto con algoritmi di visione artificiale per determinare il punto di vista dell'osservatore rispetto a essa (*pose estimation*). Questo dato permette di proiettare, attraverso il visore, la grafica di arricchimento della realtà (freccie, indicazioni, testi, modelli tridimensionali di parti in sovrapposizione a quelle reali, ecc.) in modo da collimare perfettamente nel sistema occhio-scena e fornire così le indicazioni 'agganciate' alla posizione cui si riferiscono indipendentemente, entro certi limiti, dal punto di osservazione. I sistemi di r. a. ricorrono a una premarcatura della scena in esame con figure che, riconosciute, ne costituiscono precisi riferimenti spaziali (*fiducials*), oppure si servono di immagini di riferimento preacquisite limitando così la sovrapposizione a superfici piane (*matching planare*), comunque orientate nello spazio. Cfr. http://www.treccani.it/enciclopedia/realta-aumentata_%28Lessico-del-XXI-Secolo%29/

¹⁷ Cfr. Parrinello S., Picchio F., Dell'Amico A. (2019) When the Future Is the Past. Digital Databases for the Virtualization of Museum Collection. In: Luigini A. (eds) Proceedings of the 1st International and Interdisciplinary Conference on Digital Environments for Education, Arts and Heritage. EARTH 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 919. Springer, Cham.

¹⁸ Thomas Friedman, classe 1953 è un saggista ed editorialista statunitense. Lavora per il New York Times occupandosi di temi di politica estera su tematiche come il del conflitto israelo-palestinese, la modernizzazione del mondo arabo, la globalizzazione e la difesa dell'ambiente. Vincitore di tre premi Pulitzer, nel 1983 e nel 1988, rispettivamente per i reportage dall'invasione israeliana del Libano e per la prima intifada palestinese e poi nel 2002 come commentatore.

Cfr. The Editors of Encyclopaedia Britannica, Thomas L. Friedman, Encyclopædia Britannica, inc. 2020. <https://www.britannica.com/biography/Thomas-L-Friedman>.

¹⁹ Cfr. Thomas Friedman (2011) A theory of everything (Sort Of), New York Times, 13 agosto 2011.

²⁰ Fonte online: <https://www.nytimes.com/2011/08/14/opinion/sunday/Friedman-a-theory-of-everyting-sort-of.html>

²¹ *ibidem*.

²² *ibidem*.

²³ Cfr. Sacchi, L., Unali, M., (a cura di). "Architettura e cultura digitale", Skira, Milano 2003, pp. 90-91.

²⁴ Cfr. Monica Murero (2010). Digital Literacy. Introduzione ai Social Media. Padova: libreriauniversitaria.it edizioni.

²⁵ Cfr. Pierre Lévy (1997). Il virtuale. Raffaele cortina Editore: Milano.

²⁶ Norbert Wiener, (1894 -1964). Matematico e dal 1932 professore presso il Massachusetts institute of technology. Le sue ricerche hanno avuto come oggetto il calcolo delle probabilità, i fondamenti della matematica, ed elevate questioni di analisi e loro applicazioni. In particolare, la sua ricerca portò alla teorizzazione della moderna teoria dell'informazione. Cfr. <http://www.treccani.it/enciclopedia/norbert-wiener/>

²⁷ Riprendendo l'accezione di N. Wiener del 1947. Cfr. <http://www.treccani.it/enciclopedia/cibernetica/>

²⁸ Bush V. (1945), "As We May Think". The Atlantic Monthly. Fonte online: <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/1945/07/as-we-may-think/303881/>

²⁹ Vannevar Bush, (1890 - 1974); ricercatore ed ingegnere americano, dal 1919 prof. di elettrotecnica al MIT (Massachusetts Institute of Technology) e dal 1938 presidente della Carnegie Institution di Washington. Precursore dell'ipertesto brevettò circa cinquanta invenzioni e realizzò (1930), con H. Caldwell, il primo prototipo dei moderni calcolatori analogici. Tra le opere: Operational circuit analysis (1929). Cfr. <http://www.treccani.it/enciclopedia/tag/vannevar-bush/>

³⁰ *Memex*, dalla contrazione di *memory expansion* era un prototipo di calcolatore analogico ideato V. Bush costituito da una scrivania sulla cui parte superiore sono inclinati schermi traslucidi, dove è possibile proiettare materiale per una lettura comoda. Il sistema si basava su un meccanismo di tipo elettro-ottico, basato sull'uso del microfilm, che all'epoca era la forma utilizzata per l'archiviazione delle informazioni. Ad un'estremità si trova il materiale immagazzinato. Oltre alla ricerca delle informazioni, il memex avrebbe dovuto permettere l'aggiunta di annotazioni e consentire la creazione di "collegamenti" stabili tra documenti diversi, attraverso la loro selezione e la pressione di un tasto da parte dell'utente. Fu per questo identificato come il precursore dei sistemi ipertestuali, come quelli che costituiscono il World Wide Web. Nel suo saggio *As We May Think*, Bush riporta "Appariranno forme totalmente nuove di enciclopedie, già confezionate con una rete di percorsi associativi che le attraversano, pronte per essere immesse nel memex ed ivi potenziate." una descrizione

dell'utilizzo del dispositivo memex, del tutto simile all'odierna ricerca su internet. Cfr. J. Nyce, P. Kahn (1992) (a cura di). *Da Memex a Hypertext*, Padova: Franco Muzzio.

³¹ Cfr. Bush V. (1945), "As We May Think". The Atlantic Monthly.

³² Si fa riferimento alla tecnica dei loci risale al 550 a.C. con Simone di Ceo, poeta lirico greco. Il poeta lirico rimase illeso durante un violento terremoto che distrusse il palazzo di tessano Skopas, egli riesci a riconoscere i commensali deceduti grazie al ricordo del posto che era stato assegnato durante il banchetto. Cfr. Mario Casertano, Gianfranco Nuzzo (2003) *Storia e testi della letteratura greca*. Vol. 1, Palermo: Palumbo Editore. p. 508. La tecnica era utilizzata sia dagli antichi greci che dai romani. Cicerone all'interno del *De Oratore* spiega le origini greche ed il funzionamento. "[...] Stimolato da questo episodio, egli capì che l'ordine era l'elemento fondamentale per illuminare la memoria. Pertanto coloro che esercitano questa capacità della mente devono fissare dei luoghi immaginari, raffigurarsi con il pensiero ciò che vogliono ricordare e collocarlo in questi luoghi: così l'ordine dei luoghi conserverà l'ordine delle cose e l'immagine delle cose indicherà le cose stesse; i luoghi saranno per noi come le tavolette di cera, e le immagini come le lettere." Cfr. M. T. Cicerone, *Dell'oratore*, a cura di A. Pacitti, 3 voll., Zanichelli, Bologna 1974, vol. II, libro II, LXXXVI, 354.

³³ "Tramite questa tecnica il soggetto memorizza la struttura di un edificio, oppure la distribuzione di negozi in una via o una qualsiasi zona geografica composta da un numero di loci. Durante il tentativo di ricordare un numero di elementi il soggetto si fa strada tra i loci e associa ad ogni elemento un locus, creando un'immagine che mette in relazione l'elemento e una caratteristica precisa del corrispondente locus. Il recupero delle informazioni si ottiene "camminando" tra i loci e permettendo a questi ultimi di attivare gli elementi desiderati." John O'Keefe & Lynn Nadel (1978) *The Hippocampus as a Cognitive Map*, Oxford University Press p. 8.

³⁴ Cfr. John O'Keefe & Lynn Nadel (1978) *The Hippocampus as a Cognitive Map*, Oxford University Press.

³⁵ Nell'accezione di utopie digitali, segnalano una mutazione della scena urbana con la comparsa del cyberspazio. In accordo con Bill Mitchell secondo il quale alcune funzioni della città reale sono state trasferite all'interno del cyberspazio. Cfr. Pierre Lévy (2003) *Le città virtuali*, in *Architettura e cultura digitale*, (a cura di) L. Sacchi, M. Unali, Milano: Skira editore, pp. 45-59.

³⁶ Cfr. Franco Purini, (2003) *Digital Divide*, in *Architettura e cultura digitale*, (a cura di) L. Sacchi, M. Unali, Milano: Skira editore, pp. 87-96.

³⁷ *Media Facades*, in accordo con la definizione data all'interno del dizionario *Elements Of Architecture*, Rem Koolhaas (2014) Taschen editore. pp. 158-167.

³⁸ *ibidem*.

³⁹ *ibidem*.

⁴⁰ *Iperstext*, il termine fu coniato negli anni '60 da Theodor H. Nelson che fu il primo ad descrivere il concetto ipermediale, - "una struttura per organizzare le informazioni, basata su un sistema non lineare ed

elastico. Tale struttura non poteva apparire in modo convenzionale ma richiedeva le capacità di calcolo di un computer per visualizzarla in modo dinamico attraverso le sue ricerche sulle possibilità dei sistemi ipertestuali." Cfr. Nelson, 1981. T. H. Nelson, *Literary Machines*, pubblicato in proprio, Swarthmore, Pa. 1981, trad. it. *Literary Machines 90.1*, Padova Muzzio, 1992.

⁴¹ Cfr. Bush V. (1945), "As We May Think". The Atlantic Monthly.

⁴² Cfr. Simona Pezzano (2004) *L'immagine digitale Una vera-falsa "nuova immagine"*. In *Leitmotiv - 4 / 2004*. <http://www.ledonline.it/leitmotiv/>

⁴³ How-to, "come fare a" si utilizza il termine per indicare delle istruzioni procedurali che nascono in ambito informatico. Preso poi come accezione per guide illustrative ad argomenti monotematici. Cfr. <https://dictionary.cambridge.org/it/dizionario/inglese/how-to> Un tempo distribuiti in forma cartacea oggi, più spesso in forma video tutorial open source distribuiti sui canali di diffusione web come youtube.

⁴⁴ L'efficacia dell'associazione di un codice verbale al codice visivo, come approfondimento dell'informazione veicolata, è dimostrata già a partire dalla seconda metà del '400 nei disegni di studio di Leonardo Da Vinci.

⁴⁵ Cfr. Sandro Parrinello (2013) *Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi*. Firenze: Edifir. p. 93

⁴⁶ Cfr. Matteo Ciastellardi (2009) *Le architetture liquide. Dalle reti del pensiero al pensiero in rete*. Milano: LED. p. 202.

⁴⁷ Cfr. Picon A. (2010) *Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions*, Basel: Birkhauser GmbH.

⁴⁸ Étienne-Jules Marey, (1878) *La méthode graphique dans les sciences expérimentales et principalement en physiologie et en médecine*, Paris: Masson.

⁴⁹ Cfr. Howe, Neil; Strauss, William (1991). *Generations: The History of America's Future, 1584 to 2069*. New York: William Morrow & Company. Neil Howe e William Strauss furono i primi a dare una suddivisione alle generazioni sulla base dei comportamenti sociologici modificati in base allo sviluppo tecnologico. Individuano la generazione Y nella classe nata a cavallo del 1982 -2000. Detti anche Millenials sono padroni delle nuove tecnologie, navigano sui social network, Riversano ogni momento della loro vita sulla rete dal mattino alla sera. Cfr. Luca Tomassini (2015) *Vite connesse. La sfida del futuro nell'era digitale*. Milano: Franco Angeli. Recentemente Barclays insieme all'Università di Liverpool, ha proposto una diversa classificazione in base a dei dati realizzati su un database individua la generazione Y tra i nati nel 1981-1995, la classificazione fa riferimento al target del Regno Unito, i dati sono comunque utili per capire dove nascono le differenze che ogni profilo presenta.

⁵⁰ In accordo con la definizione data da Sandra Regen, Cfr. Sandra Regen, (2019) *History of information graphics*. Tashen. p. 5

⁵¹ Cfr. Sandra Regen, (2019) *History of information graphics*. Tashen.

⁵² *ibidem*.

⁵³ Cfr. Sandro Parrinello (2013). *Disegnare il paesaggio. Esperienze*

di analisi e letture grafiche dei luoghi. Firenze: Edifir.

⁵⁴ Cfr. Francesca Picchio, (2015) *Scomporre e riconfigurare il paesaggio urbano. Ambienti virtuali e modelli di analisi per la costituzione di sistemi gestionali*, Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Architettura DIDA, Dottorato di Ricerca in Architettura, indirizzo in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente Settore disciplinare ICAR 17, Tesi di Dottorato di Ricerca D.P.R. 11/7/1980 - Ciclo XXVIII - Novembre 2015, p. 27.

⁵⁵ Infografica, Edward Tufte (2001) "un'infografica mostra visivamente grandezze misurate mediante l'uso combinato di punti linee, un sistema di coordinate, numeri simboli parole ombreggiatura e colore". Cfr. Tufte E. (2001) *Introcuction* p.10. E' la tecnica di rappresentazione dell'informazione, in forma 2D o 3D con immagini di tipo statico o dinamico.

⁵⁶ Cfr. Veszelszki, Agnes. (2014). *Information visualization: Infographic Skills from a linguistics point of view*. In: Benedek, Andras-Nyiri, Kristof (eds.): *The power of the Image Series Visual*, Vol. 4. Frankfurt: Peter Lang, pp.99-109.

⁵⁷ *Forma Urbis Romae - (oltre 18 m di larghezza per oltre 13 di altezza), del suo assemblaggio, realizzato con 150 lastre di marmo proconnessio a filari alternati in verticale e in orizzontale, eccezion fatta per i quattro ordini superiori, tutti con lastre a disposizione orizzontale, della sua collocazione nel templum Pacis, fatto erigere da Vespasiano e rinnovato da Settimio Severo dopo l'incendio in età commodiana. L'area rappresentata, comprensiva di tutta la città augustea, per un totale di oltre 4.000 ettari, era orientata con il Sud-Est in alto e con un vettore assiale verticale che, passando per il centro del Colle Capitolino, puntava direttamente lungo il rettilineo della Via Latina, fino ai Colli Albani e, più esattamente, al tempio di Iuppiter Latiaris, il santuario comune a tutti i popoli della lega latina. Prima di passare ad una descrizione puntuale, occorre dire brevemente qualcosa sulla storia e sulle vicissitudini dei marmi sopravvissuti al tempo e alle vicende della città. Cfr. Rodríguez-Almeida, E. 2002. Capitolo 7. La Forma Urbis marmorea per eccellenza. In *Formae urbis antiquae: Le mappe marmoree di Roma tra la Repubblica e Settimio Severo*. Publications de l'École française de Rome. pp. 67-76.*

⁵⁸ Cfr. Sybille Kramer, (2020) *Piccola metafisica della medialità. Medium, messaggero, trasmissione Volume 6 di Ricerca filosofica. Storia e Letteratura*.

⁵⁹ Il richiamo va alle griglie di rappresentazione longitudinale e altitudinale delle mappe della cartografia scientifica, che con il geografo Tolomeo introdusse un sistema di rappresentazione grafica per la lettura spaziale del mondo, in una configurazione che risulta invisibile nel mondo reale. Questa è una tecnica nota fin dal Medioevo e usata per diagrammi cosmologici, religiosi o musicali e genealogici e, nei tempi moderni, diagrammi di rete. Annotazioni o testi di accompagnamento contribuiscono alla comprensione della configurazione rappresentata.

⁶⁰ Cfr. Sandra Regen, (2019) *History of information graphics*. Tashen.

⁶¹ *ibidem*.

⁶² In epoca contemporanea il registro mimetico si rivolge a una rappresentazione tridimensionale di tipo analogico o virtuale comprensiva di diversi livelli di iconicità (*mimesis*, come imitazione della forma ideale della realtà). Il successo di questo tipo di rappresentazione si deve al nostro sistema cognitivo collettivo fondato sulla visione. L'efficacia del codice mimetico interessa schema prospettico monocromatico quanto il rendering analogico e digitale, l'animazione 3d e le forme di realtà virtuale e aumentata. Cfr. Marta Magagnini (2020), *Tecniche di rappresentazione e comunicazione del progetto per il processo partecipativo*, in Roberta Angelini, Rosalba D'Onofrio (a cura di). *Comunicazione e partecipazione per il governo del Territorio*, FrancoAngeli. p.120

⁶³ Cfr. Sandra Regen, (2019) *History of information graphics*. Tashen.

⁶⁴ William Playfair è nato a Liff in Scozia durante l'Illuminismo, età dell'oro per le arti, le scienze, l'industria e il commercio. Playfair ingegnere, economista e politico, è stato il più importante sviluppatore di grafica statistica, ideatore di un linguaggio grafico analitico. Nel corso di trentasei anni ha pubblicato molti libri e opuscoli contenenti grafici statici e sebbene questo lavoro sia stato ricevuto con indifferenza, persino ostilità, non ha mai esitato nella convinzione di aver trovato il modo migliore per mostrare dati empirici, tuttavia impiegò quasi un secolo dopo la sua morte prima che la sua introduzione fosse pienamente accettata.

Cfr. Spence, Ian & Wainer, Howard. (2001). *William Playfair*.

⁶⁵ Cfr. Spence, Ian & Wainer, Howard. (2001). *William Playfair*.

⁶⁶ Cfr. Sandra Regen, (2019) *History of information graphics*. Tashen.

⁶⁷ Cfr. Marta Magagnini (2020), *Tecniche di rappresentazione e comunicazione del progetto per il processo partecipativo*, in Roberta Angelini, Rosalba D'Onofrio (a cura di). *Comunicazione e partecipazione per il governo del Territorio*, FrancoAngeli. p.117

⁶⁸ Cfr. Sandra Regen, (2019) *History of information graphics*. Tashen.

⁶⁹ *ibidem*.

⁷⁰ Lo studio di grafici risulta fondamentale durante i casi di epidemie e pandemie. Per la definizione del caso risulta fondamentale la raccolta, l'analisi e il confronto dei dati. La dimensione temporale di un'epidemia è descritta dalla curva temporale epidemica, ovvero un grafico in cui il tempo è rappresentato sull'asse x e numero dei casi è riportato sull'asse y. La lettura della curva fornisce indizi su i fattori epidemici. Cfr. James Jekel, David Katz, Joann Elmore, (2009) *Epidemiologia, biostatistica e medicina preventiva*, ed. ita (a cura di). Adriano Decarli, Monica Ferraroni. Vicenza: Elsevier srl, 2009 p. 51. Nel 2020 abbiamo sperimentato l'efficacia di questa tipologia di rappresentazione grafica utilizzata per i bollettini informativi durante il caso pandemico di COVID-19.

⁷¹ Oliver Byrne (c. 1810–c. 1880) è stato scrittore ed ingegnere civile di origine irlandese. Il libro è oltre a un trattato sulla geometria euclidea un nuovo espediente didattico in cui Byrne utilizza i simboli

grafici e i colori primari per esprimere concetti più complessi. L'autore afferma che si tratta di un espediente didattico che distingue la sua edizione da tutte le altre: "*Gli Elementi di Euclide in cui simboli e schemi colorati sostituiscono le lettere, a tutto beneficio di chi si avvicina a questa materia*".

⁷² Cfr. Parrinello S., Dell'Amico A. (2021) From Survey to Parametric Models: HBIM Systems for Enrichment of Cultural Heritage Management. In: Bolognesi C., Villa D. (eds) From Building Information Modelling to Mixed Reality. Springer Tracts in Civil Engineering. Springer, Cham.

⁷³ Emma Wilard (1787-1870) attivista statunitense nel 1814 fondò la prima scuola superiore riservata allo studio femminile.

⁷⁴ Cfr. Parrinello S., Dell'Amico A. (2021) From Survey to Parametric Models: HBIM Systems for Enrichment of Cultural Heritage Management. In: Bolognesi C., Villa D. (eds) From Building Information Modelling to Mixed Reality. Springer Tracts in Civil Engineering. Springer, Cham.

⁷⁵ *ibidem*.

⁷⁶ Cfr. Hal Foster, Rosalind Krauss, Yve-Alain Bois, Benjamin H.D. Buchloh (2004) Art since 1900. Modernism, Antimodernism, Postmodernism. London: Thames & Hudson. Trad ita. (a cura di). Elio Grazioli, in collaborazione con Eva Fabbris e Lucia Tozzi. Arte dal 1900. Modernismo Antimodernismo, Postmodernismo, Singapore: Zanichelli.

⁷⁷ *ibidem*.

⁷⁸ Cfr. Andy Warhol (1980) POPismo.

⁷⁹ Cfr. Hal Foster, Rosalind Krauss, Yve-Alain Bois, Benjamin H.D. Buchloh (2004) Art since 1900. Modernism, Antimodernism, Postmodernism. London: Thames & Hudson. Trad ita. (a cura di). Elio Grazioli, in collaborazione con Eva Fabbris e Lucia Tozzi. Arte dal 1900. Modernismo Antimodernismo, Postmodernismo, Singapore: Zanichelli. pp. 490.

⁸⁰ *ibidem*.

⁸¹ Cfr. Andy Warhol Intervista con Swenson, 1963.

⁸² Cfr. Sandra Regen, (2019) History of information graphics. Tashen.

⁸³ Fu Dean Bernard Tschumi nel 1988, a trasformare l'approccio della Columbia University nel decennio successivo introducendo i progressi computazionali e creando il primo "studio senza carta". Nel 1992, la presenza di Tschumi all'interno delle sale della Columbia, congiuntamente alla tendenza decostruttivista, iniziò a mescolarsi insieme per cambiare il tono della scuola che divenne sempre più interessata alla sperimentazione d'avanguardia della forma, utilizzando le abilità uniche e potenti che il computer offerto. Cfr. Johnson, Daniel Stephen, "Columbia University's Introductory Pedagogy (1986 - 1991)" (2013). All Theses and Dissertations (ETDs). 1110. p. 64

⁸⁴ Cfr. Picon A. (2010) Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions, Basel: Birkhauser GmbH pp. 8-14.

⁸⁵ Cfr. Toyo Ito, "Tarzans in the Media Forest", in 2G, no. 2, 1997, pp.121-144.

⁸⁶ Cfr. Picon A. (2010) Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions, Basel: Birkhauser GmbH pp. 56-57.

⁸⁷ Cfr. Picon A. (2010) Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions, Basel: Birkhauser GmbH pp. 9.

⁸⁸ Cfr. Mario Carpo (2011). The Alphabet and the algorithm. Massachusetts institute of Technology.

⁸⁹ *Rivoluzione* dal lat. tardo *revolutio -onis* «rivolgimento, ritorno», der. di *revolvĕre*: v. rivolgere. Cfr. <http://www.treccani.it/vocabolario/rivoluzione/>

⁹⁰ Cfr. Mario Carpo (2011). The Alphabet and the algorithm. Massachusetts institute of Technology, p. 10

⁹¹ *ibidem*.

⁹² Cfr. Parrinello S., Dell'Amico A. (2021) From Survey to Parametric Models: HBIM Systems for Enrichment of Cultural Heritage Management. In: Bolognesi C., Villa D. (eds) From Building Information Modelling to Mixed Reality. Springer Tracts in Civil Engineering. Springer, Cham.

⁹³ Cfr. John R. Searle (2015). Seeing things as they are. A Theory of perception. Oxford university press ed ita (a cura di). Davide Bordini (2016) Vedere le cose come sono. Varese: Raffaello Cortina Editore.

⁹⁴ Cfr. Parrinello S. (2013). Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi. Firenze:Edifir. pp. 37-44.

⁹⁵ Cfr. G. Edelman, Neural Darwinism: The theory of Neuronal Group Selection, Basic Books, New York 1987. Secondo la teoria di Edelman, premio Nobel per la Fisiologia o la Medicina nel 1972. L'esistenza di una selezione esperienziale: un secondo processo selettivo investe, nel corso dell'esperienza postnatale dell'organismo, i preesistenti gruppi di neuroni. Questo processo conduce, attraverso la modificazione differenziale dell'efficacia sinaptica delle connessioni all'interno e fra i gruppi di neuroni, e senza mutamento alcuno del pattern di connettività anatomica già stabilitosi, alla formazione di un repertorio secondario, il quale risulta costituito da quelle combinazioni interconnesse di gruppi la cui attività è correlata con il comportamento adattativo. Tali combinazioni di gruppi hanno dunque maggiori probabilità di essere nuovamente attivate, e di determinare, in questo modo, il futuro comportamento dell'organismo. Poiché le esperienze comportamentali di ciascun individuo sono uniche, questo secondo meccanismo epigenetico amplifica, a livello funzionale, le differenze individuali già determinate a livello morfologico dall'unicità dei processi dello sviluppo.

⁹⁶ Cfr. Catenacci, C. (1994). Darwinismo neurale. analisi di una teoria biologica della mente. Metodologia 12-13, 1-48.

⁹⁷ *ibidem*.

⁹⁸ *ibidem*.

⁹⁹ *La relazione attore-spettatore di una determinata scena definita da un confine tra azione e percezione, sembra essere stata individuata all'interno del cervello nei neuroni specchio. Neuroni che entrano in funzione quando compiamo gesti abituali o mentre osserviamo qualcuno fare qualcosa.* Cfr. Parrinello S. (2013). Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi.

Firenze:Edifir. pp. 37-44.

¹⁰⁰ Cfr. Parrinello S. (2013). Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi. Firenze:Edifir. pp. 37-44.

¹⁰¹ Cfr. Parrinello S. (2013). Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi. Firenze:Edifir. pp. 48-49.

¹⁰² Nell'accezione di archetipo come "modello".

¹⁰³ *ibidem*.

¹⁰⁴ Cfr. F. Purini Un quadrato ideale. In Disegnare, idee, immagini vol. n 40/2010 pp. 12-25.

¹⁰⁵ Rappresentare e quindi conoscere l'architettura si fa riferimento al concetto di architettura stesso. Nell'accezione Platoniana come "creatrice di spazi" ripresa nella definizione di Vitale (Estetica dell'Arch., Bari 1928), che vede nella creazione architettonica la sola creazione artistica possibile nel campo del relativo, cioè della realtà, e la definisce "costruzione, ordinamento, ritmo dati alla materia nei rapporti prestabiliti dallo spazio", "verbo che si è fatto pietra e resiste nei secoli al processo distruttivo dello spirito nuovo." Cfr. http://www.treccani.it/enciclopedia/architettura_res-8324f239-8baa-11dc-8e9d-0016357ee51_%28Enciclopedia-Italiana%29/

¹⁰⁶ Cfr. F.M. Mindegua, 2010 Limiti e potenzialità del disegno. In disegnare, idee, immagini n40/2010, Roma: Università degli studi di Roma La Sapienza.

¹⁰⁷ Si fa riferimento al concetto filosofico di imperfezione tradotto come espressione di tutti i limiti che un oggetto ha e che vengono espressi dalla negazione di "essere" (essenziale).

¹⁰⁸ Si intende "Disegno tecnico assistito dall'elaboratore". Nel 1963 fu il software Lo Sketchpad di Ivan Sutherland ad essere considerato il precursore dei sistemi CAD odierni e il punto di svolta per la computer grafica.

¹⁰⁹ Si fa riferimento alla grafologia lo studio della scrittura quale rivelatrice del carattere e delle condizioni psichiche e morali di una persona. Ogni individuo proietta gli aspetti più autentici della propria personalità. Tra i primi che considerarono la scrittura atto a rivelare aspetti della personalità fu l'abate J.-H. Michon (1806-81), che fondò la Société de graphologie. Al sistema di Michon, basato sulle corrispondenze dei 'segni fissi', si oppose sia quello di J. Crépieux-Jamin (Traité de graphologie, 1885), per cui le qualità psichiche si manifestavano attraverso un insieme di 'proprietà grafiche' (velocità, forma, direzione, dimensione, continuità, ordine), sia l'opera del fisiologo W. Preyer (Zur Psychologie des Schreibens, 1895), che fondò le sue indagini su quattro leggi: a) variazioni della direzione, della lunghezza, della larghezza e delle interruzioni; b) ripetizione dei segni; c) relazione tra movimenti involontari di espressione e moti della scrittura; d) stimolo inconscio all'imitazione, e modellazione della scrittura in base a determinate immagini mentali. In seguito si è cercato di portare la g. al livello di una scienza obiettiva, interpretando il rapporto fra scrittura e individuo alla luce della psicologia. L'obiettivo è stato ottenuto da M. Pulver (1889-1952), polarizzando l'apporto della psicanalisi e precisando il riflesso dell'inconscio (Symbolik der Handschrift, 1931). L'affermazione scientifica della g. è, tuttavia, attribuita al francescano conventua-

le G. Moretti (1879-1963), che mise in correlazione il movimento scrittoria alla dinamica interiore dello scrivente, favorendo così l'individuazione della singolarità di ognuno attraverso il 'gesto grafico'; i segni nel suo metodo (Trattato di grafologia, 1914) sono precisati nella loro dimensione qualitativa e quantitativa. Grazie a questa impostazione scientifica la g. ha trovato riconoscimento a livello universitario (Scuola superiore di studi grafologici dell'università di Urbino, 1977). Cfr. <http://www.treccani.it/enciclopedia/grafologia/>
¹¹⁰ Avatar, è un termine che il mondo dei videogiochi e della virtuale ha preso in prestito dalla religione induista per indicare alter ego digitale, copia del reale. Nella religione indica "la discesa di una divinità sulla terra". Cfr. <http://www.treccani.it/vocabolario/avatar/>. Nel caso delle città virtuali si può parlare di avatar ogni qualvolta che un'organizzazione reale viene ripresentata in rete tramite la copia digitale. Cfr. Unali, Atlante dell'abitare virtuale p.64

¹¹¹ Cfr. Osello A (eds) (2015) Building information modeling geographic information system augmented reality per il facility management. Dario Flaccovio, Palermo.

¹¹² Cfr. Sandra Bonfiglioli, L'architettura del tempo. La città multimediale, Napoli: Liguori Editore, 1990.

¹¹³ Cit. C. Norberg-Schulz, Genius Loci, Paesaggio, ambiente, architettura, Documenti di architettura, 1992.

¹¹⁴ Riferimento alla teoria sulla semplicità di Alain Berthoz, ingegnere e neurofisiologo francese è professore di fisiologia della percezione e dell'azione al Collège de France. "Dal mio punto di vista la semplicità consiste in questo insieme di soluzioni trovate dagli organismi viventi affinché, nonostante la complessità dei processi naturali, il cervello possa preparare l'atto e anticiparne le conseguenze" (XI). Cfr. A. Berthoz. Semplicità. Codice edizioni. Torino. 2011 (ed. originale: 2009)

¹¹⁵ La percezione ambientale si configura come una costruzione mentale, come insieme di processi percettivi, cognitivi ed affettivi, attraverso i quali gli individui acquistano conoscenza su di un sito con lo sviluppo di schemi cognitivi di cui le mappe mentali costituiscono la chiave. Il concetto di mappa cognitiva, definito da Tolman. Cfr. Sandro Parrinello, Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi. Firenze: Edifir.

¹¹⁶ *Forma mentis* locuz. lat. (propr. «forma di mente»), – Struttura mentale, soprattutto con riguardo al modo di considerare e intendere la realtà, quale si determina nell'individuo, per indole e per educazione: è cosa contraria, o congeniale, alla sua forma menti. <http://www.treccani.it/vocabolario/forma-mentis/>

¹¹⁷ Cfr. G. Cullen, Il paesaggio urbano, 1976. pag. 5.

¹¹⁸ Cfr. Giuseppe Perpiglia (2019) La semplicità.

¹¹⁹ Cfr. K. Lynch. L'immagine della città, 2013. Pag.31.

¹²⁰ Cfr. Francesca Picchio, (2015) Scomporre e riconfigurare il paesaggio urbano. Ambienti virtuali e modelli di analisi per la costituzione di sistemi gestionali, Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Architettura DIDA, Dottorato di Ricerca in Architettura, indirizzo in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente Settore disciplinare ICAR 17, Tesi di Dottorato di Ricerca

D.P.R. 11/7/1980 - Ciclo XXVIII - Novembre 2015.

¹²¹ Cfr. Sandro Parrinello. (2013) *Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi*. Firenze: Edifir. pag 54.

¹²² *ibidem*.

¹²³ Cfr. Centofanti, M., *Della natura del modello architettonico*, Aa.vv "Sistemi Informativi Integrati per la tutela..."

¹²⁴ Cfr. Centofanti, M., *Della natura del modello architettonico*, in Brusaporci, S., "Sistemi...", op. cit., p.47 e p. 52.

¹²⁵ Cfr. Ami Chopine. *3D Art Essential. The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing and Animation*. Oxon: Focal Press, Taylor & Francis Group.

¹²⁶ *ibidem*.

¹²⁷ Cfr. Picon A. (2010) *Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions*, Basel: Birkhauser GmbH.

¹²⁸ *ibidem*.

¹²⁹ Si accenna alla figura di Alan Turing egli ebbe un ruolo cruciale nella ricerca tra gli anni '30 e gli anni '50: dalla teoria della computabilità, alla decodifica dei messaggi segreti dei tedeschi durante la Seconda Guerra Mondiale, fino ai progetti per la costruzione del calcolatore. Turing fu precursore dei temi sull'intelligenza artificiale nati nella seconda metà degli anni '50 e tuttora in corso. Cfr. Teresa Numerico (2005) *Alan Turing e l'intelligenza delle macchine* FrancoAngeli editore.

¹³⁰ ENIAC Electronic Numerical Integrator and Computer. Progettato e costruito durante la seconda guerra mondiale presso l'Università della Pennsylvania, sotto il concept di John Mauchly e J. Presper Eckert. Fu finanziato dall'Ordnance Department dell'esercito degli Stati Uniti. L'intento dell'esercito era di usarlo per calcolare le tabelle di tiro dell'artiglieria, ma il design digitale progettato da Turing prevedeva la risoluzione di una vasta gamma di problemi. Fu in seguito utilizzato anche per la progettazione della bomba all'idrogeno. La sua velocità era 1000 volte più veloce delle macchine elettromeccaniche che l'hanno preceduta e non si basava su parti mobili per produrre calcoli. Notoriamente, l'ENIAC conteneva quasi 17.500 tubi a vuoto, 7.200 diodi a cristallo, 1.500 relè, 70.000 resistenze e 10.000 condensatori e occupava quasi 1800 piedi quadrati consumando 150 kW di potenza. Sebbene la tecnologia del tubo a vuoto non fosse la più affidabile a causa dei frequenti burn-out, l'ENIAC ha operato circa il 50% del tempo in cui era in servizio. ENIAC era composto da singoli pannelli che svolgevano funzioni diverse. Cfr. Arthur W. Burks, Harry D. Huskey, (2012) *Electronic Numerical Integrator and Computer Eniac Operating Manual*, Periscope Film.

¹³¹ *ibidem*.

¹³² Cfr. Picon A. (2010) *Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions*, Basel: Birkhauser GmbH.

¹³³ *ibidem*.

¹³⁴ UNIVAC, UNIVersal Automatic Computer I, fu il primo computer commerciale progettato nel 1951 da Eckert e Mauchly, che nel 1946 fondarono l'azienda Electronic Control Co divenuta nel 1947 Eckert-Mauchly Computer Corp, o EMCC fu il primo computer ad utilizzare una memoria esterna su nastro magnetico. Aveva di-

mensioni più contenute rispetto al precedente progetto ENIAC. Cfr. Documentazione originale dell'UNIVAC, disponibile al sito www.bitsavers.org/pdf/univac/univac1/bitsavers.org.

¹³⁵ Cfr. Ami Chopine. *3D Art Essential. The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing and Animation*. Oxon: Focal Press, Taylor & Francis Group.

¹³⁶ Cfr. Picon A. (2010) *Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions*, Basel: Birkhauser GmbH.

¹³⁷ General Motors Research Laboratories, produttore automobilistico americano con sede a Detroit venne fondata nel 1908 da William C. Durant.

¹³⁸ PRONTO (Program for Numerical Tooling Operations) Cfr. Ami Chopine. *3D Art Essential. The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing and Animation*. Oxon: Focal Press, Taylor & Francis Group.

¹³⁹ CAD/CAM in riferimento all'uso congiunto e integrato di sistemi *Computer-Aided Design*, CAD (detto anche CAAD *Computer Aided Architettura Design*) e CAM *Computer-Aided Manufacturing*.

¹⁴⁰ *ibidem*.

¹⁴¹ Cfr. Looking Back The TX-2 Computer and Sketchpad Early computer technology at Lincoln Laboratory led to computer graphics and the functionality of your touchpad. LINCOLN LABORATORY JOURNAL n VOLUME 19, NUMBER 1, 2012.

¹⁴² TX-2 era un computer digitale sperimentale ideato da Sutherland nel 1958, durante i suoi anni di ricerca al MIT. Era uno dei pochi grandi computer digitali elettronici di prima generazione in cui i transistor soppiantavano ampiamente i tubi a vuoto. È stato progettato per facilitare e migliorare l'interazione uomo-computer in tempo reale. TX-2 è stato uno strumento sperimentale per testare molte tecniche e dispositivi, tra cui un'unità di memoria a nucleo magnetico e la prima unità di memoria a film magnetico sottile. Cfr. Looking Back The TX-2 Computer and Sketchpad Early computer technology at Lincoln Laboratory led to computer graphics and the functionality of your touchpad. LINCOLN LABORATORY JOURNAL n VOLUME 19, NUMBER 1, 2012.

¹⁴³ Cfr. Looking Back The TX-2 Computer and Sketchpad Early computer technology at Lincoln Laboratory led to computer graphics and the functionality of your touchpad. LINCOLN LABORATORY JOURNAL n VOLUME 19, NUMBER 1, 2012.

¹⁴⁴ Le curve di Bézier sono largamente pubblicizzate nel 1962 dal francese Pierre Bézier, un ingegnere meccanico francese che lavora per la fabbrica Renault, che le usò per disegnare le carrozzerie delle automobili. I problemi con cui Bézier aveva a che fare riguardavano la gestione delle macchine a controllo numerico che tranciarono i pezzi di lamiera con cui fare le carrozzerie delle auto. Bézier stesso ammise che alle stesse curve era giunto anche il suo collega della Citroen De Casteljau, ma i vincoli di segretezza imposti da questa fabbrica hanno fatto sì che tali curve restassero legate al suo nome. Bézier stabilì un modo di realizzare le curve che partiva da due punti e una linea vettoriale appunto, un sistema innovativo che permette ancora oggi agli operatori grafici di realizzare disegni curvilinei

bellissimi e precisi. Cfr. Della Vecchia Dispense di Grafica Computazionale.

¹⁴⁵ B-spline, *basis Spline* definita da Schoenberg come una curva lineare formata da punti di controllo. Costituiscono la base delle funzioni spline ciò significa che tutte le possibili funzioni spline possono essere costituite da una combinazione lineare di B-splie e questa è univoca. Cfr. Hartmut., Prautzsch (2002). *Bézier and B-Spline Techniques*. Mathematics and Visualization. Boehm, Wolfgang., Paluszny, Marco. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. p. 63

¹⁴⁶ *Maquette*, termine francese per indicare il plastico, modello di cui si avvale il progettista, architetto, ingegnere per visualizzare ipotesi formali, strutturali o funzionali del progetto elaborato. Il termine plastico richiama l'idea di un costruito fisico modificabile a richiamare il processo di aperto di valutazione e modifica eventuale del progetto tramite la realizzazione del modello fisico in scala. Cfr. Tomás Maldonado (2015), Reale e virtuale. Feltrinelli editore: Bergamo.

¹⁴⁷ Cfr. Tomás Maldonado (2015), Reale e virtuale. Feltrinelli editore: Bergamo. pp.100-102.

¹⁴⁸ William Fetter, fu definito il primo design graphic. Durante la fine degli anni '50 lavorava per la Boeing Company, intuì istintivamente come i computer potessero essere usati per aiutare i progettisti e gli ingegneri di aeroplani a immaginare sullo schermo di un computer le diverse forme del corpo umano e la visione limitata di un pilota in una cabina di pilotaggio. Collaborando con altri programmatori di computer e ingegneri, ha disegnato la primissima figura umana tridimensionale e simulazioni di movimento utilizzando un computer. Cfr. Robin Oppenheimer (2018) William Fetter, E.A.T., and 1960s Computer Graphics Collaborations in Seattle, HistoryLink.org Essay 20542.

¹⁴⁹ Boeing, fondata da William E. Boeing a Seattle nel 1916 è produttrice di veicoli per uso civile e militare.

¹⁵⁰ Computer grafica trad. *Computer Graphics - Insieme di tecniche e algoritmi informatici per la generazione e la modifica di immagini e video digital*. Cfr. http://www.treccani.it/enciclopedia/computer-grafica_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/

¹⁵¹ Cfr. John Harwood (2003) The White Room: Eliot Noyes and the Logic of the Information Age Interior, Grey Room 2003 NO. 12, 5-31.

¹⁵² *ibidem*.

¹⁵³ *ibidem*.

¹⁵⁴ Il progetto mai realizzato fu, nel 1971, fonte d'ispirazione per il progetto del Centre Georges Pompidou (Parigi) firmato Renzo Piano e Richard Rogers. Cfr. Picon A. (2010) Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions, Basel: Birkhauser GmbH.

¹⁵⁵ *ibidem*.

¹⁵⁶ MAGI fondata nel 1966 da Philip Mittleman allo scopo di valutare l'esposizione alle radiazioni nucleari. Hanno sviluppato un software *Synthavision* basato sul concetto di ray-casting in grado

di tracciare la radiazione dalla sua sorgente all'ambiente circostante. Cfr. Ami Chopine. 3D Art Essential. The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing and Animation. Oxon: Focal Press, Taylor & Francis Group.

¹⁵⁷ Cfr. Ami Chopine. 3D Art Essential. The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing and Animation. Oxon: Focal Press, Taylor & Francis Group.

¹⁵⁸ CGI- *Computer-Generated Imagery* (termine mutuato dall'inglese che tradotto letteralmente in italiano significa "immagini generate al computer")

¹⁵⁹ Il film del 1982 Tron diretto da Steven Lisberger è stato prodotto da Walt Disney Productions, con CGI da MAGI, Digital Effects, Robert Abel and Associates e Information International Inc. (III). L'ambientazione virtuale è costituita da immagini in wireframe, filmate su fondo nero su pellicola da 70 mm (doppia rispetto alla normale), così come i mezzi di trasporto come le note motociclette, allora impossibili da rappresentare in forma solida o rendering digitale. Gli attori interpreti dei personaggi virtuali sono stati filmati in bianco e nero. Il lavoro di coloritura delle linee, di campitura dei piani e dei solidi, veniva effettuato a mano in post produzione, da una squadra di novanta artisti di Taiwan, accreditati con ideogrammi cinesi nei titoli di coda. Cfr. Riccardo Albini (1983) La fabbrica di Tron. L'immagine digitale diventa arte cinematografica., Videogiochi N.04, Gruppo Editoriale Jackson.

¹⁶⁰ Cfr. Roberto Mingucci, Simone Garagnani, & Stefano Cinti Luciani (2012) CAD versus BIM: evoluzione di acronimi o rivoluzione nel mondo della progettazione? In Disegnare idee immagini n° 44/2012, Roma: Gangemi editore.

¹⁶¹ Cfr. Ami Chopine. 3D Art Essential. The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing and Animation. Oxon: Focal Press, Taylor & Francis Group.

¹⁶² ADAM, sviluppato anche dal Dr. Hanratty nel 1971 era un sistema grafico interattivo di progettazione, disegno e produzione scritto utilizzando Fortran e progettato per funzionare su ogni macchina. ADAM è stato continuamente aggiornato per essere compatibile con i sistemi a 16 e 32 bit e la maggior parte dei programmi CAD di oggi può essere ricondotta ad ADAM.

¹⁶³ Cfr. Claudio Gasparini (2005) CAD Tutor 3D. Corso interattivo di Autocad 3d, Milano: Gasparini Editore.

¹⁶⁴ *ibidem*.

¹⁶⁵ UNIX, venne prodotto dalla SGI (*Silicon Graphics, Incorporated*), azienda statunitense fondata nel 1981 in California da Jim Clark specializzata nella pipeline di visualizzazione delle immagini tridimensionali.

¹⁶⁶ ANSI, American National Standards Institute, organizzazione privata senza scopo di lucro dedicata a supportare gli standard volontari statunitensi e il sistema di valutazione della conformità e rafforzarne l'impatto, sia a livello nazionale che internazionale. Cfr. https://www.ansi.org/about_ansi/overview/overview?menuid=1

¹⁶⁷ Standard for Exchange of Product model data, è la norma tecnica condivisa a livello mondiale che regolamenta lo scambio di dati digi-

tale dei sistemi CAD, CAM, CAE, PDM/EDM adattabile ai diversi sistemi informatici, per l'archiviazione di dati a lungo termine. Cfr. ISO 10303-1:1994 Industrial automation systems and integration Product data representation and exchange - Overview and Fundamental Principles, International Standard, ISO TC184/SC4, 1994.

¹⁶⁸ ISO (*International Organization for Standardization*) dal greco *σοζ*, il cui significato è *uguale*, fondata nel 1947 organizzazione internazionale per la definizione di standard e norme tecniche di beni e servizi per la muta cooperazione in campo economico, culturale, scientifico e tecnologico, agevolando gli scambi a internazionali di beni. Cfr. <http://www.treccani.it/enciclopedia/iso/>

¹⁶⁹ Cfr. C. Eastman, An outline of the building description system, Research Report. Institute of Physical Planning, 1974, 50, Carnegie-Mellon University, Pittsburg. Si rimanda al cap. 2 per un maggiore approfondimento a riguardo.

¹⁷⁰ Cfr. Gerhard Schmitt (1996), *Information Architecture. Basi e futuro del CAAD*. Torino: Testo & Immagine. pp. 10-11.

¹⁷¹ La quarta dimensione individuata nella categoria di *tempo* fu definita nel 1941 da Sigfried Giedion. Cfr. Gerhard Schmitt (1996), *Information Architecture. Basi e futuro del CAAD*. Torino: Testo & Immagine.

¹⁷² Cfr. Monica Bercigli (2019) *Sistemi di fruizione virtuale e serious game per la valorizzazione e la divulgazione del Patrimonio Dottorato di Ricerca in Architettura, curriculum di Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente Ciclo XXXI*. Coordinatore Prof. Giuseppe DE LUCA, Tutor: Stefano Bertocci.

¹⁷³ Cfr. Simone Garagnai (2012) "Scatole cinesi" *Modelli digitali d'architettura tra CAAD e BIM*. Bologna: Simone Garagnani.

¹⁷⁴ H.D. Thoreau (2009) *Camminare (a cura di) M. Jevolella* Milano, p.28.

¹⁷⁵ Cfr. art. 115 Dlgs 42/2004. Codice dei beni culturali e del paesaggio del 2004, pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 45 del 24 febbraio 2004.

¹⁷⁶ Oggi lo strumento è elaborato a cura dell'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ISCR, organo tecnico del MiBACT). Rappresenta un sistema di sperimentazione e ricerca sul territorio, per la conoscenza sul rischio di danno dei beni immobili.

¹⁷⁷ Il grado di vulnerabilità del territorio è stato suddiviso secondo due fattori la *Vulnerabilità Individuale* (V), ovvero una funzione volta ad indicare il livello di esposizione di un dato bene all'aggressione dei fattori territoriali ambientali e il fattore di *Pericolosità Territoriale* (P), funzione che indica il livello di potenziale aggressività di una data area territoriale, indipendentemente dalla presenza o meno dei beni. Cfr. <http://www.cartadelrischio.it>

¹⁷⁸ Ad enunciare il principio di conservazione integrata Roberto Di Stefano, enunciato nella Dichiarazione di Amsterdam nel 1975. Principio secondo il quale il restauro non fosse più solo limitato ai tecnicismi conservativi ma aprisse i suoi concetti di preservazione anche al contesto in cui il monumento è inserito. Cfr. Carlo Tosco (2019) *I beni culturali. Storia, tutela e valorizzazione*. Urbino: Il mulino. pp.114.

¹⁷⁹ Cfr. Carlo Tosco (2019) *I beni culturali. Storia, tutela e valorizzazione*. Urbino: Il mulino. pp.115

¹⁸⁰ Cfr. Carlo Tosco (2019) *I beni culturali. Storia, tutela e valorizzazione*. Urbino: Il mulino. pp.163-167

¹⁸¹ *ibidem*.

¹⁸² CIDOC-CRM istituito nel 1996 è stato riconosciuto nel 2006 come standard ISO (21127:2006), e ISO (21127:2014). Cfr. www.cidoc-crm.org.

¹⁸³ Attualmente il segretario ICOM ha sede presso gli uffici UNESCO di Parigi, ICOM collabora con partner istituzionali quali ICROM, INTERPOL, World Customs Organisation, World Intellectual Property Organisation, UNESCO e gode dello status di organismo consultivo presso il Consiglio Economico e Sociale delle Nazioni Unite (ECOSOC). È organizzazione internazionale non governativa attualmente fanno parte di ICOM 40000 membri e professionisti museali in tutto il mondo e sono riconosciuti 115 Comitati Nazionali e 30 Comitati Internazionali, utilizza tre lingue ufficiali: inglese, francese, spagnolo. Cfr. <http://www.icom-italia.org/icom-international/>

¹⁸⁴ Cfr. www.ICOM.museum

¹⁸⁵ Cfr. www.cidoc-crm.org.

¹⁸⁶ Cfr. Valeria Cera (2019) *La significazione digitale dell'elemento architettonico. Dal rilievo alla strutturazione semantica dell'architettura*. Roma: editori paparo.

¹⁸⁷ Cfr. www.cidoc-crm.org/crmdig

¹⁸⁸ *Getty Research Institute*, situato presso il Getty Center di Los Angeles, California, è fondato con lo scopo di promuovere la conoscenza e far progredire la comprensione delle arti visive. Getty è un'istituzione culturale e filantropica dedicata alla presentazione, conservazione e interpretazione dell'eredità artistica mondiale attraverso il lavoro collettivo e individuale dei suoi programmi costitutivi - Getty Conservation Institute, Getty Foundation, J. Paul Getty Museum e Getty Research Institute. la biblioteca di ricerca del GRI contiene oltre 1 milione di volumi di libri, periodici e cataloghi d'asta; collezioni speciali; e due milioni di fotografie di arte e architettura. Cfr. <https://www.getty.edu/research/institute/>

¹⁸⁹ <https://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/lod/#definition>

¹⁹⁰ Cfr. Valeria Cera (2019) *La significazione digitale dell'elemento architettonico. Dal rilievo alla strutturazione semantica dell'architettura*. Roma: editori paparo.

¹⁹¹ *thesaurus*, dal greco antico *θησαυρός* "tesoreria" è riferito al lessico dei termini relativi ad un ambito generale o specifico di conoscenze collegati tra loro in una rete gerarchica e razionale. Elenco delle parole chiave, che raggruppate per somiglianza semantica danno accesso alla banca dati. Secondo la definizione ISO 2788-1986 "un vocabolario di un linguaggio di indicizzazione controllato in maniera formalizzata in modo che le relazioni a priori tra i concetti sono rese esplicite".

¹⁹² *ibidem*.

¹⁹³ *ibidem*.

¹⁹⁴ *Walking thought*, si intende la tipologia di esperienza virtuale in

cui l'utente attraverso una vista in soggettiva esplora l'ambiente virtuale attraverso una visita che simula un camminata.

¹⁹⁵ Cfr. Carlo Tosco (2019) I beni culturali. Storia, tutela e valorizzazione. Urbino: Il mulino. pp.163-167

¹⁹⁶ Cfr. G. Ritzer (1997) Il mondo alla McDonld's, trad. Nicola Rainò, Bologna: il mulino.

¹⁹⁷ *ibidem*.

¹⁹⁸ Europeana è un'iniziativa realizzata grazie ai fondi dell'Unione Europea per lo sviluppo di una biblioteca digitale europea. Un progetto iniziato nel 2005 portale che finora ha raccolto metadati su milioni di oggetti, rappresenta più di 3.000 organizzazioni culturali, allo scopo di mostrare come sia possibile ottenere una vera interoperabilità che non solo attraversi i confini nazionali per confluire in un patrimonio europeo unificato, e abbattere le barriere tra i diversi domini per arrivare ad un contesto semantico condiviso. Europeana consente alle istituzioni del patrimonio culturale di condividere e promuovere le proprie collezioni con il mondo. Nel 2020 l'archivio digitale fornisce l'accesso a 58 milioni di oggetti digitali. Cfr. <https://pro.europeana.eu>

Fig.1 La ricerca di uno stadard globale.



CAPITOLO II

LO STATO DELL'ARTE ED IL QUADRO NORMATIVO NAZIONALE ED INTERNAZIONALE

2.1 IL PROCESSO COSTRUTTIVO TRA RAPPRESENTAZIONE E CONOSCENZA: LA NASCITA DEL BUILDING INFORMATION MODELING

Le teorie che promuovono lo sviluppo di ciò che oggi è definito come *Building Information Modeling* hanno una più concreta definizione intorno alla metà degli anni settanta. Nel 1974 Charles Eastman presenta una nuova modalità di rappresentazione bidimensionale e tridimensionale tramite l'uso di un'unica piattaforma di utilizzo, chiamata BDS¹ (*Building Description System*). Secondo Eastman la rappresentazione bidimensionale di un oggetto tridimensionale, come un edificio, genera una ridondanza di elaborati.

All'interno delle sue ricerche evidenzia che nell'atto di rappresentare interamente un sistema complesso come un edificio, nelle due dimensioni, vi è una ridondanza di informazioni in quanto almeno una dimensione viene rappresentata due volte².

*“Architectural drawings have many inherent weaknesses. They are highly redundant, describing the same part of a building at several different scales. Since drawings are two-dimensional and a building three-, at least two drawings are required to characterize any part of the building arrangement, and on these, at least one dimension must be depicted twice. Thus information on drawings is inherently redundant and a design change leads to changes in a whole set of drawings. A large amount of effort is directed at keeping the various drawings consistent.”*³

La critica posta verso le modalità di rappresentazione, in una visione pragmatica di utilizzo del modello, ritiene necessario il dialogo tra disegno ed informazione. Per Eastman questo dialogo ha come obiettivo lo sviluppo di una descrizione computerizzata di un database: *la descrizione geometrica, spaziale e di proprietà di un numero molto elevato di elementi fisici, disposti nello spazio e “collegati” come in un edificio reale.*⁴

Un modello che contenga dunque in un'unica soluzione la descrizione comprensiva del dettaglio costruttivo degli

elementi costitutivi, delle parti che lo compongono. Il pensiero sul rapporto costruzione/utilizzo del modello accompagna Eastman durante tutta la progettazione del sistema di rappresentazione. I concetti di forma, memorizzazione e riutilizzo sono alla base del pensiero di efficientamento del modello.

Come è considerato uno spreco la ripetizione del disegno di un oggetto bidimensionale, lo stesso concetto è applicato alle tre dimensioni *“molte forme sono altamente “ripetitive se le dimensioni della forma non vengono considerate. Le proprietà di una forma che rimangono dopo che le dimensioni vengono ignorate sono la sua topologia e questo è ciò che è incorporato nella descrizione della forma delineata nella sezione precedente”*⁵.

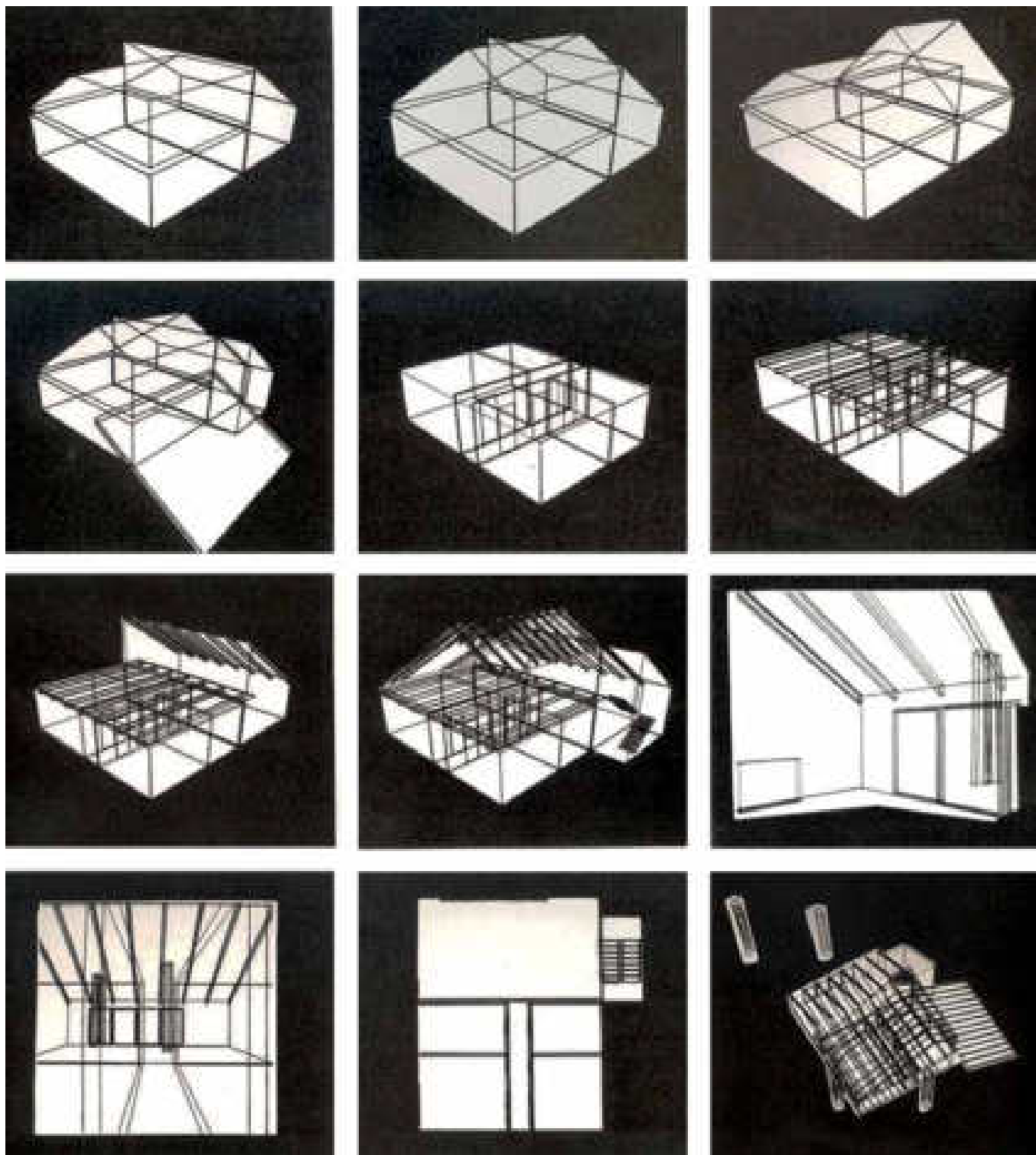
Il cambiamento degli elementi utilizzati, in alta percentuale, avviene a livello dimensionale e non topologico, quindi, se un oggetto viene descritto a livello geometrico attraverso un insieme di espressioni volte a descriverne la topologia, questo, se riutilizzato, potrà essere in futuro modificato attraverso l'inserimento di nuovi parametri di progetto⁶. Tali osservazioni suggeriscono che ci sono quattro livelli di dati in una descrizione della forma di un elemento edilizio, gerarchizzati secondo una struttura *top-bottom*⁷.

I quattro livelli per Eastman prendono il nome di : *Pattern, Expression, Template e Instance*.

- *Pattern level*, identifica la forma dell'oggetto;
- *Expression level*, imposta la relazione parametrica tra le dimensioni della forma;
- *Template level*, imposta il valore dei parametri che qualificano la dimensione della forma;
- *Instance level*, identifica la collocazione spaziale dell'oggetto all'interno dello spazio da costruzione.

L'elemento il concetto alla base della costruzione di un sistema di rapida costruzione.

Gli elementi di modello vengono ridefiniti come *“il prodotto di espressioni e valori sono le coordinate degli oggetti all'origine, [...] modificati solo occasionalmente e invece di calcolare ogni volta le coordinate all'origine,*



sono memorizzate a livello di modello. Ogni livello viene memorizzato come elemento di dati separato⁸⁹.

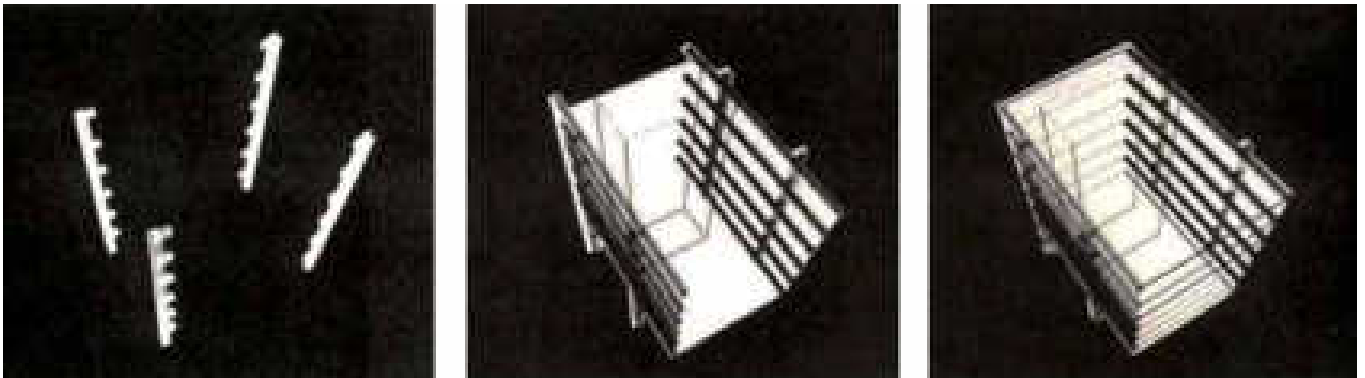
Questo porta ad un'ulteriore categorizzazione tipologica di modelli, i *simple templates*, ovvero quei modelli i cui valori sono memorizzati all'interno della *directory* per i quali non sarà necessario modificare le coordinate dato che le istanze avranno tutte la stessa forma e dimensione.

I modelli sono memorizzati secondo una classificazione gerarchica di elementi - *sets of elements* - una forma di aggregazione di elementi sulla base di forme arbitrarie di categorizzazione di classe di elemento (architettonico, meccanico, strutturale) in una struttura ad albero che può generare l'appartenenza di un elemento a più *set* o a *set*⁹⁰.

Il *software*, pensato da Eastman, è considerato in letteratura precursore del pensiero alla base dei protocolli di modellazione parametrica. Il BDS (*Building Description System*) in sintesi consisteva in una libreria di oggetti da utilizzare per la strutturazione del modello di edifici completo. Ogni oggetto era completo di una scheda informativa (descrizione, materiale, azienda produttrice, caratteristiche tecniche). L'obiettivo di Eastman era quello di operare una semplificazione del *working flow* dei metodi tradizionali di progettazione in un'ottica avanguardista, per quegli anni, basata su concetti di condivisione e aggiornamento dei dati. Non più modelli limitati alla rappresentazione grafica delle componenti sulla base delle regole di rappresentazione geometrica, ma modelli strutturati sulla base della descrizione informativa dei componenti tecnici. Un modello che non ragiona più su gli strumenti della rappresentazione bidimensionale del disegno

(linee, archi circonferenze) tradotti in geometrie solide ma un modello che è strutturato sulla base delle componenti costruttive dell'edificio (muri, tetti, pavimenti)¹⁰. Il lavoro di ricerca di Eastman venne pubblicato nel 1975 dal A.I.A *Journal* dal titolo *The use of Computers Instead of drawings in building design*. Il termine *Building Information Modeling* è stato utilizzato per la prima volta nel 1992 dai ricercatori van Nederveen e Tolman (1992). In letteratura è stata ampiamente riconosciuta la diffusione del termine *Building Information Modeling* a Jerry Laiserin, che lo utilizzò all'interno dei suoi scritti. Egli inoltre fu il moderatore di un importante dibattito tra le allora maggiori case produttrici di strumenti informatici per le costruzioni: Autodesk rappresentata da Phillip G. Bernstein, vice presidente della divisione *building solutions*, e Bentley, rappresentata da Keith A. Bentley, co-fondatore e *co-chief technology* ufficiale¹¹. In quell'occasione, allo scopo di semplificare e migliorare l'attività degli operatori nel settore delle costruzioni, si analizzava la convenienza nell'avviare un nuovo processo di progettazione basato sulla collaborazione tra i diversi sistemi computazionali introducendo, di fatto, il concetto di interoperabilità tipico del BIM. A seguito dell'incontro sia Autodesk che Bentley pubblicarono un *White Paper*¹² nel 2003 che contribuirono alla divulgazione capillare del termine e della prassi. Il termine *Building Information Modeling* (BIM) descrive sia il processo di creazione di tali modelli di edifici digitali, sia il processo di manutenzione, utilizzo e scambio di tali modelli per l'intera durata della struttura costruita¹³. Lo standard US National Building Information Modeling definisce il BIM come segue (NIBS 2012): "*The Building Information*

Fig.2 Pagina a fronte e in basso: Alcune visualizzazioni di un modello di edificio sviluppato attraverso il sistema BDS (*Building Description System*) di Charles Eastman. Si può notare come già all'interno del lavoro di Eastman sia riconoscibile la suddivisione degli elementi per una gerarchizzazione tipologica. In Charles Eastman "*The Use of Computer Instead of Drawings In Building Design*".

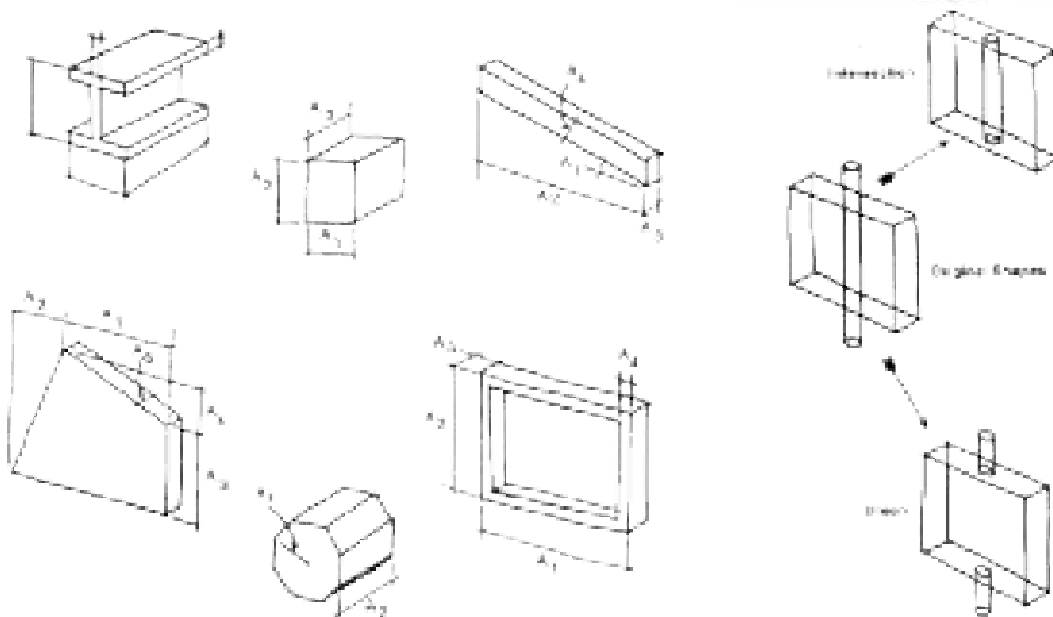




Modeling (BIM) è una rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di una struttura. Un BIM è una risorsa di conoscenza condivisa per informazioni su una struttura che costituisce una base affidabile per le decisioni durante il suo ciclo di vita; definito come esistente dal primo concepimento alla demolizione. Una premessa di base del BIM è la collaborazione di diversi stakeholder nelle diverse fasi del ciclo di vita di una struttura per inserire, estrarre, aggiornare o modificare le informazioni nel BIM per supportare e riflettere i ruoli di tale stakeholder”¹⁴. Dall’inizio della sua storia l’attitudine del B.I.M. non è mai stata quella di descrivere un programma informatico o un modello 3D, ma una metodologia di sviluppo di un processo che vede il coinvolgimento di diversi ambiti del settore delle costruzioni¹⁵. Lo sviluppo della metodologia BIM ha reso necessaria una riflessione critica sui processi di acquisizione delle informazioni strumentali, standardizzazione e organizzazione dei dati, e sulla loro conversione in modelli semantici che devono essere interoperabili e riutilizzabili da diverse professionalità in ambiente interdisciplinare¹⁶.

Fig.3 A sinistra: Un protocollo che preveda la collaborazione tra diversi stakeholder necessita di un iter di progettazione condiviso e soggetto a verifiche e validazioni.

Fig.4 In basso: Schematizzazione del concetto di forma e modello proposto da C. Eastman introducendo le tipologie di elementi vincolate ad un disegno definito in base a parametri dimensionali.



2.2 IL QUADRO NORMATIVO BIM NAZIONALE ED INTERNAZIONALE, I PROTOCOLLI DI GESTIONE DEL PROGETTO

Il grado di adozione e maturità del BIM varia in tutto il mondo. In alcuni paesi, l'introduzione dei metodi BIM è già abbastanza avanzata promossa dai governi locali: Singapore, Finlandia, Corea, Stati Uniti, Regno Unito e Australia sono tra i pionieri. Per comprendere la complessità del sistema normativo e della gerarchia degli enti che lavorano alla regolamentazione dello standard normativo nazionale ed internazionale, si ricorda la suddivisione dello standard¹⁷ normativo classificato in base all'ente di rispetto:

- UNI sono elaborate dall'ente nazionale (caso italiano), nella figura delle Commissioni UNI o dagli Enti Federati. (si parla di DIN in Germania, BS in UK, AFNOR in Francia, JS in Giappone, Ghost in Russia);

- EN, sono norme a livello europeo elaborate dal *European Commitee for Standardization* (CEN) gli stati membri sono obbligati a recepirle e a ritirare le norme in vigore. Nel caso dell'Italia si parla di UNI EN;

- ISO (*International Organization for standardization*), sono norme elaborate a livello internazionale e possono essere adottate a livello nazionale dagli stati membri in modo volontario. Nel caso di adozione da parte dell'Italia la sigla diventa UNI ISO o UNI EN ISO se la norma è stata adottata anche a livello europeo.

Con l'accordo di Vienna del 1991 stretto tra ISO e CEN una strategia di cooperazione, di elaborazione comune di norme (EN ISO), di adozione da parte di CEN delle norme ISO.

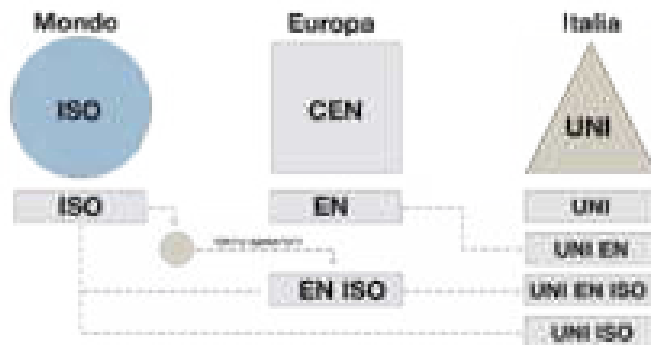


Fig.5 Schematizzazione gerarchica dello standard normativo vigente sottolineando la relazione tra standard nazionale ed internazionale (a livello mondiale ed Europeo). © A. Pavan.

2.2.1 Il caso italiano

In Italia, è stato dato l'avvio alla normazione del BIM con l'entrata in vigore del nuovo Codice (D.lgs. n. 50/2016), il D.lgs. 12 aprile 2006, n. 163, dopo la pubblicazione della Direttiva Europea sugli Appalti Pubblici, nel febbraio 2014. Il Consiglio Europeo ha approvato la Direttiva che include l'incoraggiamento per il BIM negli appalti di lavori pubblici per sostenere la modernizzazione dei processi di appalto, miglioramenti all'efficienza dei costi dei finanziamenti pubblici e per aumentare la considerazione dei costi dell'intera vita dei lavori pubblici. L'articolo 22 paragrafo 4 della Direttiva 2014/24 / UE sugli appalti pubblici prevede che: *“For public works contracts and design contests, Member States may require the use of specific electronic tools, such as of building information electronic modelling tools or similar. In such cases the contracting authorities shall offer alternative means of access, as provided for in paragraph 5, until such time as those tools become generally available within the meaning of the second sentence of the first subparagraph of paragraph 1.”*¹⁸

L'art. 23 al comma 13 del Decreto Legislativo n.50/2016, dedicato alla specifica sul BIM.

*“Le stazioni appaltanti possono richiedere per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi, l'uso dei metodi e strumenti elettronici specifici di cui al comma 1, lettera h). Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti. L'uso dei metodi e strumenti elettronici può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di personale adeguatamente formato. Con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti da adottare entro il 31 luglio 2016, anche avvalendosi di una Commissione appositamente istituita presso il medesimo Ministero, senza oneri aggiuntivi a carico della finanza pubblica sono definiti le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei suddetti metodi presso le stazioni appaltanti, le amministrazioni concedenti e gli operatori economici, valutata in relazione alla tipologia delle opere da affidare e della strategia di digitalizzazione delle amministrazioni pubbliche e del settore delle costruzioni. L'utilizzo di tali metodologie costituisce parametro di valutazione dei requisiti premianti di cui all'articolo 38.”*¹⁹ Il termine *Building Information Modeling* non viene utilizzato si parla piuttosto di *“strumenti elettronici”*, e di *“interoperabilità.”*

Tale introduzione ha aperto il dibattito all'interno delle amministrazioni pubbliche che riguardo alla necessità di specifici piani di formazione per l'aggiornamento delle pratiche di digitalizzazione. Quanto espresso dal D.lgs. 50/2016 è stato poi recepito dal D.M. 560/2017, prevede un'articolazione dell'obbligo per le stazioni appaltanti di utilizzare le procedure digitali previste, su un arco temporale che va dal 2019 al 2025, in relazione all'importo dei lavori delle opere da realizzare; l'articolo 6 prevede infatti l'obbligatorietà a partire dal 2019 a partire per le opere di importo pari o superiore a 100 mln €, per arrivare al 2025 in cui sarà previsto anche per le opere di importo inferiore a 1,00 mln €²⁰. Il Decreto, conforme alla linea adottata dall'Europa è stato firmato in data 01 dicembre 2017 dall'ex ministro Graziano Delrio, è stato pubblicato il 12 gennaio 2018 sul sito del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ed è entrato in vigore il 27 gennaio 2018, con l'inizio di obbligatorietà al 2019. Un arco di tempo necessario alla "progressiva introduzione"²¹ per un cambiamento graduale garantendo un tempo necessario di formazione e allo switch dei procedimenti. In Italia la norma UNI 11337:2017 "Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni" è il riferimento nazionale per tali attività, è in corso di elaborazione e continuo aggiornamento ma è considerata uno dei cardini della regolamentazione degli strumenti di digitalizzazione della digitalizzazione delle costruzioni in Italia, oggi diventata insieme alla normativa inglese uno dei punti di riferimento della normativa europea (19650) entrata in vigore nel maggio 2019²². Nel caso britannico è stato previsto un annex nazionale e il ritiro di alcune norme, nel caso italiano è stato preferito stabilire che la UNI 11337 dato il corposo status, con il principio di preminenza costituisce l'allegato nazionale alla norma stessa.²³ "In Italia la serie UNI 11337, in tutte le sue parti pubblicate, costituisce parte integrante della serie UNI EN ISO 19650. La presente norma internazionale si applica congiuntamente alla serie UNI 11337, che si pone come norma complementare."²⁴

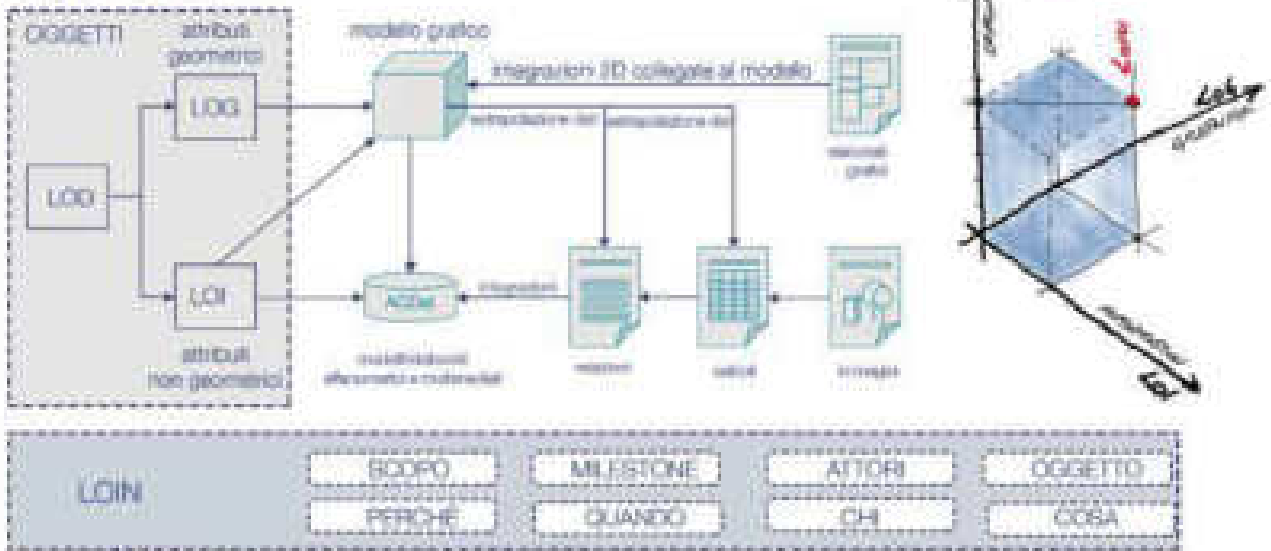
La stesura della norma UNI ha visto impegnati allo stesso tavolo di lavoro più di 100 soggetti tra stakeholder pubblici e privati in rappresentanza dell'intero settore delle costruzioni: imprese, pubbliche amministrazioni, progettisti, produttori di componenti, fornitori di servizi, ecc. Ente Nazionale di Normazione (UNI); Università (Politecnico di Milano, Politecnico di Torino, Università degli Studi di Brescia) che contribuiscono a diverso titolo alla stesura della UNI 11337 garantendo un quadro eterogeneo e interdisciplinare. Oltre a enti pubblici partecipano alla discussione software

house internazionali, questo gruppo di portatori di interessi, è caratterizzato da una forte eterogeneità, gruppo tra l'altro che è cresciuto gradualmente per numero di iscritti, fino a rappresentare un panorama il più possibile completo e collaborativo²⁵. La norma UNI11337 è il risultato di una riflessione e rielaborazione di altre norme ISO e dello studio di strategie adottate da altri Paesi precursori della materia come Gran Bretagna o Stati Uniti, per questo motivo sono riscontrabili similitudini con le altre norme e alcune differenze come nel caso della definizione dei Livelli di Sviluppo/Dettaglio, si è ritenuto necessario sviluppare una classificazione propria con un approccio al tema alternativo da quello proposto degli altri paesi, tale differenza mira ad essere ridotta sempre di più con l'entrata in vigore della ISO 9650 il cui grande aggiornamento è stato proprio nel cercare di uniformare una linea comune sui livelli di definizione. La norma consiste in una parte normativa cogente, approvata, e una non cogente, in fase di discussione e revisione in base all'aggiornamento ISO 9650. Secondo la presentazione della Norma di Alberto Pavan²⁶, "Digitalizzazione del settore costruzioni: UNI11337:2009-2018. Gli standard per la collaborazione di filiera UNI-EN-ISO²⁷", si legge la suddivisione della norma in 12 parti, di cui, al giorno d'oggi (2020) ne sono state approvate quattro: la parte 1, 4, 5 (2017) parte 6, 7 (2018), parte 8, 9, 12 (previste per il 2019) e le parti 10 e 11 (previste per il corso del 2020). Le differenti parti trattano i seguenti temi:

- Parte 1:17, *Modelli, elaborati ed oggetti, Annex ITA 19650-1;*
- Parte 2:19, *Denominazione e classificazione;*
- Parte 3:15, *(schede informative) LOI e LOG;*
- Parte 4:17, *LOD e oggetti e modificata secondo la nuova classificazione LOIN;*
- Parte 5:17, *gestione modelli ed elaborati;*
- Parte 6:18, *capitolato informativo OIR, AIR, PIR;*
- Parte 7:18 *qualificazione delle figure;*
- Parte 8:19, *organizzazione delle figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi, Annex ITA 19650- 2;*
- Parte 9:19, *fascicolo del costruito;*
- Parte 10:20, *verifica amministrativa;*
- Parte 11:20, *security, block-chain;*
- Parte 12:19, *Pdr sistema di gestione BIM²⁸.*

In accordo con Empler, il Decreto Legislativo 50/2016 e il Decreto Ministeriale MIT 560/2017 sono rivolti alla gestione e definizione dei protocolli di progettazione *ex-novo*, strutturando degli strumenti obbligatori per la modellazione

LOD/LOIN



LOIN	SCOPO	MILESTONE	ATTORI	OGGETTO
	PERCHÉ	QUANDO	CHI	COSA
COME				
Informazioni Geometriche	dettaglio	dimensionalità	posizione	aspetto
	da sintetizzato a dettagliato	ID, ID, POLI, ID	stato, stato, stato	da semplice a complesso
Informazioni Alfanumeriche	identificazione dell'oggetto	contenuto informativo		
	ID, nome	prop. 11, prop. 12		
Documentazione	set di documenti			

Fig.10 Schematizzazione del concetto di LOD e LOIN definito dalla UNI11337 © A. Pavan.
 LOIN (Level of Information Need) vanno a definire la granularità dell'informazione in termini di : scopo, milestone, attori, oggetto. © A. Pavan.

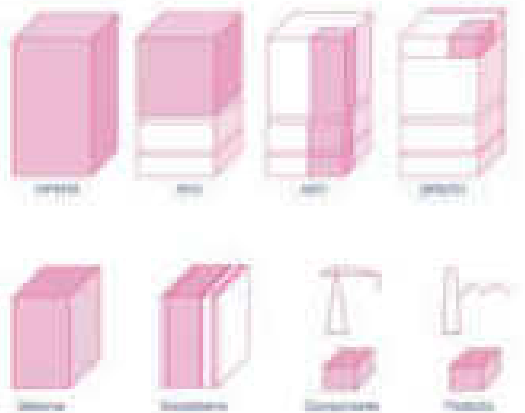
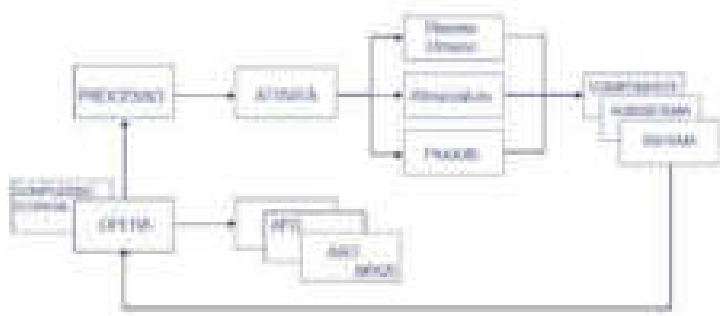


Fig.11 Schematizzazione del concetto di entità digitali. © A. Pavan.

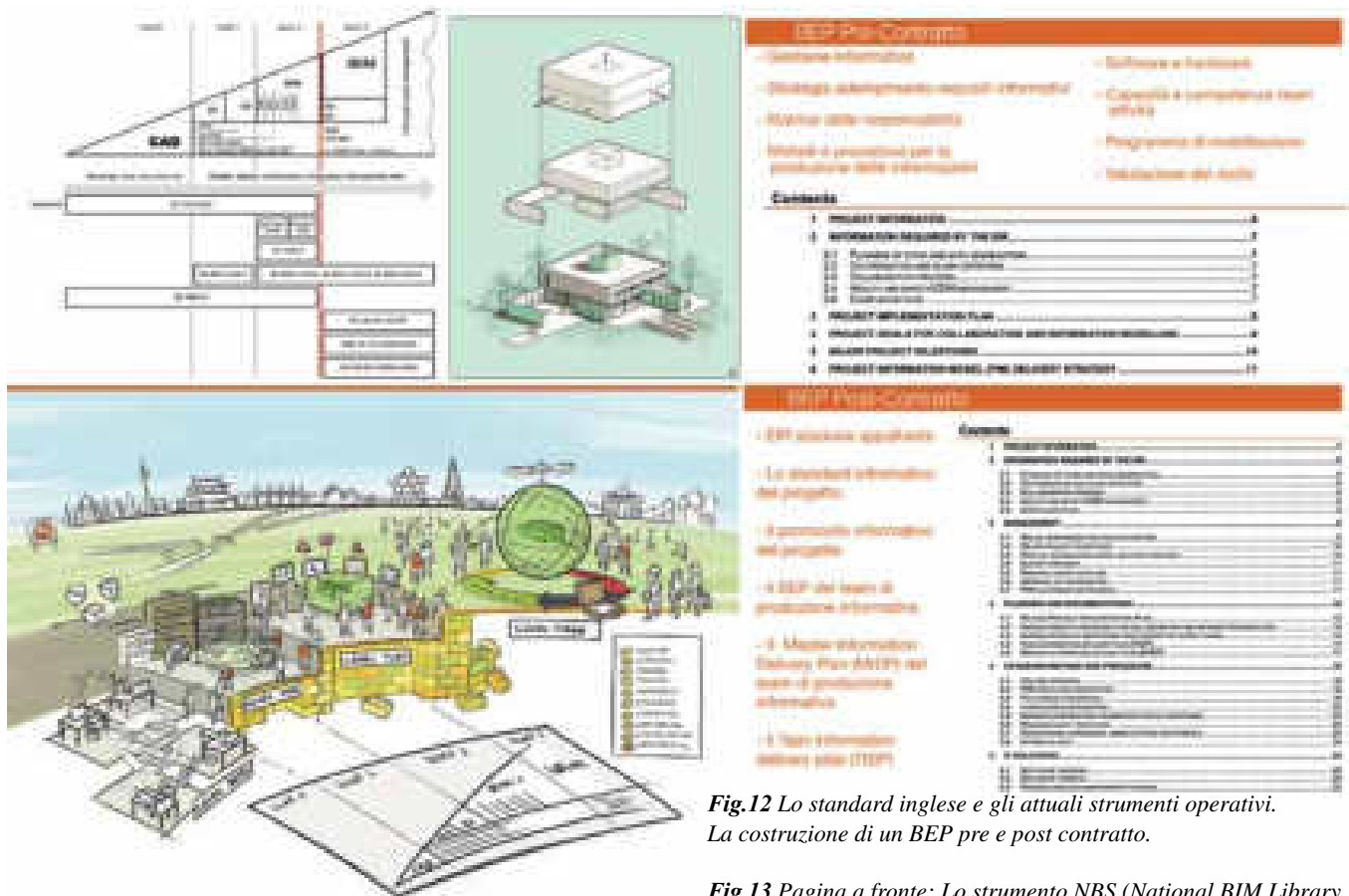


Fig.12 Lo standard inglese e gli attuali strumenti operativi. La costruzione di un BEP pre e post contratto.

Fig.13 Pagina a fronte: Lo strumento NBS (National BIM Library).

2.2.2 Lo standard inglese come modello di riferimento a livello internazionale

Il Regno Unito a livello Europeo è stato precursore in campo della regolarizzazione di una normativa BIM.

Sono tre le organizzazioni principali impegnate nel processo di standardizzazione BIM:

- Royal Institute of British Architects (RIBA);
- UK BIM Task Force Group;
- British Standard Union (BSI).

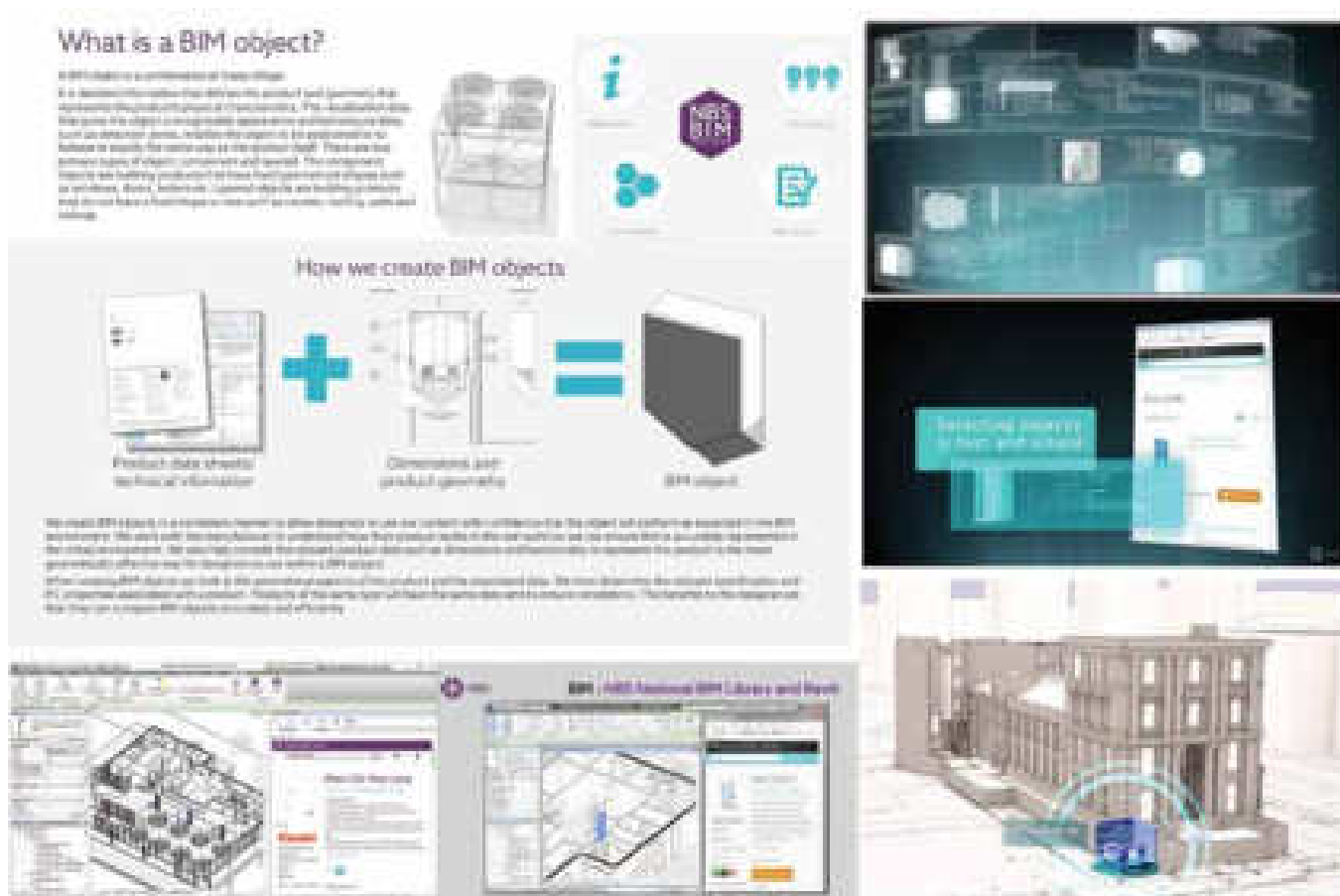
Dette organizzazioni hanno, negli anni, prodotto i seguenti documenti o riferimenti basilari in tema di BIM:

- BS-PAS 1192-2:2013;
- BS-PAS 1192-3:2014;
- BIM Toolkit;
- CIC BIM Protocol:2013³¹.

Da questi, sono stati ricavati i seguenti strumenti operativi di indirizzo e pianificazione nell’uso del BIM in un progetto:

- Employer Information Requirement (EIR³²).
- BIM Execution Plan (BEP³³)³⁴.

La strategia del governo britannico venne avviata nel 2011, *Publically Available Specification* (PAS) edita dal *British Standard Union* (BSI) è stata per anni il riferimento principale per la programmazione dello standard internazionale BIM. L’aspetto chiave della strategia di costruzione del Regno Unito del 2011 è stato quello di richiedere “*3D-BIM completamente collaborativo*” per tutti i progetti di costruzione approvati centralmente dal 2016³⁵. L’obiettivo del mandato BIM del governo britannico è la riduzione di circa il 20-25% dei costi aggiuntivi nei progetti di costruzione causato da una cattiva gestione delle informazioni. Per raggiungere questo obiettivo, è stato nominato un Task Group BIM per coordinare la creazione degli standard e delle linee guida necessari. Uno degli standard più importanti sviluppati è la summenzionata specifica disponibile al pubblico BS PAS 1192-2:2013 “*Specifica per la*



*gestione delle informazioni per la fase di capitale / consegna dei progetti di costruzione utilizzando il Building Information Modeling”.*³⁶

Il documento descrive l'esecuzione generale dei progetti BIM inclusi gli scopi e i contenuti richiesti sia dei requisiti di informazione del datore di lavoro (EIR) che del piano di esecuzione BIM (BEP), e introduce il concetto di rilascio di dati in cui nelle fasi del progetto definite le informazioni sono consegnate al cliente³⁷. La normativa PAS fa le stipulazioni a un livello per lo più generico e lascia dettagli come i contenuti del modello e LOG / LOI richiesti alle disposizioni del singolo progetto di costruzione. Ciò include il Digital Plan of Work (DPoW) che definisce i deliverable richiesti in ogni fase di un progetto di costruzione, inclusi i livelli di geometria, dati e documentazione. Per supportare i clienti nella definizione dei deliverable, è stato sviluppato un toolkit online (NBS 2015). Da evidenziare lo strumento messo a disposizione nel 2012

dalla National Building Specification (NBS) National BIM Library che fornisce un gran numero di oggetti BIM messi a disposizione da diversi produttori con set di proprietà predefiniti, e certificati in base NBS BIM *Object Standard*³⁸ per l'uso diretto in diversi strumenti di creazione BIM. I modelli per gli accordi contrattuali sono stati sviluppati anche dal *Construction Industry Council* (CIC) e dal Consorzio AEC UK e sono forniti gratuitamente *online*³⁹. Il mandato BIM anche in Inghilterra è applicato solo ai progetti di costruzione del settore pubblico, ma mira anche a incoraggiare l'adozione del BIM nel settore privato. Non è specificato un valore minimo del progetto specificato per le gare di appalto e non viene fatta alcuna distinzione tra progetti di nuova costruzione e quelli che coinvolgono beni esistenti o del patrimonio. In questo senso, il mandato BIM del Regno Unito è applicabile alla conservazione del patrimonio nel contesto di conservazione degli edifici storici⁴⁰.

2.2.3 Il caso degli Stati Uniti (USA), come esempio critico di ricerca di una standardizzazione unificata.

Gli Stati Uniti, sono uno dei paesi dove la diffusione del BIM si è avuta a partire dai primi anni 2000.

Le principali organizzazioni coinvolte nella standardizzazione del sistema BIM USA sono:

- American Institute of Architects (AIA);
- National Institute of Building Sciences - buildingSMART alliance - (NIBS);
- - US chapter of buildingSMART International (BIMforum);
- US Army Corps of Engineers (USACE).

Sono il prodotto di anni di ricerca delle suddette organizzazioni:

- AIA Contract Document G202-2013, Building Information Modeling Protocol Form;
- AIA E203-2013, Building Information Modeling and Digital Data Exhibit;
- - AIA G201-2013, Project Digital Data Protocol Form;
- National BIM Standard United States – V1:2007 (NBIMS-US);

National BIM Standard United States – V2:2013 (NBIMS-US);

- National BIM Standard United States – V3:2015 (NBIMS-US);
- National CAD Standard United States – V6:2014 (NCS-US);
- BIMforum LOD specification (2013-2016)⁴¹.

Da questi possiamo ricavare i seguenti strumenti operativi di indirizzo e pianificazione nell'uso del BIM nel progetto:

- National BIM Guide for Owners;
- BIM Project execution Planning Guide V2.1:2011 (in seguito PxP);
- USACE BIM contract requirements (UBR)⁴².

Nel 2003 la General Service Administration (GSA) attraverso il Public Building Service (PBS) Office of Chief Architect (OCA) ha pubblicato il programma nazionale per 3D-4D-BIM corredato dalle linee guida di coordinamento per le metodologie da utilizzare per l'industria delle costruzioni. Dal 2007 la GSA ha richiesto l'utilizzo del BIM per la *spatial program validation* prima di presentare una gara di appalto.

Un altro importante ente coinvolto è lo *United States Army Corps of Engineers*⁴³ (USACE) nella figura del *Engineer Research & Development Center* (ERDC), ha pubblicato numerose *roadmap* BIM complete e volte a fornire i modelli per strumenti di creazione dei modelli BIM.

Si deve al *National Institute of Building Sciences* (NIBS) la pubblicazione dello standard BIM nazionale che raccoglie una serie di standard definiti altrove, inclusi gli standard

internazionali di scambio di dati IFC e COBie, le specifiche BIMforum LOD, gli standard CAD statunitensi ed i casi d'uso PennState BIM, tra gli altri.

La prima versione di NBIMS-US è uscita nel 2007, la seconda nel 2012 e la versione più recente 3 è stata pubblicata nel 2015. Un ruolo importante per l'implementazione pratica del BIM è svolto dall'*American Institute of Architects* (AIA).

L'AIA impegnata nella definizione di standard nazionali e di guide all'utilizzo del sistema informativo nazionale. Si deve all'ente la definizione dei livelli di dettaglio (LOD) attraverso una scala mobile di LOD 100: concettuale, LOD 200: geometria approssimativa precisa, LOD 300-500 LOD 400: fabbricazione e LOD 500: as-built).

L'AIA ha sviluppato ulteriori standard per soddisfare la rapida diffusione del BIM, questi includono protocolli per lo sviluppo, l'uso, la trasmissione e lo scambio di dati BIM digitali.

I documenti sviluppati dall'AIA per la pratica digitale sono il risultato di un modello di pratica in evoluzione che è stato inizialmente lanciato con documenti pubblicati nell'ottobre 2007⁴⁴.

L'AIA ha monitorato attentamente le iniziative di pratica digitale e nel 2013 ha pubblicato documenti aggiornati più rappresentativi delle pratiche correnti:

- Documento AIA E203-2013, *Building Information Modeling e Digital Data Exhibit*;
- Documento AIA G201-2013, Modulo di protocollo dati digitali di progetto;
- Documento AIA G202-2013, Modulo del protocollo di modellazione delle informazioni di costruzione del progetto;
- Documento AIA C106-2013, Contratto di licenza per dati digitali;

Oltre ai documenti contrattuali, il Comitato Documenti dell'AIA ha pubblicato la Guida, le Istruzioni e il Commento ai Documenti di Pratica Digitale dell'AIA 2013⁴⁵.

La standardizzazione BIM statunitense a livello nazionale risulta tuttavia frammentata, esiste un'ampia gamma di standard e linee guida BIM a diversi livelli governativi e amministrativi, ad es. dal livello statale fino al livello locale delle singole città. Un esempio sono le linee guida BIM di New York City (NYC DDC 2012), l'Università della California meridionale, il Dipartimento dei servizi amministrativi dell'Ohio e l'Università dell'Indiana.

L'assenza di questo standard unificato a livello nazionale è generatore di confusione e di disomogeneità nei risultati progettuali.

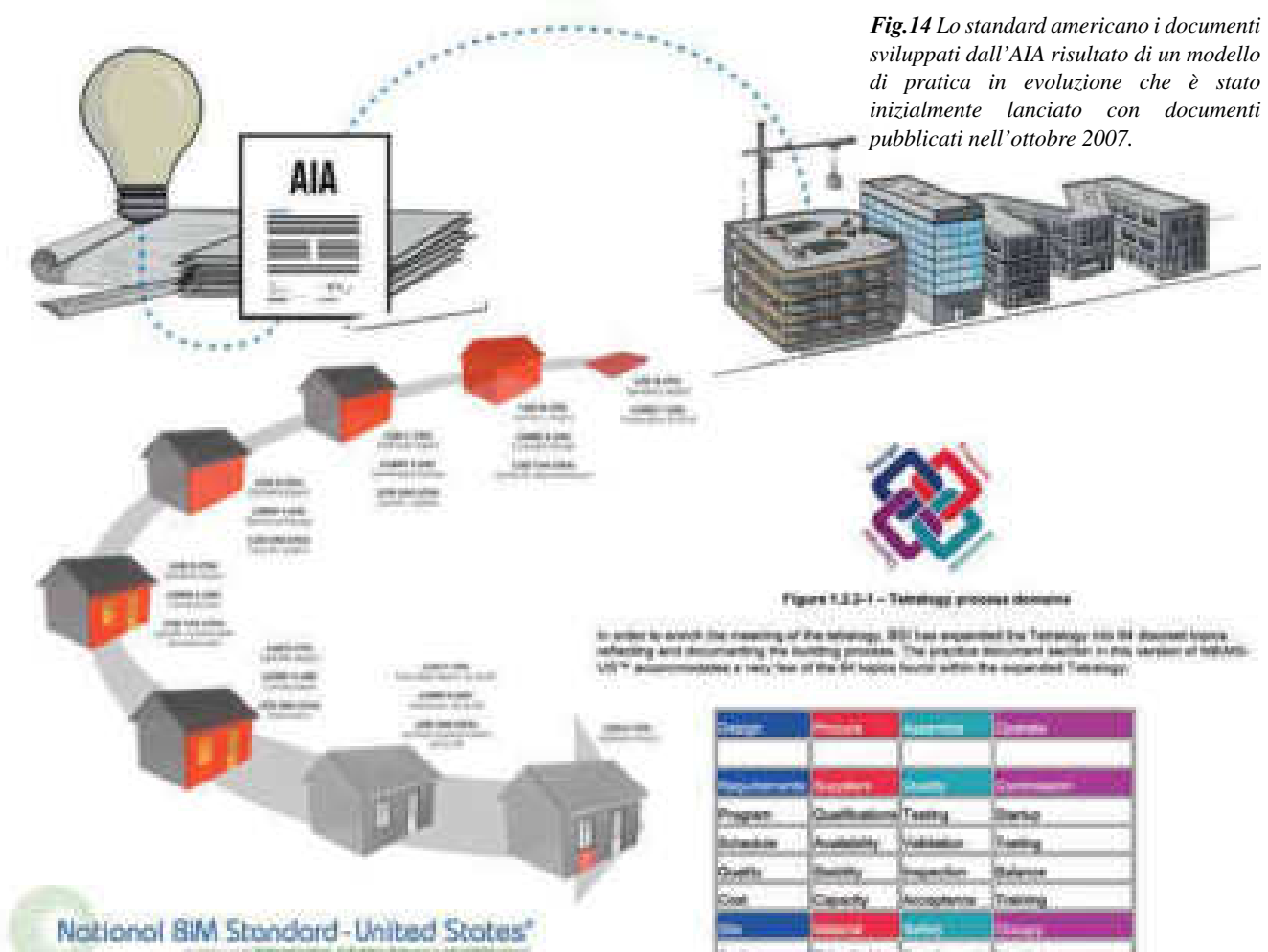


Figure 1.12-1 – Terzaggi process domains

In order to avoid the missing of the strategy, BIM has expanded the Terzaggi into 99 domain topics reflecting and documenting the building process. The practice document section in this version of BIMBA-100™ enumerates a rich list of the 99 topics found within the expanded Terzaggi.

Category	Topic	Activity	Phase
Architecture	Design	Modeling	Analysis
Structure	Design	Modeling	Analysis
Systems	Design	Modeling	Analysis
Quantity	Quantity	Productivity	Prevention
Systems Phase	Unit Phase	Build	Subscribed
Completion	After	Testing	Warranty
Execution	Equipment	Selection	Contracted
Program	Qualification	Testing	Startup
Schedule	Availability	Validation	Testing
Quality	Security	Inspection	Release
Cost	Capacity	Acceptance	Training
Design	Modeling	Requirements	Learning
Physical	Selection	Logistics	Building Management
Utilities	Purchase	Training	Security
Environmental	Compliance	Inspection	Contract Services
Learn	Continuing	Education	Academy
Architecture	BIM	Education	Assessment
Structure	BIM	Education	Publication
Enclosure	Selection	Assessment	Research
Systems	Agreement	Installation	Contract
Quantity	Cost	Cost	Analysis
Quantity	Quantity	Productivity	Prevention
Systems Phase	Unit Phase	Build	Subscribed
Completion	After	Testing	Warranty
Execution	Equipment	Selection	Contracted

BIMBA-100™ (Building Information Management - United States) Version 3.0
© 2013 National Institute of Building Sciences (nibs.org) BIMBA-100™, all rights reserved.

National BIM Standard - United States® Version 3

FOREWORD

The National BIM Standard-United States® (NBIMS-US®) Version 3 (NBIMS-US® V3) is the third version of an ongoing project of the BuildingSMART alliance® (the Alliance or BSA). Version 3 has been extensively revised and organized according to ISO/IEC Directives – Part 2: Rules for the structure and drafting of International Standards.

The purpose of the National BIM Standard-United States® (NBIMS-US®) is to advance the art and science of the entire lifecycle of the vertical and horizontal built environment by providing a means of organizing and classifying electronic object data and thereby fostering streamlined communication among owners, designers, material suppliers, contractors, facility managers, and all stakeholders associated with the built environment. The intent of Version 3 is to encourage further productive practice by all members of the architect/designer, engineer, contractor, owner and operator (AECOO) team for the lifecycle of a project. This and succeeding versions will provide the necessary structure and framework for a collaborative basis for the process, the spirit of trust between the professionals, the standards for building information technologies, and a system for an integrated practice within an open, nonproprietary, standard accessible to all professionals within the industry.

This is to be a living and evolutionary document. Your feedback is critical for shaping the content of future versions. Please send your comments to Ms. Dolores Fernandez, Program Director, BuildingSMART alliance® at info@building-smart.org.

2.2.4 L'adozione del BIM in Asia: il caso esemplare del sistema CORENET di Singapore

Il governo di Singapore è stato precursore nell'adozione di un sistema IT (*Information Technology*), per lo scambio delle informazioni attraverso un *gateway* in internet. Il progetto CONstruction REal Estate NETwork (CORENET e-Submission System), finanziato dal governo, mira a “*re-ingegnerizzare i processi di business del settore edile per ottenere un salto di qualità in termini di tempo, produttività e qualità*”⁴⁶.

In particolare la proposta è quella di una migrazione dal disegno 2D a un approccio di rappresentazione grafica 3D, attraverso un'infrastruttura, basata su internet, che consenta lo scambio informativo tra i partecipanti del processo edilizio e le autorità normative⁴⁷. CORENET e-Submission System è un sistema web-based progettato per snellire e semplificare il lavoro amministrativo per il rilascio dei permessi nel settore delle costruzioni offrendo un'unica piattaforma dove pubblicare online le pratiche, uniformando la modulistica tra i diversi enti coinvolti. Dispone di un'infrastruttura per: Presentazione *one-stop* (OSSC) dei piani di costruzione per l'approvazione; attuazione del Buildable Design Appraisal (eBDAS); e verifica del Piano Integrato di Costruzione (IBP) e del Piano Integrato di Servizi Edilizi (IBS).⁴⁸

Il governo per sponsorizzare il programma fornisce inoltre, incentivi per la formazione di professionisti per l'utilizzo dei sistemi BIM basati su IFC in una collaborazione tra istituti di formazione superiore e enti governativi⁴⁹. I processi di controllo all'interno di CORENET si basano su routine *hard-coded* il processo complessivo è strutturato in tre fasi fondamentali: in una prima fase, viene verificata la disponibilità delle informazioni caricate, in una seconda fase, vengono ricercate le informazioni risultate come mancanti nei livelli informativi secondari se non sono riscontrabili nemmeno in questo livello allora vengono create attraverso un ultimo passaggio. Al fine di consentire tale preparazione del modello BIM, la società novaCI-TYNETS ha sviluppato una libreria C++ di metodi *hard-coded*, denominata FORNAX. Questi metodi contengono routine che sono in grado di rappresentare oggetti semantici e mappare questo tipo di informazioni sullo schema dei dati IFC.⁵⁰

In Asia, oltre al caso esemplare di Singapore, si possono annoverare la Corea e la Cina. La Corea ha una lunga tradizione nell'utilizzo del BIM la prima *roadmap* BIM risale al 2010. Le prime linee guida, la Architectural BIM Guide, per lo sviluppo dei modelli BIM e la definizione di un modello sistematico da applicare durante le fasi di progettazione e

costruzione⁵¹ sono state pubblicate dalla Public Procurement Service costruzione. Dal 2016, il governo coreano impone il BIM per tutti i progetti di edilizia pubblica oltre 50 miliardi di Won. Attualmente, si stanno concentrando sull'inclusione del settore delle infrastrutture nel mandato BIM⁵².

La Cina sta avendo un processo di adozione e standardizzazione dei protocolli BIM lento, iniziato nel 2001 deve ancora raggiungere un livello omogeneo. La pubblicazione dello “Schema di sviluppo dell'informatizzazione dell'industria edile (2011-2015)”, da parte del *Ministry of Housing and Urban- Rural Development of the People's Republic of China* (MOHURD) enfatizzava l'adozione del BIM come tecnologia di base per supportare e migliorare il settore delle costruzioni⁵³. Nel 2016, MOHURD ha pubblicato una versione aggiornata del loro “Schema di sviluppo dell'informatizzazione dell'industria edile (2016-2020)” con lo scopo di proporre migliorie e applicazioni integrative delle tecnologie dell'informazione come BIM⁵⁴. Come riportato da Christiane M. Herr, e Thomas Fischer il governo cinese è promotore dell'adozione BIM per l'edilizia abitativa e lo sviluppo urbano rurale e mira entro il 2020 a raggiungere un tasso di adozione del 90%, tale prospettiva risulta, attualmente, priva di un supporto governativo e di standard orientati ai protocolli BIM i principali ostacoli all'adozione di successo del BIM in Cina sono la resistenza culturale che vede poco vantaggioso effettuare un investimento ; il basso costo della manodopera; la mancanza di standard nazionali per lo scambio di dati BIM la definizione di standard viene infatti sviluppata a livello locale, criteri di valutazione e standard di implementazione del progetto BIM; insieme alla mancanza di professionisti BIM qualificati⁵⁵.

2.2.5 L'influenza dello standard inglese per la standardizzazione australiana

La strategia di implementazione BIM dell'Australia è principalmente influenzata e guidata dagli sforzi pionieristici del Regno Unito. Nel 2012 è stato pubblicato il rapporto “The National Building Information Modeling Initiative (NBI)” come strategia per “l'adozione mirata del BIM e delle relative tecnologie e processi digitali per il settore dell'ambiente costruito australiano” (Parlamento australiano 2016). Per quanto riguarda il BIM nelle infrastrutture, nel 2016, lo Standing Committee on Infrastructure, Transport and City of the Commonwealth of Australia ha pubblicato il “Report on the research into the role of smart ICT in the design and planning of infrastructure” (buildingSMART Australasia 2012)⁵⁶. Dal 1975 il National Specification System (NATSPEC) lavora

alla promozione del BIM nel paese scrivendo i riferimenti nazionali all'interno della National BIM guide e mettendo a disposizione il BIM ManagementPlan Template (BMP= una scheda per definire il controllo delle diverse fasi del progetto BIM⁵⁷.

2.2.6 Verso una normativa unica a livello internazionale

L'ISO (*International Organization for Standardization*) ha attivato dei tavoli di lavoro allo scopo di redigere una normativa internazionale relativa alla metodologia BIM, in grado di svolgere anche funzione di riferimento negli appalti sovranazionali. A partire dal 2018 è stata adottata a livello internazionale la ISO 19650⁵⁸.

Tale lavoro ha comportato l'annessione e il ritiro di alcune PAS⁵⁹ e la revisione di altre⁶⁰. La ISO 19650 - *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). Information management using building information modelling*, è stata adottata a livello internazionale nel dicembre 2018, ed è divenuta norma europea (EN) e nazionale a partire dal gennaio 2019, si compone di cinque parti:

- ISO 19650-1:2018⁶¹ *Concepts and principles*. Qui sono delineati i principi di gestione informativa, scambio, organizzazione degli attori del processo. È di supporto durante l'intero ciclo di vita dell'edificio ed applicabile ad ogni scala e complessità, oltre a diversi tipi di appalto.

- ISO 19650-2:2018⁶² *Delivery phase of the assets*. Sono qui specificati i requisiti di gestione informativa durante la fase di consegna.

- ISO 19650-3:2020⁶³ *Operational Phase Of The Assets*. All'interno del documento specifica i requisiti per la gestione delle informazioni, sotto forma di processo gestionale, nell'ambito della fase operativa degli *asset* e degli scambi di informazioni. Questo documento può essere applicato a tutti i tipi di *asset* e di organizzazioni d'ogni tipo e dimensione coinvolte nella fase operativa degli *asset*. I requisiti di questo documento possono essere raggiunti attraverso azioni dirette svolte dall'organizzazione in questione o possono essere delegati. (Approvato il 29 luglio 2020).

- ISO 19650-4:2020⁶⁴ *Information exchange*. In costruzione è prevista la pubblicazione per il 2022.

- ISO 19650-5:2020⁶⁵ *Security-Minded Approach To Information Management*. Approccio orientato alla sicurezza della gestione delle informazioni. Lo standard specifica i principi e i requisiti per la gestione delle informazioni orientata alla sicurezza in una fase di maturità descritta come "Building Information Modeling (BIM) secondo la



Fig.15 Per la governance di Singapore è stato progettato un modello dinamico di città tridimensionale "Virtual Singapore" una piattaforma dati collaborativa, sfruttando la modellazione parametrica BIM per la realizzazione di una mappa interattiva 3D di Singapore. Con l'aspirazione di essere piattaforma digitale 3D destinata all'uso da parte del settore pubblico, privato, delle persone e della ricerca. Consentirà agli utenti di diversi settori di sviluppare strumenti e applicazioni sofisticati per concetti e servizi di test bedding, pianificazione e processo decisionale e ricerca per la gestione della complessità urbana di Singapore.

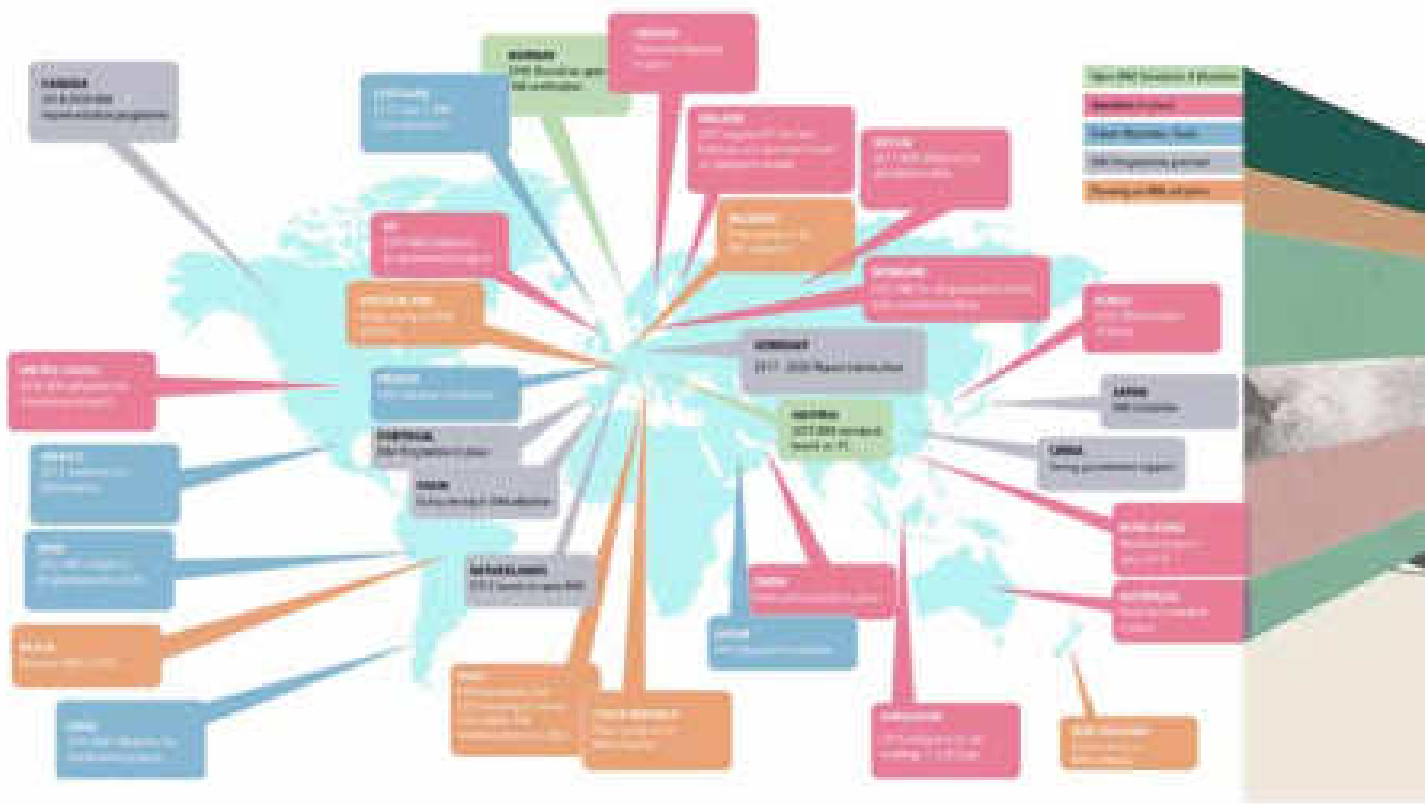
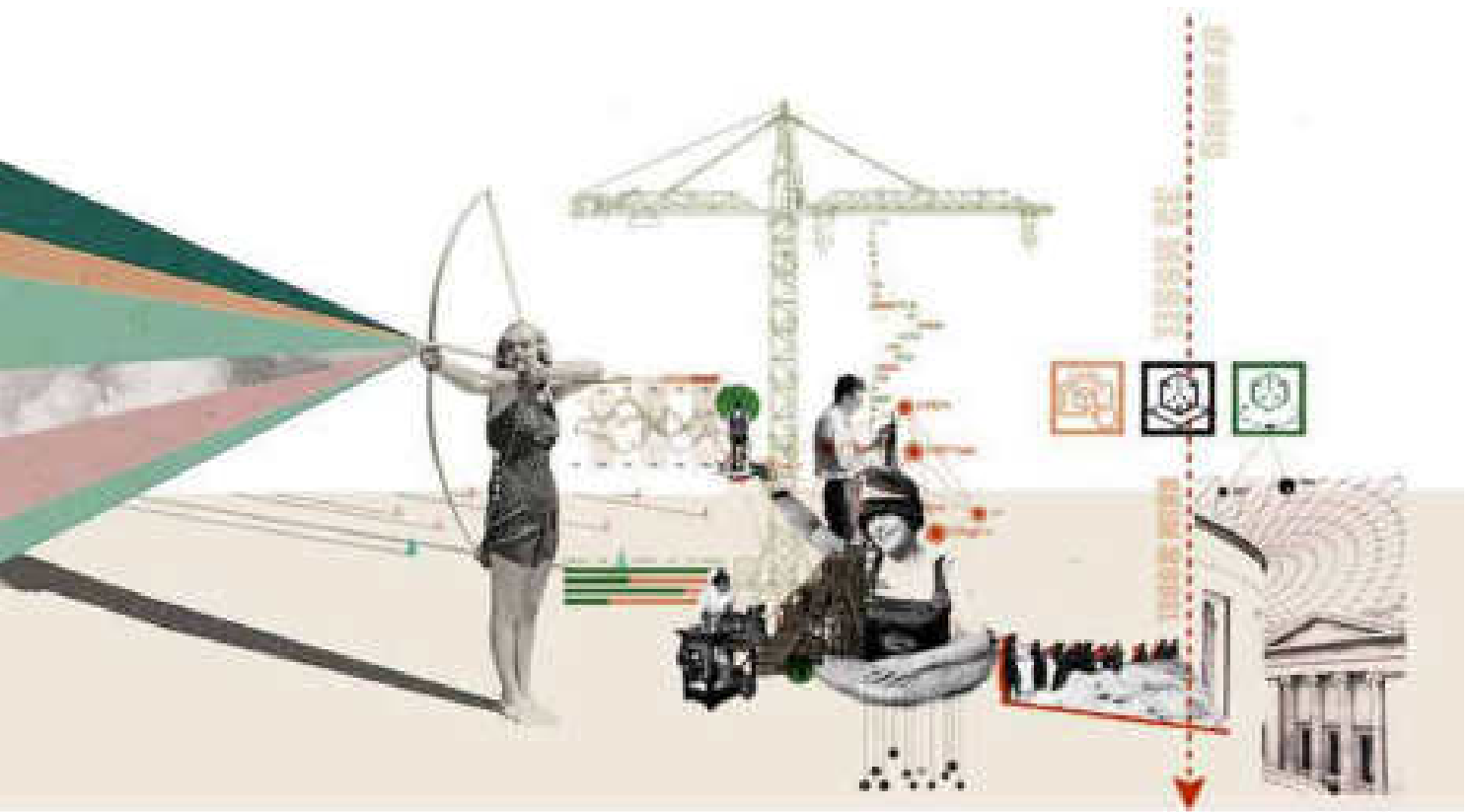


Fig.16 L'adozione dello standard BIM a livello mondiale.

serie ISO 19650” e come definito nella ISO 19650-1, così come la sicurezza- gestione consapevole delle informazioni sensibili ottenute, create, elaborate ed archiviate come parte di, o in relazione a, qualsiasi altra iniziativa, progetto, risorsa, prodotto o servizio. Affronta i passaggi necessari per creare e coltivare una mentalità di sicurezza appropriata e proporzionata attraverso le organizzazioni con accesso a informazioni sensibili, compresa la necessità di monitorare e verificare la conformità L’approccio delineato è applicabile per tutto il ciclo di vita di un’iniziativa, progetto, risorsa, prodotto o servizio, pianificato o esistente, in cui si ottengono, si creano informazioni sensibili, elaborati e / o archiviati. Il documento è destinato all’uso da parte di qualsiasi organizzazione coinvolta nell’uso della gestione delle informazioni. (Approvato il 10 giugno 2020). L’introduzione della ISO 19650:2018 ha cambiato profondamente il paradigma sulla definizione dei livelli di

informazione, un tema soggetto a variazioni in base al sistema normativo del paese di riferimento generando confusione e incongruenze a causa del gran numero di acronimi e definizioni nei paesi e talvolta all’interno dello stesso mercato. Le due macro filosofie ampiamente discusse in letteratura vigenti fino all’introduzione della nuova normativa erano il modello statunitense⁶⁶ del *Level of Development (LOD)*, e quello anglosassone⁶⁷ che applicava un’ulteriore distinzione dividendo gli aspetti grafici da quelli informativi attraverso due livelli di definizione il *Level of model Definition (LOD)* e il *Level of Information (LOI)*. La nuova normativa internazionale inquadra i *Level of Information Need*⁶⁸ (LoIN), individuando i livelli informativi suddivisi sulla base delle specifiche consegne privi di una scala predeterminata (100, 200,...; 1, 2, 3,..., A, B, C,...)⁶⁹. I requisiti devono includere : qualità, quantità, e granularità delle informazioni grafiche ed alfanumeriche.



Definite queste devono essere adottate per la determinazione del livello di informazione necessario dell'intero progetto, con l'introduzione del concetto di Documento (DOC) accanto alle geometrie LOG e informazioni alfanumeriche LOI⁷⁰.

La normativa è definita in modo da evitare la sovrapproduzione informativa, criticità riscontrata nel precedente sistema che incideva sulla fluidità dei flussi di progetto.

La committenza coinvolta dovrà stabilire i livelli informativi ritenuti necessari per le differenti fasi progetturali (architettonica, strutturale, impiantistica) questi livelli sono cumulativi e sviluppati lungo l'intera evoluzione del progetto⁷¹.

La prEN 17412:2020 definisce per i paesi CEN i *Level of Information Need* suddivisi in "Informazioni Geometriche" (ex LOG), "Informazioni Alfanumeriche" (ex LOI) e, nella nuova entrata, "Documentazione"⁷². Per l'Italia si deve oggi fare singolo e specifico riferimento ai nuovi "*Level of*

Information Need (o nella traduzione - *Livelli di Fabbisogno Informativo*) (UNI EN ISO 19650-1:2019; prEN 17412:2020). L'odierna UNI 11337-4:2017⁷³, come sottolineato da Pavan:

"Dovrà essere aggiornata con la sua "Appendice I" per gli appalti pubblici, i Livelli di sviluppo degli Oggetti Digitali in essa definiti possono oggi quindi fungere solo da schema iniziale di riferimento generale, che necessita, comunque, di un approfondimento specifico, per la singola commessa ed il singolo oggetto, al fine di ottemperare alle superiori indicazioni ISO e CEN⁷⁴".

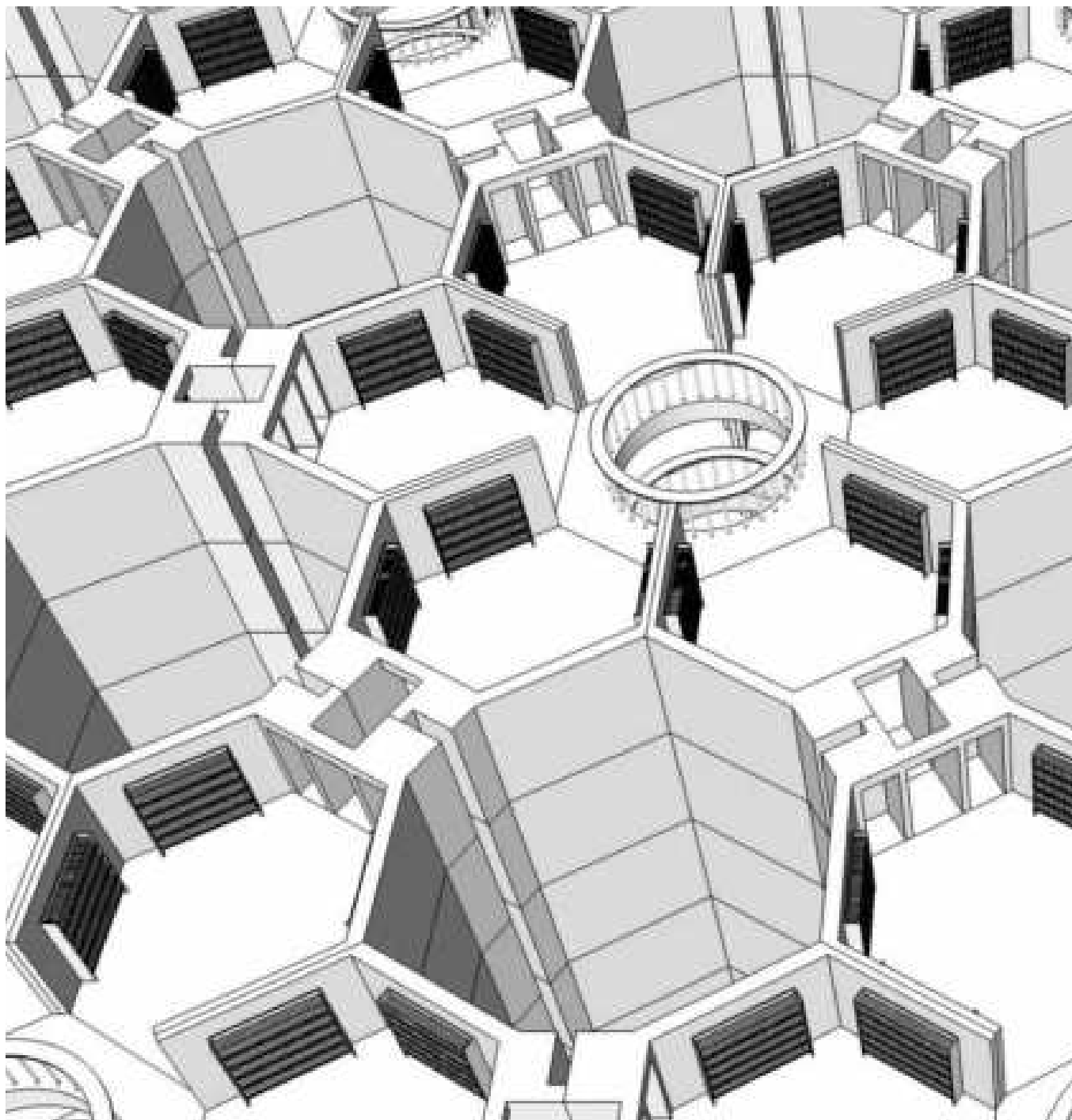


Fig.17 La biblioteca di Babele di Borges diventa modello 3D nel progetto di rappresentazione del programmatore Jamie Zawinski, il quale ha interpretato e virtualizzato l'architettura dell'edificio riprendendo una frase di Manganelli "il luogo è un linguaggio", sottolineando il concetto di luogo come sistema di relazioni e la necessità di avere chiavi di lettura per la comprensione dei significati.

2.3 PIATTAFORME E ARCHIVI DIGITALI WEB-BASED PER UN COLLABORATIVE DATA MANAGEMENT

“... Non solo il contenuto delle più importanti biblioteche del mondo, degli archivi e dei musei, delle annate dei giornali d'ogni paese è già nelle nostre schede perforate, ma anche una documentazione raccolta ad hoc, persona per persona, luogo per luogo [...] è memoria centralizzata del genere umano quella che noi siamo intenti a costruire...”
Italo Calvino, 1968⁷⁵.

Nella visione futurista proposta da Calvino la memoria si fa totalizzante quando ogni dettaglio viene registrato⁷⁶. La condivisione dei dati è passata, da una visione *top-down* di rilevazione dei dati, a una visione *bottom-up*⁷⁷ di aggregazione e diffusione⁷⁸. La raccolta informativa, che popola le reti digitali, confluisce nei *database* attraverso l'uso delle app e tecnologie di produzione e archiviazione digitale che sono sempre più aperte alla diffusione sensibile dei dati. Questo ha portato alla creazione di nuove figure come il CTO responsabile della tecnologia, il cui compito è gestire le implicazioni urbane dei sistemi digitali. Il passaggio dalla quantificazione dell'individuo alla quantificazione della città è diretto, sono le persone attraverso la propria ombra digitale a proiettare ed assumere un ruolo attivo attraverso un costruito *doppio* sia fisico e digitale. Le ricerche nel settore dell'architettura sono state impegnate nel cercare sistemi aperti, scelte progettuali *open-ended*, *systems* mutevoli, e attuabili in fasi. La progettualità viene suddivisa per fasi, ad ogni fase il sistema assume una configurazione finita ma pronta, se necessario, a riaprirsi. Le ragioni dell'informatizzazione delle tecniche di rappresentazione e progetto, si ritrovano nel divario economico dettato dall'obsolescenza funzionale e fisica delle strutture e delle componenti, nella logica del rapido consumo, oltre a questo il carattere tecnologico che fluidifica i rapporti tra i diversi elementi, per cui l'attenzione è rivolta verso le connessioni e rapporti tra *software* e quantità di materiale⁷⁹. Caposaldo alla base della metodologia BIM è l'introduzione al progetto basato sulla condivisione simultanea di dati e l'archiviazione su *cloud systems*. I livelli di collaborazione del progetto sono basati su i concetti di interoperabilità, interdisciplinarietà, comunicazione e coordinamento⁸⁰.

In un panorama eterogeneo di software e applicativi che vanno dalla fase di modellazione alla fase di analisi e gestione, è necessario un dialogo per la lettura dei diversi formati di modello. Nel caso in cui siano utilizzati formati di dati leggibili da un solo fornitore, in letteratura si parla

di *closed BIM*, se invece per lo scambio dati si utilizzano modelli di formato aperto e indipendenti dal fornitore si parla di *openBIM*. Si deve la standardizzazione di un formato di modello neutro di dati per lo scambio *open source* all'organizzazione *International Alliance for Interoperability* conosciuta dal 2003 come *buildingSMART*, che attualmente rappresenta un punto di riferimento globale per la valutazione delle competenze *openBIM*⁸¹. Il progetto è attualmente in fase di sviluppo ed è di respiro internazionale gli standard proposti sono riconosciuti in Europa, Asia e nel nord America.

IFC (*Industry Foundation Classes*) è lo standard definito da *buildingSMART* per lo scambio informativo, fornisce strutture di dati complesse che coprono quasi tutti gli aspetti delle strutture costruite. Nel 2013, il formato dei dati è stato adottato come standard ISO. L'IFC è un modello entità-relazione, si struttura in base alla semantica, ovvero la definizione degli oggetti, avviene tramite campi relazionali che intercorrono tra le diverse entità di progetto e le proprietà associate a ciascun elemento⁸². Un'entità IFC deve essere definita in base alla lista elaborata da *buildingSMART*, e deve essere relazionata con altre entità in base alla categoria e tipo (ex: *ifcRoof* è sottotipo di *IfcBuilding elements*, il quale si trova relazionato alla categoria *ifcElement*)⁸³. All'interno del flusso progettuale l'utilizzo dello standard IFC ha una triplice finalità: il coordinamento, l'integrazione dei dati e la predisposizione della consegna del file. Per i processi di importazione ed esportazione dei file, è necessaria una conoscenza della struttura dell'ipertesto IFC per poter scegliere in maniera opportuna le proprietà ed i parametri di file per definire la rappresentazione del livello di dettaglio richiesto⁸⁴. Lo scambio informativo avviene all'interno di piattaforme digitali progettate su sistemi *on cloud* per la gestione centralizzata dei modelli e la distribuzione delle informazioni.

Questi sono sistemi di collaborazione utilizzati sia durante le fasi di realizzazione del modello che per l'archiviazione, comunicazione e diffusione del materiale.

Le piattaforme di progetto strutturate per le fasi operative di realizzazione del modello offrono la possibilità di gestire, coordinare e controllare i dati durante lo sviluppo del modello tridimensionale. Il loro funzionamento è basato sulla predisposizione di un server di condivisione centrale all'interno del quale viene salvato un file condiviso di progetto.

Il flusso di lavoro in modalità *sharing* del settore edile, tuttavia, è vincolato da soluzioni specifiche di dominio attraverso la messa a disposizione di specifici *server*; a

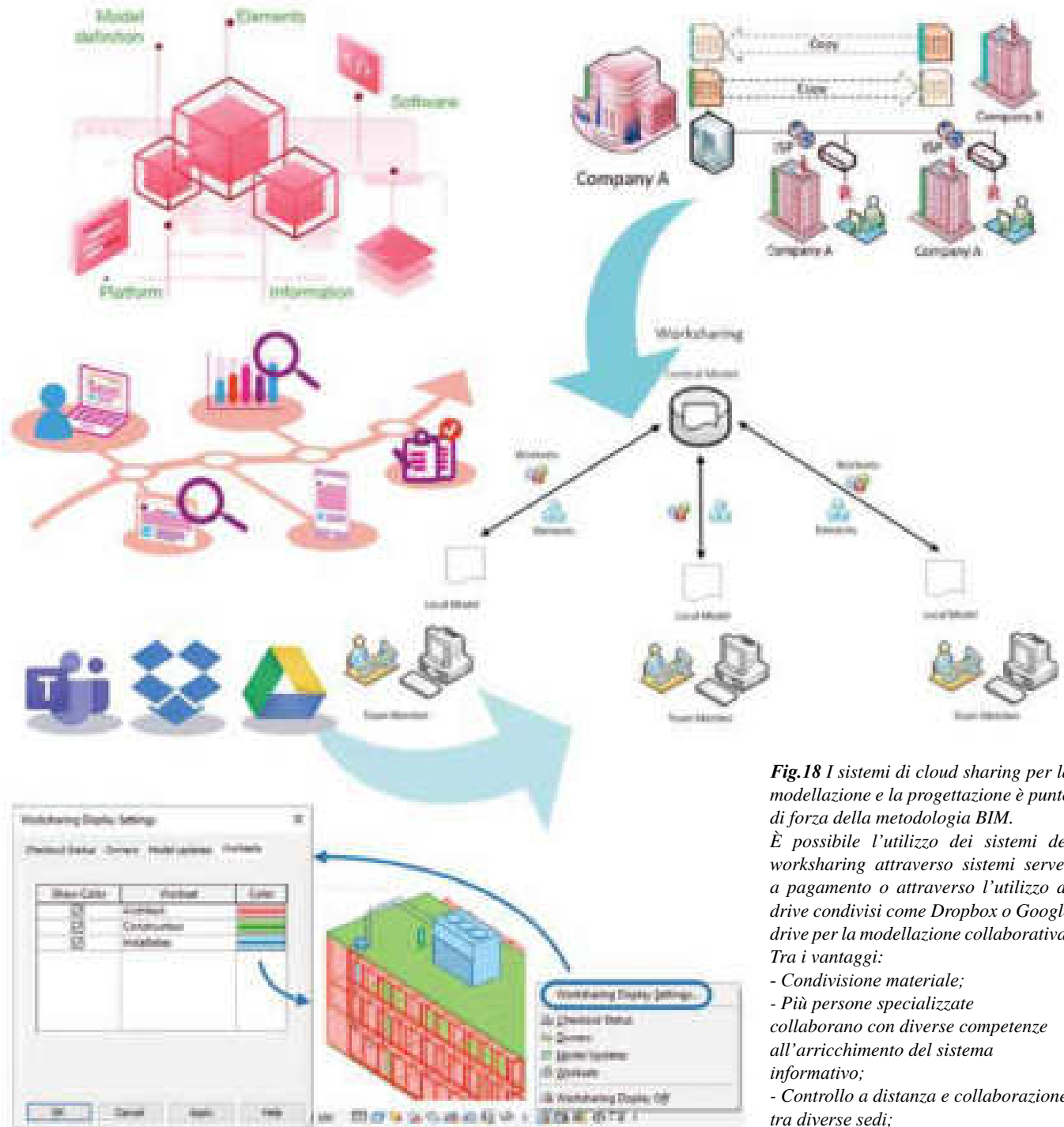


Fig.18 I sistemi di cloud sharing per la modellazione e la progettazione è punto di forza della metodologia BIM.

È possibile l'utilizzo dei sistemi del worksharing attraverso sistemi server a pagamento o attraverso l'utilizzo di drive condivisi come Dropbox o Google drive per la modellazione collaborativa.

Tra i vantaggi:

- Condivisione materiale;
- Più persone specializzate collaborano con diverse competenze all'arricchimento del sistema informativo;
- Controllo a distanza e collaborazione tra diverse sedi;
- Monitoraggio.

pagamento, dalle software house. I servizi a pagamento se da un lato conferiscono una maggiore stabilità durante le fasi di sviluppo dall'altro, risultano poco accessibili non essendo sistemi *open source*. Risultano tra i più utilizzati: Revit server e servizi come Autodesk 360 Cloud Services, Nemetschek bim+, GRAPHISOFT BIMcloud, bimserver.org.

Tali strumenti sono integrati all'interno dei pannelli di strumenti del rispettivo sistema di modellazione (Revit, Allplan, Archicad). Esistono possibilità di lavoro collaborativo *open*, utilizzando come servizi di *cloud* su piattaforme aperte (entro un certo limite di GB gratuite) come Dropbox o Google Drive che possono offrire un sostegno *cloud* per la condivisione di modelli di collaborazione tra piccoli team. Permettendo di lavorare contemporaneamente sullo stesso modello da postazioni diverse⁸⁵.

Un flusso, sicuramente meno prestazionale rispetto alla modalità a pagamento, in cui è necessaria prestare maggiore attenzione durante le fasi di sincronizzazione dei modelli per evitare la perdita di dati durante le fasi di sincronizzazione. Un compito importante del *model server* è quello dell'identificazione dei cambiamenti e i conflitti del modello. Essendo basati su operazioni di trasferimento di modifica che avvengono, in parallelo, su delle copie di file le numerose modifiche apportate ai singoli oggetti, e il loro corrispondente carattere temporaneo dato dalla sincronizzazione in tempo reale, possono, tuttavia, portare rapidamente ad un flusso indesiderato di cambiamenti. Questo rende fondamentale l'aspetto della comunicazione interna ai singoli team di sviluppo attraverso piattaforme di messaggistica istantanea strutturati per l'organizzazione aziendale (Slack, Trello, Microsoft Teams) e la gestione degli avvisi di modifica nei processi *on cloud*. A tal fine nella comunicazione del flusso informativo sono utilizzate codifiche di dati standardizzati, tramite l'utilizzo di vocabolari condivisi volti a garantire un corretto scambio di informazioni e ridurre al minimo possibili incomprensioni⁸⁶.

Nel settore BIM, a livello nazionale italiano, è il progetto di ricerca INNOVance⁸⁷ ad aver sviluppato un prototipo di sistema di banca dati interoperabile del settore delle costruzioni, per la messa in rete della sua intera fiera allargata. Sviluppando un prototipo di una nuova struttura di accesso online, in cui sono archiviate categorie di elementi suddivisi in base a una specifica categorizzazione tecnico-scientifica. Gli oggetti inseriti all'interno della piattaforma, sono identificati da uno specifico codice univoco e corredati da una scheda tecnica standardizzata.

A livello internazionale nel settore delle costruzioni è la NBS

library BIM (National Building Specification) proprietà di RIBA Enterprises Ltd, parte del Royal Institute of British Architects (RIBA), uno dei portali di *object sharing* più affermati, basata sullo standard anglosassone. La libreria NBS National BIM viene definita come una biblioteca di oggetti *on line*, in cui i componenti BIM sono accessibili tramite la consultazione di librerie, scaffali digitali, una volta effettuato l'iscrizione al sito Web.

Il sistema oltre all'accesso consente anche la collaborazione attraverso la possibilità di *upload* di nuovi oggetti. L'accesso al catalogo è possibile anche direttamente all'interno delle diverse piattaforme di modellazione attraverso l'installazione di *plugin* specifici messi a disposizione sul sito⁸⁸.

La diffusione e l'obbligatorietà dell'utilizzo dei sistemi BIM nel mondo delle costruzioni ha portato negli ultimi dieci anni, alla nascita di numerose librerie online, ampi database di raccolta di oggetti messi a disposizione per l'arricchimento dei modelli sulla linea dello *sharing* informativo: BIMObject, BIM portale Smart BIM Library, Revit City, RBI Water Heaters, ARCAT, BIMetica, Turbosquid, Bimstor, BIM Catalogues, etc. sono solo alcuni dei siti più utilizzati, i portali sono in continua crescita data l'espansione esponenziale nelle settore. L'esperienza maturata nel settore delle costruzioni attraverso i flussi di scambio dati *on cloud* e la messa a disposizione di contenuti informativi *online* incoraggia la collaborazione su scala globale, ampliando l'utilizzo di servizi basati sul *cloud sharing* anche nel settore del *Cultural Heritage*. Da un lato, una serie di progetti mirati alla digitalizzazione per favorire la diffusione della conoscenza del patrimonio culturale e il riuso delle risorse digitali per lo sviluppo delle industrie creative, dall'altro l'armonizzazione dei programmi nazionali di ricerca sul patrimonio culturale digitale, invita alla collaborazione con le infrastrutture digitali a supporto della gestione ed accesso al patrimonio culturale digitale e allo sviluppo di soluzioni innovative per la conservazione a lungo termine delle collezioni digitali⁸⁹.

Il Web, è sempre più utilizzato per la pubblicazione di contenuti riguardanti i beni culturali di diverso tipo.

Biblioteche e archivi storici hanno e stanno digitalizzando le loro collezioni dando la possibilità di fruire i propri beni attraverso *web-platform*, incentivate anche dalle politiche di digitalizzazione promosse dall'Unione Europea. Si possono identificare due tipologie di pubblicazione utilizzate nel settore dei beni culturali sul Web: sistemi *ad hoc* specifici limitati a domini, definiti a tema chiuso privi della possibilità di implementazione da parte di terzi e sistemi a aperti di condivisione di grandi banche dati, aperte a chiunque voglia

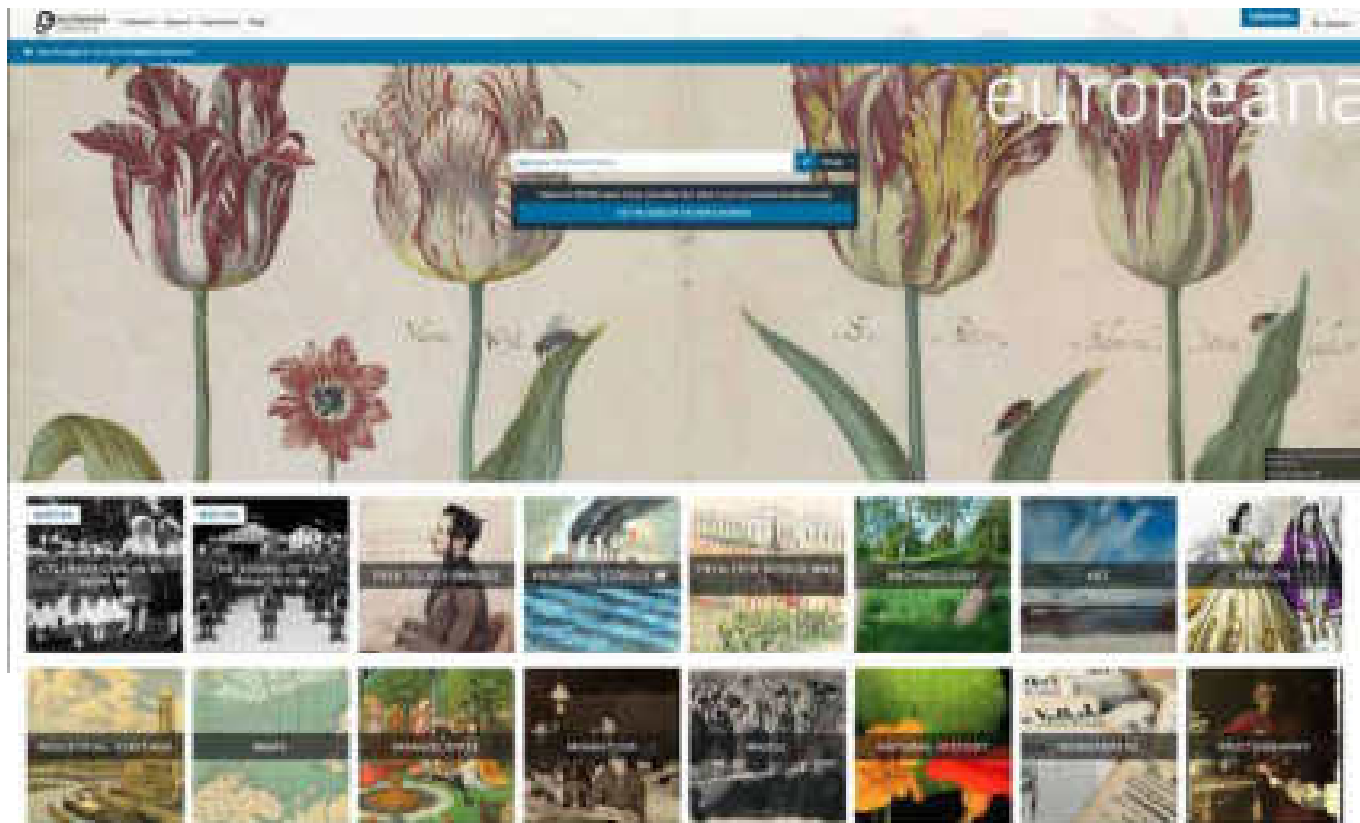


Fig.19 Il portale Europeana raccoglie metadati su milioni di oggetti, sono più di 3.000 le organizzazioni culturali aderenti. La strategia pubblicata per il piano 2020-2025 immagina un settore del patrimonio culturale sostenuto dal digitale e un'Europa alimentata dalla cultura. Attraverso lo sviluppo di nuove competenze, strumenti e politiche per abbracciare il cambiamento digitale.

partecipare a contribuire a rifornire la base di conoscenza il cui contenuto non è tematicamente focalizzato, in cui confluisce la partecipazione di più istituzioni che acconsentono a fornire i propri dati formattati secondo gli standard della piattaforma offerente il servizio⁹⁰. I portali *open access* facilitano lo scambio di conoscenze attraverso la ricerca federata, ovvero una *query* di ricerca inviata ai database locali distribuiti, e i cui risultati vengono poi combinati insieme ed esposti all'utente finale⁹¹. Il portale *web based* Europeana, è un esempio riconosciuto a livello europeo la sua base di conoscenza comprende milioni di oggetti da collezione provenienti da diverse organizzazioni e istituti della comunità europea. All'interno della piattaforma si possono effettuare ricerche di oggetti e approfondimenti tematici grazie alla strutturazione del database secondo livelli informativi. "L'Europa possiede probabilmente il più vasto patrimonio culturale del mondo. Non può permettersi di perdere l'opportunità offerta dalla digitalizzazione e rimanere

*inerte di fronte al declino culturale. La digitalizzazione porta la cultura nelle case della gente e costituisce una risorsa preziosa per l'istruzione e per il settore del turismo, dei giochi, dell'animazione e dell'industria culturale in genere. Investire nella digitalizzazione stimolerà la nascita di nuove imprese e creerà nuovi posti di lavoro*⁹²". L'Europa il primo passo verso la linea del patrimonio accessibile l'ha compiuto il 20 novembre 2008, con l'apertura di Europeana, che da quel girone ha raccolto metadati su milioni di oggetti, e rappresenta più di 3.000 organizzazioni culturali aderenti, allo scopo di mostrare come sia possibile ottenere una vera interoperabilità che non solo attraverso i confini nazionali per confluire in un patrimonio europeo unificato, ma soprattutto abbatta le barriere tra i diversi domini per arrivare ad un contesto semantico condiviso⁹³.

Il portale si basa su tre principi di funzionamento:

- Dati *open access*;

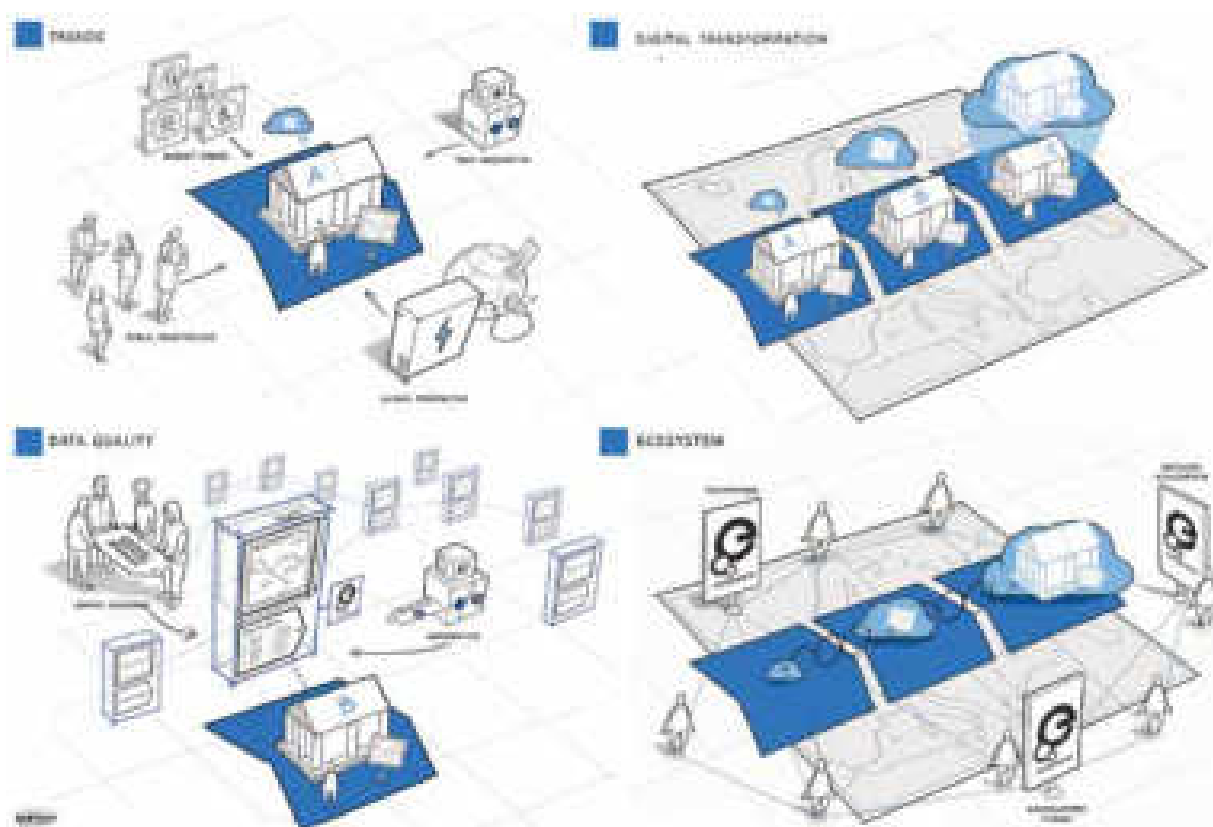


Fig.20 Le priorità esplicitate nel piano d'azione 2020-2025 sono: rafforzare l'infrastruttura, migliorare la qualità dei dati aumentare la capacità le esigenze delle istituzioni per il patrimonio culturale sono molte e varie, quindi è difficile ottenere coerenza nella produzione digitale e nella mentalità in tutto il settore. L'iniziativa Europeaana sosterrà le istituzioni nella loro trasformazione digitale. Mostrerà l'importanza e il valore aggiunto della digitalizzazione, l'adozione di standard, le migliori pratiche e soluzioni comuni.

- *Sharing* informativo;
- Affidabilità del dato e valorizzazione degli enti partecipanti⁹⁴.

Il *database* di Europeana, permette l'accesso a diversi tipi di contenuti da parte di diversi tipi di istituzioni del patrimonio culturale. Il sistema di *repository* non è basato su una memoria centrale, ma è strutturato su una rete di contatto con i differenti database istituzionali che aderiscono all'iniziativa. La *query* di Europeana è basata su un *framework* ispirato al Web semantico per i suoi metadati: *Europeana Data Model*⁹⁵. Questo modello sviluppato dalla comunità europea riutilizza i vocabolari in uso delle ontologie del Web semantico esistenti come Dublin Core, SKOS, OAI-ORE, adattandoli al contesto Europeana. L'EDM consente la rappresentazione di oggetti complessi connessi alle proprie in formazioni contestuali sottoforma di entità⁹⁶.

Il catalogo è stato implementato grazie al rilascio del Art and Architecture Thesaurus (AAT) dal Getty Institute come

Linked Open Data basata su SKOS⁹⁷ (*Simple Knowledge Organization System*) che ha reso possibile l'implementazione del sistema EFM con il dizionario diffuso permettendo lo sviluppo di servizi multilingue ampliando il panorama ed omologandolo ad un sistema informativo disponibile di carattere mondiale. La ricerca nel settore della divulgazione informativa attraverso gli archivi digitali sta mirando all'implementazione dei dati attraverso l'integrazione di modelli 3D del patrimonio utilizzando gli standard del *Web semantico*⁹⁸. L'informazione viene così strutturata all'interno di modelli di ricostruzione digitali che possono essere metaforicamente rappresentati come alberi di informazioni i cui rami possono essere interconnessi attraverso una serie di relazioni mutuabili⁹⁹.

In questo senso l'applicazione della modellazione informativa del BIM, si inserisce in maniera strategica per la progettazione di modelli di ricostruzione 3D basati sulla scomposizione

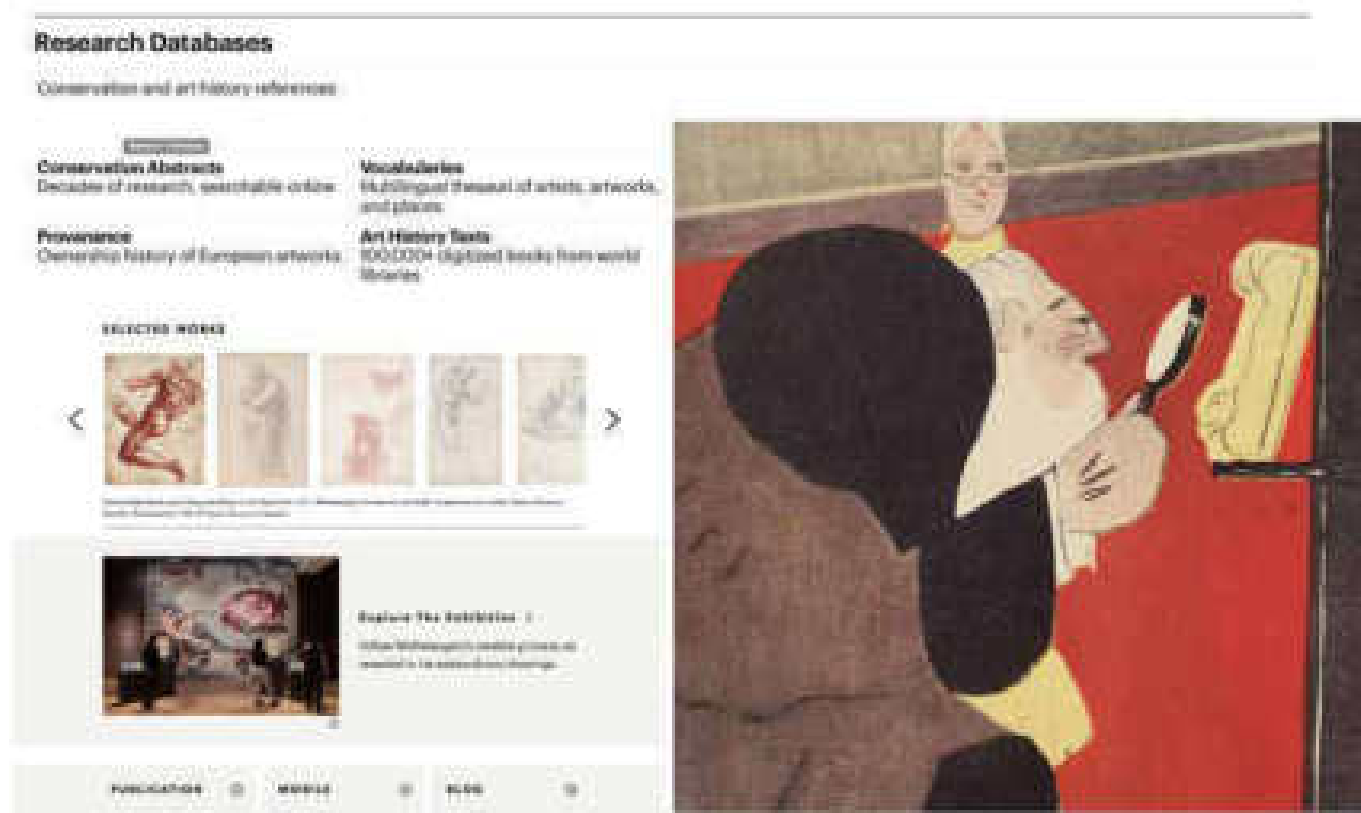


Fig.21 Il Getty Institute è un'istituzione culturale e filantropica dedicata alla presentazione, conservazione e interpretazione dell'eredità artistica del mondo. Attraverso il lavoro collettivo e individuale dei suoi programmi costituenti - Getty Conservation Institute, Getty Foundation, J. Paul Getty Museum e Getty Research Institute. In generale confluiscano in un'azione finalizzata a rendere fruibili le arti visive e i beni culturali.

semantica. In letteratura sono diverse le ricerche applicative che hanno sviluppato piattaforme interattive per la divulgazione del patrimonio culturale: V-MUST.net¹⁰⁰, 3D icons¹⁰¹, CARARE¹⁰² sono tutti progetti finanziati e promossi dalla comunità europea per lo sviluppo di siti web con database navigabili che sono poi confluiti all'interno del più ampio catalogo di Europeana. Recentemente, a maggio 2020, è stata resa pubblica la strategia "Empowering digital change", un piano strategico quinquennale 2020-2025 preparato dai gruppi di ricerca di Europeana¹⁰³. Come riportato sul sito, la strategia è stata scritta prima che la portata e l'impatto della pandemia COVID-19 si ripercuotesse sul settore dei musei, ma la sua stesura rientra nel conferire un supporto valido alle istituzioni per la valorizzazione e la divulgazione del patrimonio culturale, sostenendo iniziative online per rimanere in contatto con il loro pubblico attraverso la cultura digitale¹⁰⁴. Viene, inoltre, sottolineata l'importanza della ricostruzione

digitale dei siti a rischio a causa del cambiamento climatico che con azioni calamitose come inondazioni, sbalzi di temperatura, innalzamento del livello del mare, sismi portano alla lenta perdita della memoria del patrimonio culturale¹⁰⁵. La missione 2020-2025 mira alla trasformazione digitale e allo sviluppo di competenze e strumenti per l'infrastruttura *open source* per la fruizione del patrimonio¹⁰⁶. Si riportano i tre obiettivi:

- 1) Rafforzare l'infrastruttura;
- 2) Migliorare la qualità dei dati;
- 3) Creare nuove competenze.

Di particolare interesse per questo lavoro di ricerca sono l'intenzione e gli obiettivi dichiarati nelle sezioni 2c e 2d. In cui viene espressa la volontà di sostenere programmi di digitalizzazione del patrimonio attraverso modelli interoperabili da includere all'interno della piattaforma Europeana attraverso l'utilizzo del *Resource Description*



Fig.22 Durante la pandemia COVID-19 la possibilità di fruire a distanza le opere d'arte attraverso piattaforme, siti web e social media ha confermato come le operazioni di digitalizzazione del patrimonio sia valido strumento di un supporto alle istituzioni per la valorizzazione e la divulgazione del patrimonio culturale. Attraverso le piattaforme social e una campagna di comunicazione e immagine studiata musei come Gli Uffizzi di Firenze hanno raggiunto un target di utenti diversificato.

*Framework*¹⁰⁷ (RDF) per descrivere i dati, *endpoint SPARQL*¹⁰⁸ e per interconnettersi ad altri sistemi utilizzando *API*¹⁰⁹ *Linked Data*¹¹⁰. Al fine di migliorare la qualità dei metadati, è prevista la definizione di uno spazio in cui le istituzioni potranno condividere set di dati, che consentiranno la formazione e la valutazione di algoritmi di apprendimento automatico attraverso percorsi di ricerca e il coinvolgimento diretto di enti universitari¹¹¹. Il terzo obiettivo infine pone la volontà di sviluppare un centro dedicato alla conoscenza volto a fornire ai professionisti del patrimonio culturale linee guida su temi quali digitalizzazione, arricchimento dei metadati, interoperabilità semantica, creazione di contenuti, concessione di licenze, riutilizzo, modelli di business e innovazione¹¹². Attraverso queste dichiarazioni è fortemente dichiarata la linea che la Comunità Europea sta portando avanti in merito alla digitalizzazione del patrimonio. La dichiarata necessità di accogliere e sostenere la trasformazione digitale

del settore del patrimonio culturale europeo e di farlo in modo inclusivo a sostegno della digitalizzazione uno strumento in risposta alla crisi pandemica e nel lungo termine.

Un caso studio, di particolare interesse sullo sviluppo del settore della ricerca su queste tematiche è il progetto INCEPTION¹¹³ una ricerca portata avanti dalla Università di Ferrara per la realizzazione di una piattaforma che applica i concetti di web semantico sviluppando modelli attraverso la tecnologia di digitalizzazione *BIM cloud based* per restituire a diverse categorie di utenti un nuovo modo di fruire le informazioni all'interno del contesto dei Beni Culturali. L'obiettivo della piattaforma è quello di utilizzare i modelli 3D per rispondere alle tre esigenze individuate dallo sviluppo delle tecnologie digitali tridimensionali tramite la progettazione e condivisione *open access* di modelli semantici 3D interoperabili: “forever”, “for everybody”, “from everywhere”¹¹⁴.

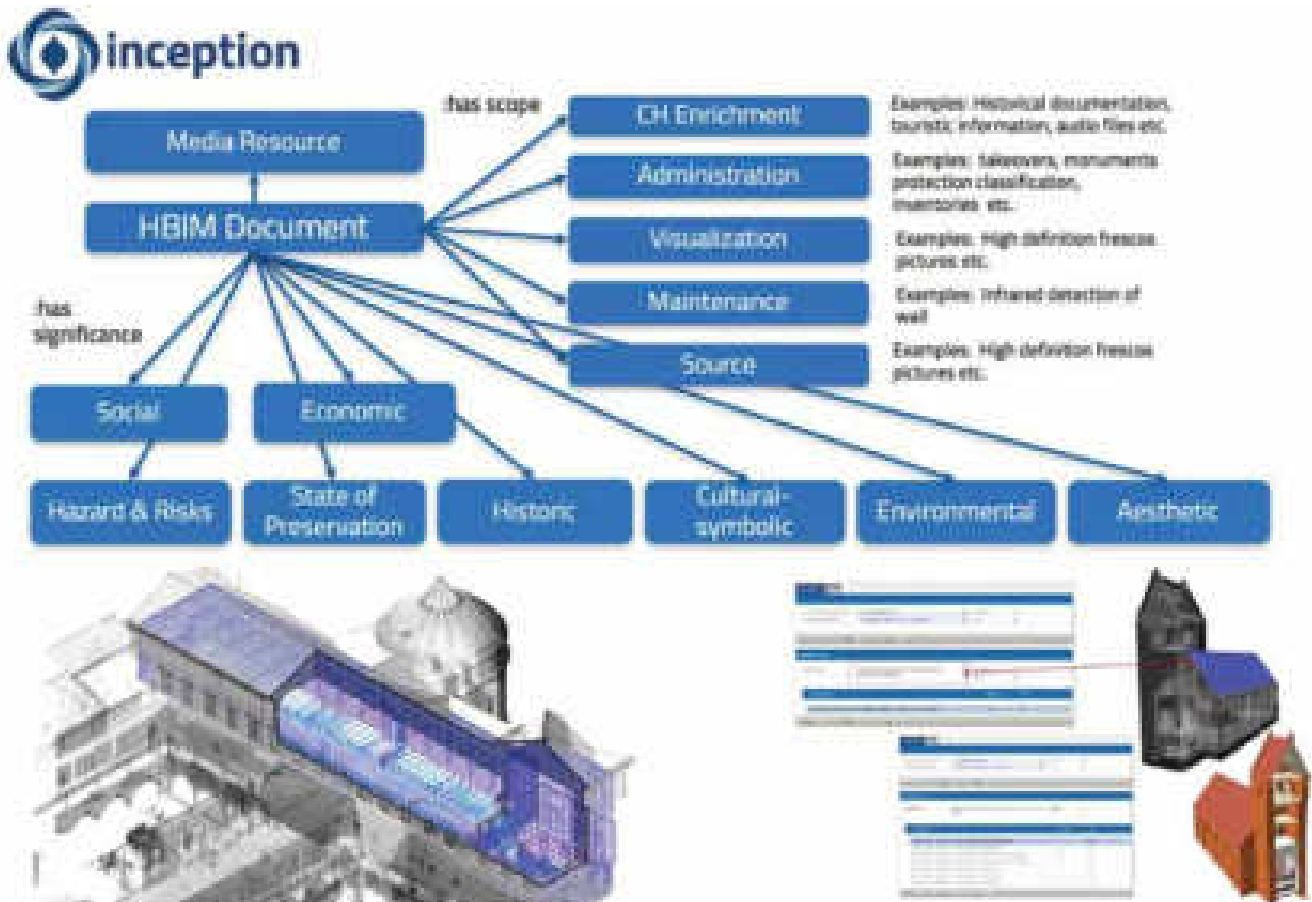


Fig.23 Il progetto Inception schema degli obiettivi e dei significati dell'azione di ricerca.

Tramite l'interattività, gli utenti, non solo accedono e comprendono le architetture, ma sono stimolati alla ricerca dell'informazione attraverso la navigazione attraverso una struttura composta da livelli informativi multistrato¹¹⁵. Partendo dai dati di acquisizione e documentazione digitale, INCEPTION propone una lettura semantica degli elementi che vanno a comporre gli edifici, attraverso la strutturazione di parametri comuni e l'impostazione di una nomenclatura come punto di partenza per l'arricchimento semantico e la modellazione in ambiente BIM¹¹⁶. La finalità del progetto è quella di strutturare modelli BIM degli edifici storici collegandoli a dati aperti esterni connessi, come la nomenclatura Getty Vocabularies, tra cui AAT - Art & Architecture Thesaurus, TGN - Getty Thesaurus of Geographic Nomi, ULAN - Elenco dell'Unione dei nomi degli artisti, e CIDOC CRM, per i manufatti dei musei dimostrando la possibilità di collegamento tra le diverse parti degli edifici

con dati esterni, come file multimediali o informazioni di manutenzione¹¹⁷. Nei nuovi ambienti collegati e aperti, i vocabolari semantici rappresentano un potente strumento a disposizione, anche se come sottolineato da Maietti et al., - essendo ogni struttura un *unicum* del patrimonio è necessaria un'attività di filtraggio per renderli idonei - inoltre - se un vocabolario esistente non copre correttamente una definizione specifica, è necessaria la sua integrazione¹¹⁸.

La piattaforma INCEPTION implementa la semantica su contenuti specifici su singoli modelli 3D e consente l'accesso a metadati o paradigmi. I modelli 3D sono stati sviluppati sulla base degli standard *open IFC* e sono stati integrati con le definizioni del glossario con *ifcOWL*¹¹⁹.

È stata sviluppata un'ontologia stratificata e interoperabile per raccogliere e memorizzare nuove informazioni sul patrimonio nel modello BIM abbinando gli elementi architettonici corretti a ciascuna struttura o parte decorativa dell'edificio.



Le tecnologie del Web Semantico, guidate dal consorzio W3C¹²⁰ e accettate come standard internazionale per condividere contenuti di conoscenza leggibili dalla macchina. L'ontologia HBIM associata al web semantico e ai principi di Linked Open Data ha permesso lo sviluppo della una piattaforma di visualizzazione dei modelli 3D scomponibili in layer di indagine semantica specifici del dominio dei Beni Culturali. Dalla ricerca è nata Inception Spin-off¹²¹, una *start up* incubata come *spin-off* presso l'Università degli studi di Ferrara, nata nel 2020, a conclusione del progetto finalizzata allo sviluppo e alla commercializzazione dei risultati del progetto offrendo dall'esperienza maturata durante gli anni di ricerca supporto al processo di digitalizzazione, gestione, divulgazione, valorizzazione del patrimonio culturale e del patrimonio costruito in generale, tramite prodotti e servizi che impiegano tecnologie BIM-based e piattaforme Web semantiche¹²².

Fig.24 I primi risultati della realizzazione di una piattaforma di indagine finalizzata alla visualizzazione e alla scomposizione degli elementi architettonici. I modelli sono visualizzabili sia da remoto tramite pc che attraverso sistemi di fruizione mobile e visori VR.

NOTE

¹ Il software BDS *Building Description System* venne progettato da Charles Eastman e altri ricercatori presso la Carnegie - Mellon University di Pittsburg (USA).

² Cfr. C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J.Lividini, D. Stoker, C. Yessios (1974) *An outline of the building description System*, Research Report No.50, September, 1974.

³ C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J.Lividini, D. Stoker, C. Yessios (1974) *An outline of the building description System*, Research Report No.50, September, 1974. p.5.

⁴ C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J.Lividini, D. Stoker, C. Yessios (1974) *An outline of the building description System*, Research Report No.50, September, 1974. p.5.

⁵ C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J.Lividini, D. Stoker, C. Yessios (1974) *An outline of the building description System*, Research Report No.50, September, 1974. p. 13.

⁶ Cfr. C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J.Lividini, D. Stoker, C. Yessios (1974) *An outline of the building description System*, Research Report No.50, September, 1974. p. 13.

⁷ Gli approcci *top-down* e *bottom-up* definiscono i flussi di informazione definendo un tipo di approccio decisionale. Il *top-down* è uno schema che parte da un tipo di visione generale che viene scomposta semanticamente in elementi di dettaglio, avviene quando la rappresentazione percettiva è guidata dalle esperienze passate dell'individuo, ad un'interpretazione dei segni complessi e ad una decodifica degli stessi. Al contrario il fenomeno cognitivo e mentale del *bottom-up*, da una visione di dettaglio viene ricostruita la complessità del sistema. Avviene quando, nel cercare di percepire un elemento nel suo insieme, esso assume significato e viene riconosciuto in funzione delle relazioni che lo hanno generato. Assume pertanto la dicitura *bottom-up* perché dai primi e basilari livelli percettivi l'informazione risale ai vertici degli schemi cognitivi, esaminando singolarmente gli oggetti per ricostruire una mappa mentale delle complessità del luogo che attribuiscono significati agli elementi. Cfr. Carlo Ratti, Matthew Claudel (2017) *La città del domani Torino: Passaggi* Einaudi. p. 26. Per un'ampia trattativa sull'applicazione nella lettura percettiva del paesaggio cfr. Sandro Parrinello (2013) *Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi*. Firenze: Edifir. pp. 49-50.

⁸ C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J.Lividini, D. Stoker, C. Yessios (1974) *An outline of the building description System*, Research Report No.50, September, 1974. p. 17.

⁹ Cfr. C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J.Lividini, D. Stoker, C. Yessios (1974) *An outline of the building description System*, Research Report No.50, September, 1974. p. 17.

¹⁰ Cfr. Valeria Cera (2019) *La significazione digitale dell'elemento architettonico. Dal rilievo alla strutturazione semantica dell'architettura*. Roma: editori paparo. pp. 60-61.

¹¹ Cfr. <http://www.laiserin.com/features/bim/index.php>

¹² Il *white paper* è una pubblicazione tratta in maniera dettagliata una

tematica approfondita di un prodotto o una strategia di un'azienda o un ente amministrativo. L'obiettivo del *white paper* è quello di convincere l'acquirente all'acquisto o all'adozione di tale strategia. Cfr. http://www.frontpoint.it/it/materiali/white_paper.asp

¹³ Cfr. André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) *Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice*, Cham: Springer.

¹⁴ NIBS. (2015). *National BIM standard United States version 3*. Washington, DC: National Institute of Building Sciences. Retrieved from <http://www.nationalbimstandard.org/>. Accessed 9 Dec 2017. "Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition. A basic premise of BIM is collaboration by different stakeholders at different phases of the life cycle of a facility to insert, extract, update or modify information in the BIM to support and reflect the roles of that stakeholder."

¹⁵ Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. 2nd Edition, Wiley, NJ.

¹⁶ Cfr. Lo Turco M., Calvano M., Giovannini C., Tomalini A. (2021) AIM! Algorithmic Information Modeling: New Strategies for a Fully Integrated Approach in the Field of Cultural Heritage, in Bolognesi C., Villa A. (eds) *From Building Information Modelling to Mixed Reality*, Cham: Springer.

¹⁷ *Standard*, nell'accezione scientifica del termine: modello, tipo, norma cui si devono uniformare, o a cui sono conformi, tutti i prodotti e i procedimenti, tutte le attività e le prestazioni, di una stessa serie: fissare uno s., attenersi agli standard. <http://www.treccani.it/vocabolario/standard/>

¹⁸ Directive 2014/24/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on public procurement and repealing Directive 2004/18/EC. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32014L0024>

¹⁹ https://www.codiceappalti.it/dlgs_50_2016/Art_23_Livelli_della_progettazione_per_gli_appalti_per_le_concessioni_di_lavori_nonché_per_i_servizi/8390

²⁰ *Ibidem*.

²¹ https://www.codiceappalti.it/dlgs_50_2016/Art_23_Livelli_della_progettazione_per_gli_appalti_per_le_concessioni_di_lavori_nonché_per_i_servizi/8390

²² Alberto Pavan (2017) NORMA UNI 11337 PER LE COSTRUZIONI, in *Lit*, laterizi d'Italia 04/17, pp. 24-29.

²³ Cfr. Alberto Pavan, Mirarchi Claudio, Dalila Cavallo, Marco de Gregorio (2020) *Standard BIM, il mondo dopo la ISO 19650*, risorsa online <https://www.ingenio-web.it/26765-standard-bim-il-mondo-dopo-la-iso-19650>

²⁴ Premessa nazionale alla versione italiana della ISO 19650. Norma

europea EN ISO 19650-1 (edizione dicembre 2018).

²⁵ Il quadro normativo è stato ampiamente descritto da Alberto Pavan nell'intervento "Situazione ed evoluzione normative BIM" in occasione dell'evento dal titolo "Esperienze BIM per il futuro delle infrastrutture" Politecnico di Milano, Milano il 2 Luglio 2019.

²⁶ Alberto Pavan ricercatore di produzione edilizia al Politecnico di Milano, socio fondatore di BAEC, coordinatore della Norma UNI 11337 sulla gestione digitale delle costruzioni, membro dei tavoli ISO e CEN sulla normazione internazionale BIM, responsabile scientifico di INNOVance.

²⁷ La presentazione è stata esposta durante l'evento "Progettazione BIM (Building Information Modelling)" tenutosi giovedì 14 novembre 2019 presso Cinema Victoria, (Modena). Il documento è reperibile presso il sito del comune al link: <https://www.provincia.modena.it/evento/progettazione-bim-building-information-modeling/>

²⁸ *Ibidem*.

²⁹ Tommaso Empler, Adriana Caldarone, and Maria Laura Rossi (2021) "BIM Survey". Critical Reflections on the Built Heritage's Survey in Bolognesi C., Villa A. (eds) From Building Information Modelling to Mixed Reality, Cham: Springer.

³⁰ UNI 1137-4:2017. Norma Italiana, Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti. pp. 8-9.

³¹ Cfr. A. PAVAN, C. MIRARCHI, M. GIANI (2017) BIM: metodi e strumenti, Tecniche Nuove, Milano. pp. 590-591

³² EIR: *Employer Information Requirements*, definisce le informazioni richieste dal committente sia al proprio team che ai fornitori per lo sviluppo del progetto e per il funzionamento del bene costruito completato. EIR definisce come e quando le informazioni dovrebbero essere scambiate nel ciclo di vita del progetto. I requisiti di informazione dipendono dalla complessità del progetto possono includere:

- Metodi e procedure standard che definiscono il modo in cui le informazioni vengono create, denominate e scambiate;

Ruoli e responsabilità relativi alle informazioni;

Un piano di distribuzione delle informazioni o un programma di rilascio che identifichi quali sono elementi da fornire devono essere forniti, da chi e quando; Una matrice di domanda COBie che identifica quali dati strutturati su struttura, piani, spazi, zone e componenti dell'edificio devono essere forniti e quando. Cfr. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Employer%27s_information_requirements_EIR

³³ BEP: *BIM Execution Plan* è un documento sviluppato sia prima che dopo il contratto come risposta diretta ai requisiti di informazione del committente (EIR). Il BEP è finalizzato alla descrizione in dettaglio dei requisiti per lo scambio di informazioni dettagliati in un protocollo BIM. Il piano di esecuzione BIM precontrattuale dovrebbe rispondere a tutto ciò che è richiesto nell'EIR e definire il piano di attuazione del progetto (PIP), gli obiettivi del progetto per la collaborazione e la modellazione delle informazioni e le tappe

fondamentali del progetto e dove si adattano al programma di progetto più ampio oltre a stabilire come sarà assemblato e consegnato il modello informativo del progetto. Cfr. <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-a-bim-execution-plan-bep>

³⁴ *Ibidem*.

³⁵ Cfr. André Borrmann, Markus König, Christian Koch, and Jakob Beetz (2018) *BBuilding Information Modeling: Why? What? How?*, in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) *Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice*, Cham: Springer. pp. 17-21.

³⁶ André Borrmann, Markus König, Christian Koch, and Jakob Beetz (2018) *BBuilding Information Modeling: Why? What? How?*, in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) *Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice*, Cham: Springer. pp. 18.

³⁷ Cfr. André Borrmann, Markus König, Christian Koch, and Jakob Beetz (2018) *BBuilding Information Modeling: Why? What? How?*, in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) *Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice*, Cham: Springer. pp. 18.

³⁸ *La NBS National BIM Library nel Regno Unito definisce uno standard industriale per oggetti generici e di produzione di qualità, efficienti. Abbiamo ampliato lo standard che abbiamo utilizzato per la nostra libreria per formare questo BIM Object Standard (BOS). Per un approccio coerente alla classificazione, il nuovo standard internazionale ISO 19650 richiede un sistema di classificazione che sia allineato al framework ISO 12006-2. Uniclass 2015 è il principale riferimento a livello mondiale.* <https://www.nationalbimlibrary.com/en/nbs-bim-object-standard/standardising-bim-objects>

³⁹ Cfr. André Borrmann, Markus König, Christian Koch, and Jakob Beetz (2018) *BBuilding Information Modeling: Why? What? How?*, in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) *Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice*, Cham: Springer. pp. 18.

⁴⁰ Cfr. Sofia Antonopoulou, Paul Bryan (2017) *BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model*. Swindon. Historic England.

⁴¹ Cfr. A. PAVAN, C. MIRARCHI, M. GIANI (2017) BIM: metodi e strumenti, Tecniche Nuove, Milano. p. 591-592

⁴² *Ibidem*.

⁴³ *United States Army Corps of Engineers (USACE)*, è una sezione dell'esercito statunitense che si occupa della progettazione all'interno del settore dell'ingegneria.

⁴⁴ Cfr. <https://www.theaiatrust.com/whitepapers/bim/ai-a-digital-practice-documents-2013.php#nav>

⁴⁵ *Ibidem*.

⁴⁶ Bee-Hua Goh (2007) *E-Government for Construction: The Case of Singapore's CORNET Project*, in *Research and practical issues of enterprise information systems II*, p. 327.

⁴⁷ Cfr. Anna Osello (2012) *Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.

⁴⁸ Cfr. Bee-Hua Goh (2007) E-Government for Construction: The Case of Singapore's CORNET Project, in Research and practical issues of enterprise information systems II, pp. 327-336.

⁴⁹ *Ibidem*.

⁵⁰ Cfr. Cornelius Preidel and André Borrmann (2018) BIM-Based Code Compliance Checking, in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice, Cham: Springer. pp. 367-381.

⁵¹ Cfr. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd Edition, Wiley, NJ Ed. ita (2016) Il BIM guida completa al Building Information Modeling per committenti, architetti, ingegneri, gestori immobiliari e imprese. ed ita (a cura di). Giuseppe Martino Di Giuda e Valentina Vill, Milano: Editore Ulrico. pp. 10020-10041.

⁵² Cfr. André Borrmann, Markus König, Christian Koch, and Jakob Beetz (2018) Building Information Modeling: Why? What? How? 1.4 State of BIM Adoption in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice, Cham: Springer. p. 20

⁵³ *Ibidem*.

⁵⁴ *Ibidem*.

⁵⁵ Cfr. Christiane M. Herr, Thomas Fischer (2019) BIM adoption across the Chinese AEC industries: An extended BIM adoption model, Journal of Computational Design and Engineering, Volume 6, Issue 2, 2019, pp. 173-178.

⁵⁶ Cfr. André Borrmann, Markus König, Christian Koch, and Jakob Beetz (2018) Building Information Modeling: Why? What? How? 1.4 State of BIM Adoption in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice, Cham: Springer. p. 20

⁵⁷ Cfr. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd Edition, Wiley, NJ Ed. ita (2016) Il BIM guida completa al Building Information Modeling per committenti, architetti, ingegneri, gestori immobiliari e imprese. ed ita (a cura di). Giuseppe Martino Di Giuda e Valentina Vill, Milano: Editore Ulrico.

⁵⁸ Cfr. Paolo Ettore Giana, Francesco Paleari, Marco Schievano, Elena Seghezzi, (2019) Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa, (a cura di Giuseppe Martino di Giuda) Bologna: Società editrice Esculapio s.r.l.p.76

⁵⁹ È stata ritirata BS PAS 1192-2:2013 *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*, volta a regolamentare la fase di consegna del progetto. Cfr. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/PAS_1192-2

⁶⁰ PAS 1192-3:2014 'Specification for information management for

the operational phase of construction projects using building information modelling'. e BS 1192-2:2014 Collaborative production of information Part 4: Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie – Code of practice

⁶¹ Cfr. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19650:-1:ed-1:v1:en>

⁶² Cfr. <https://www.iso.org/standard/68080.html>

⁶³ Cfr. <https://www.iso.org/standard/75109.html>

⁶⁴ Cfr. <https://www.iso.org/standard/78246.html>

⁶⁵ Cfr. <https://www.iso.org/standard/74206.html>

⁶⁶ Secondo le linee guida del AIA - American Institute of Architects. all'acronimo LOD, si ricorda che le scale USA, UK BIM Toolkit e UNI fanno riferimento agli "oggetti" del modello.

⁶⁷ Secondo le linee guida del NBS - National British Institute, la scala britannica a differenza di quella americana fa riferimento al "modello", nel suo insieme, e non ai suoi oggetti.

⁶⁸ UK ha richiesto di riferirsi al Level of Information Need senza l'utilizzo di un acronimo specifico per non creare un frainteso linguistico in inglese loin corrisponde alla lonza del maiale <https://www.wordreference.com/enit/loin>. Cfr. Information Management according to BS EN ISO 19650 guidance Part 1: Concepts p. 25

⁶⁹ Cfr. Alberto Pavan, Mirarchi Claudio, Dalila Cavallo, Marco de Gregorio (2020) Standard BIM, il mondo dopo la ISO 19650, risorsa online <https://www.ingenio-web.it/26765-standard-bim-il-mondo-dopo-la-iso-19650>

⁷⁰ *Ibidem*.

⁷¹ Cfr. Paolo Ettore Giana, Francesco Paleari, Marco Schievano, Elena Seghezzi, (2019) Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa, (a cura di Giuseppe Martino di Giuda) Bologna: Società editrice Esculapio s.r.l. pp. 29-30

⁷² Cfr. Alberto Pavan, Dalila Cavallo, Claudio Mirarchi, Chiara C. Rizzarda (2020) La PAS 1192-2, il Livello 2 ed i LOD non esistono più: diamoci pace. p. 9. 02-07-2020 Risorsa online: <https://www.ingenio-web.it/27243-la-pas-1192-2-il-livello-2-ed-i-lod-non-esistono-piu-diamoci-pace>.

⁷³ La parte 4 della UNI 11337 regola la classificazione LOD, basata su sette livelli (A-G, acquisita nella standardizzazione BIM italiana:

- LOD A, *Oggetto simbolico*;

- LOD B, *Oggetto generico*;

- LOD C, *Oggetto definito*;

- LOD D, *Oggetto dettagliato*;

- LOD E, *Oggetto specifico*;

- LOD F, *Oggetto eseguito*;

- LOD G, *Oggetto aggiornato*.

Le informazioni necessarie alla definizione dell'oggetto (*Level of Detail, Livello di Dettaglio*) sono di due tipi:

- Parametri Geometrici (LOG - *Level of Geometry*, anglosassone)

- Parametri Non Geometrici (LOI - *Level of Information*, anglosassone)

La norma UNI definisce lo sviluppo degli oggetti sulla base di quattro categorie di ambito progettuale:

- Scala generale di LOD (per edifici e interventi di nuova costruzione);

- Scala di LOD per gli interventi di restauro;
 - Scala di LOD per interventi territoriali e infrastrutture;
 - Scala di LOD per il cantiere (mezzi e attrezzature). Cfr. Alberto Pavan, Claudio Mirarchi, Matteo Giani (2017). BIM metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale Milano:tecniche nuove. pp. 87-117

⁷⁴ Alberto Pavan, Dalila Cavallo, Claudio Mirarchi, Chiara C. Rizzarda (2020) La PAS 1192-2, il Livello 2 ed i LOD non esistono più: diamoci pace. p. 9. 02-07-2020 Risorsa online: <https://www.ingegno-web.it/27243-la-pas-1192-2-il-livello-2-ed-i-lod-non-esistono-piu-diamoci-pace>

⁷⁵ Italo Calvino (1997), La memoria del mondo, in ID., La memoria del mondo e le altre cosmicomiche, Milano: Mondadori, pp. 203-204.

⁷⁶ Cfr. Carlo Ratti, Matthew Claudel (2017) La città del domani Torino: Passaggi Einaudi. p. 33.

⁷⁷ Cfr. Carlo Ratti, Matthew Claudel (2017) La città del domani Torino: Passaggi Einaudi. p. 26.

⁷⁸ Cfr. Carlo Ratti, Matthew Claudel (2017) La città del domani Torino: Passaggi Einaudi. p. 39.

⁷⁹ Cfr. Carlo Ratti (2014) Architettura Open Source. Verso una progettazione aperta. Torino: Giulio Einaudi editore.

⁸⁰ Cfr. Paolo Ettore Giana, Francesco Paleari, Marco Schievano, Elena Seghezzi, (2019) Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa, (a cura di Giuseppe Martino di Giuda) Bologna: Società editrice Esculapio s.r.l. p.383

⁸¹ Cfr. André Borrmann, Markus König, Christian Koch, and Jakob Beetz (2018) Building Information Modeling: Why? What? How? 1.4 State of BIM Adoption in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice, Cham: Springer. p. 12

⁸² Cfr. Paolo Ettore Giana, Francesco Paleari, Marco Schievano, Elena Seghezzi, (2019) Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa, (a cura di Giuseppe Martino di Giuda) Bologna: Società editrice Esculapio s.r.l. p.383

⁸³ Cfr. Paolo Ettore Giana, Francesco Paleari, Marco Schievano, Elena Seghezzi, (2019) Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa, (a cura di Giuseppe Martino di Giuda) Bologna: Società editrice Esculapio s.r.l. p.383

⁸⁴ *Ibidem*.

⁸⁵ Cfr. Cos-Gayón López, Fernando, Cordón Llcer, Joan Sfeir, Lucas, De la RosaMorel, Endy, Linaresauze, Yira, Rojasuispe, Cristian, ColomerCulvi, Ana Isabel (2018) Trabajo colaborativo BIM con Dropbox. Caso edificio ETSIE 1C UPV. inEUBIM 2018 - BIM International Conference / 7o Encuentro de Usuarios BIM València, 17,18 y 19 de mayo 2018. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación Universitat Politècnica de València.

⁸⁶ Cfr. COS-GAYÓN LÓPEZ, Fernando, CORDÓN LLÁCER, Joan. WORKSHARING EN LA NUBE. UNA SOLUCIÓN ECONÓMICA Y ABIERTA PARA LA COLABORACIÓN DESLOCALIZA-

DA ENTRE DIFERENTES USUARIOS BIM.

in EUBIM 2017 Congreso Internacional BIM / 6o Encuentro de Usuarios BIM, BIM International Conference Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación Universitat Politècnica de València, Valencia, 19 y 20 de mayo 2017.

⁸⁷ INNOVance il progetto, (luglio 2011-luglio 2014) cofinanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico attraverso il Bando Energia di Industria 2015 è stato coordinato dal Politecnico di Milano che ha coinvolto nella ricerca diversi partner con competenze e specializzazioni differenti e complementari. Il partenariato finale ha avuto come capofila Edilstampa s.r.l. (Primo Proponente), 3 università (Politecnico di Milano, Politecnico di Torino, Federico II di Napoli), n. 2 istituti di ricerca (ITC-CNR e ISTEDIL), 6 associazioni (Ancenergia, ANDIL, ATECAP, Consorzio T.R.E., FederlegnoArredo e UNICMI), 3 partner informatici (SAP, Derga Consulting e One-Team) e 6 imprese di costruzione (Borio Mangiarotti S.p.A, Carbonicini S.p.A., Cluster S.r.l., Dega S.p.A., Edileco Telarucci S.r.l., Rigamonti Francesco S.p.A.). <http://www.innovance.it/it/index.html>

⁸⁸ Cfr. <https://www.nationalbimlibrary.com/en/what-is-nbs-national-bim-library/>

⁸⁹ Cfr. Marzia Piccininno (2013) Il progetto Linked Heritage, in SCIRES-IT Vol 3, Issue 1, pp.1-12.

⁹⁰ Cfr. Alessio Cardaci, Antonella Versaci, Davide Indelicato (2013) La Villa Romana Del Casale di Piazza Armerina. Il ruolo del rilievo nell'evoluzione dei processi di conoscenza e comunicazione di un sito culturale di eccezione. in (a cura di). Antonio Conte, Monica Filippa, Patrimoni e Siti UNESCO: Memoria, Misura e Armonia, Roma: Gangemi editore.

⁹¹ <https://pro.europeana.eu/page/search>

⁹² Dichiarazione di Neelie Kroes, Commissaria europea per l'Agenda digitale della commissione. Bruxelles, 28 ottobre 2011. Comunicato stampa reperibile presso https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/IP_11_1292

⁹³ <https://pro.europeana.eu/page/search>

⁹⁴ *Ibidem*.

⁹⁵ Ha sostituito il modello iniziale ESE (Europeana Sematic Elements)

⁹⁶ Cfr. Europeana Data Model – Mapping Guidelines v2.4 <http://pro.europeana.eu/edm-documentation>

⁹⁷ SKOS- Simple Knowledge Organization System

⁹⁸ Cfr. Europeana Data Model – Mapping Guidelines v2.4 <http://pro.europeana.eu/edm-documentation>

⁹⁹ Cfr. Antonino Saggio (2010) Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica. Roma: Carocci p.430.

¹⁰⁰ V-MUST.NET - Virtual Museum Transnational Network è un progetto coordinato dal CNR e ha visto il coinvolgimento di 18 partner, provenienti da 13 paesi diversi e diversi membri associati. Il progetto è sviluppato in 4 anni (1 febbraio 2011 - 31 gennaio 2015) finanziato dal 7 ° PQ dell'UE (Grant agreement ID: 270404) con la finalità di sviluppo di una rete di eccellenza che mira a fornire al settore del patrimonio gli strumenti e il supporto per sviluppare

musei virtuali. Cfr. <https://cordis.europa.eu/project/id/270404> Cfr. www.v-must.net

¹⁰¹ Il progetto 3D-ICONS - *3D Digitisation of Icons of European Architectural and Archaeological Heritage* (febbraio 2012-febbraio 2015) è un progetto finanziato dall'Unione Europea (Grant agreement ID: 297194), coordinato dal Centro Interdipartimentale di Servizi di Archeologia dell'Università degli Studi di Napoli L'Orientale (Napoli, Italia) con la partecipazione di sedici membri provenienti da undici paesi europei con una significativa esperienza nella digitalizzazione 3D del patrimonio architettonico e archeologico che hanno lavorato in sinergia per la digitalizzazione di monumenti e oggetti di rilevanza internazionale e per migliorare la diffusione, la protezione e la conservazione del patrimonio storico europeo incorporando questi modelli all'interno del database di Europeana. Cfr. <https://cordis.europa.eu/project/id/297194>; Cfr. <http://3dicons-project.eu/>

¹⁰² CARARE - *Connecting ARchaeology and ARchitecture in Europeana* è un'associazione senza scopo di lucro che riunisce enti e organizzazioni, istituti di ricerca, archivi digitali specializzati e altri interessati al patrimonio archeologico e architettonico. Il progetto (2010-2013) finanziato dall'Unione Europea Grant agreement ID: 250445 è stato coordinato da Henrik Jarl Hansen, Kulturarvsstyrelsen con il coinvolgimento di 29 partners appartenenti a 21 paesi differenti. La proposta per lo sviluppo di una rete di buone pratiche e un servizio di aggregazione e migliorare l'interoperabilità con Europeana dei contenuti digitali disponibili nel settore dell'archeologia e del patrimonio architettonico attraverso implementazione del database con contenuti 2D e 3D. CARARE fornisce l'accesso a strumenti e materiali sviluppati per supportare la creazione, connessione, valorizzazione e utilizzo delle risorse digitali del patrimonio archeologico e architettonico. Cfr. <https://cordis.europa.eu/project/id/250445>

¹⁰³ Cfr. EU2020 Strategy Empowering Digital Change, Luxembourg Publications Office of the European Union 2020. Risorsa disponibile online al sito <https://pro.europeana.eu/page/strategy-2020-2025-summary#evolving-landscapes>

¹⁰⁴ *Ibidem.*

¹⁰⁵ *Ibidem.*

¹⁰⁶ *Ibidem.*

¹⁰⁷ Resource Description Framework (RDF) è uno modello standard proposto da W3C per la codifica, lo scambio e il riutilizzo di metadati strutturati sul web. Consente l'interoperabilità semantica tra applicazioni che condividono le informazioni sul Web. Cfr. <https://www.w3.org/RDF/>

¹⁰⁸ SPARQL è un linguaggio di query per dati rappresentati tramite il Resource Description Framework (RDF). Cfr. <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

¹⁰⁹ API Application Programming Interface, attraverso modalità standard permettono l'abilitazione e il riutilizzo di servizi resi disponibili da altre applicazioni.

¹¹⁰ Cfr. EU2020 Strategy Empowering Digital Change, Luxembourg Publications Office of the European Union 2020. Risorsa

disponibile online al sito <https://pro.europeana.eu/page/strategy-2020-2025-summary#evolving-landscapes>

¹¹¹ *Ibidem.*

¹¹² *Ibidem.*

¹¹³ Il progetto INCEPTION è stato sviluppato tra il 2015 e il 2019 nell'ambito del programma di lavoro Europa in un mondo in cambiamento - società inclusive, innovative e riflessive (Call - Reflective Societies: Cultural Heritage and European Identities, Reflective-7-2014, Advanced 3D modeling for access and reading European cultural assets) programma quadro Horizon2020 dell'Unione europea per la ricerca e l'innovazione ai sensi dell'accordo di sovvenzione n. 665220. Sviluppato da parte di un consorzio di quattordici partner provenienti da dieci paesi europei guidati dal Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara. Partner accademici del Consorzio, oltre al Dipartimento di Architettura dell'Università di Ferrara, comprendono l'Università di Lubiana (Slovenia), l'Università tecnica nazionale di Atene (Grecia), l'Università della tecnologia di Cipro (Cipro), l'Università di Zagabria (Croazia), i centri di ricerca Consorzio Futuro in Ricerca (Italia) e Cartif (Spagna). Il clustering delle piccole medie imprese comprende: DEMO Consultants BV (Paesi Bassi), 3L Architects (Germania), Nemoris (Italia), RDF (Bulgaria), 13BIS Consulting (Francia), Z + F (Germania), Vision and Business Consultants (Grecia). Dati rilevati dal sito: <https://www.inception-project.eu/en/partners-stakeholders>.

¹¹⁴ Cfr. E. Iadanza, F. Maietti, A.E. Ziri, R. Di Giulio, M. Medici, F. Ferrari, P. Bonsma, B. Turillazzi (2019) SEMANTIC WEB TECHNOLOGIES MEET BIM FOR ACCESSING AND UNDERSTANDING CULTURAL HERITAGE in The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W9, 2019, 8th Intl. Workshop 3D-ARCH "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures", 6-8 February 2019, Bergamo, Italy.

¹¹⁵ *Ibidem.*

¹¹⁶ *Ibidem.*

¹¹⁷ Cfr. Federica Maietti, Federico Ferrari, Marco Medici (2018) An inclusive approach to Digital Heritage for knowledge and conservation of European assets: the INCEPTION project, in Le vie dei mercanti XVI International forum world heritage and knowledge, Napoli 14, Capri 15-16 giugno 2018 pp.446-455.

¹¹⁸ *Ibidem.*

¹¹⁹ Cfr. Peter Bonsma et al 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 364 012041.

¹²⁰ W3C è una comunità internazionale in cui le Organizzazioni Membro, uno staff full time, e gli utenti lavorano insieme per sviluppare standard Web. Guidato dall'inventore del Web Tim Berners-Lee e dal CEO Jeffrey Jaffe, la missione del W3C è di portare il Web fino al massimo del suo potenziale.

¹²¹ Cfr. <https://www.inceptionspinoff.com>

¹²² *Ibidem.*

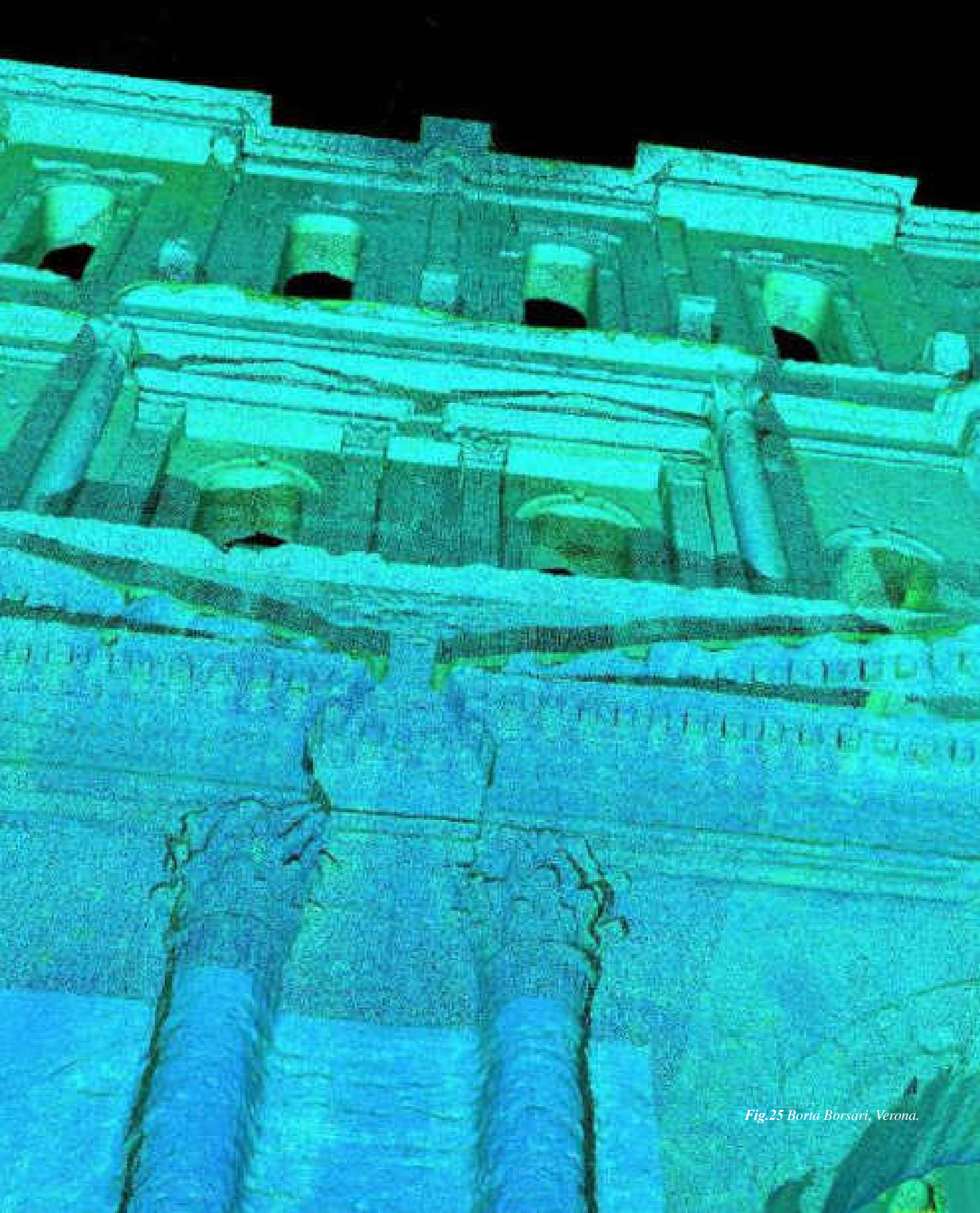
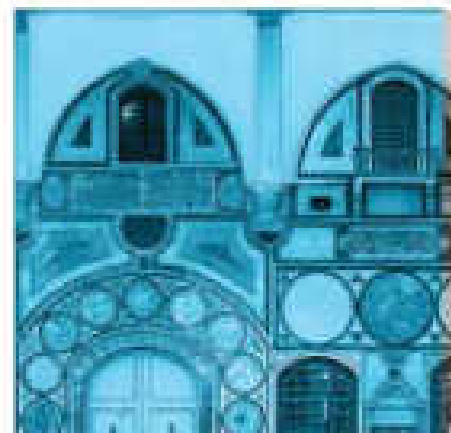
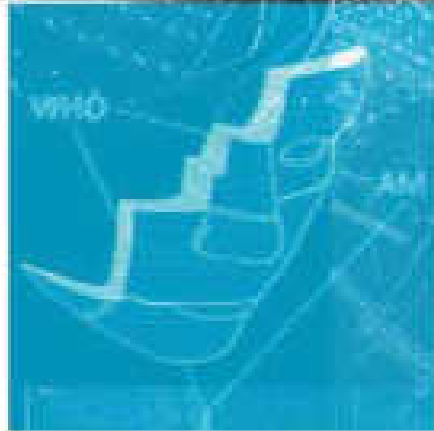
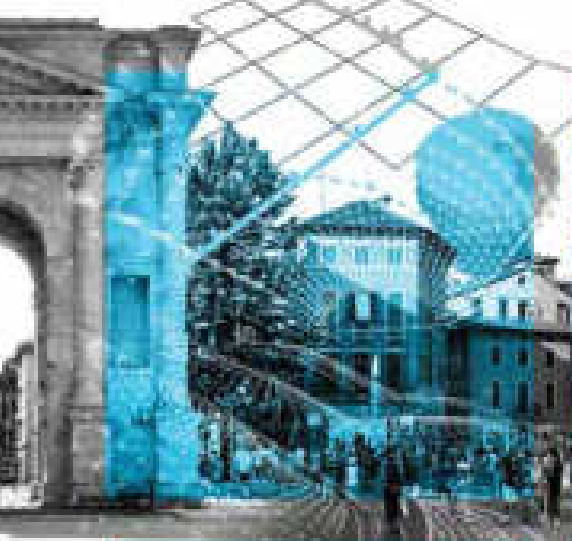


Fig.25 Borta Borsari, Verona.



CAPITOLO III

UN MODELLO AFFIDABILE PER IL CULTURAL HERITAGE

3.1 MODELLI REALITY BASED PER LA NARRAZIONE DEL PATRIMONIO

“Se con Copernico abbiamo compreso che non è affatto la terra il centro dell’universo, anche se guardando le cose sembrerebbe proprio così, bisogna anche comprendere che non sono affatto le tre dimensioni che caratterizzano gli esseri umani il centro dell’architettura. Noi non viviamo affatto in una sorta di bolla tridimensionale in cui tutto si colloca e che noi e il nostro corpo guardano e controllano ma esistono altre dimensioni, altri spazi, altri bagagli informativi! Convivono insomma, una serie di mondi paralleli, alcuni passaggi alcuni spiragli, alcune “proiezioni”, alcuni salti tra mondi diversi. Segue l’ovvia conseguenza per gli architetti che si occupano di Information Technology. Se l’informazione è la materia prima dell’architettura in questa fase storica e se lo spazio informazione come progettiamo questa nuova coscienza?”
Antonino Saggio, *Protesi tecnologiche 2010*.¹

Le discipline della Rappresentazione, del Rilievo Architettonico, e del Disegno, con le nuove tecniche digitali hanno aggiornato i protocolli per la rappresentazione di ambientazioni storiche, città, luoghi, monumenti. Le ricerche sono orientate allo sviluppo di protocolli metodologici per qualificare e rappresentare modelli affidabili attraverso i quali oltre poter preservare l’immagine del patrimonio, poterla analizzare attraverso banche dati che oltre a raccogliere informazioni le qualificano tramite strutture discrete².

L’utilizzo di modelli digitali per la preservazione e la valorizzazione del patrimonio dal 2003 è riconosciuto e definito dalla “Carta per la conservazione del patrimonio digitale”.

L’art. 1 riporta “Il patrimonio digitale è un’insieme di risorse insostituibili di conoscenza ed espressione umana. Esso comprende risorse culturali, formative, scientifiche e amministrative, come anche informazioni di natura tecnica, giuridica, medica e di altro genere, create in digitale, o convertite in forma digitale a partire da risorse analogiche già esistenti. [...] Molte di queste risorse hanno valore e

*significato duraturi e costituiscono pertanto un patrimonio che deve essere protetto e conservato per le generazioni attuali e future. Questo patrimonio in continua espansione può esistere in qualunque lingua, in qualunque parte del mondo e in qualunque sfera della conoscenza o dell’espressione umana.”*³

La carta, sottolinea l’importanza di attuare politiche mirate alla conservazione del patrimonio digitale attraverso azioni che ne garantiscano l’archiviazione onde evitare il rischio di perdita di file garantendo una continuità del patrimonio digitale. Si legge all’articolo 5 “Per conservare il patrimonio digitale sarà necessario prendere misure adeguate relative all’intero ciclo di vita dell’informazione digitale, dalla creazione all’accesso. La conservazione a lungo termine del patrimonio digitale ha inizio con la progettazione di sistemi e procedure affidabili per la produzione di oggetti digitali autentici e stabili.”⁴ La fragilità del materiale digitale è stata sottolineata anche all’interno delle *Linee guida sulla conservazione dei documenti informatici* pubblicate nel 2015 dall’Agenzia per l’Italia Digitale.

L’art. 43 del CAD⁵ stabilisce che “I documenti informatici di cui è prescritta la conservazione per legge o regolamento sono conservati “in modo permanente con modalità digitali” nel rispetto delle regole tecniche. Pertanto la produzione di documenti informatici implica anche la loro conservazione in modalità informatica e pone in evidenza la necessità di evolvere la tradizionale funzione conservativa dei documenti in modalità idonee a conservare i documenti informatici con sistemi informatici. La conservazione costituisce un fattore fondamentale per la sostenibilità del processo di dematerializzazione, a garanzia che documenti e informazioni in formato digitale siano conservati nel lungo periodo, in modo autentico e accessibile, come avviene per i documenti cartacei. Se non ci fosse la garanzia che i documenti digitali prodotti siano conservati e resi accessibili nel lungo termine, infatti, non sarebbe possibile ipotizzare una reale diffusione del processo di dematerializzazione. La realizzazione di archivi accessibili e strutturati, con la messa a disposizione dell’enorme patrimonio informativo della PA, costituisce,

quindi, uno strumento indispensabile per tutte le pubbliche amministrazioni.”⁶

Nel documento, viene sottolineata, l'importanza della preservazione delle risorse come azione continua considerando due fattori di rischio del degrado dell'informazione digitale: la *conservazione dei bit* ovvero garantire la lettura del dato anche in caso di degrado del supporto e la *conservazione logica* garantendo l'integrità dei documenti informatici durante i futuri cambiamenti tecnologici.

Se da un lato l'avanzamento della tecnologia digitale permette un'estensione massiva della quantità e della qualità dei dati raccolti ottimizzando i modelli digitali e l'esportazione di database in diversi formati rivoluzionando il rapporto con le opere d'arte, i luoghi e il patrimonio, dall'altro bisogna mantenere salda la consapevolezza che per loro natura le risorse digitali sono sottoposte ad un continuo e inevitabile processo di trasformazione che a causa dell'evoluzione di modelli e sistemi potrebbe in futuro negare l'accesso alle risorse. Un fenomeno di carattere fisico, tecnologico e temporale basti pensare all'archiviazione non così lontana dal nostro quotidiano tramite *floppy disk*, CD e DVD “contenitori” che sono stati sostituiti e i cui dati “contenuti” per esser mantenuti hanno dovuto subire una seconda archiviazione attraverso da USB, schede SD, hard disk e i più recenti *cloud*. Il progetto della BBC Domesday⁷ (1986) è riportato come esempio di come sia stata necessaria la salvaguardia del materiale raccolto attraverso un'opera di conservazione e conversione. Il progetto aveva visto la memorizzazione di una libreria di dati compilata e pubblicata tra il 1984 e il 1986. Includeva mappe, dati geografici, informazioni sullo stile di vita in Gran Bretagna, documentazione fotografica, video dati statistici e tour virtuali. Il materiale a rischio di perdita a causa della scelta del supporto fisico e di lettura utilizzato ha subito un'opera di conversione in formati di lettura compatibili confluendo prima in un sito BBC *Domesday Reloaded*⁸ (online dal 2011-2018) e poi dal 2018 all'interno degli archivi nazionali *The National Archives*⁹.

Nelle scienze, le applicazioni delle tecniche digitali sono affidate alle *software house* che dal loro lato devo garantire all'utente possibilità di estensioni e formati di file che possano permettere la lettura duratura nel tempo. Basti pensare a come non risultino compatibili con le precedenti versioni i file di formato Autocad o Revit 2020 se salvati nella versione corrente, ma vedano la necessità di un salvataggio specifico

Fig.1 Il processo evolutivo dei sistemi di lettura dei dati informativi con il cambiamento dei sistemi di lettura tramite il rischio è quello di perdere i dati. In foto il progetto BBC Domesday.



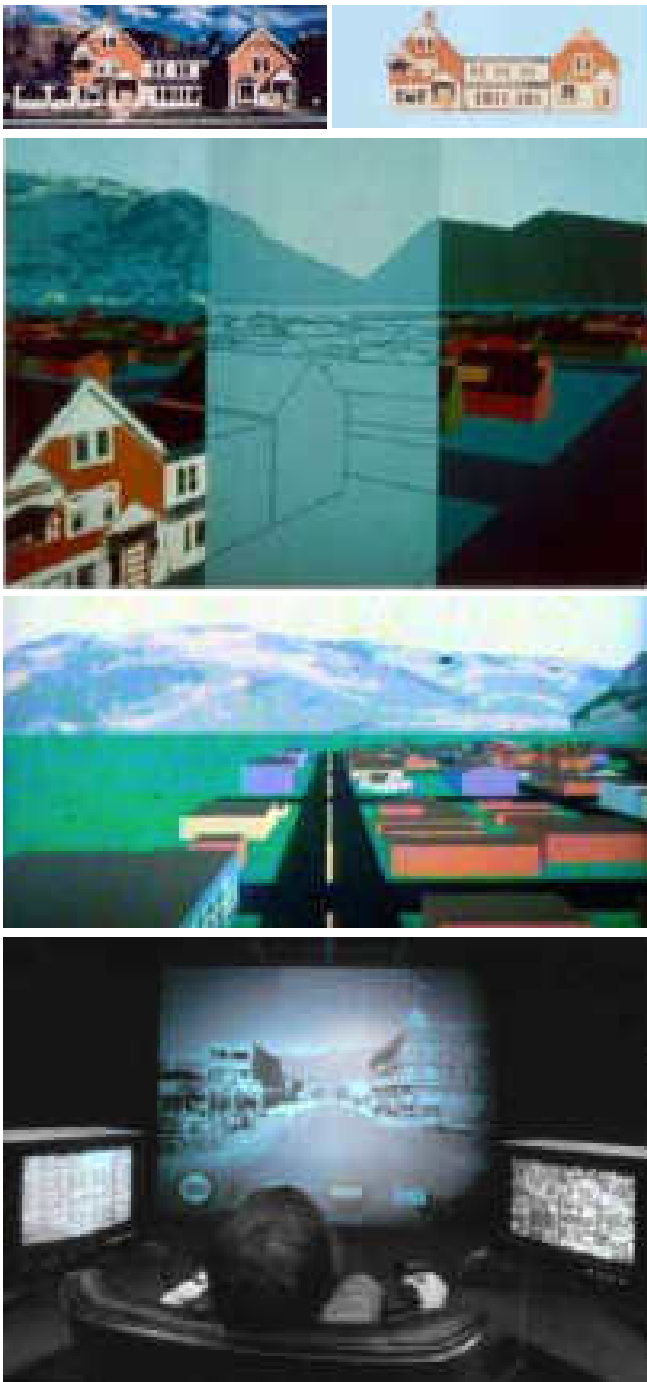


Fig.2 Uno dei primi tentativi di mappa interattiva digitale “Aspen movie Map” progettata nel 1978 da Andrew Lippman presso il MIT. Un primo esempio di viaggio virtuale dove l’utente poteva cambiare alcuni parametri ad esempio l’ambientazione in base alle stagioni.

secondo un formato di lettura precedente per la condivisione e la lettura degli elaborati digitali.

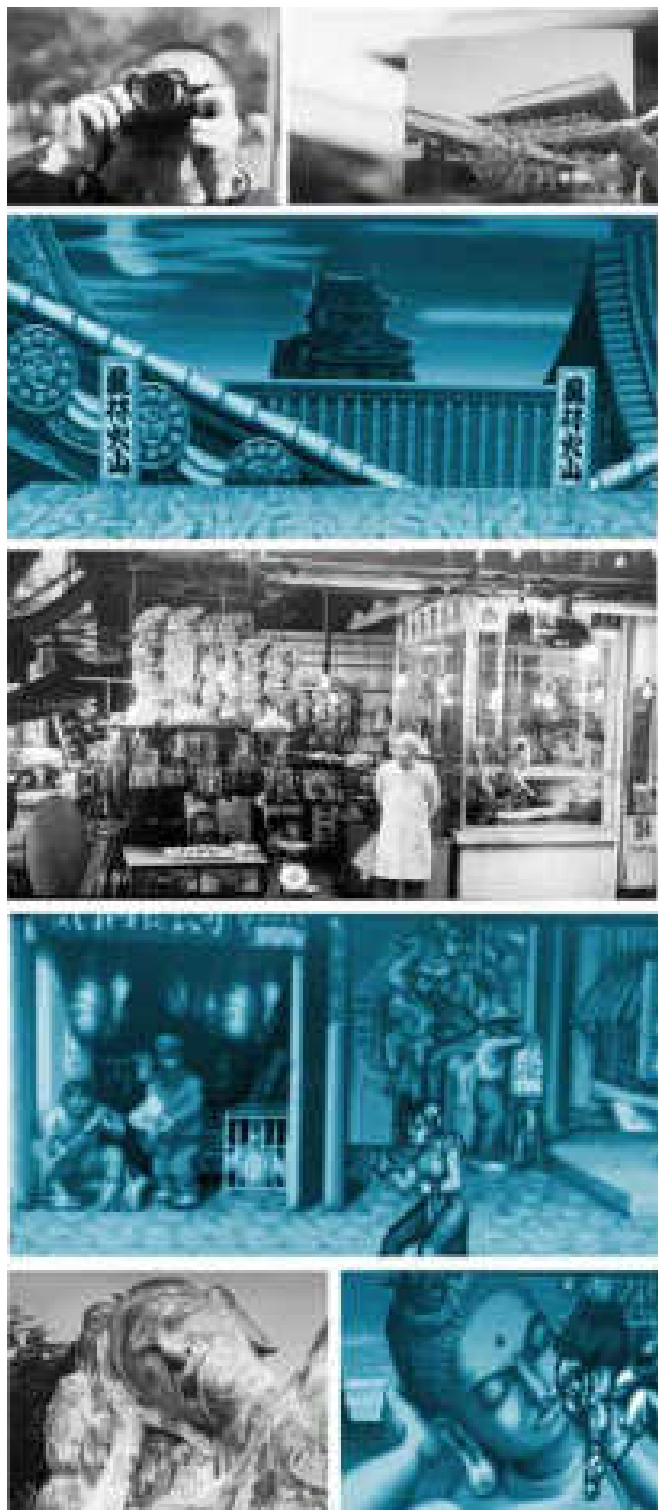
Per Walter Benjamin “*Abitare è lasciare tracce, e le tracce sono l'impronta della memoria*”¹⁰ le tracce trovano nuovi percorsi grazie le tecnologie digitali trovano la possibilità di essere ricordate e raccontate attraverso la loro proiezione nello spazio digitale nella ricerca continua di aumentare la probabilità del ricordo, della condivisione e della conoscenza. La necessità di generare una memoria digitale del patrimonio storico per garantire l’archiviazione ha coinvolto il settore della rappresentazione e la disciplina del rilievo integrando all’interno dei protocolli delle tecniche tradizionali della scienza della misura e dalla rappresentazione, l’utilizzo di tecnologie per la riproduzione di modelli *reality based* in forma di nuvole di punti, vettori, e superfici. Gli strumenti di acquisizione digitale, oggi a disposizione permettono di acquisire dati qualitativamente sempre più accurati in tempi sempre più contenuti, permettendo la ricostruzione di geometrie complesse. Questo ha comportato anche una crescita eccessiva di dati che spesso genera una sovrabbondanza informativa che porta al rischio di non aumentare il livello di intelligibilità delle rappresentazioni prodotte ma al contrario renderne più difficoltosa la lettura causa delle ridondanze informative generate¹¹. Durante le operazioni di scansione 3D l’obiettivo è l’acquisizione delle superfici esterne che qualificano lo spazio dell’oggetto di studio. I sensori tridimensionali hanno il compito di tradurre lo spazio occupato dalle superfici in elementi di immagine che trovano la propria rappresentazione in pixel posizionati in specifiche coordinate spaziali. La classe di sensori più utilizzata nel settore del rilievo è quella basata sull’uso della radiazione luminosa, all’interno della quale si possono distinguere le diverse tipologie di sensori in base alla modalità di utilizzo della luce per effettuare la misura.

In accordo con M. Russo, F. Remondino, G. Guidi, l’uso della strumentazione digitale deve essere supportato da un processo conoscitivo di intergrazione tra metodiche tradizionali e innovative¹².

Sono molte le soluzioni che sono state sviluppate per il miglioramento della qualità e della gestione dei contenuti digitali da strumenti che usano sistemi *range-based* e *image-based*¹³, generando prodotti diversificati che convergono nella produzione di un modello con differenti qualità informative. Le tecnologie di acquisizione strumentale, si stanno evolvendo di pari passo con i software di rielaborazione dei dati acquisiti. Il dialogo tra dati sotto forma di nuvole di punti e programmi capaci di leggere, elaborare e trasmettere informazioni risulta

fondamentale per l'iter di rappresentazione dei modelli bidimensionali e tridimensionali. Dalla scelta tipologica strumentale e software dipendono i tempi e i costi delle differenti campagne di rilievo. Risulta fondamentale operare una scelta ponderata delle tecnologie e dei metodi per riuscire ad ottenere dati definiti e accurati in base alle differenti finalità e scopi senza generare sprechi di tempi e costi. A differenti gradi di accuratezza corrispondono differenti strumenti di acquisizione e di elaborazione del dato che possono diminuire sensibilmente i tempi di calcolo e di realizzazione dei modelli 3D. La ricerca sullo sviluppo di modelli 3D per la rappresentazione del patrimonio architettonico sta ampliando i propri orizzonti e sviluppando nuove potenzialità attraverso l'approfondimento del tema dell'utilizzo della morfologia del modello per la lettura e l'arricchimento informativo. Nello specifico, la richiesta di annessione informativa apre nella ricerca riflessioni sulle questioni scientifiche e di metodo che spaziano dalla scelta degli strumenti di acquisizione dei dati all'utilizzo e alle tecniche di rappresentazione di questi. Lo studio delle metodologie e degli strumenti in accordo con De Luca e Lo Buglio "deve porre attenzione anche alle specifiche problematiche cognitive appartenente alla rappresentazione architettonica per tener conto del collegamento tra percezione e fondamenti semiotici della comunicazione."¹⁴ La fase di acquisizione metrica del patrimonio culturale mediante laser scanner, tecniche fotogrammetriche *Structure from Motion* rimane la fase iniziale per la costruzione del dato di base per le attività di modellazione digitale ricostruttiva orientata alla conservazione del patrimonio storico-architettonico. Sebbene le tecniche di raccolta dati siano ora molto efficienti e verso l'automatizzazione dei processi, i metodi di rappresentazione digitale attraverso le *pipeline* di rielaborazione critica dei dati richiedono nonostante lo sviluppo di software avanzati, i tempi per l'elaborazione dei modelli digitali attraverso processi di modellazione e tecniche di *reverse engineering*¹⁵. Attraverso la presente indagine di ricerca, si pone una riflessione tra il rapporto che intercorre tra i sistemi di visualizzazione per la rappresentazione all'interno dello stesso spazio grafico della qualità percettiva della complessità morfologica e la qualità dell'informazione condivisa.

Fig.3 A partire dagli anni 80 il patrimonio inizia ad esser digitalizzato e diventa fonte di ispirazione per le scenografie di video giochi come il caso di "Street Fighters" in cui l'autore da semplici scatti fotografici a rirappresentato all'interno della scena di gioco le architetture e i monumenti storici. Operando un processo di semplificazione delle forme dovuto dal disegno a 2 bit, in tale semplificazione risulta evidente la scelta di quali qualità enfatizzare a scopo di non alterare l'immagine dell'oggetto.



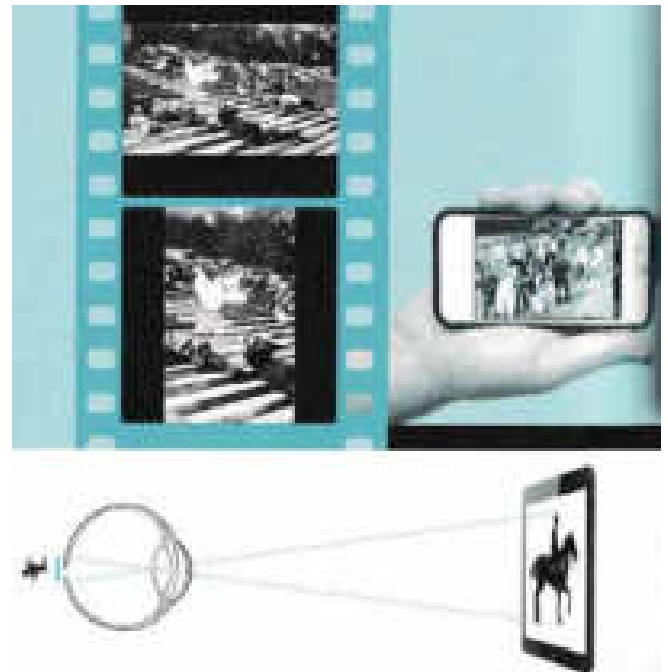


Fig.4 In alto: La produzione e riproduzione seriale con la modernità cambia la scala e la quantità oltre all'economia dei processi. Il concetto di riproducibilità ha cambiato i confini tra pezzo unico e pezzo seriale ed ha inevitabilmente cambiato l'atteggiamento della società nei confronti delle immagini e degli esemplari artistici. Oggi il pubblico di fronte a un'opera originale percepisce un'emozione più amplificata rispetto a quella nata dalla consapevolezza dell'originalità dell'oggetto. Immagini pubblicate all'interno di "Critica portatile al visual design. Da Gutenberg ai social network." R. Falcinelli
In basso: Il destino distopico nella rappresentazione della quinta tappa di Ready Player One (2018), diretto da Steven Spielberg, in cui viene immaginato un destino fatto di una realtà tutta trasposta nell'ambiente digitale.



3.2 IL CONCETTO DI HISTORICAL BUILDING INFORMATION MODELING

“...Inutilmente, magnanimo Kublai Khan, tenterò di descriverti la città di Zaira dagli alti bastioni. Potrei dirti di quanti gradini sono le vie fatte a scale, di che sesto gli archi dei porticati, di quali lamiere di zinco sono ricoperti i tetti; ma so già che sarebbe come non dirti nulla. Non di questo è fatta la città, ma di relazioni tra le misure del suo spazio e gli avvenimenti del suo passato...”

Italo Calvino¹⁶

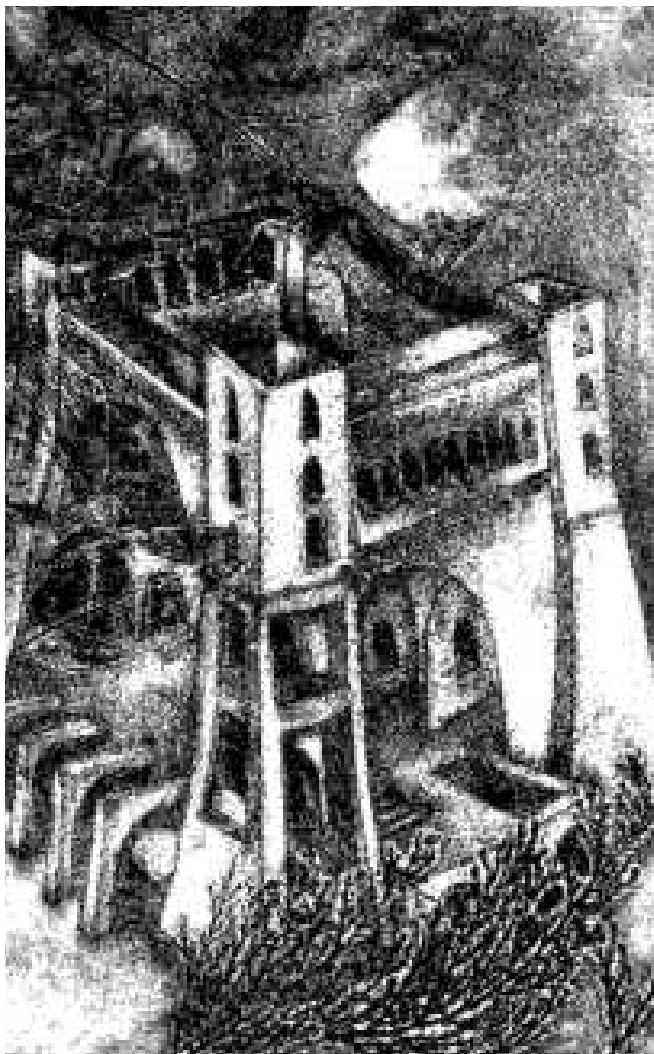


Fig.5 *La città di Zaira, I.* Calvino “Le città invisibili” Incisione all’acquaforte e acquatinta di Colleen Corradi Brannigan.

La digitalizzazione dei Beni Culturali ha lo scopo di archiviare modelli e dati informativi con duplice finalità: preservare la dimensione culturale dell’edificio e progettare un sistema di indagine virtuale che possa essere utilizzato per differenti strategie di divulgazione culturale. L’avvento del Building Information Modeling ha influenzato le ricerche sullo sviluppo di metodologie di rappresentazione e gestione del cosiddetto “patrimonio culturale costruito”. L’introduzione del termine HBIM - *Historical Building Information Modeling*, in letteratura è attribuita a Maurice Murphy che ha trattato la tematica all’interno della sua tesi di ricerca di dottorato definendo “*Historic Building Information Modeling (HBIM) è una nuova libreria prototipo di oggetti parametrici, basata su dati architettonici storici, oltre a un sistema di mappatura per tracciare gli oggetti della libreria su dati di rilievo di scansione laser. Questi elementi (compresi i dettagli dietro la superficie dell’oggetto) vengono mappati accuratamente tramite un rilievo prodotto dalla scansione laser che rappresenta la geometria e il tessuto dell’edificio.*”¹⁷ Murphy all’interno della sua ricerca ha applicato la tecnologia BIM, delineando un protocollo per la documentazione dell’architettura classica di Dublino, del periodo storico dal 1700 al 1830 concentrandosi sull’identificazione e la raccolta dati utilizzando la tecnologia laser scanner ed elaborando dalla scansione una scomposizione semantica degli elementi attraverso l’isolamento di porzioni di nuvole di punti segmentate utilizzate per la modellazione parametrica degli elementi architettonici. Il metodo proposto da Murphy è un procedimento basato su tre fasi specifiche: prima l’acquisizione del dato, poi la modellazione geometrica e infine l’aggiunta informativa. Il processo di rappresentazione degli edifici esistenti viene veicolato dal dato delle acquisizioni strumentali, le nuvole di punti sono il dato di supporto alla realizzazione delle librerie di oggetti e di modelli *reality based*, in un processo comparativo di analisi delle forme tra oggetti esistenti all’interno delle librerie predefinite, modificandole per ottenere modelli snelli il quanto più possibile conformi al modello reale attraverso una necessaria e ponderata semplificazione delle geometrie descrittive della morfologia reale.¹⁸ In accordo con Biagini “*la modellazione informativa di un edificio esistente è un complesso processo di scomposizione e ricomposizione del dato geometrico, che nel suo stesso sviluppo crea i presupposti per una profonda comprensione della struttura formale dell’architettura*”¹⁹.

Le potenzialità delle metodologie BIM messe a servizio per i Beni Culturali, sono questione di discussione e dibattito tra gli esperti del settore e oggetto di ricerche dell’accademia.

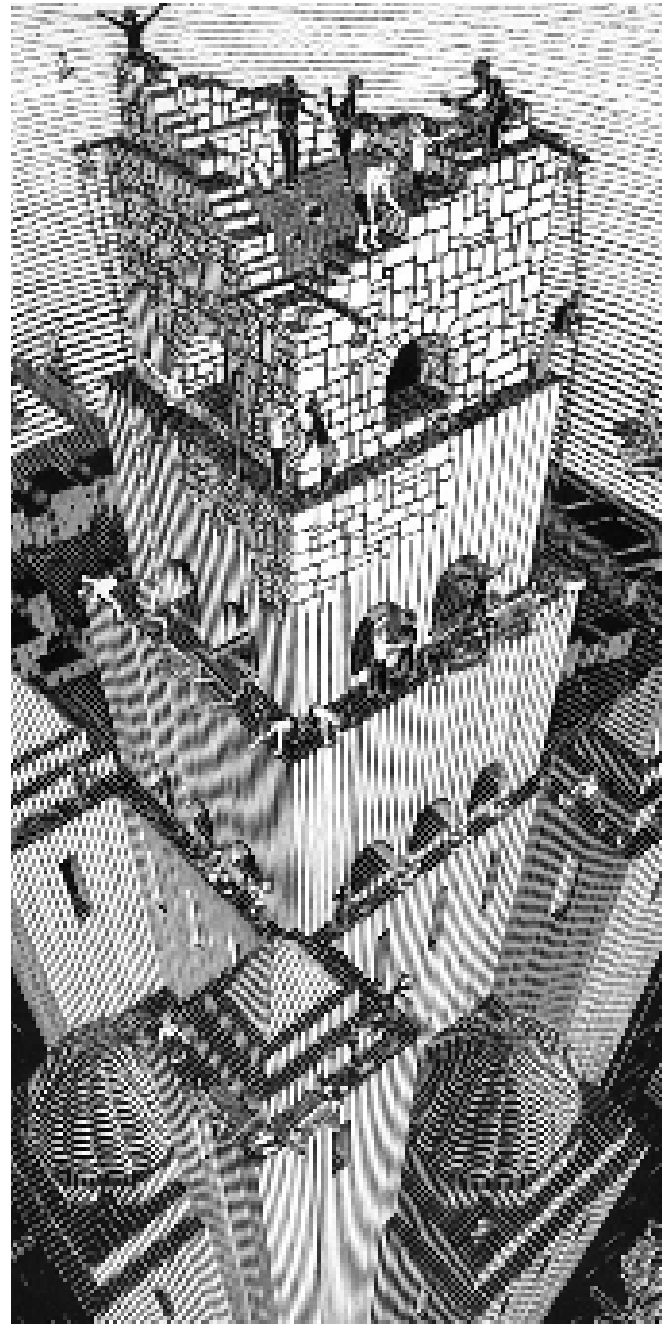
Molte delle questioni teoriche e operative rimangono irrisolte a causa della limitazione imposta dalle piattaforme di modellazione²⁰. La mancanza di strumenti specifici per la rappresentazione dell'architettura storica all'interno delle *palette* strumenti in commercio sono ancora uno dei freni che rallentano le fasi di modellazione e mettono in discussione l'applicazione del sistema a tali categorie²¹. In letteratura, le ricerche hanno introdotto il concetto di Livello di Precisione e Affidabilità unitamente al Livello di Approssimazione e Semplificazione del modello. Numerosi autori che tramite la sperimentazione di diversi applicativi di conversione della nuvola di punti in oggetti parametrici intelligenti, hanno evidenziato la necessità di effettuare un'approssimazione durante le fasi di modellazione, rispetto all'oggetto reale, in funzione all'utilizzo e alle finalità di modello²². Brumana et al. sottolineano la necessità di intraprendere azioni dedicate a migliorare l'efficacia tempo-costo, e diminuire le lacune tecniche presenti nei flussi di lavoro HBIM, riportando una sintesi di quelli che sono i requisiti principali da adottare per applicare i protocolli BIM ai beni culturali:

- la qualità del modello e la sua affidabilità nel rappresentare
- la complessità geometrica dei componenti (ad esempio, volte irregolari, pareti fuori piombo, ecc.)

*l'aggiunta di un database semantico completo di componenti storici, materiali, informazioni e note riguardanti ogni elemento edilizio e le modifiche nel tempo*²³.

I modelli assumono il ruolo di rappresentazioni puntuali e approfondite di specifici casi studio, ogni edificio rappresenta un nodo puntuale informativo all'interno del sistema che può essere amplificato. Al fine di evitare il rischio di perdere tale ricchezza e conoscenza, risulta fondamentale l'organizzazione dei dati in maniera ordinata secondo degli schemi di archiviazione, e prevedere modalità di condivisione di informazioni attraverso piattaforme web. I database se strutturati sulla base tecnologie e i dizionari del web semantico possono contribuire in modo significativo allo scopo di standardizzazione e condivisione delle informazioni, definendo una biblioteca di Babele, riprendendo l'esempio di Borges, alimentata dalla condivisione di elementi tipologici di architetture dalla scala più ampia al dettaglio.

Fig.6 *Tower of Babel, xilografia del 1928 di M. C. Escher. "Sappiamo anche di un'altra superstizione di quel tempo: quella dell'Uomo del Libro. In un certo scaffale d'un certo esagono (ragionarono gli uomini) deve esistere un libro che sia la chiave e il compendio perfetto di tutti gli altri: un bibliotecario l'ha letto, ed è simile a un dio. Nel linguaggio di questa zona si conservano alcune tracce del culto di quel funzionario remoto. Molti peregrinarono in cerca di Lui, si spinsero invano nelle*



più lontane gallerie. Come localizzare il venerando esagono segreto che l'ospitava? Qualcuno propose un metodo regressivo: per localizzare il libro A, consultare previamente il libro B; per localizzare il libro B, consultare previamente il libro C; e così all'infinito... In avventure come queste ho prodigato e consumato i miei anni. Non mi sembra inverosimile che in un certo scaffale dell'universo esista un libro totale" La Biblioteca di Babele - Jorge Luis Borges.

3.3 VERSO IL CONCETTO DI FAST SURVEY PER L'EFFICIENTAMENTO DEI PROCESSI INFORMATIVI

La scelta delle strumentazioni a disposizione per la traduzione digitale dei manufatti in modelli necessita di una riflessione attenta sulle categorie di ripresa in grado di fornire i dati necessari alla riproduzione di differenti livelli di dettaglio. La rappresentazione di un oggetto architettonico non può sottrarsi all'azione di comprensione, di lettura del dato acquisito e alla successiva traduzione e lettura ed interpretazione che avviene tramite i processi di elaborazione della conoscenza che si attivano nel momento nella fase di comprensione.

L'esigenza di una rappresentazione digitale nasce da una volontà, una richiesta specifica, le due cose non possono essere svincolate. La necessità di uno specifico tipo di analisi è il motore di azione delle attività di rilievo che vengono conseguentemente progettate sulla base di obiettivi specifici. Sulla base di questa tendenza viene posta una riflessione sul rapporto tra innovazione strumentale e i sistemi di rappresentazione. Le differenti possibilità strumentali a disposizione nel settore dei beni culturali possono costituire nuovi strumenti di indagine e visualizzazione scientifica, tenendo conto delle dimensioni di lettura delle complessità e intelligibilità all'interno dello spazio grafico di rappresentazione. I database informativi moderni, fanno uso delle tecniche del rilievo digitale per la realizzazione della base conoscitiva e la qualificazione e quantificazione degli spazi tradotti nelle coordinate spaziali delle nuvole di punti. Questi dati 3D vengono generalmente utilizzati per una documentazione accurata, conservazione digitale, visualizzazione e analisi.

In accordo con López & Barrera-Vera, nella valutazione della tipologia di dispositivo di cattura di massa deve essere effettuata sulla base delle geometrie degli elementi architettonici oggetto che devono risultare leggibili all'interno del metadato della nuvola di punti²⁴. Le caratteristiche strumentali più influenti sono: risoluzione, accuratezza, tempi, e la disponibilità della texture RGB dei punti.

Al giorno d'oggi, la quantità di *dataset* 3D disponibili è aumentata esponenzialmente da strumenti suddivisi in riferimento al carattere delle operazioni di rilievo dal livello della macro-scala al livello del rilievo della microscala. Gli strumenti e le procedure anno dopo anno affinano sensori e tecniche cercando di rendere i processi dall'acquisizione dei dati grezzi alla rielaborazione di questi sempre più automatizzati possibile. Lo scopo è quello di definire procedure a basso costo basate sui concetti del rilievo

tradizionale estesi all'acquisizione strumentale, riducendo tempistiche e offrendo all'*end-user* un prodotto "facile" da usare e garante di un risultato affidabile dal punto di vista metrico²⁵.

Come avviene durante la fase di modellazione digitale il nodo della definizione del progetto di rilievo è domandarsi - Che livello di dettaglio voglio raggiungere attraverso il rilievo? Qual'è lo scopo? - definendo quindi in *primis* a che macro categoria appartiene il mio oggetto studio (scala urbana, edificio o oggetto) e di conseguenza che tipo di letture saranno oggetto dei dati acquisiti (volumetrie, definizione degli elementi superficiali, analisi dei disegni). Sulla base di un processo di *layering* dei dati informatici del grado di dettaglio della rappresentazione, come accade per le mappe tematiche la cui rappresentazione sfrutta il concetto di *zooming*, ovvero una stratificazione informativa basata sulla separazione dei diversi *layer* di dati in modo da agevolare la lettura in base alle esigenze dell'osservatore²⁶. Tale principio può essere applicato anche alla strutturazione di database informativi attraverso l'impiego di un rilievo di tipo integrato, utilizzando strumenti per la diversificazione della granularità del dato in modo da snellire le procedure di analisi. L'avvento dei sistemi di modellazione informativa ha incentivato lo sviluppo di tecnologie rivolte alla digitalizzazione *fast 3D* incentivano la progettazione di strumenti per l'acquisizione dei dati che mirano alla riduzione dei tempi e di acquisizione pur mantenendo una buona qualità del livello di dettaglio della superficie morfologica. Strumenti che nascono per l'approccio definito *Scan-to-BIM*, secondo il quale il dato geometrico viene derivato direttamente dalla nuvola di punti o attraverso processi di riconoscimento automatico tramite specifici software o tramite l'estrusione e la modellazione di componenti locali all'interno del progetto di modello, senza ricorrere a librerie di oggetti precostituite²⁷.

Tale tendenza è dimostrata dalle nuove *features* inserite all'interno della progettazione di nuovi strumenti di acquisizione, appartenenti a diversi *range* di prezzo, vengono oggi progettati con l'estensione a nuove *feature*. Come nel caso dello scanner Leica BLK360, che permette l'annotazione in loco direttamente sulla nuvola di punti agevolando il coordinamento documentale, strumento progettato per ridurre al minimo il lavoro manuale a vantaggio dei processi automatici. I paradigmi del mercato mutano così radicalmente in tempi molto stretti, le iniziative delle imprese private e pubbliche devono tradursi nella rapida adozione di catene del valore digitali, come elemento strategico di ripresa, crescita e accelerazione.

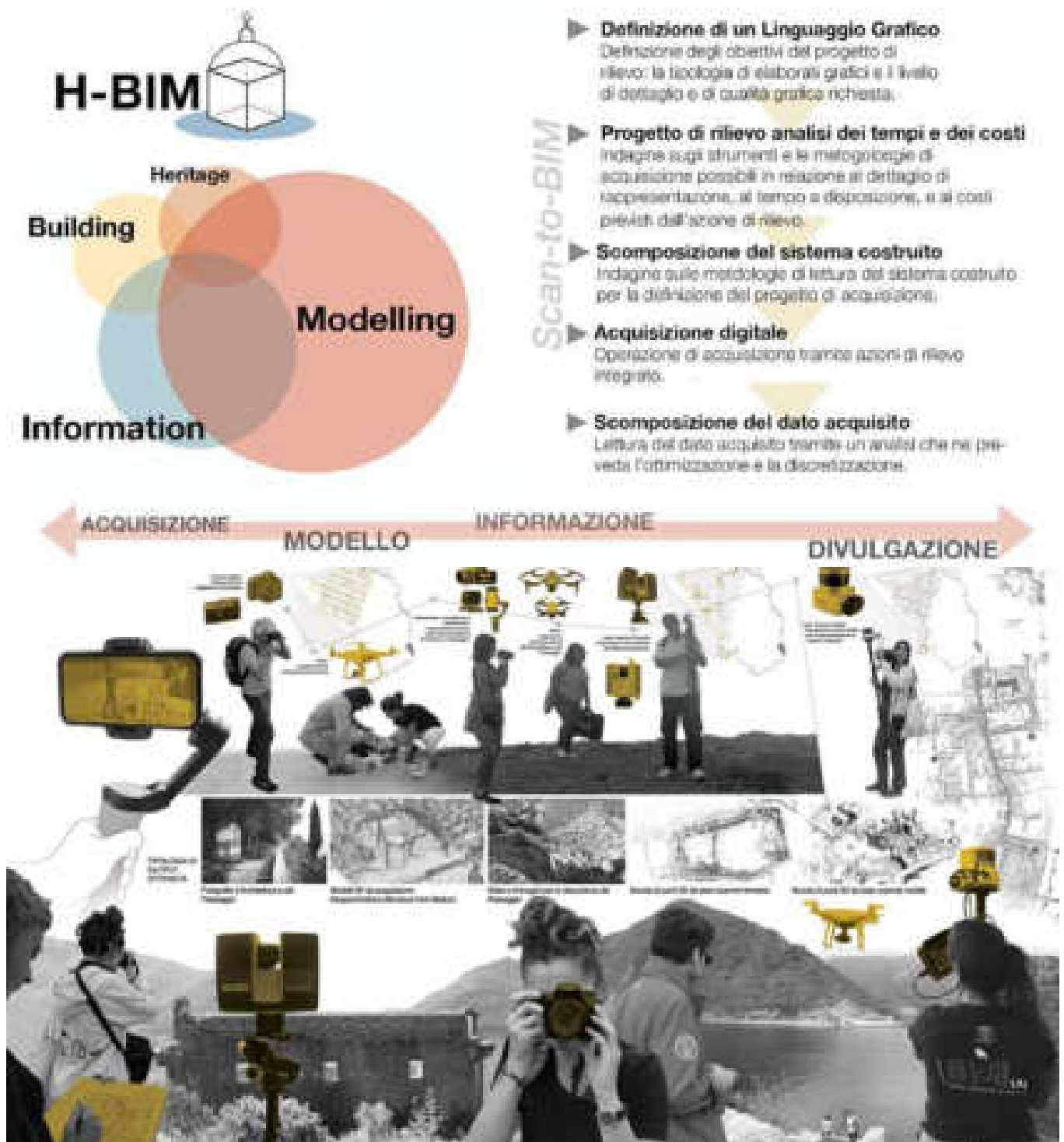


Fig.7 Schema metodologico Scan-to-BIM e gli strumenti per l'acquisizione digitale Fast del patrimonio.

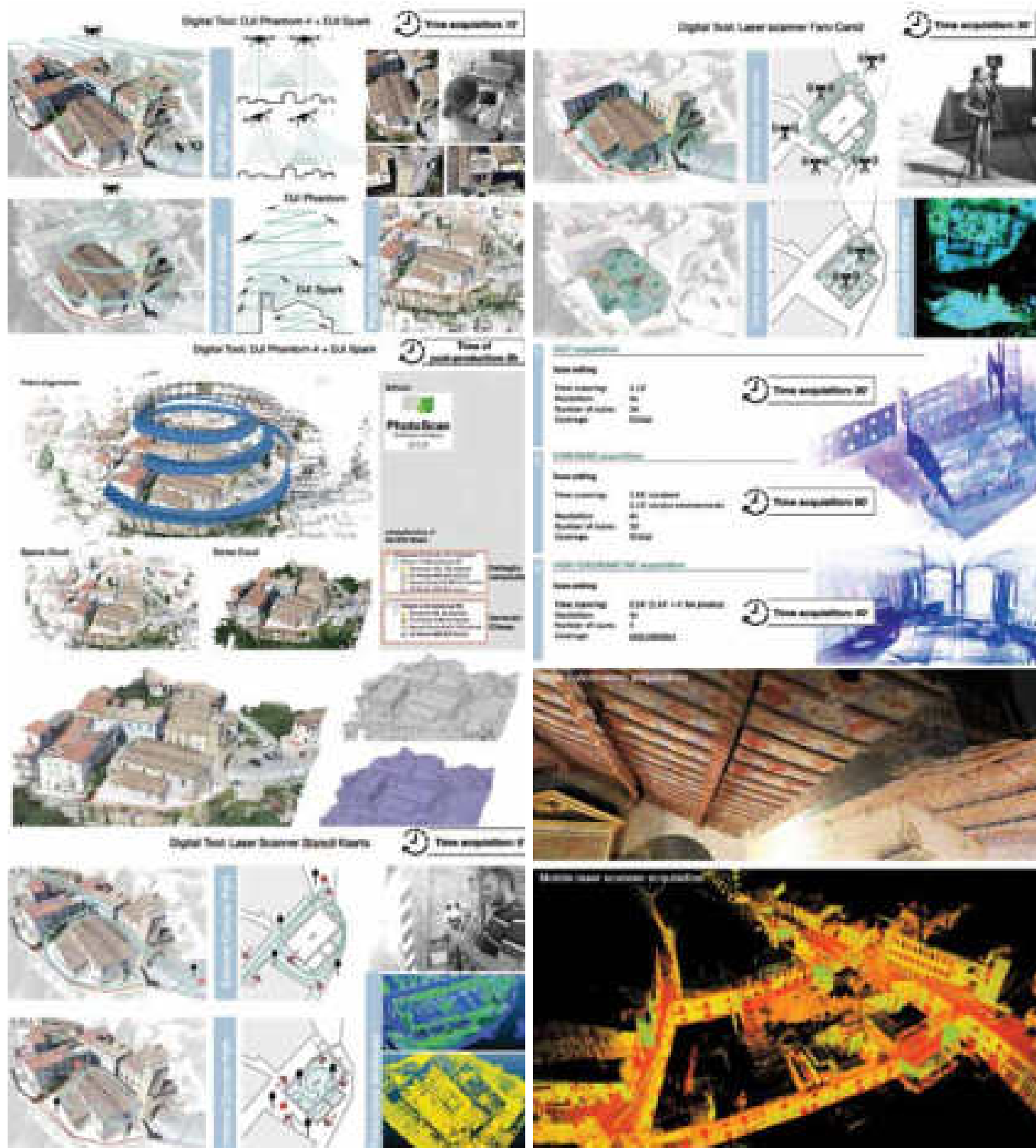


Fig.8 Sperimentazione di rilievo speditivo, mettendo a confronto tre differenti tipologie strumentali in termini di qualità di dato e di tempi di ripresa.

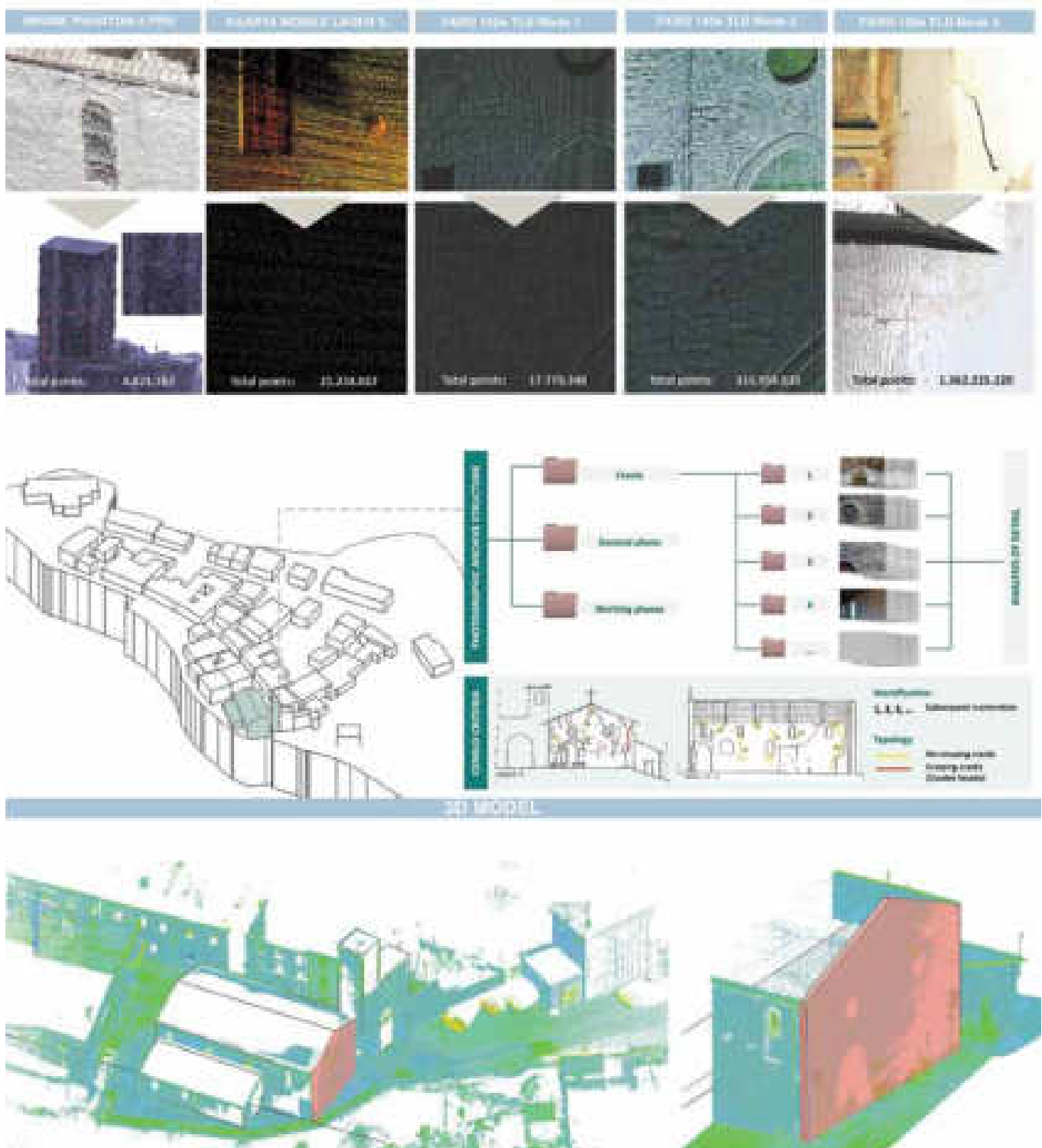


Fig.9 Le diverse tipologie di acquisizione strumentale permettono un differente livello di dettaglio di lettura, a ciascun livello di lettura è possibile operare differenti analisi di indagine dal semplice ingombro volumetrico alla definizione di dissesti e lesioni del paramento murario.

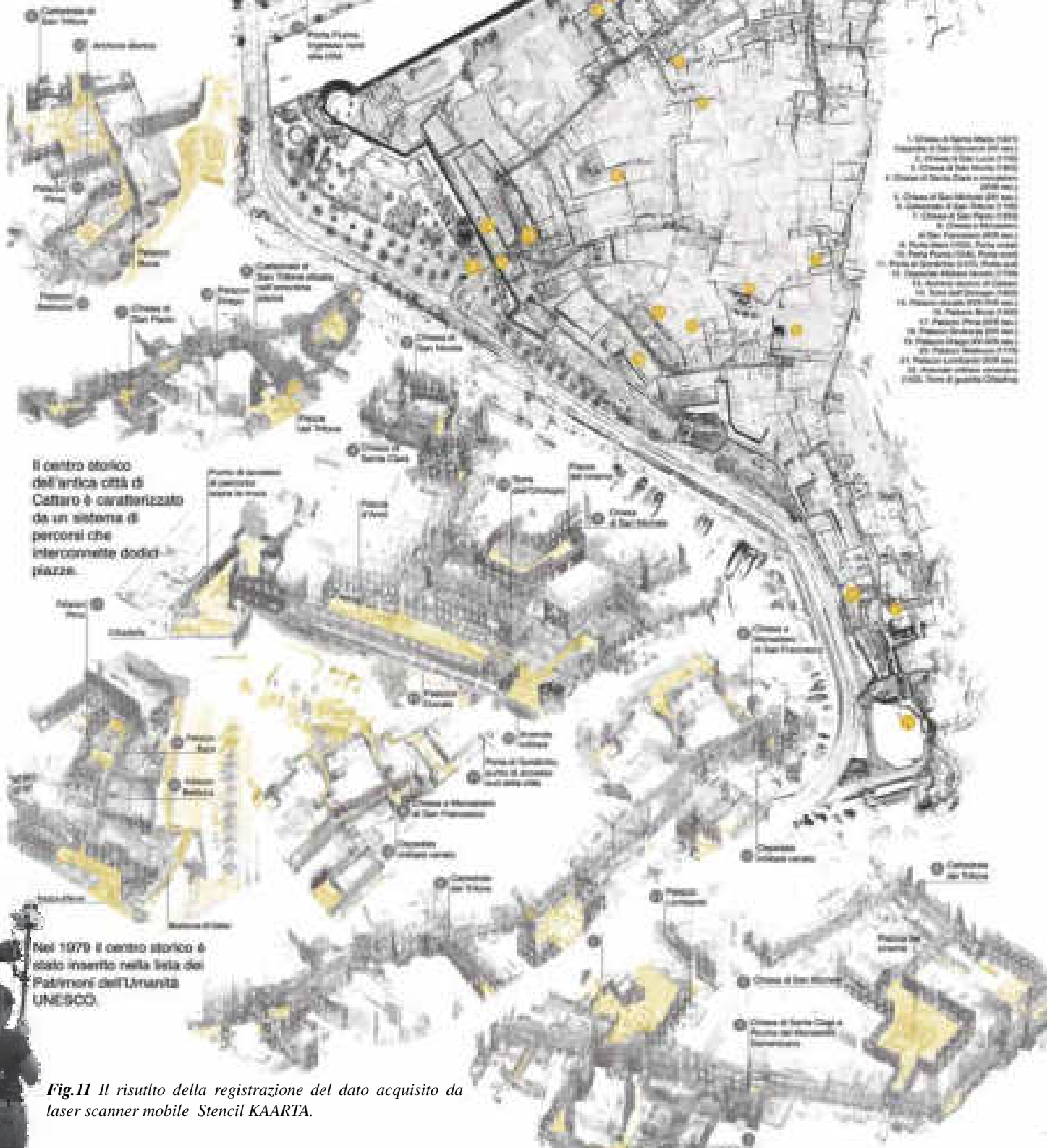


Fig.10 Il centro storico di Cattaro che è stato oggetto di una sperimentazione di acquisizione Fast Survey utilizzando sistemi laser scanner mobile, e sistemi a pilotaggio remoto.

La tendenza è quella di diminuire sempre di più il tempo che intercorre tra fase di acquisizione del dato grezzo e fase di registrazione, attraverso l'introduzione o di processi automatizzati, eseguibili anche in loco, di allineamento delle nuvole di punti o attraverso l'uso di protocolli di registrazione tramite algoritmi di riconoscimento e allineamento automatico. Per quanto i processi di automatizzazione riducano notevolmente i tempi dedicati all'acquisizione e alla rielaborazione è necessario un attento controllo critico delle diverse fasi da parte dell'operatore per garantire l'accuratezza delle informazioni morfometriche generate dalla fotogrammetria e dall'acquisizione laser scanner grazie ad azioni di ottimizzazione della trama del modello. La ricerca di facilità di utilizzo, riduzione dei tempi di ripresa e automatizzazione delle fasi di registrazioni del dato sembrano essere fattori che accomunano le diverse categorie presenti sul mercato.

Da strumenti progettati per la ripresa di carattere estensivo come tecnologie di tipo *mobile* LiDAR, SLAM, UAV, che unitamente a sistemi GPS e INS/IMU permettono azioni rapide di acquisizione, localizzazione e georeferenziazione del dato con un livello di dettaglio e un indice di accuratezza dell'ordine del centimetro su distanze di 100 m, laser scanner a lungo raggio con registrazione automatica della portata di oltre 800 m con un indice di accuratezza dell'ordine del millimetro. Scendendo di scala, strumenti di tipo TLS con *range* di ripresa più ridotti dai (300, 200, 150 m) adatti alla ripresa a livello dell'edificio con un'accuratezza dell'ordine del millimetro circa, questa varia a seconda del modello dello strumento circa 2,5 mm su 25 m), per arrivare alle scansioni di dettaglio utilizzando strumenti a luce strutturata per la digitalizzazione di opere che hanno un indice di accuratezza dell'ordine di 0,05 mm. Le soluzioni di tipo *mobile*, in particolare, permettono azioni rapide di acquisizione per la

La città fortificata di Cattaro è stata dominata dai veneziani per quasi quattro secoli (1420-1792) e le tracce sono ancora oggi visibili nell'architettura locale.



Il centro storico dell'antica città di Cattaro è caratterizzato da un sistema di percorsi che interconnette dodici piazze.

Nel 1979 il centro storico è stato inserito nella lista dei Patrimoni dell'Umanità UNESCO.

Fig.11 Il risultato della registrazione del dato acquisito da laser scanner mobile Stencil KAARTA.

Rilievo di tipo estensivo

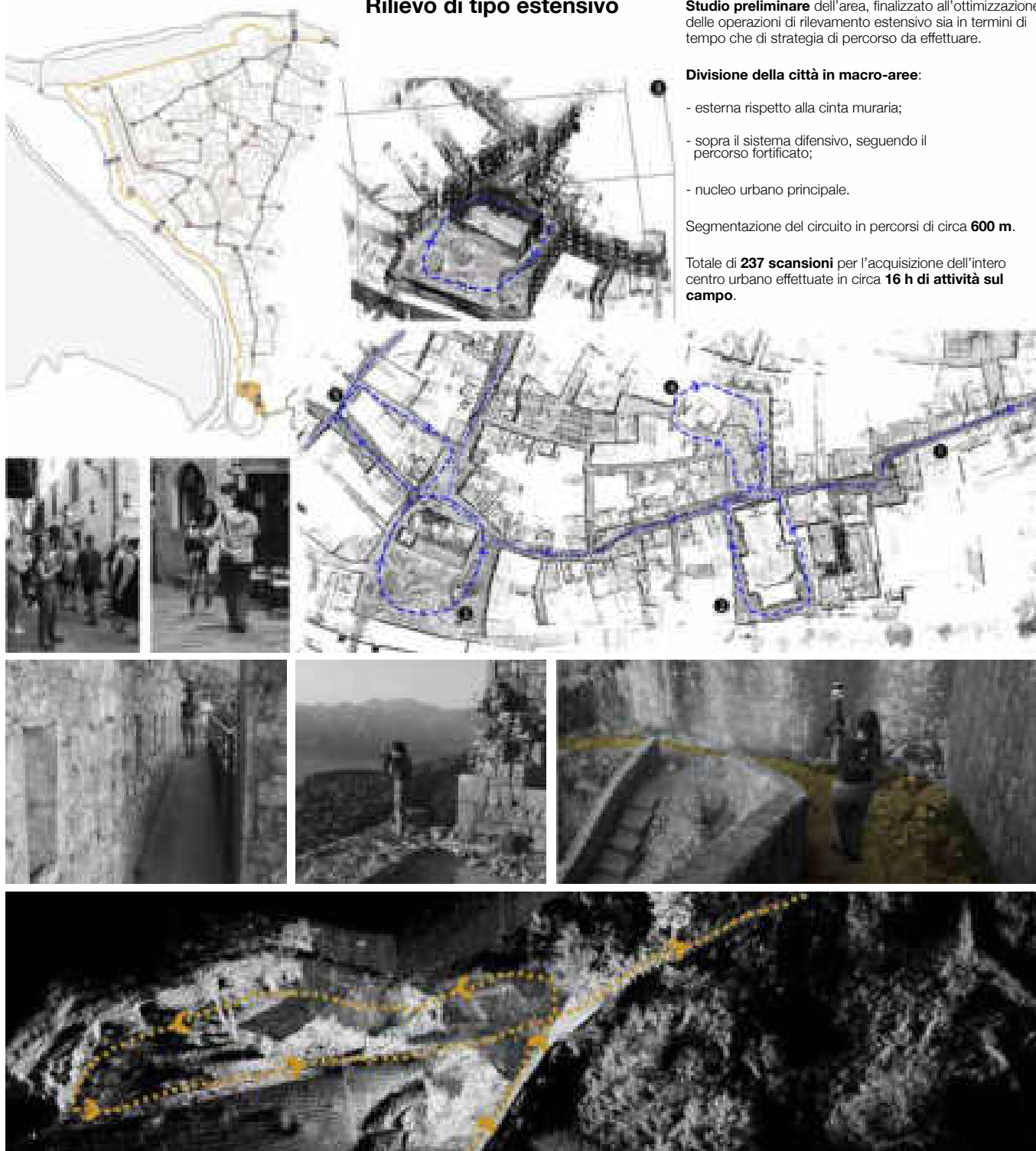
Studio preliminare dell'area, finalizzato all'ottimizzazione delle operazioni di rilevamento estensivo sia in termini di tempo che di strategia di percorso da effettuare.

Divisione della città in macro-aree:

- esterna rispetto alla cinta muraria;
- sopra il sistema difensivo, seguendo il percorso fortificato;
- nucleo urbano principale.

Segmentazione del circuito in percorsi di circa **600 m.**

Totale di **237 scansioni** per l'acquisizione dell'intero centro urbano effettuate in circa **16 h di attività sul campo.**



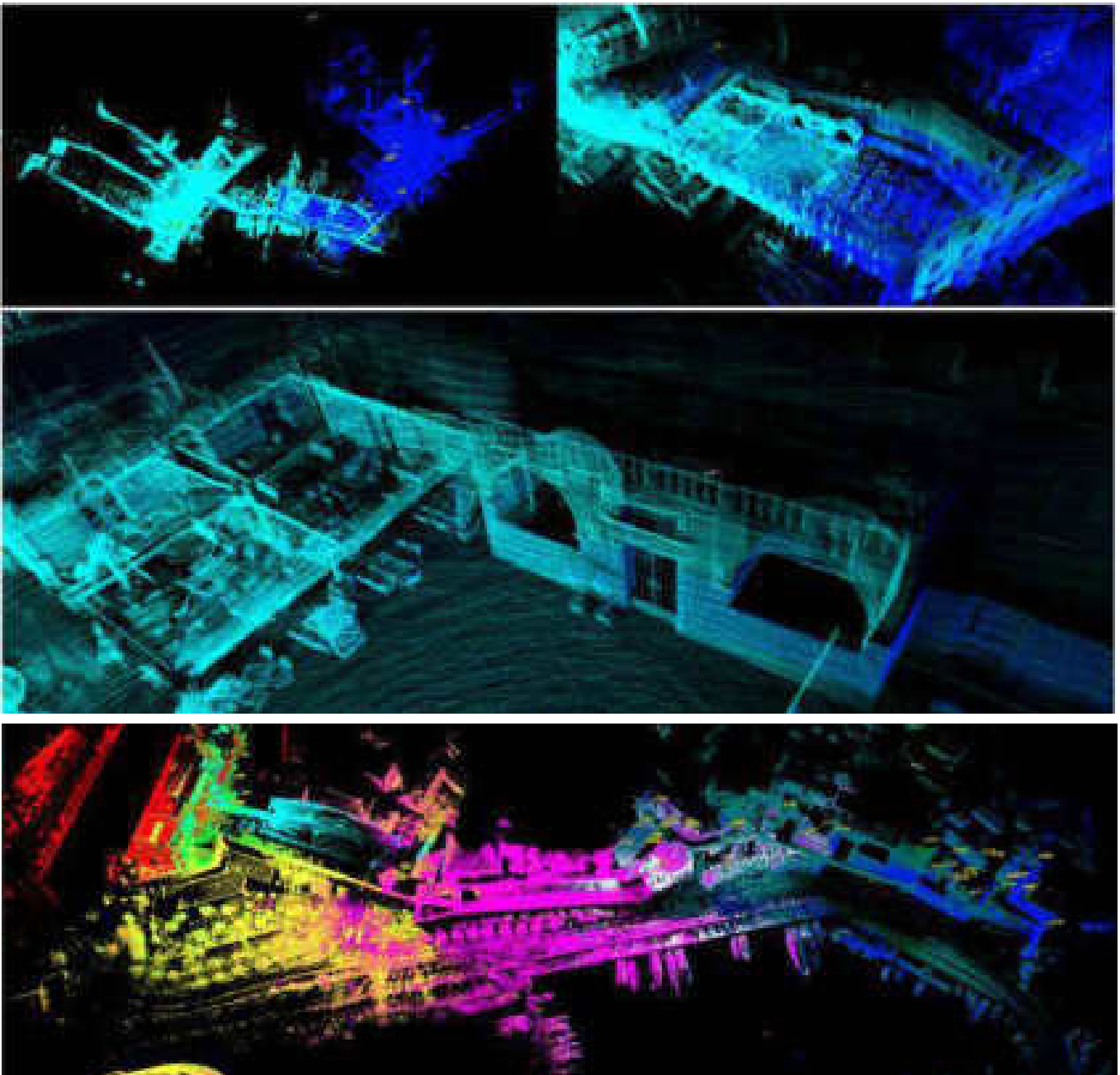


Fig.12 Pagina a fronte: La strutturazione dei percorsi di acquisizione del dato. Per le azioni di rilievo è stato necessario programmare i percorsi in base alla morfologia e alla maglia urbana. Essendo preferibile circoscrivere il percorso a un percorso chiuso circolare (per diminuire l'errore di deriva della poligonale), sono state prese a riferimento le piazze del centro urbano sulle quali sono stati diramati i diversi collegamenti.

Fig.13 In alto: Registrazione del dato strumentale a colore corrisponde una scansione di acquisizione, le scansioni sono state unite ed elaborate e in base ad un tipo di registrazione manuale basata sull'identificazione di punti omologhi morfologici.

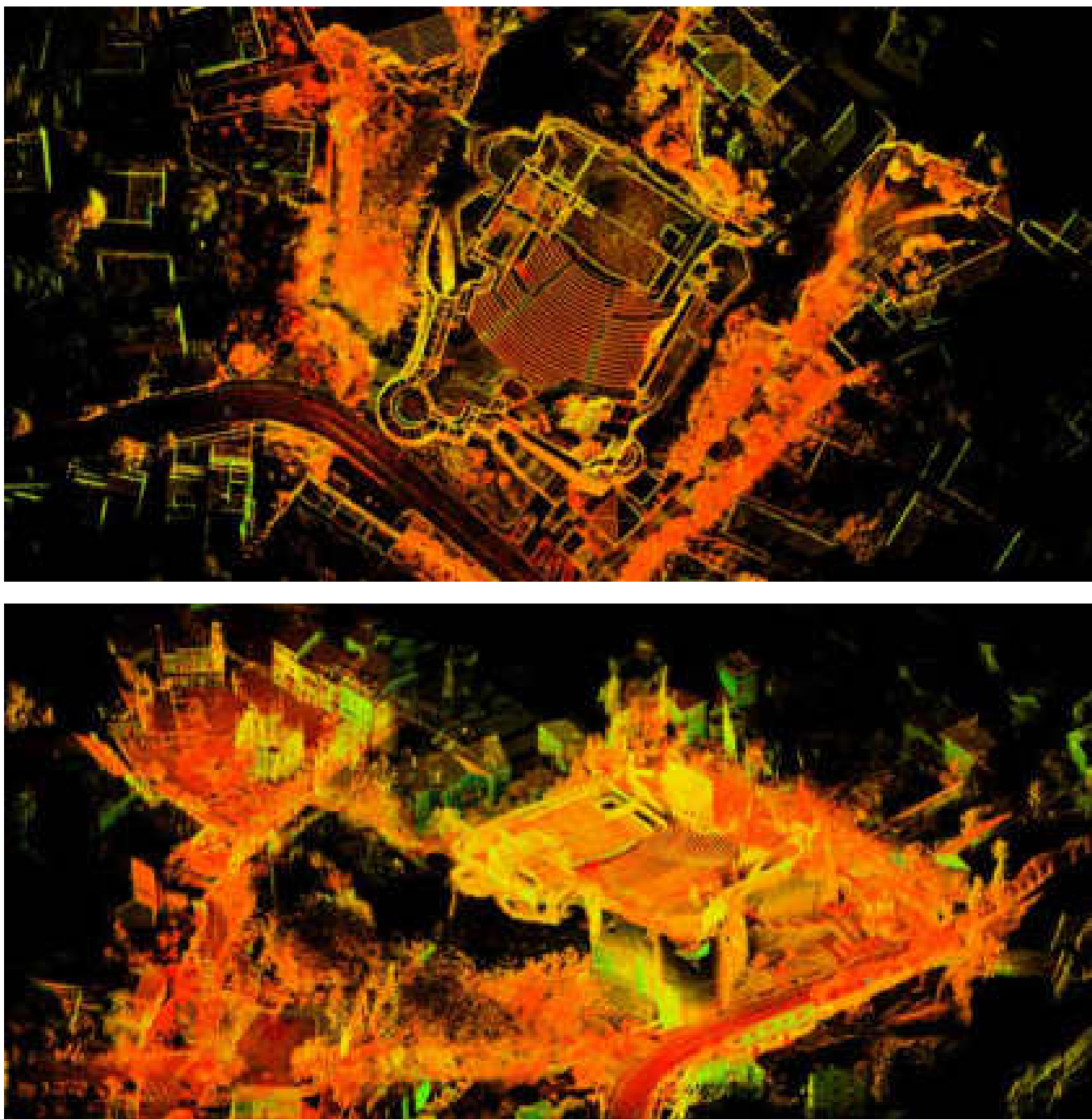


Fig.14 Tale tipo di metodologia di acquisizione risulta efficace anche alla scala architettonica, strutturando un progetto di rilievo che metta in relazione l'appartato architettonico con il tessuto urbano. Nelle immagini il forte Kanli Kula a Herzeg Novi (Montenegro) acquisito in circa un'ora e trenta minuti.

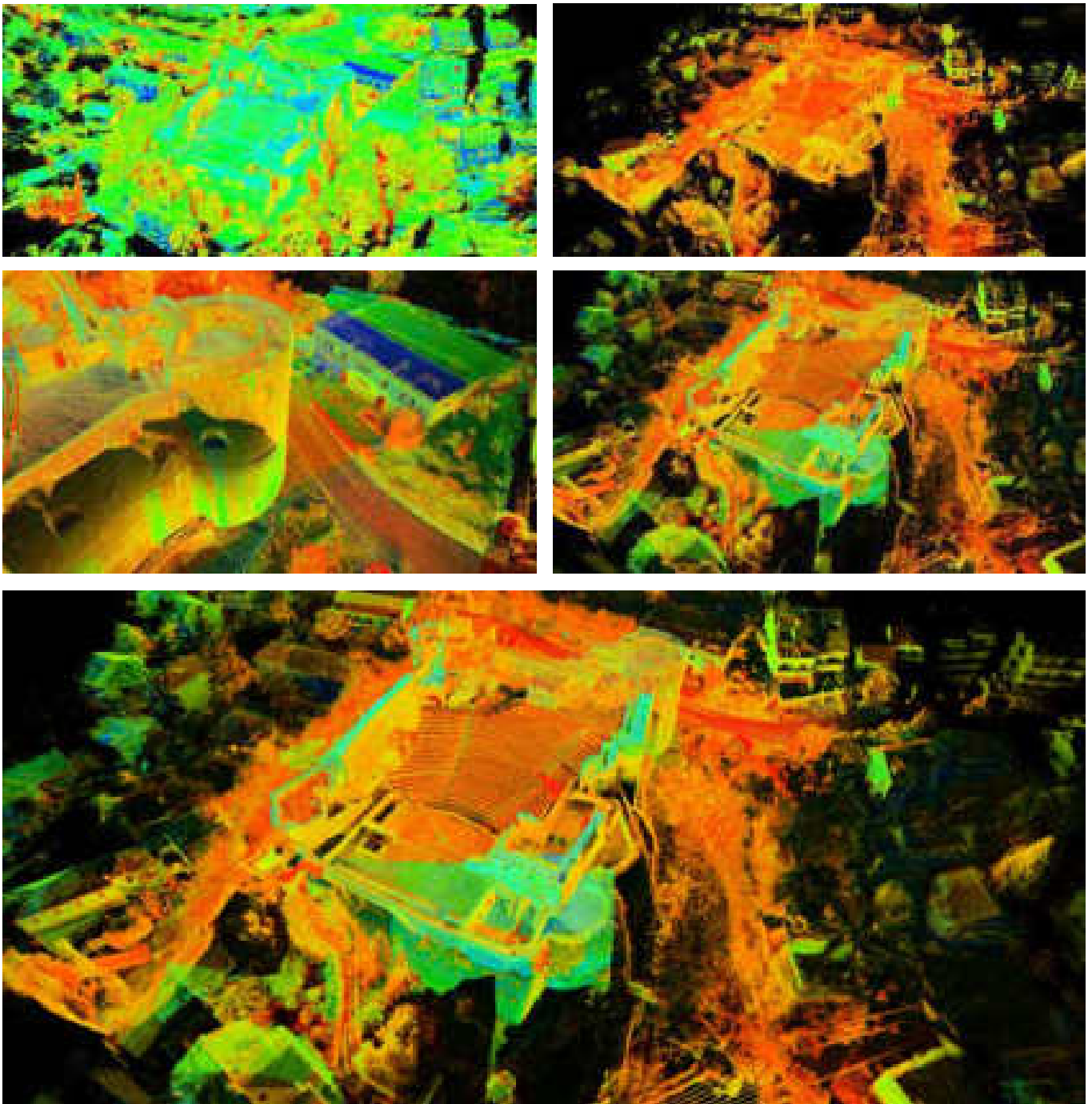


Fig.15 In un confronto con l'acquisizione da drone (in alto a sinistra) con quella da laser scanner mobile (in alto a destra) si può notare come la ripresa in quota risulti esser utile a compensare gli errori dovuti da occlusioni strumentali o dall'impossibilità di raggiungere determinati punti con lo strumento mobile. In basso il risultato dell'unione del dato registrato da drone e da laser mobile.



a. Iglesia de Santa Barbara.

b. Plaza del Mercado.

c. Iglesia de San Francisco.



Fig.16 Al fine di sperimentare lo stesso modus operandi attraverso le tecnologie di rilievo fast survey è stato possibile condurre alcune sperimentazioni in contesti urbani differenti, l'applicazione metodologica in contesti eterogenei risulta fondamentale per capire le possibilità e le criticità strumentali rendendo più efficaci e consapevoli i metodi di acquisizione. La sperimentazione di acquisizione fast utilizzando laser scanner mobile u sistemi UAVs utilizzando un drone DJI Phantom 4 RTK e un rilievo laser scanner attraverso il laser mobile Stencil KAARTA è avvenuta durante il seminario Internazionale SilepArq ed ha visto il rilievo di una porzione del centro storico di Santa Cruz de Mompox.E' ancora visibile il modello di strada originale del centro storico perfettamente conservato nel suo schema di strade a griglia, che si sviluppa

documentazione a scala urbana del patrimonio storico culturale consentendo di rapportarsi a contesti urbani differenti, superando le difficoltà relative ad una ridotta accessibilità o ad un'ampiezza tale da non poter essere ricoperte in un tempo adeguato dalle procedure di indagine 3D consolidate nel tempo attraverso l'utilizzo di Laser scanner terrestri (TLS)²⁸. Al fine di superare il problema del fattore tempo, sono ora disponibili sul mercato diverse soluzioni portatili per sistemi di mappatura rapida e ravvicinata basate su tecnologia SLAM²⁹ che si basano sulla sovrapposizione dei dati, ovvero sulla localizzazione e mappatura simultanee e permettono contemporaneamente di stimare la posizione dello strumento e generare un modello digitale della scena rilevata.

Si aggiunge la recente crescita commerciale *low cost* dei veicoli aerei senza equipaggio (UAV) di peso inferiore ai 250 gr. ha aperto la possibilità di eseguire l'acquisizione di immagini aeree a basso costo per la documentazione dei

siti del patrimonio culturale attraverso l'indagine in quota e l'applicazione metodologica di fotogrammetria aerea. L'introduzione delle tecniche e di sistemi a pilotaggio remoto fanno parte di una generazione di strumenti che ha avuto negli ultimi anni un primo esordio nelle applicazioni finalizzate al settore dei beni culturali.

Le tecniche di digitalizzazione *Image Based*, come la fotogrammetria, rientrano all'interno della categoria di strumenti economici per le operazioni di *fast survey*. Attraverso un'attenta calibrazione dei sensori ottici, e un buon progetto di acquisizione del dato, basato sul corretto orientamento delle riprese fotografiche, è possibile ottenere risultati sensibilmente paragonabili a quelli ottenuti tramite i sensori attivi. Da sottolineare che la ricostruzione di tipologia fotogrammetrica, in tema di affidabilità del dato metrico, necessita di un supporto di altri sistemi di misurazione. L'evoluzione dei processi di calcolo e dei sistemi ha permesso



linearmente seguendo l'andamento dell'argine del fiume, su cui furono costruite le mura barricate (albarradas) per proteggere la città durante i periodi di alluvione. Lungo la linea si distinguono tre nodi che coincidono con i tre grandi vuoti urbani in corrispondenza delle tre piazze principali dominate dai tre grandi centri di culto: Iglesia de Santa Barbara, Iglesia de La Inmaculada Concepcion nella più conosciuta Plaza del Mercado, Iglesia de San Francisco. Proprio per il suo sviluppo urbano caratteristico e per l'autenticità dei suoi edifici è stato dal 1995 inserito all'interno della declaratoria UNESCO come patrimonio dell'Umanità. Un patrimonio a rischio a causa delle frequenti inondazioni, La Albarrada che protegge il centro storico si sta lentamente deteriorando provocando danni alle strutture a causa delle inondazioni.

lo sviluppo di applicativi che permettono la ricostruzione di modelli a partire da *dataset* fotografici di dimensione sempre maggiore e attraverso l'utilizzo di sistemi GPS integrati all'interno dei sistemi di ripresa garantiscono l'affidabilità dell'orientamento delle geometrie di modello.

Il vantaggio di essere strumenti leggeri e progettati per il rilievo in movimento tramite la manovra diretta di un operatore o tramite un radiocomando per il pilotaggio in remoto, rende questi strumenti adatti al trasporto e all'azione in un campo di lavoro in cui il tempo per le azioni operative è estremamente limitato. Il dato acquisito dal laser mobile e da drone se non integrato da rilievi puntuali finalizzati all'acquisizione del dettaglio, se comparato al dato *output* delle nuvole di punti elaborate da laser terrestri risulta meno dettagliato, tuttavia, è possibile garantire un certo livello di precisione della nuvola di punti 3D finale, operando attraverso la progettazione programmata delle traiettorie di ripresa.

Procedere sistematicamente, attraverso un progetto di rilievo, che prevede diversi livelli di approfondimento e di dettaglio, permette di ottenere dei database completi minimizzando i problemi di occlusione dei singoli strumenti.

Si noti come l'avvento di queste tecnologie *fast* stia rompendo la barriera dell'esclusività, riservata ad operatori del settore, a utenti anche non esperti tramite l'inclusione di queste nei nuovi modelli di tablet e telefonia mobile.

E' stata inserita, nella versione Apple Ipad 2020, una tipologia di LiDAR *low cost*. Sono due gli obiettivi dichiarati: il primo il miglioramento della resa di applicazioni VR/AR che nei primi applicativi risultavano avere un'elevata discordanza tra modello e ambiente reale a causa di un mancato detecting delle profondità dell'ambiente reale, per tale motivo i modelli si inserivano nel contesto reale ma perdevano l'effetto svelando l'artificio non appena l'inquadratura veniva ingrandita o tramite il movimento di una mano attorno all'oggetto.

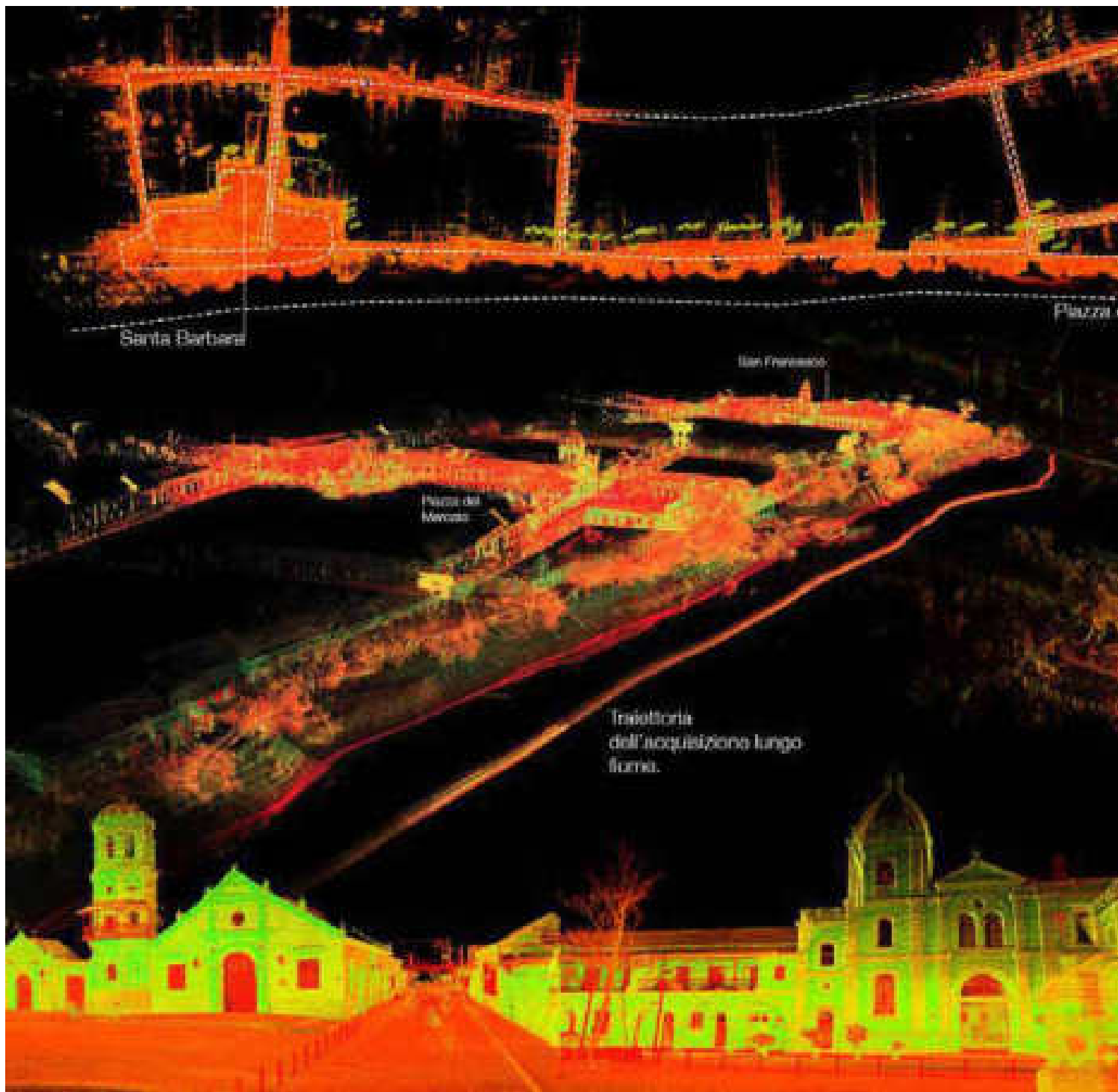
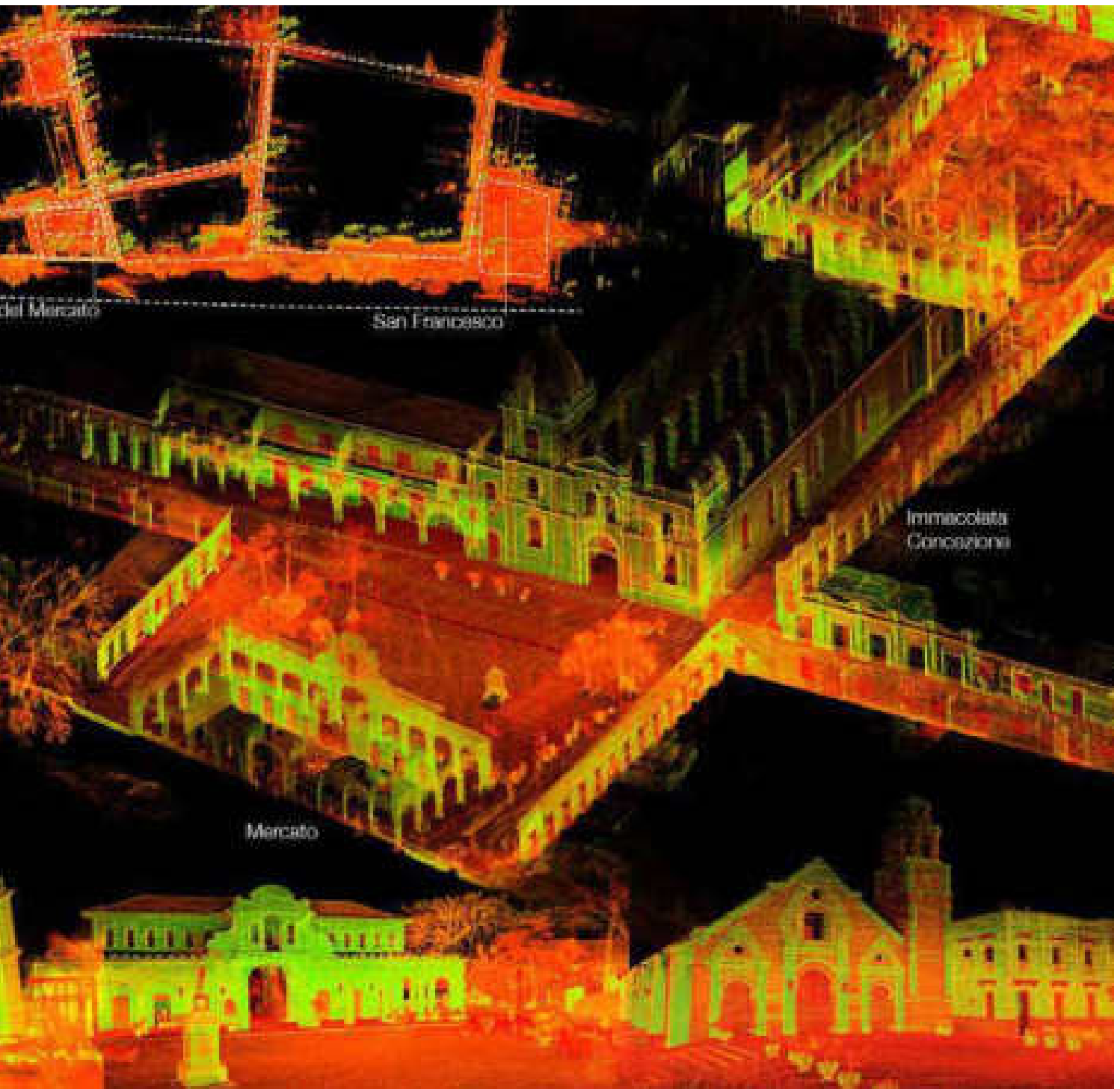


Fig.17 il risultato del rilievo laser scanner mobile, attraverso il quale il dato risulta leggibile sia a livello di scala urbana sia a livello architettonico. L'azione di documentazione digitale in questo caso assume una duplice funzione la possibilità di monitoraggio del rischio e l'archiviazione dell'immagine del centro storico, evitandone la perdita della memoria storica di un così importante esempio di architettura coloniale. Sono stati definiti tre macro percorsi sulla base dei quali sono stati poi innestati i circuiti secondari volti ad integrare l'acquisizione



del dato: uno percorso corrispondente al perimetro esterno del centro urbano (Carrera 1A, Calle 15, Calle 20, Carre 3) uno longitudinale lungo la Carrera 2, e uno esterno tramite l'uso di un'imbarcazione lungo il tratto di fiume che scorre da plaza di San Francisco a Santa Barbara per riprendere gli argini del fiume. Questi sono stati integrati da percorsi circolari attorno alle tre principali piazze e ai singoli isolati. Il database conta di 103 riprese laser per un totale di 10 h di lavoro in campo.

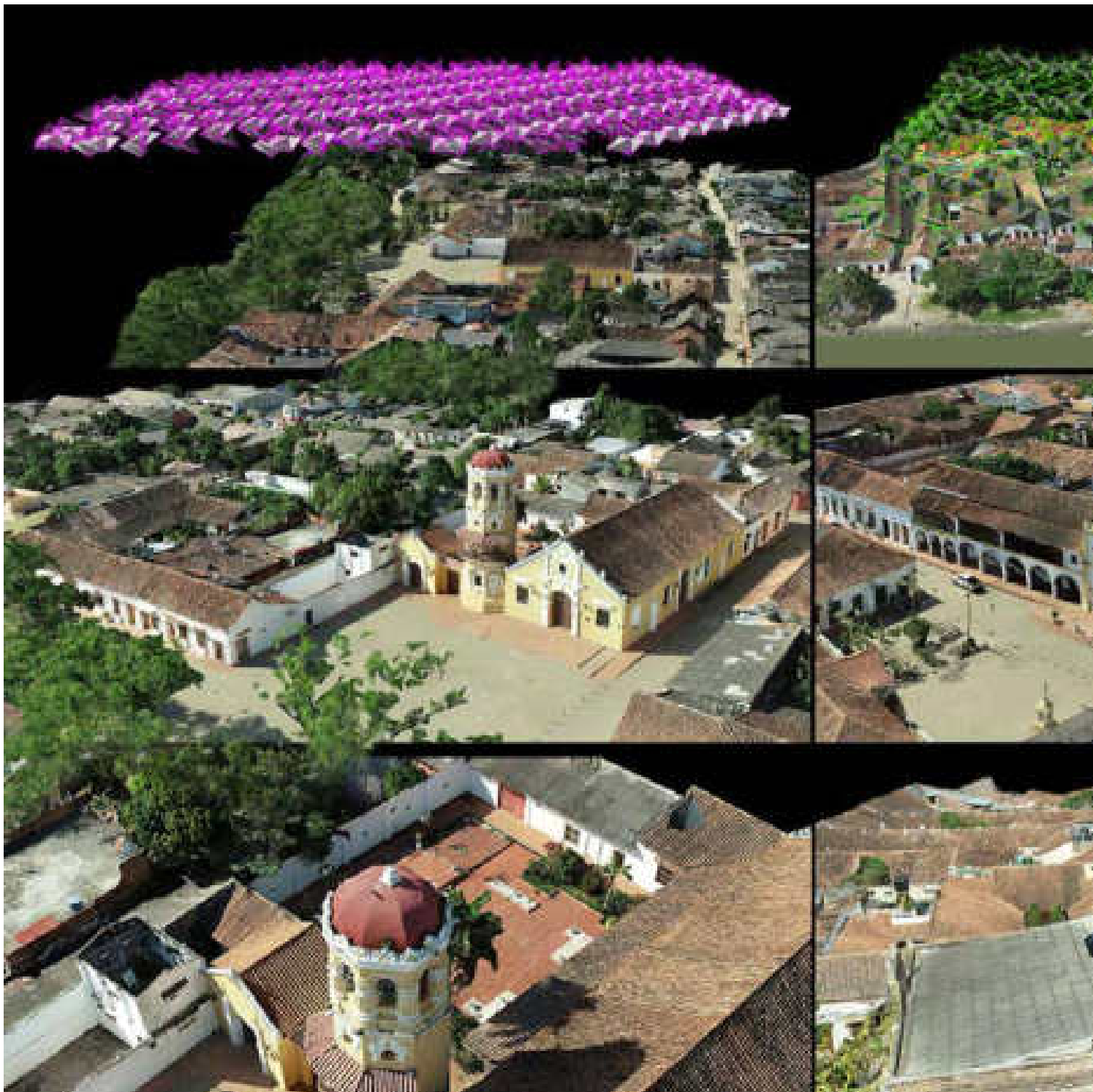
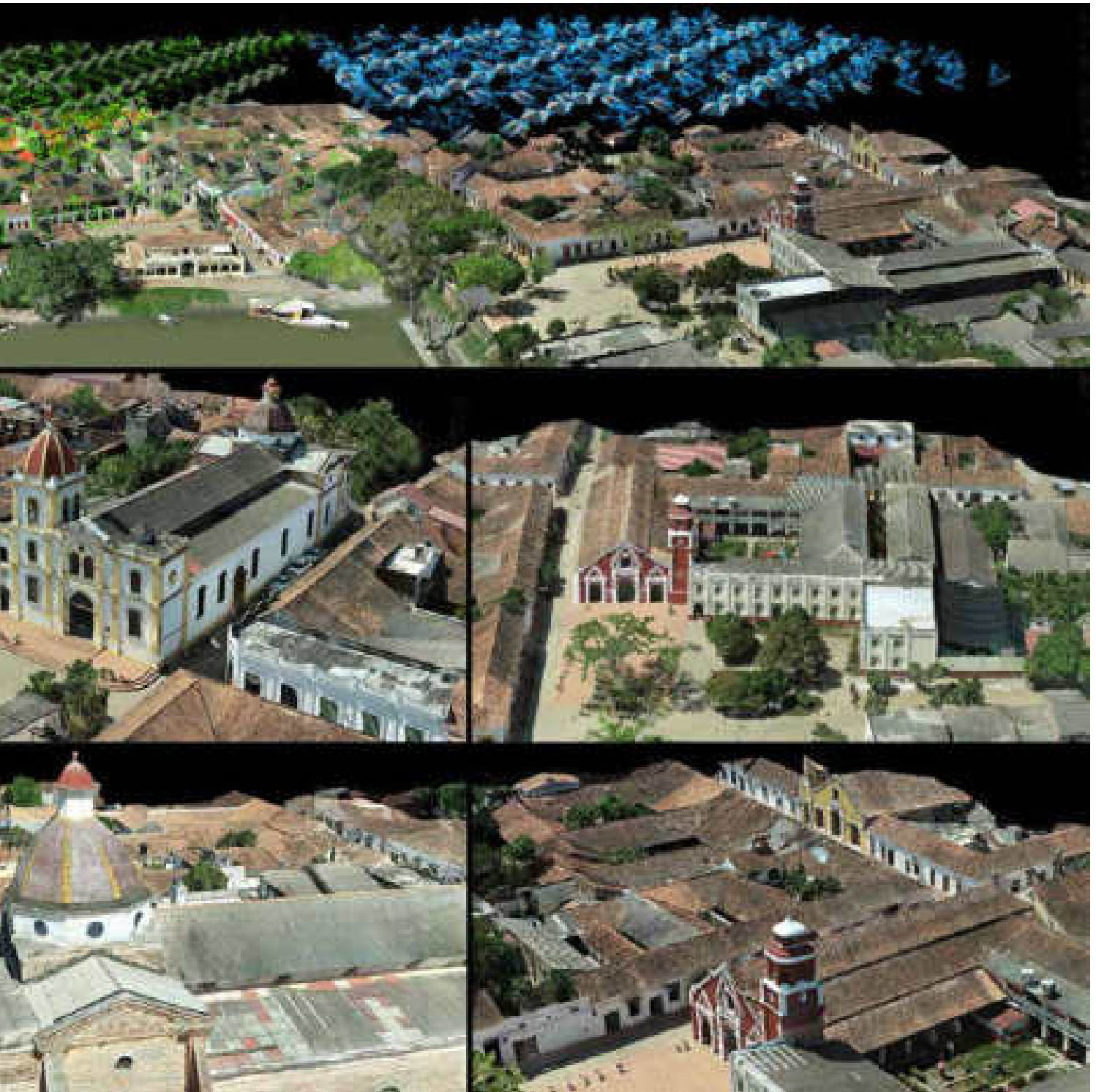


Fig.18 Per integrare il dato del rilievo mobile è stato pianificato un rilievo aerofotogrammetrico volto ad acquisire le 3 aree delle piazze e parte degli isolati adiacenti a queste. E' stato utilizzato un drone DJI Phantom RTK, tra i diversi prodotti DJI, per l'accuratezza del dato fotografico. Nel caso specifico non è stato possibile utilizzare il modulo RTK per la mancanza della stazione di appoggio GPS. La fase di acquisizione si è svolta attraverso la pianificazione tre piani di volo strutturati sulla base di una griglia di base (75x85m) rissuddivisa da uno schema di diagonali usate a garanzia della sovrapposizione tra scatti contigui (side overlap Rate 45%; Forward Overlap Rate 50%) tempo stimato di acquisizione 17 min.



In particolare, la griglia ha permesso di facilitare la campagna di acquisizione, agevolando la ripresa fotografica del tessuto urbano. Data la particolare condizione meteorologica il fattore white balance della Camera è stato impostato su Sunny, ed il Gimbal con è stato inclinato con un angolo a 45°. Sempre a causa delle condizioni meteorologiche a causa delle elevate temperature (+ 40C°) è stato necessario effettuare i voli sia per le diverse riprese video e fotografiche durante le prime ore del mattino e le ultime del pomeriggio per non mandare lo strumento in “over temperature”. L'archivio fotografico acquisito tramite piani di volo conta Santa Barbara 265 foto, Piazza del Mercado 320 foto, San Francesco 209 foto.



Fig.19 Il sistema Lidar installato su Ipad PRO per la digitalizzazione smart. Dalle immagini si nota come tali modelli risultino ancora grezzi in termini di qualità, con maglie poligonali a basso numero di vertici. La tendenza sembra quella di introdurre queste tipologie di strumenti anche ad un pubblico di non esperti.

Un secondo obiettivo è quello di sensibilizzare la digitalizzazione di oggetti e ambienti lo sviluppo di librerie e applicazioni VR e AR, oltre per la misura rapida degli ambienti. In pochi minuti è possibile ottenere una planimetria della stanza andando a selezionare e misurare eventuali tipologie di aperture nell'ambiente. L'applicativo inoltre tramite scansione è in grado di realizzare anche un modello *mesh* ancora molto rudimentale rispetto ai modelli generati tramite strumentazioni di tipo professionale. I modelli sono caratterizzati da una maglia *mesh* molto rada che ancora non permette la distinzione a livello di micro scala di dettaglio ma realizza un modello di massima degli ingombri e delle geometrie caratterizzanti lo spazio. La tecnologia di misurazione diventa *in hand*, come è già avvenuto con la diffusione delle camere digitali installate su tutti gli *smart phone* presenti in commercio, che hanno reso il gesto dello scatto fotografico e della registrazione video un gesto, che

da essere riservato a determinati momenti è diventato sovra utilizzato e pratica quotidiana nelle nostre vite. Anche nel caso della realizzazione di modelli 3D *reality based* semplificati, rischia di diventare azione popolare entrando a far parte delle tendenze *social smart*. Come per la fotografia tale inclusione non dovrebbe andare a ledere quella cerchia ristretta di tecnologi specializzata in rappresentazione e realizzazione di modelli *reality based* utilizzando metodologie e studi approfonditi a riguardo. Anche se l'avanzamento tecnologico tende ad uniformare le masse in competenze apparentemente diffuse, come per la fotografia, scattare una bella foto con il proprio telefono, non ha il significato implicito di essere fotografo di professione, dietro a qualsiasi competenze ed abilità ci deve essere un progetto. Si riporta l'esempio della fotografia perchè tra le tecniche di rappresentazione digitale è quella che risulta essere alla portata di tutti, come fa notare Sebastião Salgado³⁰ all'interno di una recente intervista

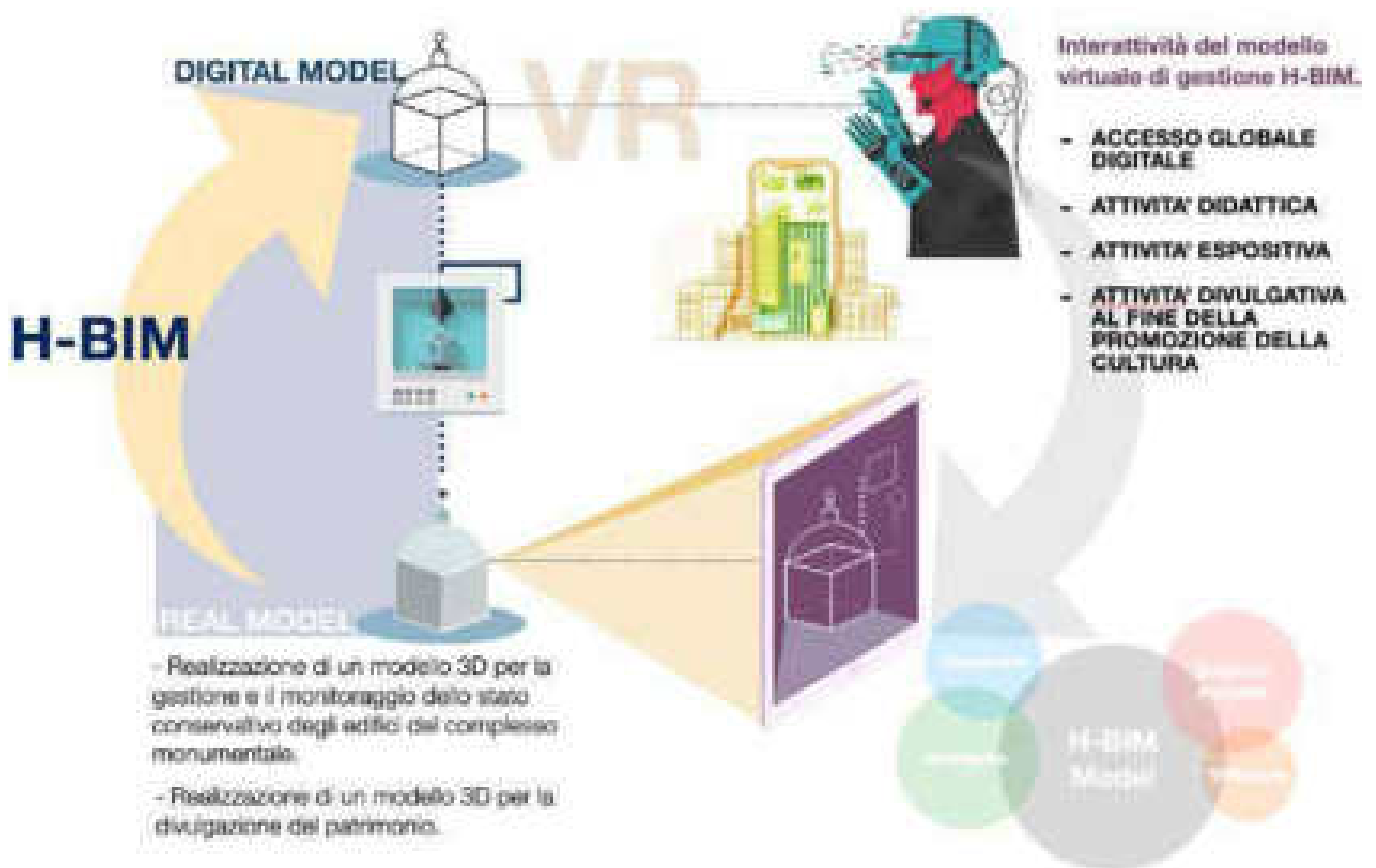


Fig.20 Tale diffusione degli strumenti digitali è finalizzata allo sviluppo di librerie ed applicativi AR e VR per la fruizione e l'analisi degli spazi. In contesto di Cultural Heritage racchiudere all'interno della progettazione di un unico modello anche azioni finalizzate ad attività espositiva e divulgativa diventa particolarmente significativo nel progetto di azione di promozione culturale e preservazione dell'immagine storica del luogo. In basso: Still from Curious Alice e VR experience realizzata da VA e HTC Vive Arts in collaborazione con Kristjana S. Williams (2020).



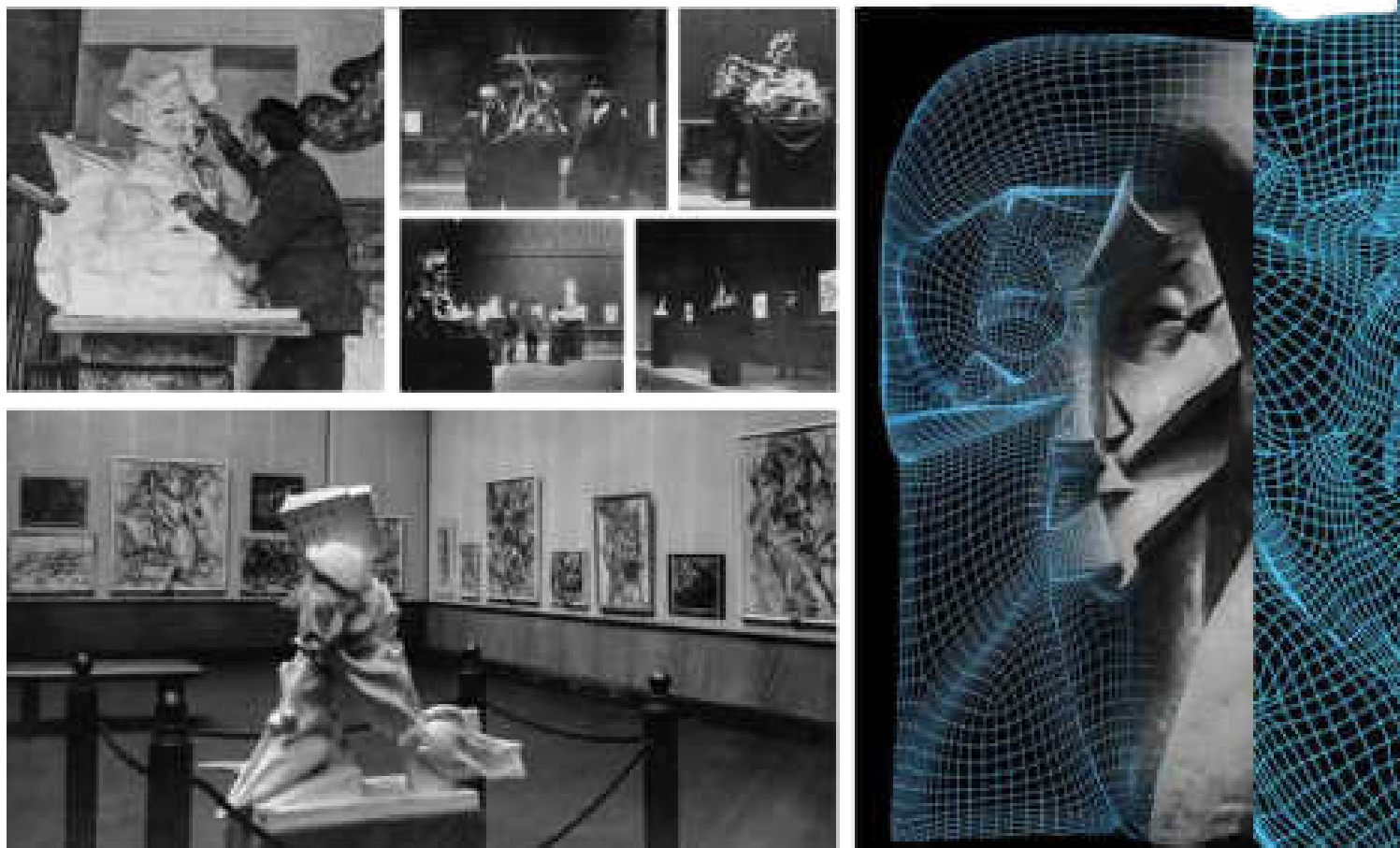


Fig.21 Il lavoro di ricerca di digitalizzazione e stampa 3D dell'opera d'arte dei due artisti digitali contemporanei Matt Smith e Anders Rådén.

rilasciata nel 2017³¹, in cui spiega il suo pensiero sul rapporto tra fotografia e figura professionale. La fotografia è come uno specchio della nostra società, per saperla però rappresentare attraverso lo scatto fotografico il fotografo deve studiare, deve avere la coscienza e la comprensione dell'esperienza che sta vivendo in prima persona per avere consapevolezza dell'esperienza e catturare nelle immagini delle rappresentazioni non sterili, ma arricchite di un significato, un messaggio che solo in questo modo diventa tangibile nell'immagine stessa.

3.4 DATABASE CONTINUI E DISCONTINUI, LA DISCRETIZZAZIONE DEL DATO

La realtà non è un sistema continuo, sia nella fisica e nella matematica è configurata come una struttura molecolare finita che occupa uno spazio con una certa misura definita (quantificata dagli elementi di densità, massa, temperatura).

Il continuo viene definito come costituito da un numero infinito di elementi, al contrario, la discontinuità è definita come l'insieme di parti isolate e non attigue³².

Il concetto di spazio-tempo è riconosciuto come essere l'unico sistema continuo, questo grazie al relativismo del concetto di spazio e tempo i quali dipendono dal sistema di riferimento in cui si trova l'osservatore, ovvero, da quattro dimensioni (x, y, z, t)³³. Nel mondo digitale e dell'informatica non sono ammessi sistemi o database continui la definizione geometrica per cui nella realtà un punto non è misurabile, in informatica è considerata un assurdo.



Questo perchè in informatica il punto esiste ed è un numero visualizzato nella forma del pixel dello schermo e numericamente corrisponde all'unità *bit* del processore. Mentre nel sistema reale una retta è considerata un sistema continuo nella definizione³⁴ data da Euclide, nell'informatica è un sistema discreto poiché ridotta ad un insieme quantitativo di punti contigui e quindi misurabili.

Le rette della geometria euclidiana sono composte da infiniti punti, le linee rappresentate dai sistemi di rappresentazione digitale, al contrario, sono limitate e calcolabili. Le immagini acquisite e riprodotte dai sistemi digitali che sono rappresentate sotto forma di elaborato grafico o animazione sono delle sequenze di sistemi discreti che possono sembrare nel loro variare illusorio, dei sistemi continui ma in realtà sono sistemi discreti di punti e fotogrammi. Boccioni nelle sue opere, provò a riprodurre il dinamismo dell'immagine nelle differenze tra continuità e tempo dei sistemi reali.

Boccioni con la sua arte rappresenta simbolicamente il movimento e la fluidità è in "*Forme uniche della continuità nello spazio*" ad esempio, l'artista con gesto scultoreo cerca di rappresentare l'irrepresentabile ovvero la velocità e la forza del dinamismo, un "*continuum sintetico*" del movimento, in contrapposizione con la "discontinuità analitica" che egli criticava ad artisti come František Kupka e Marcel Duchamp³⁵. Il dinamismo, per principio di contrapposizione, va letto e osservato con lentezza, allora se ci si sofferma ad osservare il dettaglio dell'opera si leggono gli elementi dell'anatomia che caratterizzano l'involucro esterno del corpo. La riproduzione tridimensionale digitale, è un atto strumentale di traduzione del continuo reale, tale rappresentazione sfrutta l'insieme di punti ravvicinati che vanno a configurare una realtà apparentemente continua. In base alle diverse potenzialità strumentali le capacità descrittive degli strumenti del rilievo moderno vengono riprodotte grandi quantità di dati.³⁶



Fig.22 Il risultato della modellazione 3D dedotto dall'analisi fotografica ha portato alla realizzazione di modelli tridimensionali a stampa attraverso i quali è stato possibile, creare un allestimento di racconto delle opere d'arte di Boccioni. I due artisti hanno evidenziato inoltre nei modelli di studio le parti in rosso dedotte durante le operazioni di modellazione.

Kandinsky affermava che “un punto geometrico è un’entità invisibile³⁷” siamo noi attraverso il pensiero che immaginiamo e diamo una forma a un punto e tale forma coincide secondo un linguaggio di astrazione nella forma idealizzata rotonda dai limiti e le dimensioni relative³⁸. Lo spazio può essere quindi paragonato alla schematizzazione di un insieme all’interno del quale sono contenuti i singoli elementi che lo caratterizzano. Tali elementi caratterizzano lo spazio assumendo un determinato orientamento e aspetto che viene percepito e tradotto in termini qualitativi e quantitativi dai sensi. All’interno della continuità spaziale la discontinuità è rappresentata dal rapporto che intercorre tra i diversi elementi che compongono la scena, che possono risultare disgiunti, tangenti, inclusi o compenetranti³⁹.

Come insegna la tradizione della rappresentazione, l’atto del disegnare uno spazio implica una traduzione attraverso un raffronto continuo tra idea e rappresentazione, in una visualizzazione fluida del contesto reale in cui viene operata una scelta tra i vari stimoli che l’ambiente offre suggerendo visioni omettendone conseguentemente altre. L’atto del vedere è al tempo stesso inizio, origine, archetipo della conoscenza, ma anche deformazione, sviamento dalla realtà empirica dell’oggetto da conoscere modalità di accesso alla percezione del reale: la realtà diventa segno e pensiero. Le tensioni percettive, sono indagini delle potenzialità infinite dello sguardo, in un filo di continuità che sottende e dà senso peculiare a tutte le scelte rappresentative. I rapporti di continuità spaziale subiscono una prima traduzione e una prima deformazione nella fase di acquisizione strumentale in cui subiscono una traduzione che tende alla rappresentazione reale ma si scontra con un prima fase di discretizzazione basata su due limiti: il primo è di tipo strumentale rappresentato dal numero di punti che lo strumento è in grado di acquisire, il secondo è di tipo soggettivo rappresentato dalle scelte di acquisizione fatte dal rilevatore nonché osservatore.

La transizione dalla continuità della realtà attraverso l’acquisizione digitale diventa un database composto da punti e coordinate spaziali, che sono ottimizzati per ottenere una buona uniformità della qualità del dato. Lo spazio digitale, idealmente illimitato assume una limitazione data dalla composizione gerarchica degli elementi che lo compongono. Una composizione di tipo additivo che può essere implementata con altre forme di dato generato dalle differenti applicazioni metodologiche utilizzate per la comprensione degli elementi architettonici.

Le combinazioni di elementi che possono comporre i database possono essere differenti: dalle testuali, alle grafiche, alle

sonore, alle dinamiche e tutte queste sono integrate e tenute insieme da una rete che va a ordinarle secondo un ipotetico sistema reticolare ai cui vertici ci sono tali elementi, immagini, testi, audio, video e le cui possibili relazioni, semantiche, simboliche, dinamiche, permettono la lettura delle relazioni che costituiscono il sistema stesso. Le operazioni di lettura del dato comportano un secondo livello di discretizzazione che limita ulteriormente e allontana la rappresentazione dalla corrispondenza con la continuità del reale.

I database sono tipologie di prodotti, che aprono la possibilità di un lettura ed interpretazione del dato basata su differenti livelli di discretizzazione, la complessità di tale stratificazione, viene semplificata nella forma di rappresentazioni ponderate e semplificate sulla base di scelte finalizzate a determinate analisi.

L'immagine digitale è spesso una meta-immagine, un'immagine che tende a rappresentare il continuo reale ma attraverso i codici che caratterizzano la sua singolarità diventa raffigurazione specifica delle architetture del flusso complessivo dei dati⁴⁰. Inoltre come ricordato da Roberto Diodato non è da sottovalutare il fattore emotivo dell'utente-lettore-traduttore della banca dati che ad esempio di trova ad osservare una scultura digitalizzata - *“Le relazioni di mutazione diverranno sempre più complesse, dando luogo a metamorfosi della scultura virtuale, alla possibilità che essa assuma forme percepibili differenti relative non solo a movimenti ma anche a stati emotivi dei fruitori.”*⁴¹ - la lettura del dato e la sua traduzione in segno grafico anche se basata su regole oggettive sarà influenzata dal fattore soggettivo di interpretazione dell'utente.

Ogni nuova possibilità di apporto tecnologico va a fornire una nuova e differente modalità di modalità di lettura del reale che integra i modelli precedenti, e confluisce nella medesima rete nodale di database di informazioni complesse a disposizione. La stratificazione delle possibilità di lettura dei livelli informativi di modello aumenta con l'aumentare delle possibilità di indagine, creando una rete di dati nella quale le varie architetture spaziali, mentali, informative si intersecano in una trama sempre più fitta. Le informazioni in uscita dal flusso di dati proprio del digitale diventa un modello che è sintesi di azioni e traduzioni della complessità del reale che attraverso un effetto domino di lettura ed interpretazioni del dato presentano un modello risultato di un continuo processo di codifica e decodifica informativa.

Un esempio estremamente attuale di come le tecniche di traduzione digitale abbiano permesso di conferire nuova vita alle opere d'arte, è dato dal lavoro di ricerca di due artisti

digitali contemporanei Matt Smith e Anders Rådén che nel 2019 hanno esposto la riproduzione stampata in 3D di quattro opere di Boccioni andate distrutte del 1927⁴². Le sculture di Boccioni, considerate dai critici d'arte opere di avanguardia per il loro periodo storico rivivono una nuova fase pionieristica della rappresentazione ricollocate nella nostra epoca attraverso operazioni di digitalizzazione.

La ricerca di rappresentazione digitale attraverso modelli virtuali e la nuova trasposizione fisica con la stampa 3D degli stessi, sono esempio di come le arti digitali siano in grado di supportare la scoperta e la preservazione della memoria storica di oggetti di cui altrimenti avremmo solo qualche documento fotografico. Il software 3D utilizzato per ricreare le sculture è Pixologic ZBrush, ampiamente conosciuto ed utilizzato dall'industria degli effetti tridimensionali di forme plastiche, la palette di strumenti simula infatti gli strumenti utilizzati dagli scultori per scolpire. Dalla materia reale alla digitalizzazione virtuale alla rimaterializzazione in opera plastica attraverso i processi di stampa 3D⁴³. Le opere sono state riprodotte a partire dall'analisi del materiale d'archivio fotografico storico esistente riproiettato su dei piani di immagine e ridisegnato. Le dimensioni sono state stimate in base ad un'analisi e confronto con oggetti di dimensione nota all'interno delle fotografie, è stata strutturata e proiettata una griglia di punti utilizzata come riferimento di supporto nel calcolo dimensionale.

Le sculture Boccioni ricreate sono state esposte alla Estorick Collection of Modern Italian Art di Londra tra il 25 settembre e il 22 dicembre 2019. Ha permesso al pubblico moderno di vedere per la prima volta questi capolavori di oltre 100 anni.

3.5 LA DEFINIZIONE DI UN LINGUAGGIO PER LA COSTRUZIONE DI UN ORIENTAMENTO NELLE MECCANICHE DEL MODELLO

Il tema della riproducibilità del patrimonio storico quando dislocato all'interno di un vasto sistema territoriale quando limitato ad un contesto specifico, tiene il dibattito aperto sulle problematiche di strutturazione e condivisione di una tipologia di linguaggio unificato fatto di segni e simboli che possa tradurre il sistema di interconnessione territoriale attraverso la sua codificazione in uno schema formale generalizzabile⁴⁴. Alla base delle operazioni di modellazione dell'oggetto patrimonio emerge la necessità di identificare un antologia semantica degli elementi che dovranno popolare l'ambiente modello. Nell'obiettivo di strutturare un piattaforma di raccolta di informazioni accessibile e interoperabile, tale



Fig.23 Lo studio della forma e dalla gerarchizzazione degli elementi attraverso schemi compositivi è alla base dell'analisi di rappresentazione architettonica.

tipo di approccio metodologico del *Building Information Modeling* applicato al *Cultural Heritage* apre un potenziale ventaglio di applicazioni, permettendo di far confluire la quantità di dati e la possibilità di gestione per l'integrazione a scale superiori di quella del singolo edificio, estendendosi dall'ambito dell'analisi architettonica a quello della progettazione e programmazione urbana, territoriale, ed infrastrutturale. In questo contesto tale strategia può rappresentare un cambio di paradigma finalizzato a gestire in maniera più efficace la complessità della struttura territoriale. Il processo di astrazione dell'archetipo forma tramite il confronto tra elementi e significati è necessario per la configurazione e riconfigurazione di un modello dello spazio percepito e analizzato⁴⁵. Ogni spazio apparentemente disordinato attraverso la lettura e la scomposizione semantica degli elementi viene ordinato tramite la strutturazione di un linguaggio *ad hoc* bastato su i *theasuri* che riordina la

complessità spaziale dandone un specifico indirizzo.

L'identificazione di elementi propri e delle relazioni che tra essi intercorrono, sono parte di un processo obbligato per chiunque necessiti di acquisire ed elaborare informazioni circa gli aspetti qualificanti di un territorio, edificio o oggetto.

Come riportato da Murphy la tendenza di formulare un linguaggio descrittivo dei modelli architettonici era d'uso anche presso le pratiche rinascimentali in cui attraverso la rappresentazione gli elementi venivano studiati scomposti e venivano delineate le grammatiche ornamentali tramite la combinazione delle differenti parti (modanature, profili, simboli)⁴⁶. Un vocabolario architettonico, che tramite l'analogia linguistica vuole essere la base per la comprensione e le analisi future.

Come affermato da Stiny: "*Un insieme finito di forme può essere utilizzato come vocabolario per la formazione di altre*



Fig.24 Un esempio significativo della digitalizzazione e la catalogazione del patrimonio storico a livello nazionale è il Catalogo Generale dei Beni Culturali dove sono conservate le copie digitali Disegni di Leon Battista Alberti. <http://www.catalogo.beniculturali.it/>

forme. Si dice che una forma sia composta da elementi in un dato insieme di forme ogni volta che è l'unione di forme e di trasformazioni di forme in questo insieme⁴⁷."

La modellazione grammaticale della forma contrasta con l'utilizzo di un linguaggio architettonico per costruire oggetti parametrici, in accordo con Apollonio - *l'associazione delle forme l'associazione di forme semantiche ed architettoniche è possibile solo interpretando l'edificio come un sistema conoscitivo. Il modello è estratto dalla sua descrizione mentre la sua rappresentazione è definita in accordo con le oggettività emerse dall'analisi⁴⁸.*- la modellazione e la classificazione semantica come sistema organizzativo dei modelli 3D si basa a partire dalla convenzione architettonica delle *shape grammars* - una struttura ad albero in cui gli edifici sono descritti tramite elementi strutturati sulla base di un lessico formale, ampliabile là dove necessario a diversi livelli gerarchici, per la definizione di sistemi e

sottosistemi informativi tra loro gerarchicamente correlati. Negli attuali protocolli di modellazione l'esigenza di definire una grammatica descrittiva si manifesta nell'impostazione di classi di modello, attraverso la strutturazione di abachi tipologici di famiglie, permette di poter identificare e raccogliere all'interno dello spazio tridimensionale i sistemi di interconnessione tra i complessi architettonici ed il sistema paesaggio. Il modello modifica la sua forma secondo le finalità e le tipologie di descrittore che assume nel sistema globale. Quando è descrittore del sistema territoriale sarà rappresentato attraverso l'associazione di una volumetria di sintesi della forma geometrica, al contrario quando è descrittore del complesso architettonico, la geometria, prima sintetizzata, sarà implementata con i contenuti informativi per una lettura approfondita a disposizione di differenti figure d'intervento per la gestione architettonica e territoriale⁴⁹.

Se poi questi oggetti sono definiti sulla base della traccia

di un rilievo digitale di tipo *range based* o *image based* le meccaniche di caratterizzazione del modello, dipenderanno da un lato dal dato strumentale e dall'altro dall'interazione umana con i dati acquisiti⁵⁰. Il settore della rappresentazione sta affrontando un periodo transitorio in cui si intrecciano tendenze che derivano dal passato e compenetrano in nuovi protocolli di modellazione, senza avere definito chiaramente una linea direttrice di sviluppo. Periodi di transizione denotano incertezze che pur risultano necessarie per generare opinioni e sperimentare metodi. Come osservato da Giedion, un periodo di transizione genera a due osservatori due impressioni del tutto diverse - *uno vi scorge soltanto il caos di caratteri contraddittori e di principi che si distruggono a vicenda; l'altro invece riesce ad intravedere sotto tutta questa confusione gli elementi concomitanti che spianano la strada a nuove soluzioni*⁵¹ - è attraverso la sperimentazione e il raffronto metodologico di differenti casistiche che si delineano i concetti e si affinano le tecniche.

Blur

Percorrendo la tematica della definizione di un modello che sia linguaggio ed informazione, si riporta un riferimento ad un'opera che viene considerata episodio chiave per comprendere la relazione tra architettura ed interattività informativa. L'installazione *Blur* di Yverdon-les Bains realizzata in occasione di Expo Swiss 2002⁵². Un vera e propria nuvola informativa, in cui l'architettura dell'edificio non è mai uguale a se stessa, ma subisce una continua metamorfosi regolata da parametri influenzati dalle condizioni dell'ambiente esterno. *Blur* è un architettura celata da una nuvola, la cui forma è disegnata dal getto di migliaia di augeli che nebulizzano l'acqua in una costante mutazione "*l'edificio si pone come elemento di trasformazione, come mediatore tra situazioni, condizioni, scenari possibili.*"⁵³ La forma è una tensostruttura di puntoni rettilinei e aste che formano un intreccio di passerelle a sbalzo sul lago.

La nebbia sottile della nuvola artificiale è regolata da una stazione meteorologica incorporata controlla l'emissione di nebbia in risposta alle mutevoli condizioni climatiche come temperatura, umidità, direzione e velocità del vento. Il padiglione risulta interattivo non solo dal punto di vista della forma ma anche della visita. Il pubblico accede al *cloud* attraverso un ponte rampa in cui dominano il *white out* ottico e il rumore bianco dell'acqua⁵⁴. Prima di poter accedere ogni visitatore è invitato a rispondere ad un questionario che è mirato a delineare un profilo personale e ad indossare un *braincoat*⁵⁵.

L'impermeabile intelligente ha una duplice funzione: protezione dall'ambiente umido e la connessione tra visitatore e opera. Attraverso l'impermeabile i visitatori sono tracciati all'interno della nuvola e in confronti diretti tra i diversi profili. I sensori dell'impermeabile sono in grado di acquisire le sensazioni dei visitatori e simulano il rossore involontario biologico della sensazione dell'imbarazzo, cambiando colore a seconda del sentimento di attrazione o repulsione tra i soggetti (rosso affinità, verde antipatia)⁵⁶. Il caso di *Blur* è rappresentativo di come il valore della forma e la motivazione di una rappresentazione architettonica lasci spazio al desiderio informativo. La struttura scompare, perdendo significato in un percorso di rappresentazione tra forma e informazione in cui è l'informazione che detta le regole della forma e non viceversa⁵⁷.

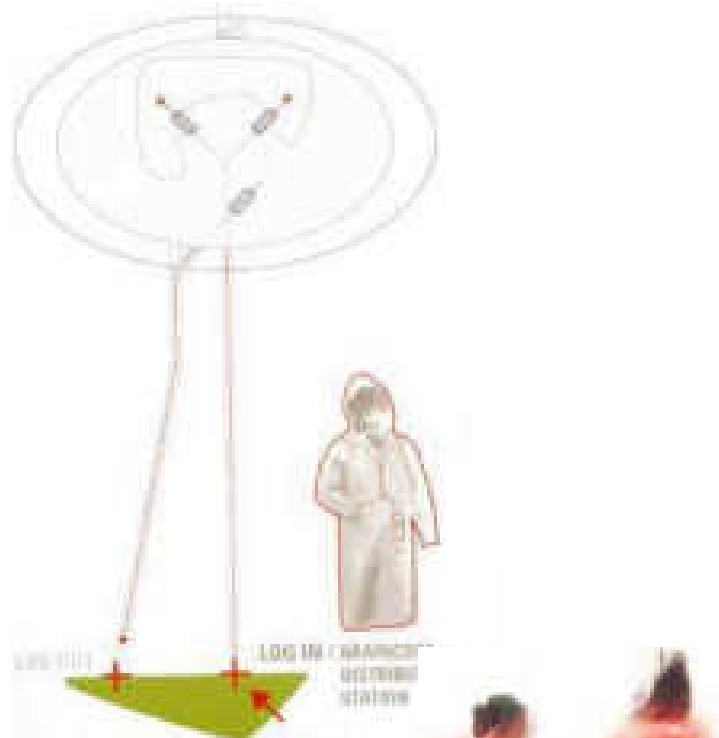
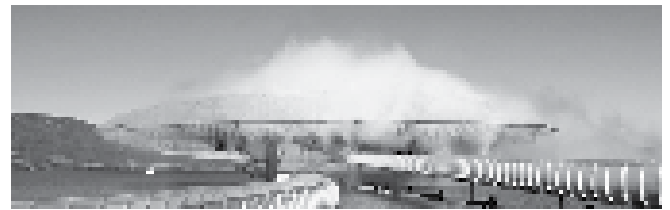
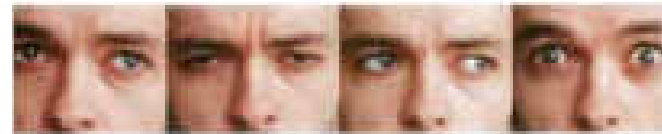
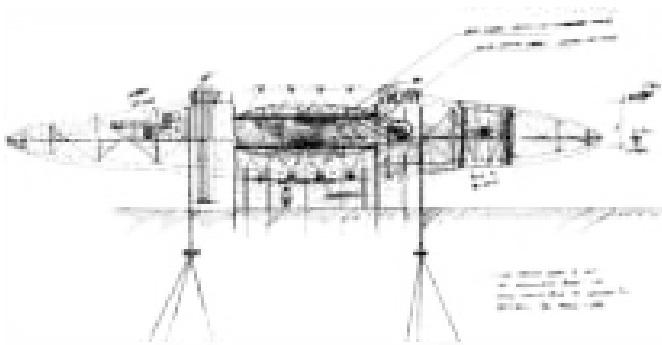


Fig.25 Il progetto *Blur* il sistema di tracciamento emotivo strutturato attraverso l'applicazione di alcuni sensori su di un impermeabile.

Fig.26 Pagina a fronte. Immagini e disegni di progetto del sistema informativo sensoriale *Blur* progettato da Yverdon-les Bains realizzata in occasione di Expo Swiss 2002.



NOTE

¹ Antonino Saggio (2010) *Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica*. Roma: Carocci p. 428.

² Cfr. Sandro Parrinello (2019) *Preserving memory through image. Landscaper and digital databases for documentation*. In (a cura di). Sandro Parrinello, *Digital & Documentation. Databases and Models for the enhancement of Heritage*. Pavia: Pavia University Press, pp. 19-33.

³ Art. 1 Carta per la conservazione del patrimonio digitale. Adottata dalla 32esima sessione della Conferenza Generale dell'UNESCO, 17 ottobre 2003.

⁴ Art. 5 Carta per la conservazione del patrimonio digitale. Adottata dalla 32esima sessione della Conferenza Generale dell'UNESCO, 17 ottobre 2003.

⁵ CAD - *Codice dell'amministrazione digitale*.

⁶ Art. 43 *Codice dell'amministrazione digitale - Riproduzione e conservazione dei documenti*.

⁷ BBC Domesday, un progetto nato dalla collaborazione tra Acorn Computers, Philips, Logica e la BBC realizzato grazie alcuni finanziamenti dal programma ESPRIT della Commissione europea. Il progetto nasce per la celebrazione del 900° anniversario del manoscritto *Domesday Book*, un censimento dell'Inghilterra dell'XI secolo.

⁸ Cfr. <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110911075508/http://www.bbc.co.uk/history/domesday/story>

⁹ <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110911075344/http://www.bbc.co.uk/history/domesday>

¹⁰ Tomàs Maldonado (2005) *Memoria e luoghi dell'abitare. Sulle sorti del sapere nella prospettiva digitale*. Milano: Feltrinelli editore p.176.

¹¹ Cfr. M. Russo, F. Remondino, G. Guidi (2011) *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico Archeologia e Calcolatori 22, 2011, 169-198.*

¹² *Ibidem*.

¹³ Per *range-based* si intendono quelle strumentazioni che utilizzano sensori di tipo *attivo* utilizzati per un processo di decodifica della luce per la lettura spaziale, rientrano in questa tipologia le strumentazioni laser scanner, strumenti a proiezione di luce strutturata, radar, stazioni totali. Con il termine *image-based* si fa riferimento a strumenti di tipo *passivo* tratta di luce naturale i metodi di misura si dicono "passivi" il cui risultato basandosi su il riferimento delle immagini dipende da come la luce naturale agisce su di esse condizionando il risultato dell'acquisizione di rilievo rientrano a far parte di questa categoria le tecniche di fotogrammetria, i teodoliti. Cfr. M. Russo, F. Remondino, G. Guidi (2011) *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico Archeologia e Calcolatori 22, 2011, 169-198.*

¹⁴ Luca, Livio & Lo Buglio, David. (2014). *Geometry vs Semantics: Open Issues on 3D Reconstruction of Architectural Elements*. 10.1007/978-3-662-44630-0_3.

¹⁵ Lo Turco M., Calvano M., Giovannini C., Tomalini A. (2021) *AIM! Algorithmic Information Modeling: New Strategies for a Fully Integrated Approach in the Field of Cultural Heritage*, in Bolognesi C., Villa A. (eds) *From Building Information Modelling to Mixed Reality*, Cham: Springer.

¹⁶ Italo Calvino (1972) *Le città invisibili*, Italo Calvino, 1972 p. 10.

¹⁷ M. Murphy *Historic Building Information Modelling (HBIM) For Recording and Documenting Classical Architecture in Dublin 1700 to 1830* Maurice Murphy Mphil, MBEng, Department of Civil, Structural & Environmental Engineering School of Engineering Trinity College Dublin A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy April 2012. p.12 "*Historic Building Information Modelling (HBIM) is a novel prototype library of parametric objects, based on historic architectural data, in addition to a mapping system for plotting the library objects onto laser scan survey data. These elements (including detail behind the object's surface) are accurately mapped onto a survey produced from laser scanning that represents the geometry and fabric of the building.*"

¹⁸ Cfr. Osello, A., Ugliotti, F. M (2017). (a cura di). *BIM: verso il casto del futuro. Conoscere, digitalizzare, condividere*. Il caso studio della Città di Torino, Roma: Gangemi Editore.

¹⁹ Biagini C. 2020, *Oltre la modellazione informativa: "componibilità come composizione"* *Firenze Architettura* (Quaderni, 2020), pp. 96-101.

²⁰ Cfr. Bianchini, C., Potestà, G., *BIM for Built Cultural Heritage: Semantic Segmentation, Architectural Stratification and LOD of the Baptistery of San Giovanni in Florence* in Bolognesi C., Villa A. (eds) *From Building Information Modelling to Mixed Reality*, Cham: Springer. pp. 1-17.

²¹ Cfr. Lo Turco M., Calvano M., Giovannini C., Tomalini A. (2021) *AIM! Algorithmic Information Modeling: New Strategies for a Fully Integrated Approach in the Field of Cultural Heritage*, in Bolognesi C., Villa A. (eds) *From Building Information Modelling to Mixed Reality*, Cham: Springer.

²² Cfr. V. Donato, C. Biagini, G. Bertini, F. Marsugli (2017) *Challenges and opportunities for the implementation of HBIM with regards to historical infrastructures: a case study of the ponte Giorgini in castiglione della pescaia (Grosseto – Italy)*, in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-5/W1, 2017 GEOMATICS & RESTORATION – Conservation of Cultural Heritage in the Digital Era, 22–24 May 2017, Florence, Italy*, pp 253-260.

²³ Cfr. Mattia Previtali, Raffaella Brumana, Chiara Stanga and Fabrizio Banfi (2020) *An Ontology-Based Representation of Vaulted System for HBIM*. In *Appl. Sci.* 2020, 10, 1377.

²⁴ Cfr. López, José & Barrera-Vera, José. (2020). *Evaluación de los Sistemas de Mapeo Móvil (MMS) en la documentación gráfica del tholo de El Romeral (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)*. *Arqueología de la Arquitectura*. 095. 10.3989/arq.arqt.2020.004.

²⁵ Cfr. Apollonio F., Gaiani M., Remondino F. (2010) *Una pipeline per l'acquisizione di dati in 3D*, in (a cura di). Benedetti B., Gaiani M, Remondino F. *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*. Pisa: Edizioni della Normale pp. 39-63.

²⁶ Cfr. Daniele Rossi (2010) *Rappresentare le informazioni: interpretare visualizzare, pubblicare i dati geografici*. In (a cura di). Brusaporci S. *Sistemi Informativi Integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*. Roma: Gangemi editore, pp.252-259.

²⁷ Cfr. Osello, A., Ugliotti, F. M (2017). (a cura di). *BIM: verso il ca-*

tasto del futuro. Conoscere, digitalizzare, condividere. Il caso studio della Città di Torino, Roma: Gangemi Editore.

²⁸ Cfr. Dell'Amico A. (2020) *The application of fast survey technologies for urban surveying: the documentation of the historic center of Santa Cruz de Mompox*. In (a cura di). Barba S., Parrinello S. Limongiello M., Dell'Amico A. D-SITE Drones - Systems of Information on cultural heritage. For a spatial and social investigation. Pavia: Pavia University Press.

²⁹ L'acronimo SLAM in materia robotica sta ad indicare "Simultaneous Localization And Map building", ovvero il processo di mappatura robotizzata attraverso l'utilizzo di un robot o un veicolo che senza pilota riesce a navigare un ambiente utilizzando una mappa che viene generata dallo stesso in maniera simultanea.

³¹ Riferimento online: https://www.youtube.com/watch?v=VNOBWQOCV_c

³² Cfr. Andrea Bonavoglia (2003) La corsa digitale di Achille. Risorsa online: <https://www.apogeeonline.com/articoli/la-corsa-digitale-di-achille-andrea-bonavoglia/>

³³ *Ibidem*.

³⁴ Insieme dei punti del piano che soddisfano un'equazione del tipo $ax + by + c = 0$.

³⁵ Cfr. *Forme uniche della continuità nello spazio*. Umberto Boccioni MOMA- Museum Of Modern Art di New York. Fonte online: <http://www.arte.it/opera/forme-uniche-della-continuita-nello-spazio-4685>

³⁶ Cfr. Pancani G., Bigongiari M. (2019) L'espressività del rilievo digitale - possibilità di rappresentazione grafica. In: (a cura di). Susanna Caccia Gherardini, Marco Pretelli, RA Memories on John Ruskin unto this last xxvii. 198-203.

³⁷ Kandinsky W. (1968) Punto linea superficie. Milano: Adelphi Edizioni p.17

³⁸ Cfr. Kandinsky W. (1968) Punto linea superficie. Milano: Adelphi Edizioni pp. 17-54.

³⁹ Cfr. Parrinello S. (2013) *Disegnare il paesaggio*. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi, Edifir, Firenze, pp. 54-56.

⁴⁰ Cfr. Diana Danelli "La realtà alleggerita. Sull'immagine digitale. Risorsa online <http://www.kainos.it/Pages/articolo%20rice06.html>

⁴¹ Roberto Diodato (2005) *Estetica del virtuale*. Milano: Bruno monadori p. 10.

⁴² *Forme uniche della continuità nello spazio, sviluppo di una bottiglia nello spazio, Astratti vuoti e pieni di una testa, Espansione a spirale dei muscoli in movimento, Forme umane in movimento*.

⁴³ Sono state utilizzate due tecniche di stampa 3D: FDM (Modellazione a deposizione fusa) è un processo di stampa 3D in cui il filamento termoplastico viene alimentato da una grande bobina attraverso una testa di estrusore della stampante in movimento e riscaldata e viene depositato sul lavoro in crescita. L'altra tecnica è la fresatura CNC (Computer Numerical Control) di polistirolo denso. Questa tecnica lavora per esportazione è simile alle fresatrici che rimuovono il materiale dai blocchi con taglierine rotanti per rivelare la forma finale.

⁴⁴ Cfr. Raffaella De Marco, Anna Dell'Amico (2020) Connettere il territorio tra patrimonio e informazione: banche dati e modelli per le Cultural Heritage Routes. 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione Congresso della Unione Ita-

liana per il Disegno Reggio Calabria- Messina 17-18-19 settembre 2020. *In corso di pubblicazione*.

⁴⁵ Cfr. Francesca Picchio, (2015) *Scomporre e riconfigurare il paesaggio urbano*. Ambienti virtuali e modelli di analisi per la costituzione di sistemi gestionali, Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Architettura DIDA, Dottorato di Ricerca in Architettura, indirizzo in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente Settore disciplinare ICAR 17, Tesi di Dottorato di Ricerca D.P.R. 11/7/1980 - Ciclo XXVIII - Novembre 2015.

⁴⁶ Cfr. Maurice Murphy, Eugene McGovern, Sara Pavia (2013) *Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 76 (2013) 89–102.

⁴⁷ G. Stiny all'interno di *Introduction to shape and shape grammars*, in *Environment and Planning B*, 1980, volume 7, pages 343-351, definisce ed indaga i formalismi della grammatica della forma e le definizioni e le idee su cui si basa. Stabilendo il meccanismo formale per la definizione algoritmica dei linguaggi di disegni spaziali bidimensionali e tridimensionali.

⁴⁸ Fabrizio I. Apollonio (2012) *Strutture semantiche di modelli digitali 3D di opere Palladiane*. In *Palladio Lab. Architetture palladiane indagate con tecnologie digitali*. pp. 28-26.

⁴⁹ Cfr. Raffaella De Marco, Anna Dell'Amico (2020) *Connettere il territorio tra patrimonio e informazione: banche dati e modelli per le Cultural Heritage Routes*. 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione Congresso della Unione Italiana per il Disegno Reggio Calabria- Messina 17-18-19 settembre 2020. *In corso di pubblicazione*.

⁵⁰ Cfr. Maurice Murphy, Eugene McGovern, Sara Pavia (2013) *Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 76 (2013) 89–102.

⁵¹ Giedion S. (2016) *Spazio, tempo architettura* Milano: Hoepli Editore p. 12

⁵² Cfr. Antonino Saggio (2010) *Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica*. Roma: Carocci pp.435-437.

⁵³ Antonino Saggio (2010) *Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica*. Roma: Carocci p. 436.

⁵⁴ Kirsten Kiser *Blur Building*. Fonte online <https://dac.dk/en/knowledgebase/architecture/blur-building/>

⁵⁵ *Ibidem*.

⁵⁶ *Ibidem*.

⁵⁷ Antonello Marotta (2005) *Diller+Scofidio. Il teatro della dissolvenza*. Roma: EdilStampa.

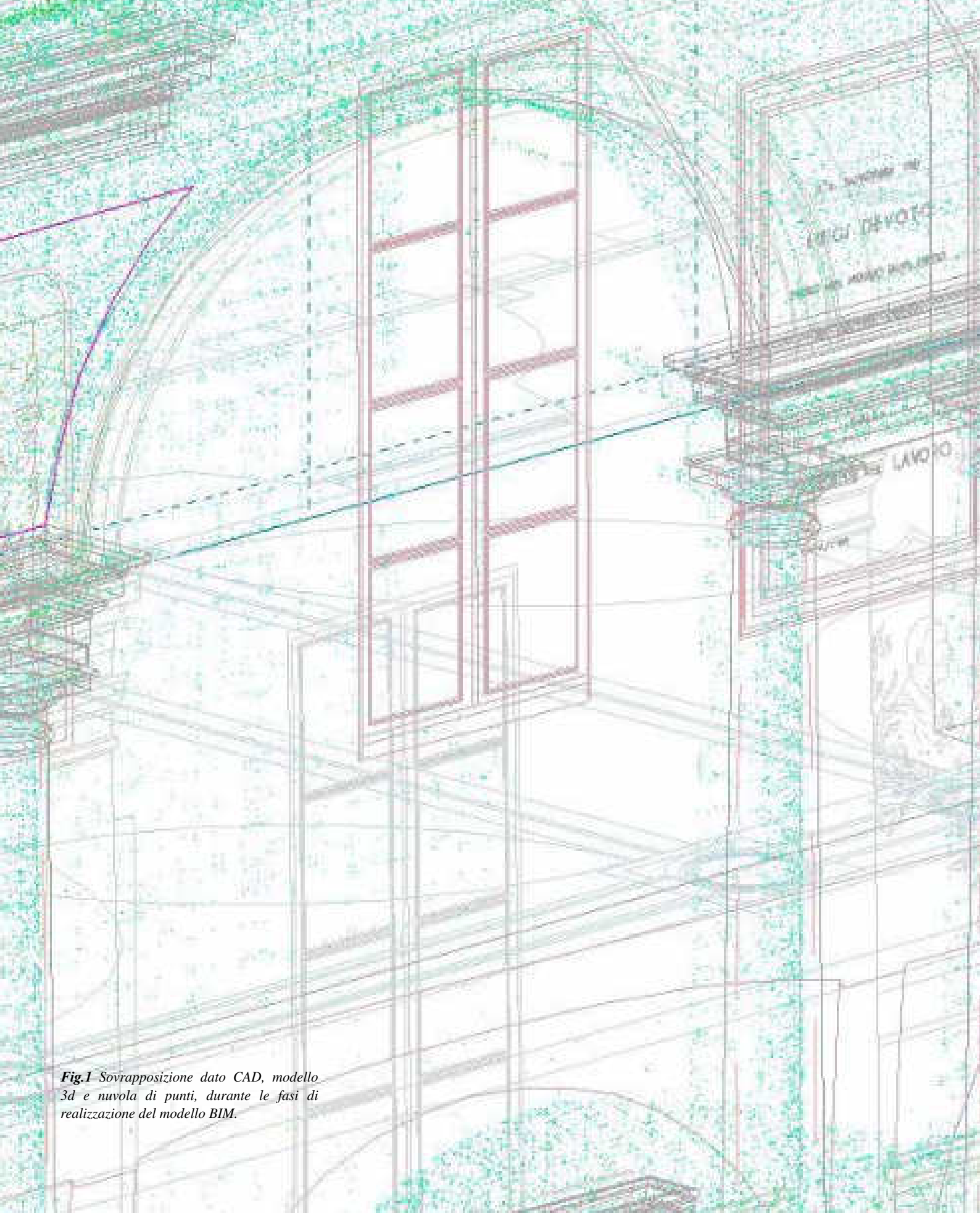


Fig.1 Sovrapposizione dato CAD, modello 3d e nuvola di punti, durante le fasi di realizzazione del modello BIM.

CAPITOLO IV

LE N DIMENSIONI DEL SISTEMA INFORMATIVO HBIM

Fenomeni complessi non possono essere compresi senza ricorrere alla ricerca che Descartes chiamava conoscenza profonda. Secondo Cartesio la realtà esiste solo in quanto filtrata dalla nostra persona *“prima del pensiero pensante incontriamo l’affermazione dell’essente esistente, l’unico che davvero può dubitare, perchè una mente pura non avrebbe nulla da dubitare; in fondo non saprebbe neppure di cosa dubitare”*¹.

Nell’azione della conoscenza attraverso l’applicazione di un metodo di indagine scientifica si procede attraverso la costruzione di modelli.

Nella composizione dei modelli tridimensionali ritroviamo il paradigma di semplificazione definito dalla teoria di Morin² *che in base alla concezione di mondo della scienza classica produce una visione deterministica del mondo fisico che si declina in base al principio di riduzione ed a quello di disgiunzione. Questo paradigma, orienta l’indagine della conoscenza di ogni singolo stato dell’universo, attraverso l’individuazione di un insieme finito di categorie teoriche unitarie, definitive e generali. In questo senso, solo le leggi eterne e universali hanno potuto garantire l’intelligibilità del mondo, accessibile ad ogni livello spaziale e temporale, indipendentemente dal punto di vista dell’osservatore.*³

Nell’ontologia BIM il concetto di *dimensione*⁴ oltrepassa il significato intrinseco di misura. Oltre al riferimento alla geometria, alla forma e dunque alle connotazioni spaziali del modello, si aggiungo ulteriori dimensioni connotate in uno spazio razionale e relazionale, informativo. La connotazione dinamica, di un luogo adimensionale, come quello che caratterizza gli ambienti digitali presuppone un’analogia con una multidimensione simile agli spazi di astrazione matematica. Oltre alla propensione del modello di accrescersi, tendendo all’infinito, con dati e ambienti digitali posti all’interno dei propri elementi geometrici, è possibile esperire un’ulteriore dimensione connettiva che riguarda la fruizione con il modello stesso.

La possibilità di una interconnessione multipla poi, amplifica in modo esponenziale la complessità di dati risultanti che da tale sistema possono emergere. Trattandosi di un sistema di

rappresentazione, il cui fine è costituirsi come piattaforma comunicativa, è forse possibile asserire che nei modelli BIM si anima un dibattito culturale che unisce le logiche grafiche formali della rappresentazione con le complessità tecnico culturali dei sistemi di comunicazione e informazione. Pur tendendo a semplificare il più possibile tali variabili, mediante protocolli che standardizzano un linguaggio non solo grafico, l’accidentalità e la componente culturale, propria di operatori che si interconnettono ad una portata globale, produrrà come risultato infiniti paesaggi. Si tratta di un potenziale espressivo che lega ad un disegno e ad un discorso, che ha come tema l’architettura e le sue componenti tecnologiche e gestionali, per la prima volta in forma così diffusa e facilitata, dialoghi e metodi potenzialmente molto diversi tra loro. Ecco quindi che la dimensione geometrica, volta a qualificare ambienti e livelli di approfondimento che legano l’infinitamente piccolo all’infinitamente grande, trova per ciascuno di essi, un ulteriore livello di complessità che si stratifica sopra il disegno, arricchendolo di contenuti.

Ecco perché, in un processo di standardizzazione, le logiche dei protocolli BIM cercano, in assoluta controtendenza con lo sviluppo di potenzialità dei modelli stessi, di definire un numero di categorie preciso all’interno delle quali far rientrare e, al contempo limitare, le possibili variabili.

Le categorie dimensionali attribuite al protocollo di analisi BIM sono sette⁵ e si riferiscono a livelli e fasi informative rilevanti, necessarie per la pianificazione, la costruzione e il funzionamento di un edificio.

Le sette dimensioni del protocollo corrispondono alle fasi di sviluppo di un ipotetico lavoro, generando corrispondenze di tipo documentale con la realizzazione del modello.

Tale struttura viene definita preliminarmente durante le fasi di programmazione del lavoro. Il non utilizzo degli *standard* di normazione per i protocolli di informatizzazione del patrimonio costruito si riflette in schemi dimensionali generati in base alle specifiche esigenze secondo linee guida realizzate *ad hoc*.

I protocolli di *Building Information Modeling* ambiscono ad integrare una descrizione geometrica ad un entità⁶ di tipo

semantico. La semantizzazione delle componenti costruttive e una qualificazione dei caratteri tecnici dell'edificio supporta una logica progettuale analitica per letture di tipo tecnico, quali considerazioni sui materiali, sul dimensionamento, sul comportamento strutturale e, più in generale, sulle tempistiche di cantiere. In questo sovrappopolamento di dati è essenziale la gestione della dimensione temporale, di una *stabilitas loci* connessa all'entità architettonica (4D) e di una vincolata al progetto e alle sue articolazioni (6D). Nella componente temporale si riflette una dimensione immateriale: le azioni e i processi di sviluppo dell'edificio nel proprio decorso storico sono archiviati e documentati con specifici valori correlati al bene.

La complessità aumenta dunque nel caso del HBIM, quando l'oggetto dell'indagine non è un edificio che deve essere costruito, ma un'architettura che ha avuto un proprio sviluppo storico. Il quadro conoscitivo necessario a definire l'identità di tale architettura si fonda sull'integrazione di dati eterogenei tra i quali rientrano rilievi e informazioni depositate presso archivi di vario genere. Queste informazioni non risultano sempre reperibili e pertanto la ricostruzione delle vicende storiche di una determinata fabbrica costituisce un'indagine assai complessa e mai priva di lacune.⁷

Molte delle realizzazioni pratiche che modificano in fase di cantiere la costruzione di un'opera, o un'alterazione dovuta ad opere di mantenimento, producono una stratificazione di alterazioni delle quali non resta alcuna traccia, se non all'interno delle murature.

Nella fase di progettazione, in edilizia, l'elemento motore è l'atto di produzione. Due sono gli aspetti che possono subire delle innovazioni: i materiali, che tramite l'evoluzione tecnologica evolvono gli standard di innovazione, e i processi, in cui il modificarsi delle modalità di esecuzione tende al risparmio di tempo nell'impiego dei prodotti usati.

Un esempio che esula dall'ambito edilizio, sul concetto di standardizzazione in rapporto all'innovazione del prodotto e del processo, viene riportato da Carlo Bianchini, che evidenzia come IKEA sia un esempio di evoluzione di un processo di industrializzazione per la vendita dell'arredo⁸. Il progetto di distribuzione aziendale IKEA ha portato sia ad un'innovazione del prodotto, immettendo nel mercato una tipologia di mobili *low cost* che sono prodotti e venduti, sia ad un'innovazione del processo, tramite la standardizzazione dei negozi replicati sullo stesso disegno nei diversi paesi di distribuzione. IKEA non solo ha standardizzato i negozi e i magazzini secondo dei codici di linguaggio propri del *brand*, ma ha adottato una *business strategy* che ha previsto la standardizzazione dei

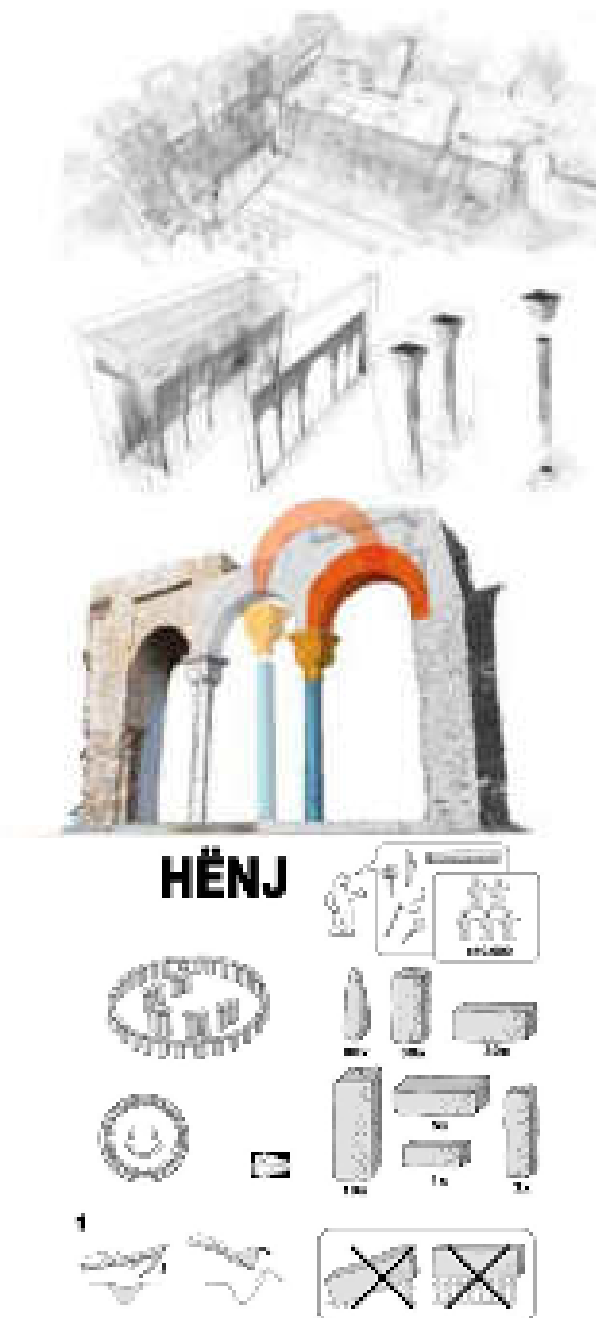


Fig.2 Il concetto di scomposizione semantica degli elementi è volto a definire le caratteristiche qualitative e a definire le tipologie di informazioni che ciascun elemento deve rappresentare dal punto di vista grafico delle forme e dal punto di vista delle informazioni qualitative ad esso associate. È attraverso la scomposizione che si ottiene una comprensione più approfondita del sistema costruito, azione necessaria, per la strutturazione della copia digitale.

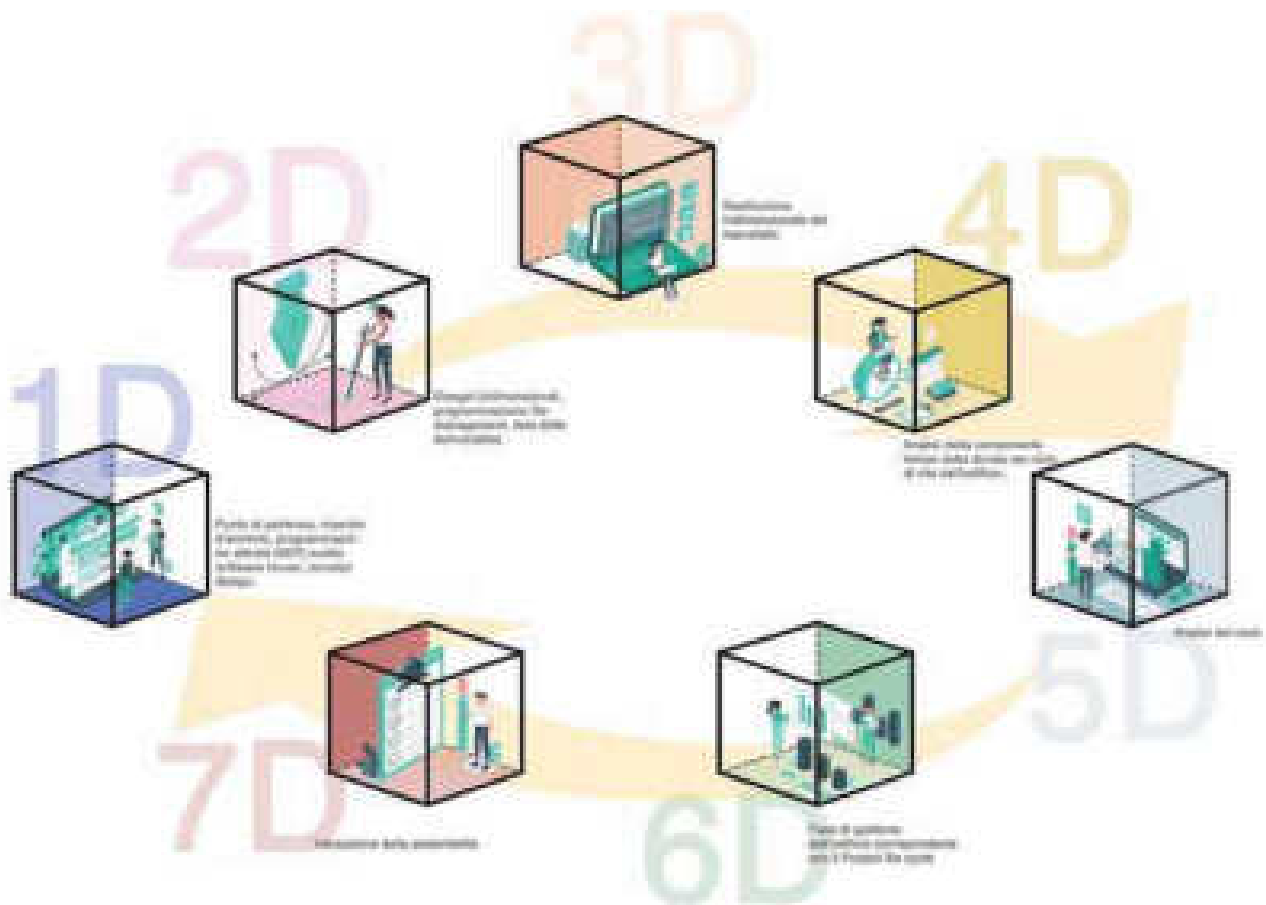


Fig.3 Le sette dimensioni del modello BIM.

protocolli di assemblaggio e montaggio dei mobili, rendendo l'azione di arredare gli ambienti un'azione indipendente e autonoma guidata da un linguaggio di comunicazione studiato per essere chiaro ed esaustivo⁹. Nell'edilizia le pratiche costruttive incidono in maniera significativa sulla qualità finale del progetto. Tali pratiche possono essere considerate ed ottimizzate attraverso simulazioni mediante il sistema informativo parametrico. Il BIM si basa su azioni ordinate sulle 7 dimensioni che analizzano il ciclo di vita dell'edificio esplicitando un *modus operandi* di stampo anglosassone in cui il *turn over* dei processi dell'edilizia di nuova costruzione vede o la costruzione di edifici prefabbricati o la demolizione e la successiva ricostruzione di edifici ormai considerati vetusti o decadenti. Il processo di costruzione della vita degli edifici attraversa una sorta di circolarità che termina con la fase di demolizione e la successiva ricostruzione di un edificio ormai diventato obsoleto.

Tale volontà di ottimizzazione e risparmio su tempi e costi di progetto è stata accolta dall'UE, ma è indispensabile valutare la complessità applicativa di questa rivoluzione nei diversi paesi europei, in particolare in quelli in cui gli interventi di restauro, adeguamento, ricostruzione e di manutenzione straordinaria. Una rivoluzione che condiziona tutti gli attori che prendono parte al complesso meccanismo di controllo sui beni culturali e che richiede dunque un profondo aggiornamento di competenze e di strumenti presso enti pubblici e privati. In Italia inoltre il tessuto degli operatori riguarda per lo più piccole e medie imprese e una costellazione decisamente vasta di liberi professionisti che seguono i diversi cantieri, in assenza di una filiera preparata a questo rinnovamento tecnologico.

A differenza del caso americano in Italia l'80% degli interventi è costituito da opere sul patrimonio esistente e l'atto di costruzione di un edificio è un atto di permanenza.

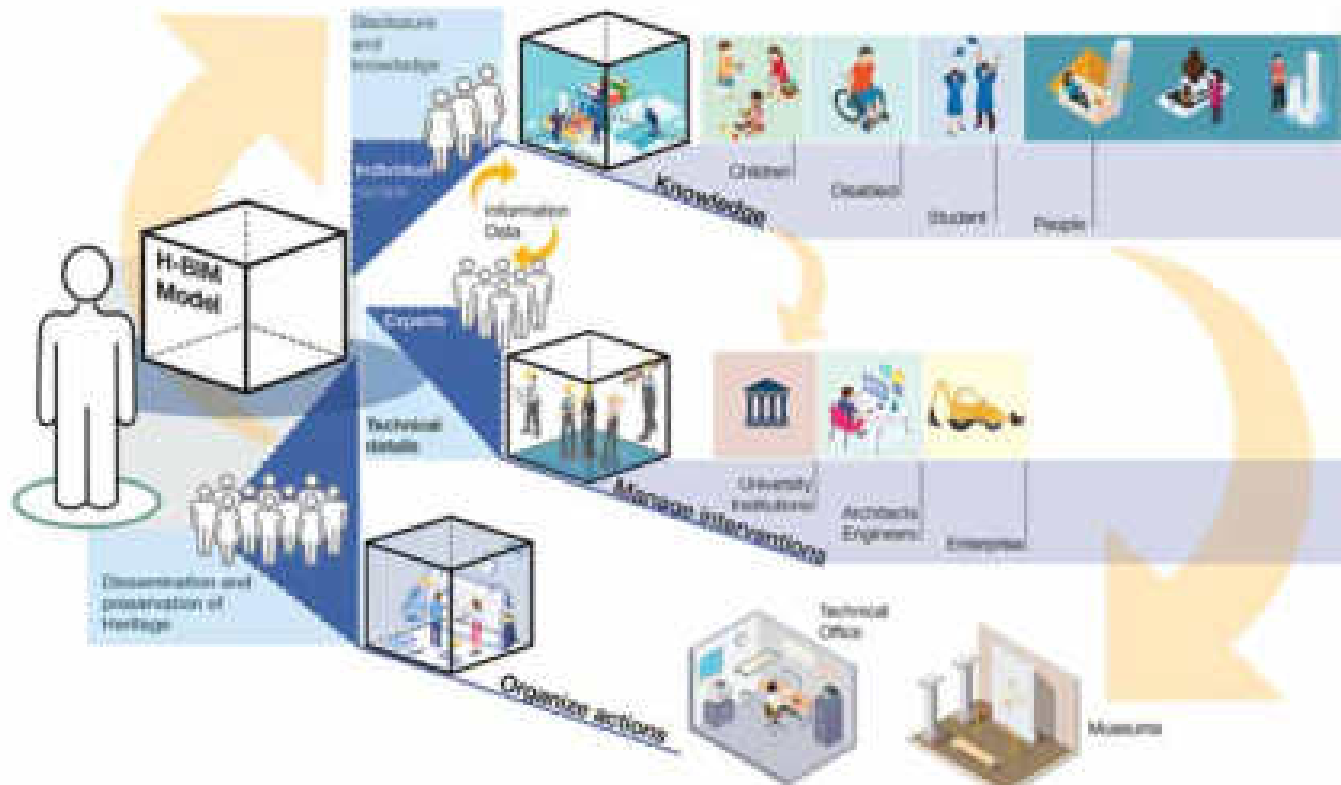


Fig.4 Il modello parametrico non ha solo la finalità di rappresentare l'architettura ma permette a più persone di lavorare, cooperare e collaborare, attraverso lo stesso linguaggio su un'unica piattaforma di modello. Quindi con le diverse finalità da quelli più connessi alle opere dei lavori e alla gestione del sistema architettonico a quelli di valorizzazione, attività didattica espositiva e divulgativa.

Regolamentato dalla legislazione che pone il vincolo di "edificio storico a qualunque bene, anche se non abbia oggettivamente i connotati di bene culturale, purché sia stato creato da più di 50 anni, va assoggettato alla disciplina dei beni culturali"¹⁰. È dunque facile comprendere quali difficoltà di applicazione un protocollo standardizzato produca nel momento in cui le opere prevedano la modifica di un complesso costruito, di cui diventa difficile poter conoscere in maniera approfondita tutti i dettagli tecnici e tecnologici¹¹. Un modello HBIM, teso dunque a rappresentare un edificio esistente, presenta un limite oggettivo alle possibilità di conoscenza in assenza di azioni invasive.

il problema sul modello è di tipo ontologico e l'azione di ricercatori e professionisti è quella di ricercare una soluzione che mitighi questa carenza. Nel caso dell'HBIM il modello diventa sinonimo di conoscenza e tale forma di conoscenza avviene nella simulazione virtuale delle forme.

Documentare la morfologia geometrica mediante un rilievo digitale produce un quantitativo di dati che devono essere interpretati, selezionati e sintetizzati per dare forma ad un disegno che è rappresentazione dell'esistente e strumento di comunicazione.

Il modello, inteso dunque come strumento di indagine condivisa mediante piattaforma comunicativa, costituisce la premessa alla formulazione di rinnovati scenari informativi che propendono all'utopia.

Databases digitali, costruiti in funzione di una struttura semantica che ripropone, nelle forme, ambientazioni virtuali che simulano lo spazio reale, suggeriscono l'idea di una città interamente monitorabile.

Nel Grande Fratello Orweliano¹² di stampo tecnicistico, l'architetto e l'ingegnere costituiscono la chiave interpretativa di un mondo che sperimenta, prima digitalmente, le sue innovazioni e che poi le ripropone, come ricaduta a seguito

di una validazione sempre digitale, con una ripercussione nel reale.

Azioni di censimento e schedatura sono tradotte in *database* digitali composti da schede che racchiudono all'interno informazioni tipologiche, costruttive e strutturali, integrando il più possibile archivi esistenti nei quali si trovano informazioni storiche, valori catastali ecc. Questo è sempre più necessario per evitare il disperdersi dei dati, progettando un sistema collaborativo multidisciplinare che di per sé rischia di aggiungere entropia al tema della raccolta di informazioni sul paesaggio urbano. Mitigare gli effetti negativi delle opere di trasformazione e rinnovamento urbano è una delle priorità di questa azione che ha come ricaduta non secondaria l'aggiornamento e la digitalizzazione di un processo di documentazione millenario¹³. Se non si pensa ad accidentali errori di sistema, come accade nel noto film di fantascienza *Rollerball*¹⁴, nel quale viene persa in un solo istante l'intera memoria del tredicesimo secolo, è possibile affermare che questa rivoluzione digitale riguarda strutturalmente le forme della rappresentazione, ponendo a contatto l'immagine con il suo contenuto esplicito. In questo binomio si concretizza dunque un percorso che sulla stessa immagine ha fondato per secoli l'evoluzione di un pensiero scientifico che semplicisticamente potremmo definire occidentale. Il BIM, che apparentemente produce una semplificazione delle forme in contrasto con quella logica di racconto dell'imperfezione tanto cara alla scuola del restauro e del rilievo architettonico¹⁵, propone un disegno multidimensionale in grado di esplicitarsi nella duplice direzione, verso il dettaglio, e verso il contesto, con un'affidabilità molto superiore. Questa affidabilità, non risiede necessariamente nella precisione grafica, benché possa farlo, ma piuttosto nella capacità di interconnettere il disegno ed il tempo controllando le azioni che di volta in volta si aggiornano nella memoria stessa del modello. Con il BIM il disegno si afferma dunque come elemento ordinatore di una complessità che si estende oltre i limiti dell'architettura per raggiungere altre discipline divenendo sistema organizzativo di ambiti territoriali e, più in generale, puntando a ordinare ed esplicitare sistemi culturali.



Fig.5 Il Grande fratello Orweliano.

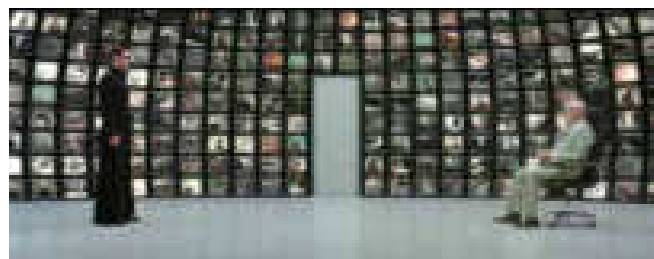


Fig.6 In Matrix l'incontro con la figura "dell'architetto" avviene in uno spazio asettico ma bombardato da monitor che registrano le informazioni del mondo.



Fig.7 L'archivio della memoria del secolo nel film Rollerball.

4.1 I PRINCIPI DELLA MODELLAZIONE DAL MODELLO ESPLICITO AL MODELLO PARAMETRICO

La struttura geometrica tridimensionale di un edificio è un prerequisito fondamentale per il Building Information Modeling. La rappresentazione di caratteri morfometrici e geometrici di un sistema è descritta attraverso un modello che prevede approcci espliciti ed impliciti nei confronti delle sue componenti, includendo una flessibilità dovuta a parametri di modifica¹⁶.

Esplicita è la vettorializzazione delle forme e la definizione di limiti all'interno dello spazio digitale. Implicita è la qualità definita da queste stesse forme e che riguarda perlopiù il carattere delle opere rappresentate. Parametrica è infine l'interconnessione tra le precedenti qualità, che avviene mediante la possibilità di interagire su di una attraverso l'altra e la possibilità di modificare radicalmente l'immagine e la forma sulla base di caratteristiche finite.

Il dato modellato ed esplicitato è interpretazione sintetica che avviene nel momento in cui si traccia una linea di congiunzione tra i diversi punti che rappresentano la digitalizzazione dello spazio reale. Si ricorda l'inversione metodologica che qualifica i sistemi BIM: mentre l'iter di modellazione digitale tradizionale prevede l'estrusione di solidi e superfici a partire da una traccia definita, da una lucidatura di un disegno bidimensionale di planimetrie, sezioni e prospetti, i sistemi BIM nascono per un'inversione di processo dove tutti gli elaborati grafici bidimensionali "dovrebbero" essere dedotti direttamente dal modello tridimensionale costruito, garantendo una maggior coerenza tra gli elaborati tecnici e riducendo possibili ridondanze.

La funzionalità di tale sistema è evidente se riguarda il modello di un edificio che giorno dopo giorno viene ideato e progettato sulla base delle diverse esigenze condivise da un team di tecnici.

Nella gestione di un progetto le modifiche di ciascun lemma comportano il dover interagire con numerosi elaborati tecnici separatamente. Al contrario con lo strumento comunicativo condiviso BIM la modifica di un determinato elemento avviene direttamente in ambiente tridimensionale, generando una corrispondenza biunivoca tra modello ed elaborati tecnici risultanti.

Mentre per i sistemi grafici CAD due semirette parallele diventano graficamente il simbolo di un muro, nella metodologia BIM i due vettori muro assumeranno la tridimensionalità arricchita dai contenuti, ovvero dagli attributi relativi a quel muro specifico.

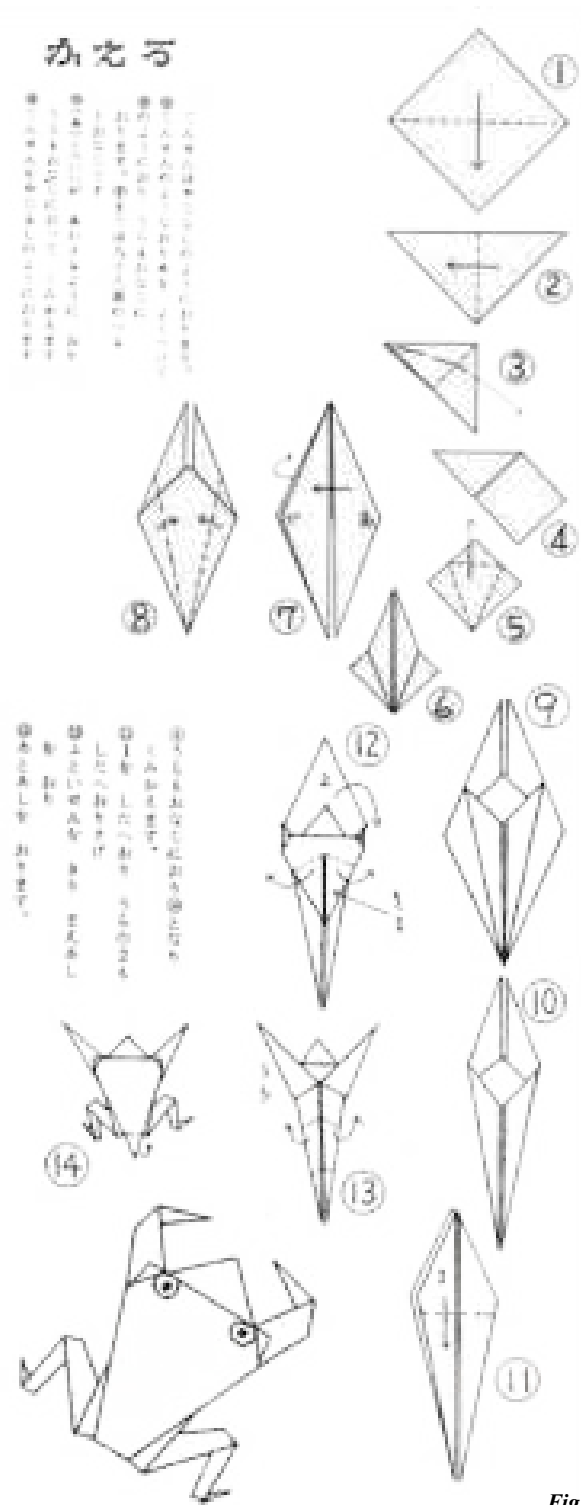


Fig.8

L'uso della tridimensionalità diviene fondamentale allo scopo di virtualizzare l'oggetto.

La bidimensionalità è un'astrazione del reale e se pur tale astrazione concretizza la modalità comunicativa mediante la quale è possibile parlare, l'architettura del nostro cervello è per natura abituata a vedere e percepire gli oggetti in tre dimensioni. Naturalizzare l'astrazione grafica della narrazione architettonica, riportando il linguaggio costruttivo del disegno ad una configurazione tridimensionale, è uno degli obiettivi promossi dai sistemi BIM, che sfruttano questo concetto per la simulazione informatica delle diverse entità architettoniche.

La rappresentazione opera attraverso la realizzazione di un modello, nell'accezione del termine [dal latino *modēllus*, dim. di *modūlus*: v. modulo], *“In genere, qualsiasi oggetto reale che l'artista si propone di ritrarre, o che un artigiano, un operaio abbia dinanzi a sé per costruirne un altro uguale o simile, con la stessa materia o con materia diversa, nelle stesse dimensioni o in dimensioni diverse, generalmente maggiori: studiare, analizzare, interpretare, ritrarre il m.; copiare fedelmente il m.; attenersi al modello. Nella scultura, anche l'esemplare di un'opera, foggiate in creta, gesso, cera o altra sostanza plastica e condotto a termine in ogni sua parte, destinato a servire di base all'esecuzione definitiva dell'opera stessa quando questa dovrà essere tradotta in altro materiale (marmo, pietra) o fusa in bronzo.”*¹⁷

Sia nel caso di rappresentazioni di tipo bidimensionale sia attraverso la simulazione della realtà utilizzando il disegno di tipo tridimensionale, tale operazione utilizza l'applicazione di codici di rappresentazione seguendo dei modelli che definiscono il linguaggio di lettura e di interpretazione del disegno. Qualunque approssimazione o astrazione della forma si orienta su dei modelli. Il disegno esprime questa critica interpretazione dello spazio mediante l'applicazione di codici di rappresentazione che definiscono una grammatica, un linguaggio che, in quanto tale, può essere letto e interpretato. La molteplicità degli attributi e delle letture di un oggetto reale nel suo *twin* digitale rappresentato nell'oggetto BIM come simulazione di entità esistenti contenendo l'intera complessità degli attributi, oppure una parziale descrizione progettata sulla base di una discretizzazione, che mira a scegliere quali aspetti e categorie di elementi attribuire ai modelli. Definendo una scala di livelli il passaggio da un livello all'altro dipende sia dalla quantità di attributi che un oggetto BIM possiede che dalla loro qualità, in senso di affidabilità del dato¹⁸.

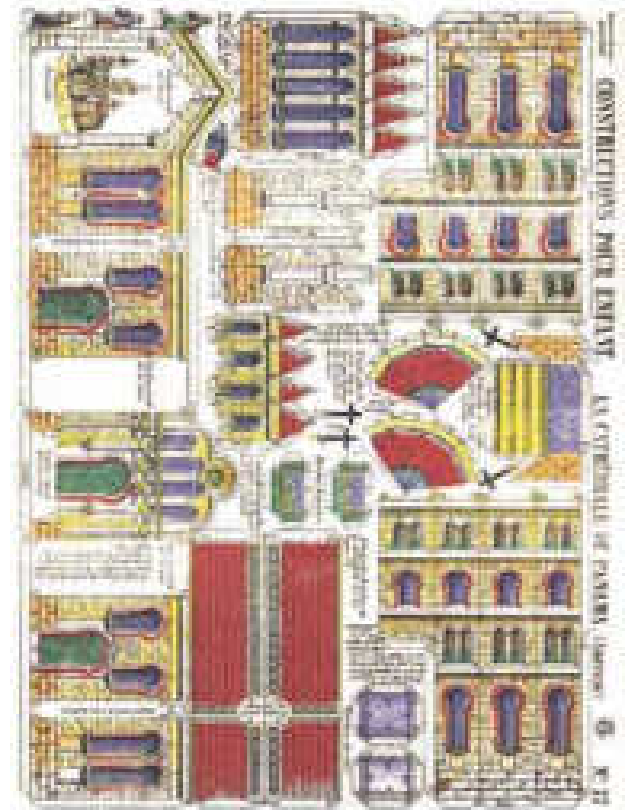


Fig.8-9. Come avviene nei processi di costruzione dei modelli di carta anche il modello virtuale deve essere sotto posto ad un'analisi critica di scomposizione degli elementi per poter poi esser riassemblati insieme in un unico sistema di modello. Fig. 8. Illustrazione di Bruno Munari. *“Ai bambini nelle scuole elementari giapponesi si insegna a giocare e costruire origami. I bambini così educati avranno un maggior senso della precisione e sapranno con facilità trasformare un oggetto bidimensionale in un oggetto tridimensionale.”* B. Munari *“Fantasia”* pp.170-171.

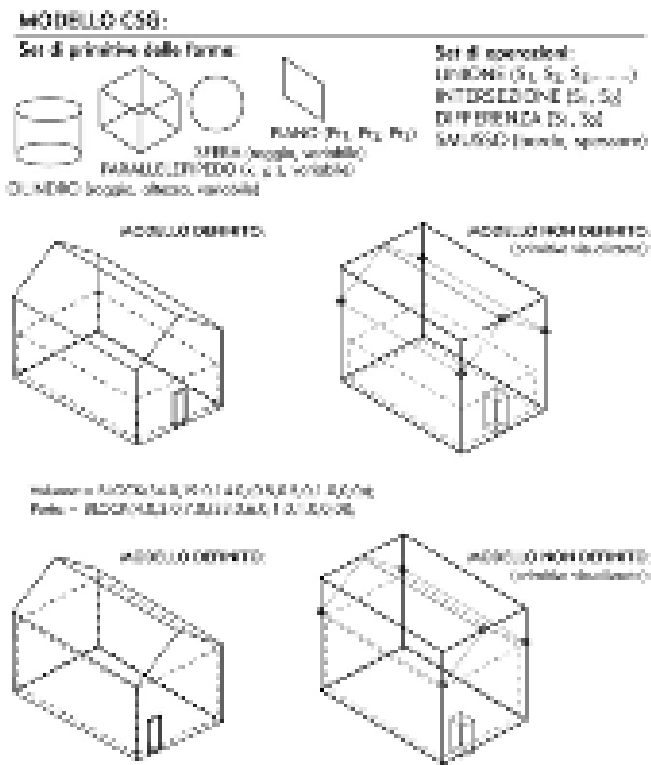


Fig.10 Set di sistema delle forme primitive e operazioni per l'approccio di tipo CSG. Nei parametri di ogni forma vengono inclusi i parametri che permettono il collocamento nello spazio 3D. © Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.

La scatola 3D diventa strumento di determinazione delle qualità, in termini di livelli di dettaglio e delle quantità in termini di volume e superfici degli elementi di modello. La corrispondenza biunivoca tra reale-modello e modello-reale nel processo di costruzione (punti, linee, superfici, informazioni) si manifesta nelle forme nei materiali che descrivono gli elementi. Nei protocolli di modellazione è necessario imporre alla base del progetto di disegno delle regole conformi agli standard, tra cui dichiarare la tipologia di approssimazione delle forme in base alle finalità. L'impostazione di un progetto grafico su normati livelli informativi conferisce ai modelli una maggiore performance in risposta agli obiettivi, corrispondendo ad un aumento o ad una diminuzione degli attributi descrittivi, una più appropriata capacità di sintesi. La narrazione più realistica possibile includerà informazioni sui materiali e sulle loro qualità superficiali, evocando

immagini che sempre più non sembrano disegni al computer. Analisi tecniche molto specifiche richiedono strumenti che non necessitano di simulare la condizione realistica di un determinato elemento ma, al contrario, mirano ad alterarne gli aspetti e le peculiarità per favorire letture tematiche più funzionali alla sintesi della complessità. Nei modelli utilizzati per lo sviluppo di calcoli strutturali ad esempio sono gli stessi strumenti di calcolo che richiedono l'utilizzo di modelli che astraggono e semplificano le forme del costruito per simulare comportamenti statici e dinamici delle opere¹⁹. Per comprendere adeguatamente le capacità degli strumenti di modellazione e dei formati di scambio, è necessario conoscere i principi di base della modellazione geometrica assistita dal computer, questo capitolo ne riporta una breve trattazione, data la vastità dell'argomento. Parlando di modello e dell'azione di modellazione, si fa in maniera implicita riferimento all'atto di schematizzare delle forme, tramite la ricerca di una struttura approssimata che rappresenti l'oggetto da raffigurare. Zevi all'interno della sua trattazione su *Il Saper vedere l'architettura* affermava - *Guardando le forme architettoniche noi vibriamo in simpatia simbolica con loro, perchè esse suscitano delle reazioni nel nostro corpo e nel nostro animo. Partendo da queste considerazioni, la simpatia simbolista ha tentato di ridurre l'arte in una scienza*²⁰. Nell'azione di osservare andiamo ad associare implicitamente una sintesi di forme semplici che descrivono l'oggetto: linee verticali, drette, curve elicoidali, solidi, cerchi, sfere, in una grammatica definita dalle proporzioni che scandiscono le forme presenti nell'ambiente naturale ed antropizzato²¹. L'azione di approssimazione strutturale viene adottata anche durante il calcolo grafico che è alla base delle operazioni di costruzione del modello. Nello spazio digitale i modelli sono rappresentati sulla base di una struttura di riferimento²² basata su coordinate cartesiane o su coordinate polari. Esistono diverse tipologie di strutture di sistema: La struttura *Boundary Representation model* (B-Rep) rappresenta le figure solide mediante una descrizione della composizione dell'oggetto identificato da una lista di vertici (che delineano i lati) e una lista di lati che delineano le facce. Gli oggetti sono così sintetizzati in un modello poligonale. A partire da queste strutture si sono sviluppati i V-F-E (Vertex-Face-Edge) che implementano il modello attraverso tabelle di associazione vertice-coordinate²³. La struttura *Constructive Solid Geometry* (CSG) ha una conformazione ad albero basata sulla combinazione di solidi esistenti mediante operazioni di fusione ed estrapolazione. Questi processi di trasformazione traducono l'attività di modellazione in un

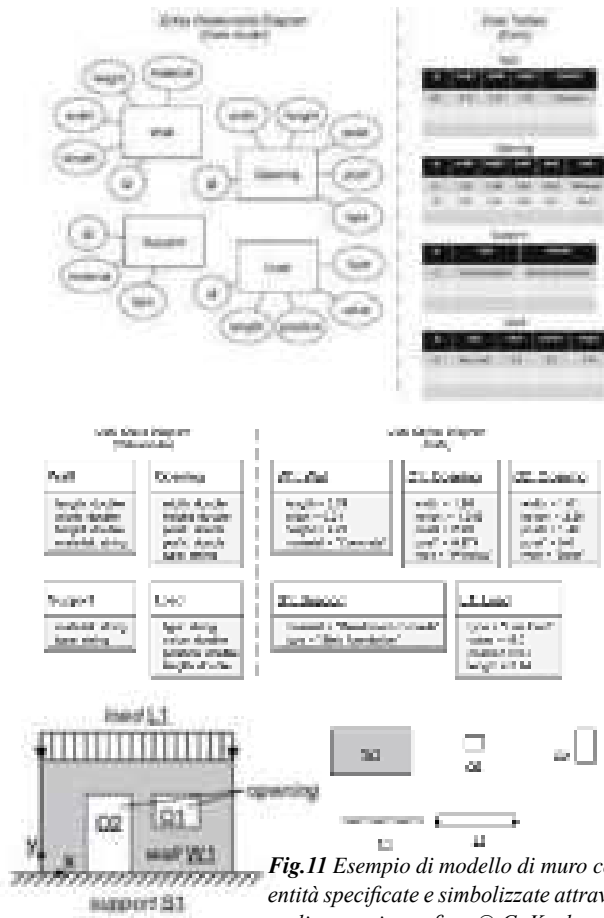


Fig.11 Esempio di modello di muro con le entità specificate e simbolizzate attraverso un linguaggio grafico. © C. Koch and M. König.

sistema computazionale che, in logica con il modello di Marr, prevede la definizione di diagrammi costruttivi ad albero, dai quali dipendono le componenti formali del corpo 3D. Il diagramma ad albero ha come “radice” il solido composto e come “foglie” associate i solidi primitivi. In questa conformazione i solidi combinati tra loro tramite operazioni booleane, generano un solido finale visivamente complesso²⁴. Attraverso i metodi espliciti di modellazione viene formata la struttura geometrica di base le forme sono definite dagli oggetti di modello. Queste forme in maniera implicita forniscono delle informazioni qualitative del modello. Il modello da entità astratta viene qualificato da attributi attraverso l’uso di specifici parametri direttamente associati all’oggetto prestando attenzione ai principi figurativi generici. Un approccio convenzionale alla costruzione di modelli 3D è la modellazione solida, anche definita come *Solid Geometry*,

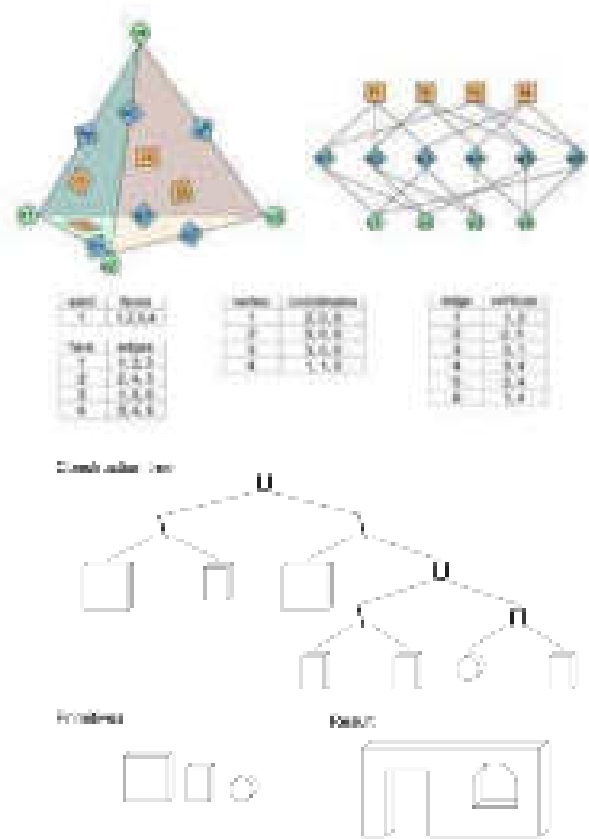


Fig.12 Una semplice struttura dati BRep contenente le informazioni necessarie per descrivere una piramide. Il Vertex-Edge-Face-Graph descrive la relazione tra i vertici, i bordi e le facce, e quindi la topologia del corpo. © S. Vilgertshofer.

che impiega forme poliedriche e le altera per costituire spazi complessi. Dalla definizione di poligoni o solidi generati per estrusione, i programmi di modellazione solida prevedano la possibilità di combinare diverse azioni che alterano le forme mediante funzioni booleane. Le interazioni con le figure geometriche riguardano le possibilità di unione, intersezione, sottrazione, arrivando così a poter combinare ed assemblare tra loro forme semplici per creare elementi composti, controllabili metricamente. Sia i sistemi CAD che quelli BIM sfruttano una logica computazionale nella definizione geometrica delle forme. Nella fase di costruzione degli elementi, appartenenti alle diverse famiglie per quanto riguarda i sistemi BIM, sono applicabili parametri di modellazione. Nella modellazione *in place*, realizzata al di fuori della gerarchizzazione formale delle famiglie, software come Revit forniscono strumenti per

la generazione di geometrie 3D a partire dal delineamento di un profilo bidimensionale trasformato poi nelle tre dimensioni mediante operazioni di estrusione, rivoluzione o unione tramite percorso.²⁵

4.1.1 Il modello esplicito

Nelle rappresentazioni grafiche si opera una sintesi delle complessità spaziali, attraverso l'adozione di strutture matematiche che discretizzano il dato, forzato dall'applicazione di un modello matematico. Nell'ambito tridimensionale la semplificazione avviene anche per rendere il modello più controllabile. Se nell'ambito bidimensionale per avvicinarsi alla figura reale la linea viene spezzata in tanti segmenti, nelle tre dimensioni sono le facce del poligono che vengono scomposte in tanti sottopoligoni, in modo da plasmare la superficie originale nel modo più aderente possibile (griglie triangolari o quadrilateri), più la griglia sarà fitta e più il modello sarà aderente, dettagliato e conforme al modello reale. La riduzione del modello a schematismi rigidi aiuta la gestione e l'efficienze in fase di rappresentazione digitale tridimensionale.

In accordo con Calvano il disegno esplicito è definito come - *un metodo di rappresentazione dei modelli per cui l'attenzione del disegnatore è rivolta non solo al risultato formale, ma anche alle procedure che hanno generato l'immagine*²⁶ - Il principio di base implica la definizione di una gerarchia di elementi definiti come elementi di rappresentazione di confine (vertice, linea, bordo, faccia, del corpo) in cui ogni elemento è descritto da elementi del livello sottostante, cioè il corpo è descritto dalle sue facce, ogni faccia dai suoi bordi, ogni bordo da un vertice iniziale e finale. Il corpo è formato dalle facce che lo racchiudono, le superfici dai bordi che lo delimitano e ogni bordo ai suoi vertici iniziale e finale. In un sistema di relazioni atto alla definizione della topologia del corpo modellato descritto dal grafico vertice-bordo-faccia (*grafico vef.*)

Il corpo quando descritto da forme planari le informazioni geometriche sono descritte tramite nodi che si qualificano in punti di coordinate geometriche, se le superfici sono curve sono utilizzate informazioni geometriche, funzioni matematiche di descrizione dell'andamento della curvatura. La struttura dati utilizzata per descrivere le informazioni topologiche assume solitamente la forma di elenchi di lunghezza variabile. Questa struttura di dati è, tuttavia, adatta solo per descrivere corpi semplici senza ritagli o aperture. Per descrivere volumi più complessi, il modello di dati deve essere esteso²⁷. Una variante della rappresentazione del contorno è la descrizione

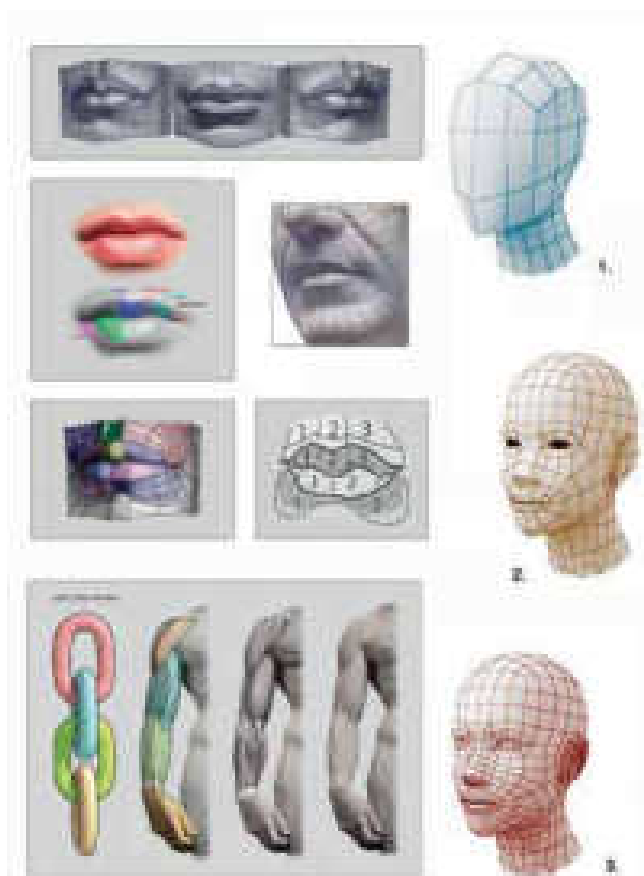


Fig.13 Esempi di modelli mesh e di semplificazione e associazione geometrica delle forme.

tramite la modellazione di tipo numerico della superficie di un corpo attraverso la *mesh* triangolare.

In questo caso i modelli costruiti assumono un valore espressivo: i modelli oltre ad essere espressione della forma geometrica semplificata descrivono la trama superficiale secondo una tassellazione delle superfici continue in facce poliedriche di linee e vertici²⁸. La dimensione della maglia *mesh* definisce il grado di dettaglio e di precisione del modello.

Le facce triangolari vengono definite dagli indici all'interno dell'elenco dei punti. Questo metodo evita la memorizzazione ridondante delle coordinate dei punti e possibili errori di geometria risultanti come vuoti o sovrapposizioni derivanti da imprecisioni.

La modellazione della superficie triangolata viene utilizzata nei modelli reality based, come procedura di reverse modeling di una nuvola di punti che avviene attraverso l'uso

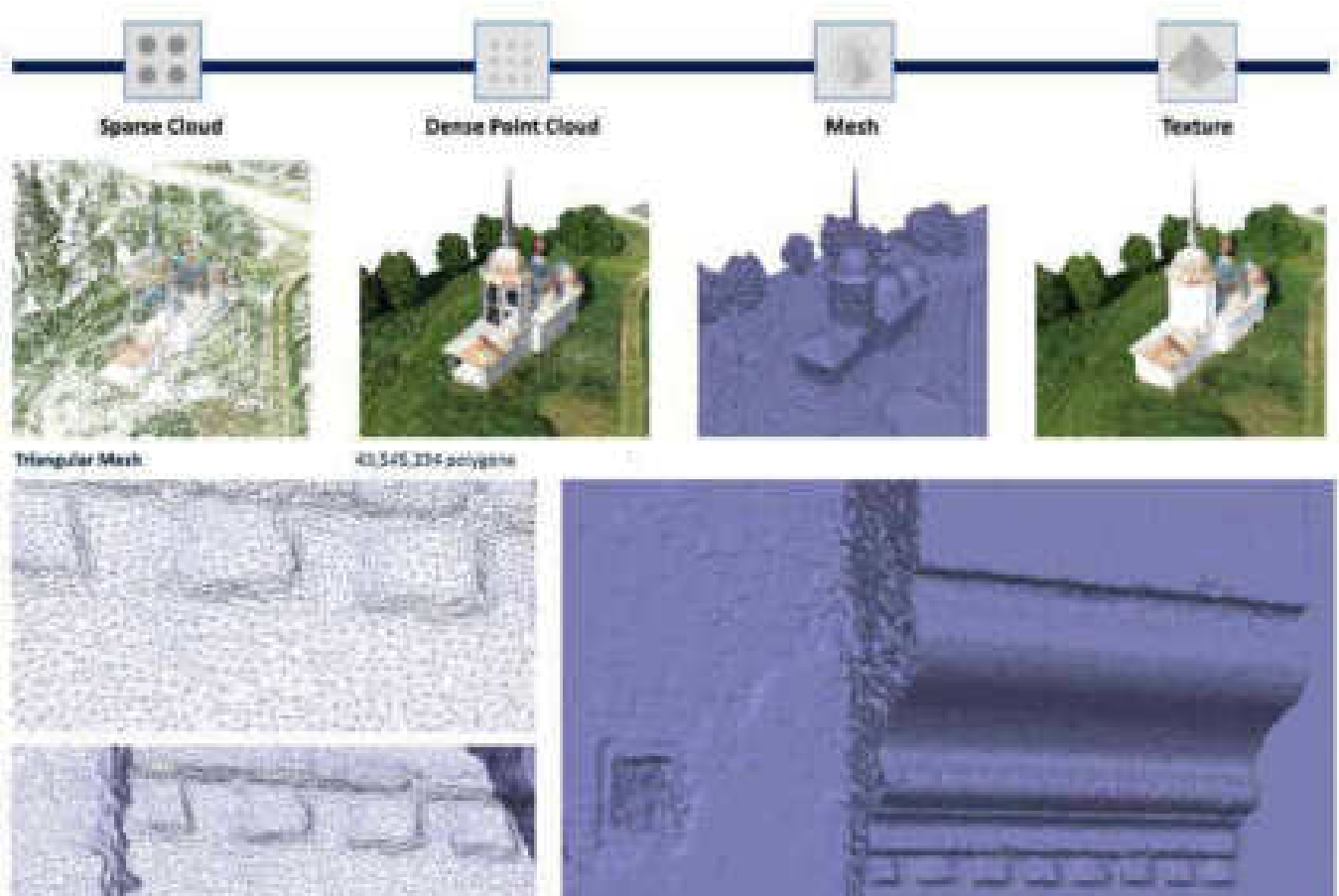


Fig.14 Attraverso i processi di rielaborazione fotogrammetrica è possibile ottenere delle maglie mesh descrittive della superficie architettonica e degli elementi decorativi. Il dettaglio varia a seconda del numero di poligoni presenti nel modello.

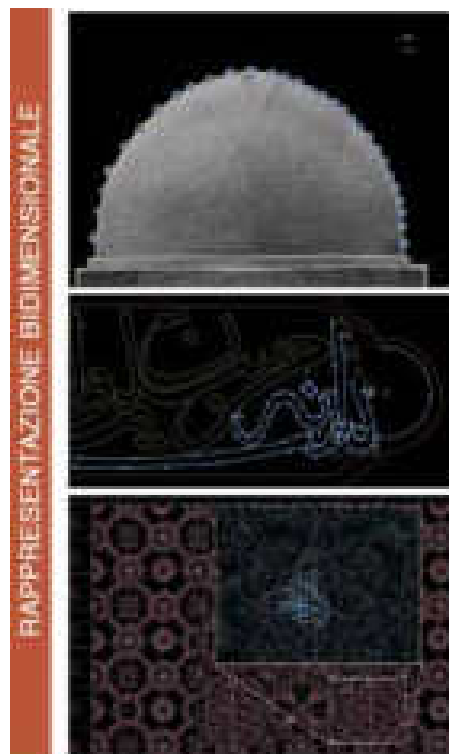
di software di visualizzazione, e di restituzione image based per la descrizione di geometrie complesse.

Le maglie poligonali vanno a formare le superfici dei solidi geometrici, nel processo di elaborazione del modello bisogna far riferimento alla quantità di poligoni presenti nel modello più alto è il numero di poligoni (*high poly*) e sarà maggiore il livello di dettaglio del modello, viceversa il modello discretizzato sarà definito come *low poly*²⁹.

L'architettura ri-modellata diventa un luogo di manifestazione di avvenimenti digitali che si qualificano nella loro struttura formale come parte di uno spazio vettoriale ordinato.³⁰ Il modo in cui la forma occupa una determinata posizione all'interno dello spazio di modellazione digitale, in una scala che va dall'infinitamente piccolo all'infinitamente grande, costituisce l'orizzonte architettonico costruito da un codice implicito di rappresentazione in cui avviene una trasfigurazione meccanica del valore tra limite reale e forma digitale, limite

digitale e orizzonte ambientale. Riprendendo la concezione di Novak³¹ per cui la nuova spazialità digitale è nuovo corpo, l'edificio e l'iper edificio diventano manifestazione della forma attraverso un processo di ibridizzazione lungo un asse di codice-forma-selezione attraverso cui vengono espresse in maniera implicita le informazioni di progetto³².

Nella modellazione una larga parte del sistema informativo che caratterizza le procedure di disegno è di per sé implicito. A differenza di ciò che è espressamente rappresentato dalle forme, che qualificano un esplicitarsi del modello, sono esplicite quelle variabili di trasformazione e di modificazione della forma che alterano lo spazio digitale. La memorizzazione di una serie di comandi di trasformazione, che nei programmi corrispondono a formule matematiche di condizionamento dei vettori, è il risultato di tutto l'*iter* implicito di modellazione. Esiste dunque una rappresentazione implicita che qualifica le forme che si palesano nei modelli e che consente una



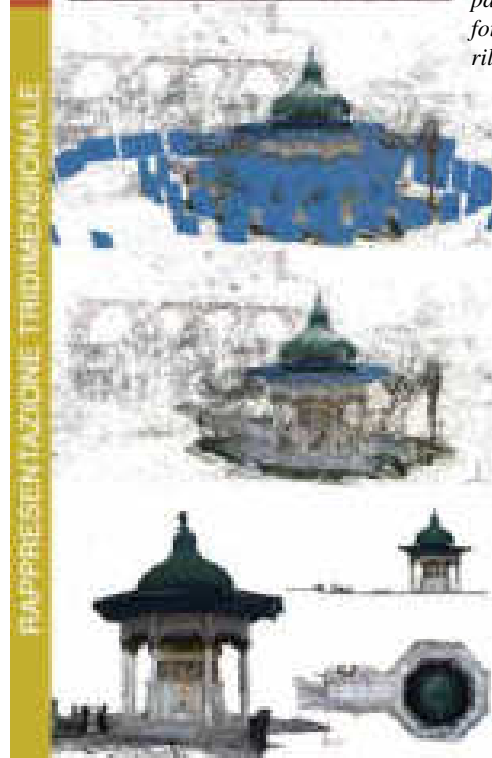
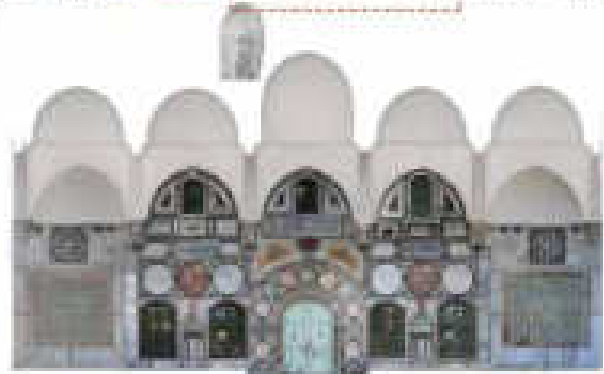
RAPPRESENTAZIONE BIDIMENSIONALE



Sezione Ambientale del Complesso della moschea di Al-Jazzar, Acri.

In alto: Il disegno di dettaglio degli elementi decorativi della facciata monumentale della moschea di Al-Jazzar, Acri.

In basso: Esempio di modello 3D texturizzato con mappe UV a partire dal dato fotogrammetrico del rilievo.



RAPPRESENTAZIONE TRIDIMENSIONALE



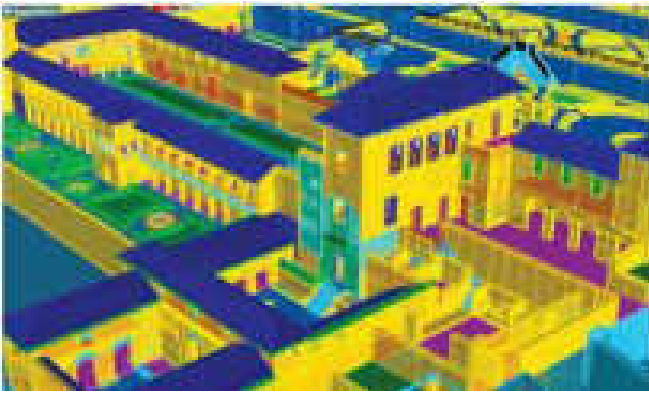
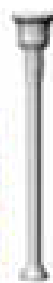
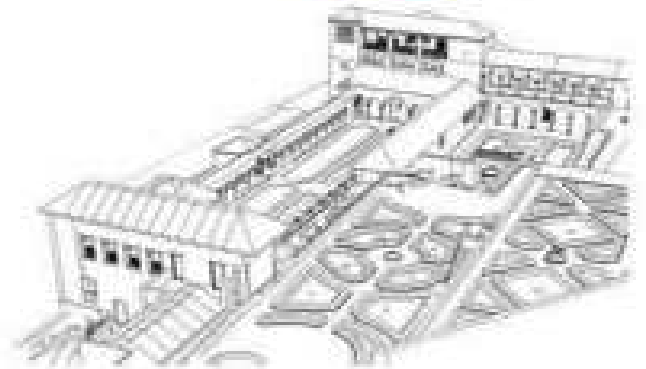
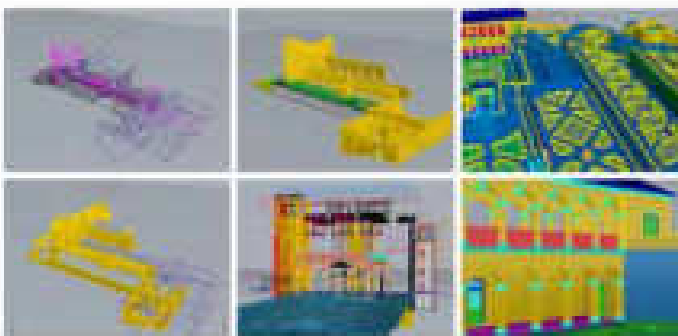
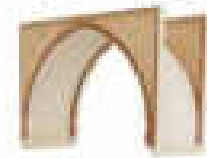
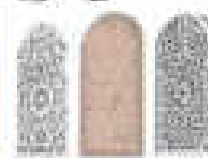
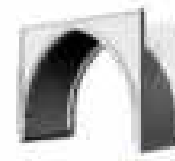
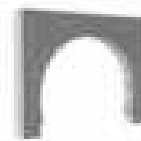


Fig.15 Pagina a fronte: Confronto tra sistemi di rappresentazione CAD e modellazione 3D. Nei sistemi di rappresentazione bidimensionale è possibile dettagliare fino al livello desiderato il disegno attraverso il raffittimento dei punti di controllo delle poliline di disegno, la stessa cosa avviene per i sistemi di modellazione tridimensionale, in questo caso però è preferibile una semplificazione geometrica delle forme diminuendo i punti di controllo a quelli ritenuti necessari alla descrizione dell'oggetto, a vantaggio di una pulizia maggiore delle superfici e di un peso di minore del file di modello. È spesso demandata all'utilizzo di texture tramite mappe UV la descrizione di quei dettagli che altrimenti andrebbero persi.

Fig.16 Durante la modellazione del palazzo del Generalife dell'Alhambra di Granada è risultato necessario, per quegli elementi geometricamente complessi di stampo culturale arabo, l'inserimento di modelli mesh. Questo sulla base dello scopo narrativo del modello finalizzato alla virtualizzazione del monumento per una proposta di visita interattiva.



Alcune viste del modello NURBS del palazzo del Generalife di Granada.



codifica indiretta degli oggetti interessati dal disegno³³. Numerosi software come grasshopper tendono ad esplicitare questi ambiti di condizionamento delle forme graficizzando la costruzione numerica del modello. L'esplicitazione dei metodi impliciti presenta un sostanziale vantaggio: la capacità di tracciare le fasi di modellazione potendo intervenire in qualunque momento su azioni condotte nelle diverse fasi, senza alterare la struttura generale del processo di disegno.

In questo modo la costruzione del disegno avviene per addizione di trasformazioni all'interno di una struttura organica dove ciascuna trasformazione è modificabile in qualsiasi momento, come se intervenissimo all'interno di un corpo di testo nella definizione di un racconto.

La capacità di modificare la geometria modificando o alterando le proprietà delle diverse fasi di costruzione implica inoltre una generale economia nel trasferimento di dati che subiscono un controllo dettagliato per ciascuna variabile.³⁴

4.1.2 Il modello parametrico

La modellazione parametrica nei sistemi BIM si pone come punto cardine di contatto tra modellazione esplicita ed implicita; è attraverso l'utilizzo di parametri³⁵ di modello che le informazioni e le geometrie sono regolate all'interno del sistema di rappresentazione. Mentre nella modellazione con un approccio di tipo non parametrico ogni elemento è rappresentato sulla base di azioni autonome svincolate l'una dall'altra, nell'approccio parametrico l'attenzione è in *primis*, rivolta alle regole che descrivono le forme e alle loro correlazioni³⁶.

Il modello è definito utilizzando una serie di dipendenze e vincoli, conferendo al modello tridimensionale aspetti quali flessibilità e adattabilità che permettono il mutare delle condizioni nell'arco temporale.

I parametri possono essere distinti in due diverse tipologie: dimensionale o di tipo annotativo. I primi, sono volti a definire il rapporto tra le dimensioni geometriche che determinano la forma dell'oggetto modellato, come ad esempio l'altezza, la larghezza, la lunghezza, la posizione e l'orientamento di un determinato solido, mentre i secondi, *oggetti di annotazione*, sono volti a definire le caratteristiche del modello sul piano descrittivo, ad integrazione dell'informazione grafica fornita dalla rappresentazione degli elementi di modello. In un sistema che utilizza l'approcci di tipo parametrico la struttura interna dell'istanza di un oggetto viene rappresentata all'interno di un grafico composto da punti nodali tramite i quali è possibile operare la modifica dell'oggetto. Le definizioni parametriche vengono applicate a due diversi livelli: il livello di creazione

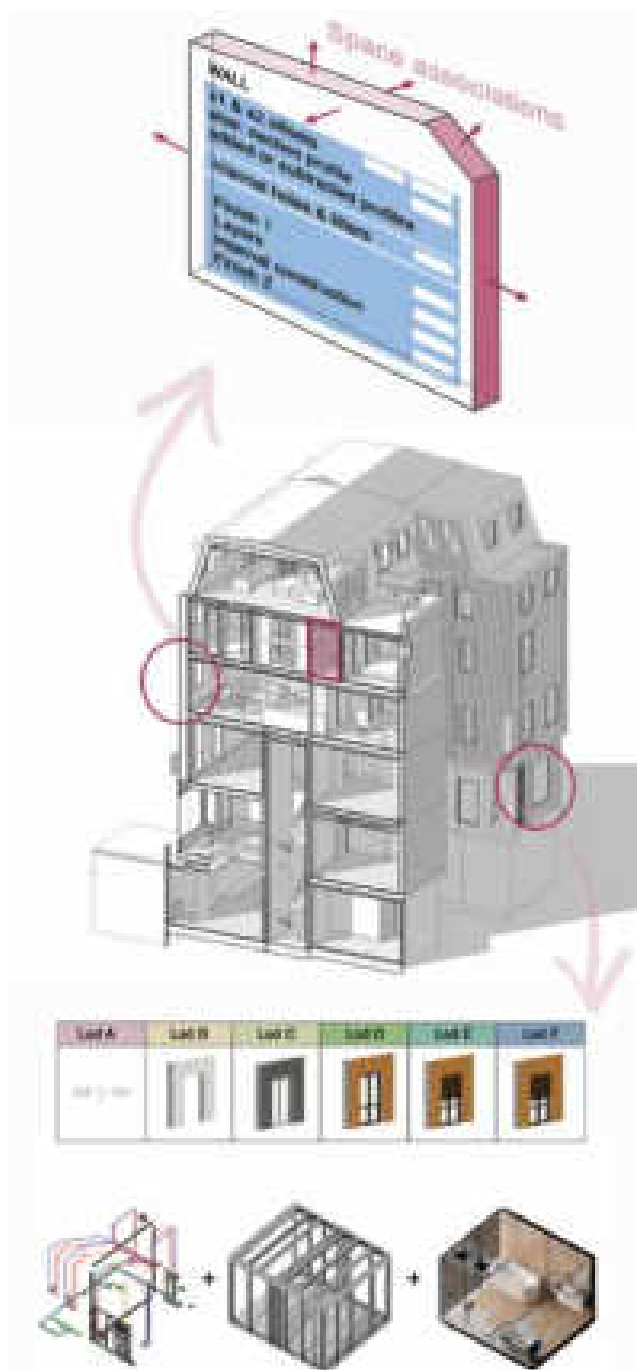


Fig.17 Esempio di modello parametrico in cui ogni componente di modello è dettagliata secondo uno specifico LOD e l'elemento viene qualificato da specifici parametri informativi, dai sistemi impiantistici alle finiture dei materiali. © modit studio rielaborata dall'autore.

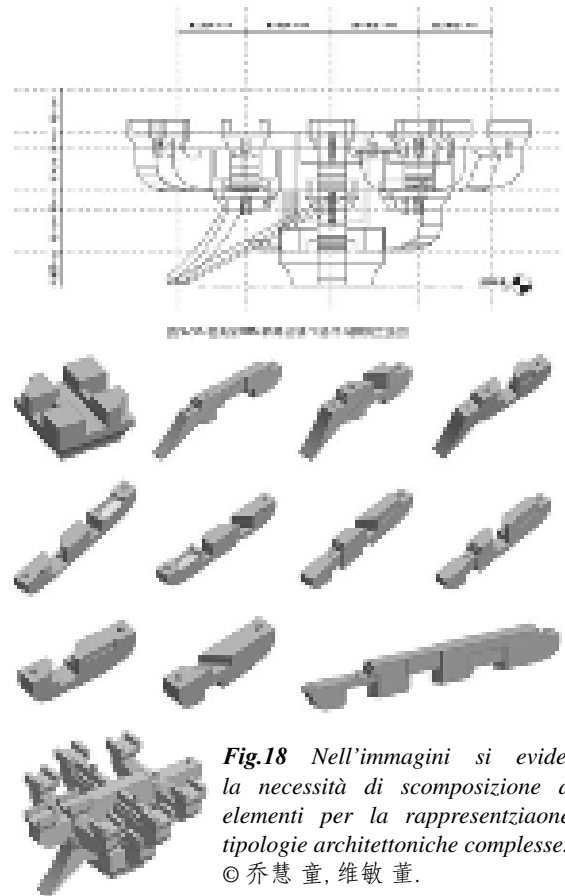


Fig.18 Nell'immagini si evidenzia la necessità di scomposizione degli elementi per la rappresentazione di tipologie architettoniche complesse.
© 乔慧童, 维敏董.

di tipi di elementi di costruzione parametrizzati e il livello di orientamento e posizionamento degli elementi di costruzione all'interno di uno specifico modello di edificio.

Attualmente sul mercato sono disponibili differenti strumenti di modellazione parametrica, i software si dividono tra quelli specializzati per la modellazione del prodotto industriale a quelli finalizzati alla modellazione e progettazione architettonica.

Nel settore BIM tra gli strumenti Autodesk Revit Architecture e Structure, oggi è tra i più diffusi, ma il panorama è comunque ampio: Bentley Architecture, Graphisoft ArchiCAD, Ghery Technology's Digital Project, Nemetschek Vectorworks, sono tutte applicazioni sviluppate a partire dal concetto di modellazione parametrica³⁷.

La progettazione degli elementi di modello avviene all'interno dell'editor famiglie, preliminarmente o contemporaneamente rispetto alla fase di sviluppo del modello dell'intero edificio.

Mentre all'interno dei modellatori NURBS e CAD 3D la geometria di un elemento viene modificata in maniera manuale dall'utente, operando direttamente sul disegno delle forme, nel modello parametrico la modifica avviene a fronte dell'intervento di modifica dei valori e delle relazioni che regolano la forma³⁸.

Nella determinazione delle famiglie tipologiche, svolge un ruolo fondamentale ma la modalità in cui l'utente progetta i parametri e le relazioni di dipendenza tra oggetti.

All'interno del software Revit³⁹ la progettazione delle tipologie di oggetti parametrizzati, chiamati *famiglie* di elementi, l'iter di modellazione prevede da prima l'impostazione di assi di vincolo tramite il delineamento dei piani di riferimento e definiti gli assi sui quali gli oggetti vengono vincolati per impostare tramite la definizione dimensionale delle quote di disegno, le proprietà parametriche di modifica.

La definizione dei parametri di controllo dimensionale

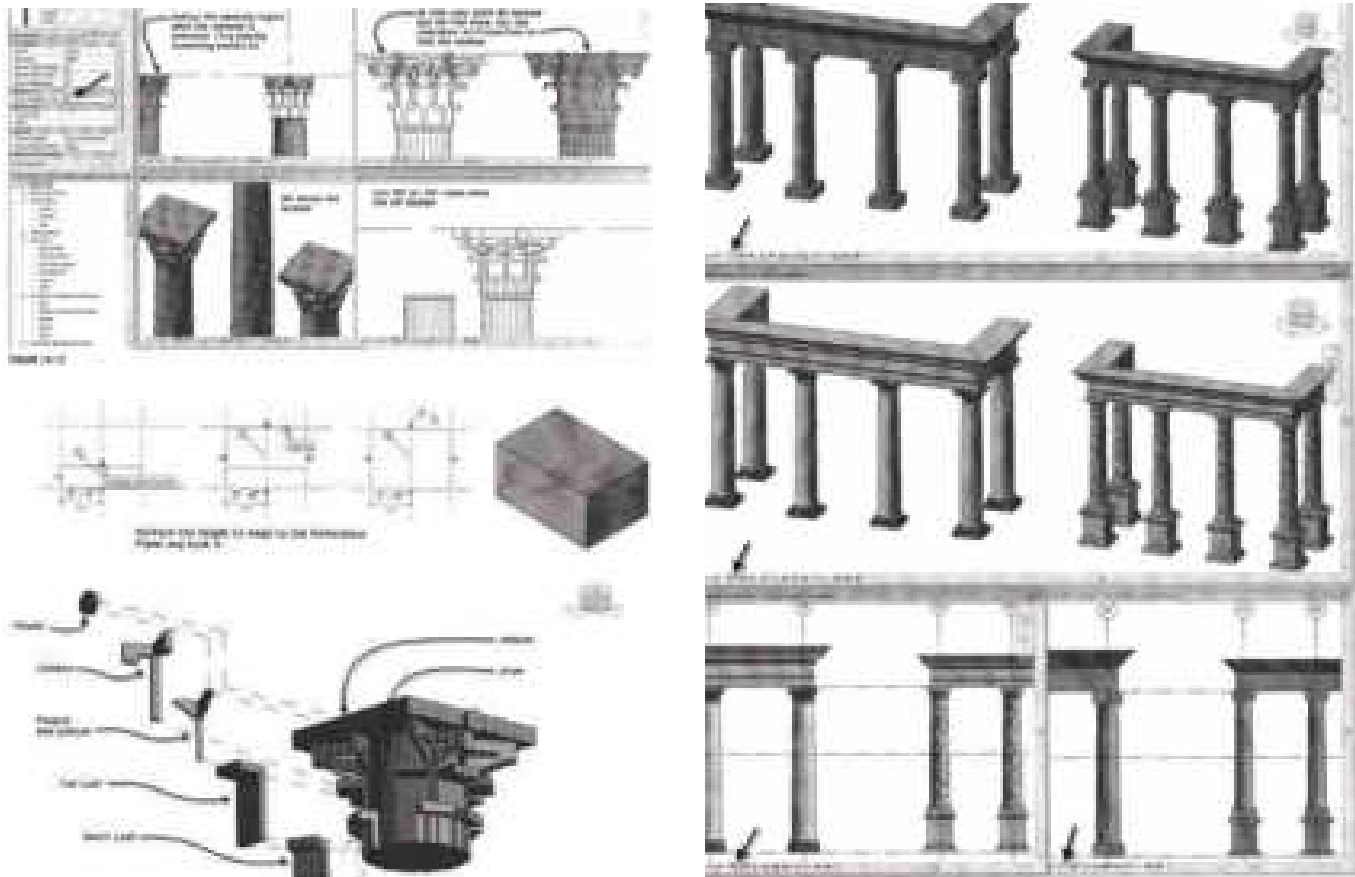


Fig.19 All'interno di "Renaissance Revit l'autore P. Aubin riporta una ricerca approfondita dei metodi di semplificazione geometrica in ambiente BIM per la rappresentazione degli ordini architettonici. © Aubin.

all'interno dei software BIM è limitata alla fase progettuale di costruzione delle famiglie di modello. Il software funziona sulla base di gerarchie di *editing* utilizzando un sistema di modifica "scatolare", le famiglie sono modificabili all'interno della loro specifica sezione, e vengono inserite all'interno dell'ambiente di progetto solo una volta conclusa la fase di modellazione, qui si manifestano come oggetti configurati sulla base delle regole scritte durante il progetto di modello secondo le quali il modello si modifica cambiando i parametri inseriti.

Le relazioni più o meno complesse che intercorrono tra gli elementi presenti all'interno del modello sono definite sulla base di vincoli tra le categorie: Oggetto-Livello, Oggetto-Griglia, Oggetto-Oggetto.

L'oggetto una volta vincolato a un livello o una griglia, vive una dipendenza diretta rispetto alla posizione dell'asse di riferimento a cui vengono vincolati, nel momento in cui

vengono modificate le quote o la distanza tra livelli e griglie questi subiscono uno spostamento diretto.

Tra Oggetto e Oggetto esistono due corrispondenze vincolari una di tipo geometrico vincolando la distanza che intercorre tra gli oggetti stessi l'altra di tipo *host* dalla quale dipende l'inserimento di un oggetto appartenente ad una determinata categoria all'interno di uno appartenente ad una categoria differente ad esempio la relazione finestra-muro.

L'utilizzo di vincoli nella modellazione specifica degli oggetti e una relazione tra i oggetto e oggetto garantisce il controllo dimensionale della categoria di forma e rappresentazione spaziale.

Durante le fasi di progettazione di modello è necessario definire le regole di modellazione per strutturare al meglio le proprietà e le relazioni che intercorrono tra i differenti elementi⁴⁰.

I corpi di modello risultanti sono generati tramite

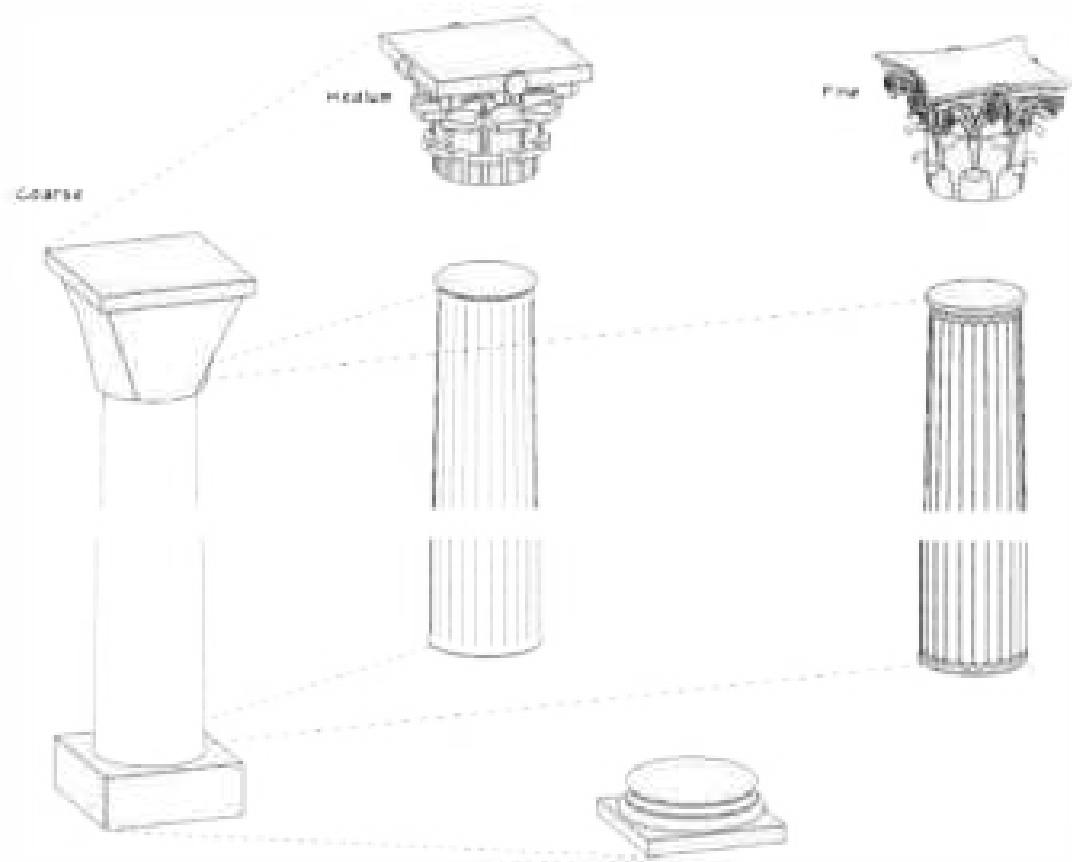


Fig.20 In questo esempio si noti come sia definito da Aubin il criterio di semplificazione delle forme per la descrizione delle diverse componenti della colonna secondo tre scale di dettaglio. La definizione degli obiettivi di rappresentazione tornano ad essere necessari per la definizione della scala di rappresentazione del modello 3D. © Aubin.

l'allineamento e l'associazione dei bordi al corrispondente piano di riferimento.

4.1.3 Il modello come contenitore

Il modello diventa un *repository* in cui sono archiviati i dati connessi alle componenti geometriche e informative⁴¹ definendo il corredo informativo del contenitore modello.

La disponibilità di un modello in tre dimensioni offre vantaggi significativi in termini gestionali per la pianificazione e la costruzione dell'edificio possono essere intraprese utilizzando un modello 3D piuttosto dell'elaborazione di piante e sezioni su *layer* di progetto separati⁴². I modelli subiscono una prima differenziazione sulla base tipologica in base a: fase di progettazione, mezzo di visualizzazione, ambito disciplinare, finalità. In base alla tipologia di intervento occorre definire e progettare un flusso di lavoro atto a strutturare un modello che venga definito e dettagliato di fase in fase evitando di

operare la sostituzione e rimodellazione di componenti per ottenere modelli che siano strutturati secondo una logica evolutiva e tecnicamente coerenti⁴³. L'ambito disciplinare in fase di modellazione, categorizza le tipologie di modello in base alle macro-categorie delle discipline coinvolte nella realizzazione dell'opera: Architettura, Struttura e Impianti⁴⁴. Esse individuano le micro-categorie di analisi di tipo sociale, ambientale, tecnico, economico, giuridico, ed definiscono dei modelli di specializzazione all'interno del macro contenitore edificio delle singoli modelli di tipo: modello Architettonico edile, modello Architettonico finiture, modello Architettonico arredi, modello impiantistico elettrico, modello impiantistico sanitario⁴⁵. L'aspetto interdisciplinare deve essere coordinato attraverso l'applicazione di una tipologia di approccio che sia collaborativo, grazie al quale i diversi esperti del settore siano in grado di lavorare parallelamente sullo stesso oggetto, senza dover necessariamente aspettare la conclusione delle

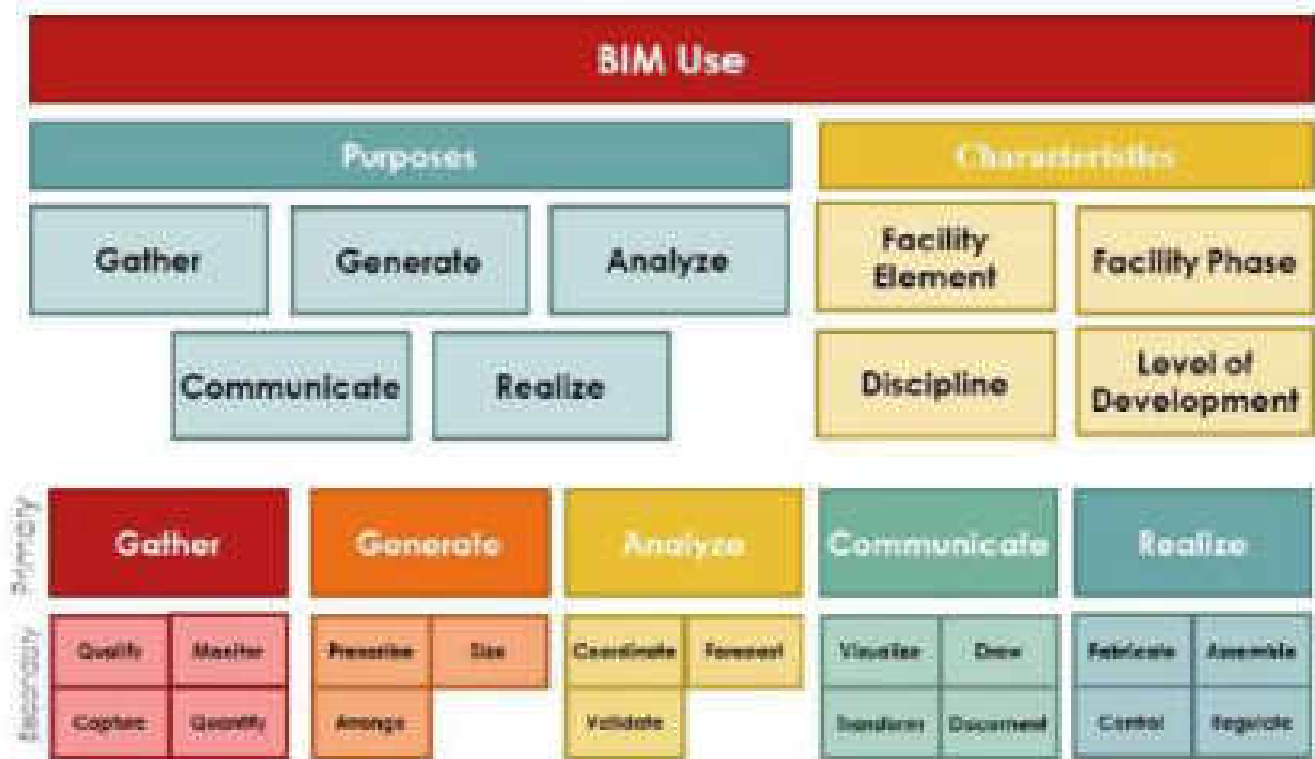


Fig.21 La definizione dei BIM use rilasciati dall'organizzazione Building Smart. La definizione dell'utilizzo del modello è fattore determinante per l'impostazione del progetto di rappresentazione e modellazione.

Fig.22 Pagina a fronte: Il grande limite della codifica del sistema costruito per la realizzazione di modelli a partire dal dato del rilievo dell'esistente è la mancanza di strumenti di lettura dei pacchetti murari.

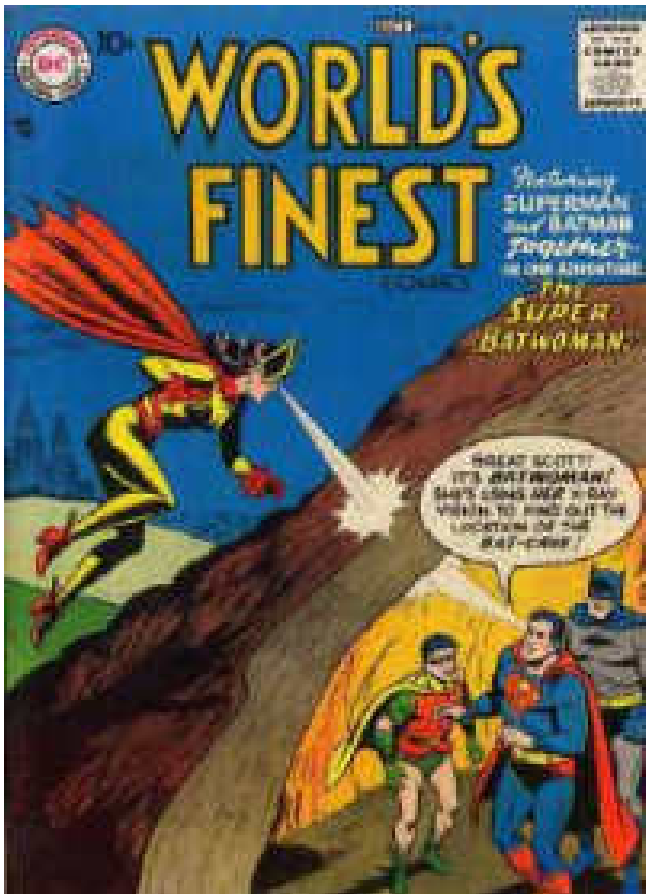
differenti fasi di modellazione. Un modellazione binaria attraverso la suddivisione del modello in sotto modelli disciplinari, in fase di costruzione del progetto permette di avere un controllo costante delle congruenze e della coerenza dei diversi elementi assemblati condividendo informazioni di modello tra tutti gli attori coinvolti.

Infine è fondamentale che la fase di modellazione sia pianificata secondo il criterio del *BIM use*, ovvero in base alle categorie di impiego, secondo questo criterio gli elementi assumono una classificazione dal punto di vista tipologico da cui dipenderà la loro rappresentazione grafica ed informativa. Uno degli scopi del modello è delineare i livelli di dettaglio del progetto di rappresentazione: a seconda del singolo caso, lo stesso oggetto può essere modellato in diversi modi, nessuno di questi rappresenterà la *maniera*⁴⁶ corretta di rappresentazione, ma sicuramente rappresenterà la *maniera* ritenuta più utile alle diverse finalità prefissate (analisi

preliminari, concept di progetto, definitivo, esecutivo, manutenzione, rilievo).

Come avviene nei processi di discretizzazione grafica, secondo le differenti scale di lettura, nella modellazione degli oggetti, fissare preliminarmente gli scopi del modello porta alla sensibile riduzione dei tempi e ad una ponderata pianificazione delle azioni dei processi di realizzazione del modello⁴⁷.

Parlando di modello informativo la strutturazione di abachi finalizzati all'organizzazione e alla raccolta dei diversi livelli di informazione fa parte dell'*iter* di impostazione del processo di modellazione BIM. Tale operazione di catalogazione degli oggetti di modello ha un ruolo fondamentale per il collegamento tra i diversi elementi e i documenti ad essi correlati. I collegamenti necessitano di ontologie specifiche volte a definire degli standard di lettura e scomposizione dell'edificio, nel rispetto delle gerarchie tipologiche,



grazie all'utilizzo di sistemi di codifica e denominazione standardizzati⁴⁸. Nella tematica specifica della modellazione dell'esistente, nella suddivisione in livelli disciplinari di modello, si riscontra un primo grande limite a partire dalla fase di acquisizione del dato: non poter conoscere nel dettaglio lo scheletro che va a comporre la struttura dell'edificio. Una barriera tangibile, che limita l'analisi dell'edificio alla pelle dell'involucro superficiale, a meno che non siano presenti tra i dati a disposizione elaborati tecnici di approfondimento e rappresentazioni dei nodi tecnologici delle strutture.

Molti strumenti come termo camere, sistemi che utilizzano la tecnologia degli ultrasuoni aiutano l'analisi e l'indagine delle zone nascoste, e non si esclude che tra qualche anno l'avanzamento tecnologico immetta nel mercato strumenti per il superamento di queste barriere come avviene in campo diagnostico medico sanitario, attraverso specifici esami con macchinari di indagine a raggi X o dei macchinari che

possano leggere il funzionamento degli organi interni della fabbrica edilizia come avviene con le risonanze magnetiche per il corpo umano⁴⁹.

I modelli sono singoli quando si riferiscono ad un'unica categoria di disciplina, se poi vengono aggregate tra loro differenti categorie, allora si viene a formare un modello che è *unicum* informativo tra due o più modelli singoli⁵⁰.

In accordo con Pavan et al.

- il livello di modellazione ottimale di un processo, si ottiene quando ogni veicolo di rappresentazione viene ad essere sostituito da un veicolo di virtualizzazione⁵¹

- la corrispondenza tra modello di rappresentazione e entità reale qualifica l'entità modello permettendo l'interrogabilità del modello, ed il coordinamento informativo di *Clash Detection*⁵².

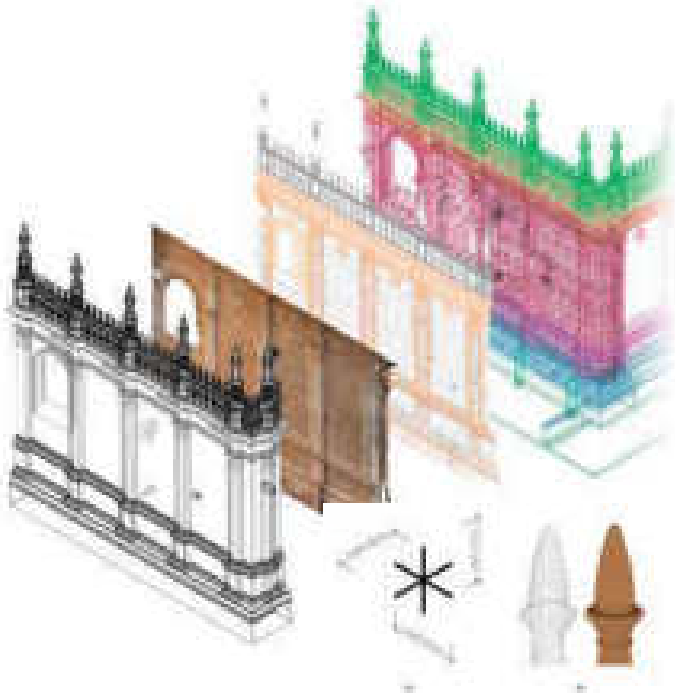


Fig.24 Il modello HBIM diventa contenitore di differenti livelli informativi. In questo caso sono stati definiti tre livelli di sviluppo del modello, uno corrisponde all'entità "facciata", il secondo è definito dai dettagli geometrici, il terzo è definito dai parametri associati ai singoli elementi del modello ai quali sono incorporati parametri associati di azione di conservazione preventiva.

© A. Fornos, M. Castellano & F. Pinto Puerto.

diventa utile valutare quei sistemi di iterazione coinvolgono il metodo di costruzione del modello per definire protocolli metodologici più appropriati a garanzia dell'affidabilità. Il dato morfometrico, connesso e inseparabile dalla sua struttura, qualifica strumenti dove diversi attori collaborano in relazione alle finalità del processo. All'interno di un unico modello, che può configurarsi come un sistema HBIM, si inseriscono dati utili alla valorizzazione, alla fruizione, alla gestione e al controllo. Modellare partendo dal dato di acquisizione digitale, prende il significato di tradurre in superfici e volumi i punti geometrici, che a loro volta, nella fase di acquisizione, hanno subito una prima traduzione di tipo strumentale che ne ha permesso la replica all'interno di uno spazio regolato dalle diverse coordinate cartesiane. Il ragionamento motore della fase di costruzione del modello digitale non si discosta troppo dal ragionamento di costruzione reale, in entrambe si utilizzano forme, materiali, procedure e strumenti.

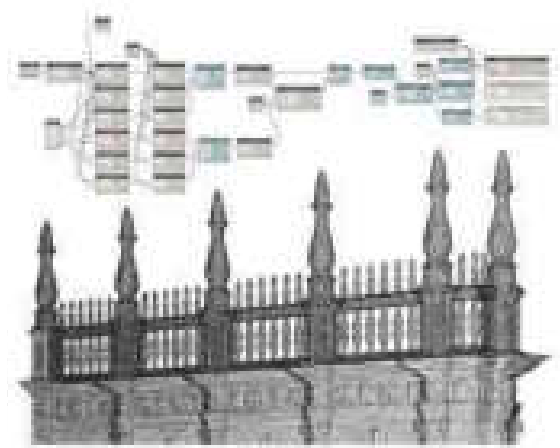


Fig.25 Il livello di dettaglio geometrico del modello. E la possibilità di filtrare ed evidenziare la componente di stato conservativo.

In questo caso è evidenziata "la patina biologica".

© A. Fornos, M. Castellano & F. Pinto Puerto.

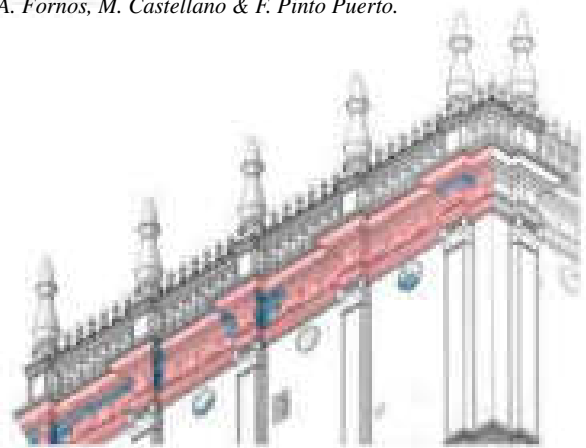


Fig.26 Il livello di dettaglio geometrico del modello.

© A. Fornos, M. Castellano & F. Pinto Puerto.

Digitalmente viene costruita una struttura geometrica di base che va a rappresentare l'ossatura dei vari elementi che sono modellati secondo una scomposizione analitica e catalogazione dei diversi elementi singolarmente per poi essere assemblati secondo una regola definita. Un processo di decostruzione e costruzione per svolgere un'azione di composizione consapevole è necessario analizzare gli elementi da disegnare attraverso la scomposizione del modello reale. Individuati gli elementi e il rapporto di interconnessione tra questi è possibile ricomporre il modello nella sua forma digitale, in questo processo di osservazione-scomposizione-ricomposizione, avvengono azioni implicite che determinano delle scelte rappresentative soggettive che vanno necessariamente ad influire sulla rappresentazione finale del modello. Questa scelta influisce in maniera drastica sulla forma finale di rappresentazione rendendo ogni modello unico in base alla soggettività del modellatore o del gruppo di modellatori coinvolti sullo stesso progetto di rappresentazione. L'evoluzione del modello statico (NURBS⁵⁴) in modello di tipo dinamico parametrico trae i vantaggi della gestione informativa garantiti dal protocollo BIM. Parlando di patrimonio costruito le azioni di modellazione richiedono una definizione sia delle fasi di acquisizione del dato sia dei livelli di conoscenza e approfondimento del modello per definire un corretto *iter* procedurale di rappresentazione tridimensionale. La definizione di un modello HBIM è sinonimo di traduzione dell'informazione attraverso l'applicazione di protocollo volto a tradurre il dato metrico, in un modello, *archetipo*, risultato delle operazioni di rilievo, in geometrie di modello che possono essere il risultato, o della comparazione del dato con le librerie di famiglia proprietarie del *software*, modificandone là dove possibile e necessario gli attributi fino a raggiungere una sintesi geometrica delle forme tramite una discretizzazione del dato o tramite la modellazione completa dell'oggetto generando le forme attraverso operazioni che emulano l'atto della lucidatura e del disegno degli elementi⁵⁵. Gli strumenti per l'acquisizione del dato del rilievo diventano il mezzo attuativo nella scelta della qualità del modello dell'oggetto da rappresentare. Il problema della rappresentazione che il rilevatore si trova ad affrontare, si basa sulla scelta delle modalità e degli strumenti considerati più adatti all'obiettivo della figurazione architettonica. La forma reale architettonica, è l'insieme dalle mancanze, dalle sovrapposizioni, e dalle irregolarità che inquinano la purezza della forma e stratificano l'architettura di segni e storia, che ne narrano un'identità. La riproduzione e la comunicazione di tale identità percepita

durante l'osservazione e l'esperienza percettiva è l'ambizione del modello digitale. Il rilievo architettonico assume, così il ruolo di primo modellatore, strumento tramite il quale il modello architettonico ha una prima trasposizione digitale. In questo caso la prima codifica avviene attraverso la scelta degli strumenti di acquisizione e la progettazione delle riprese fattori che influiscono nel processo di codifica degli elementi, restituendo una rappresentazione dell'oggetto che dipende dal grado di dettaglio strumentale e dal numero di riprese effettuate, espressione di determinate qualità caratterizzanti l'oggetto reale⁵⁶. In letteratura, pur emergendo vantaggi dal punto di vista delle aspettative rivolte all'utilizzo dei sistemi BIM nell'applicazione al settore del Cultural Heritage occorre porre delle riflessioni di tipo strettamente operativo che nascono dalla relazione tra complessità reale, rilievo e rappresentazione. Il problema da un lato riguarda la limitazione strumentale *software e hardware* che seppur negli ultimi anni è stata ampiamente migliorata e stia continuando il suo sviluppo data la necessità ancora si attesta una mancanza di una completa interoperabilità tra i sistemi BIM e quelli di rilievo. Da una parte, i dati di acquisizione strumentale generano anche dati di grandi dimensioni in termini di byte che non sempre i software di modellazione riescono a supportare. I software di modellazione BIM invece nascono per uno scopo differente, prediligendo file leggeri in termini di byte, a differenza dei software di gestione delle nuvole di punti come nascono per rendere fluidi i processi di elaborazione, ottimizzazione e visualizzazione di banche dati popolate da milioni di punti. Dall'altra la limitazione è di tipo accessorio, oltre a limitazioni di scelta strumenti all'interno delle palette di disegno, vi è una rigidità data dai parametri di vincolo che non permettono il disegno di geometrie di forma giudicata irregolare dall'algoritmo di sistema, privilegiando secondo la filosofia BIM la semplificazione geometrica e la riduzione degli sprechi di tempo impiegato nella modellazione di fino di elementi. Le ricerche evidenziano la necessità di ottimizzare i processi di rappresentazione, che oltre ad essere utili siano descrittivi dello stato di fatto e che ne permettano una logica comprensione dei sistemi e delle gerarchie che intercorrono tra i differenti componenti del modello - monumento. La codifica avviene dapprima attraverso una sintesi strumentale e poi attraverso una sintesi di interpretazione delle forme e delle qualità dei diversi elementi, attraverso un'analisi degli elementi rivolta alla strutturazione di un abaco indicizzato degli oggetti che andranno a comporre il modello. L'individuazione degli elementi di composizione della forma architettonica è rivolta alla definizione delle

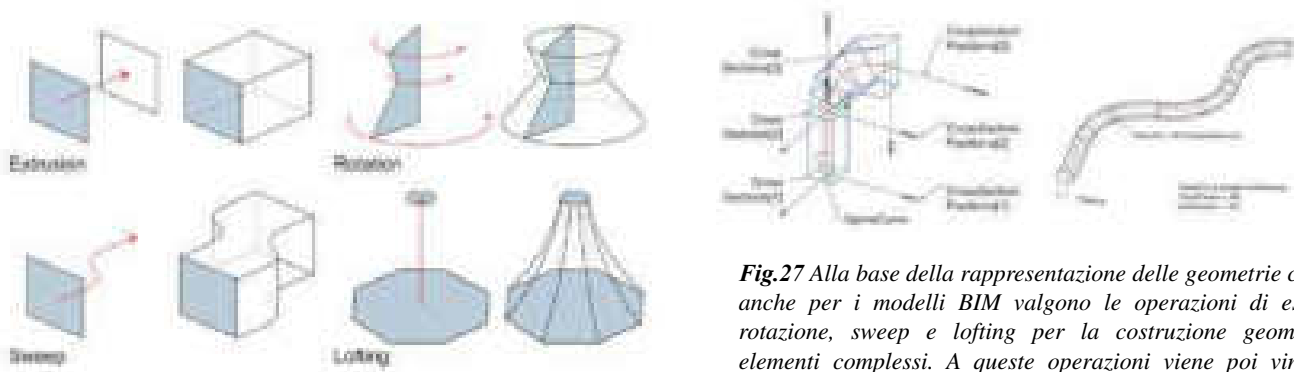


Fig.27 Alla base della rappresentazione delle geometrie complesse anche per i modelli BIM valgono le operazioni di estrusione, rotazione, sweep e lofting per la costruzione geometrica di elementi complessi. A queste operazioni viene poi vincolato il dimensionamento parametrico tramite un'azione di quotatura diretta del modello, grazie alla quale vengono definiti i parametri di modifica.

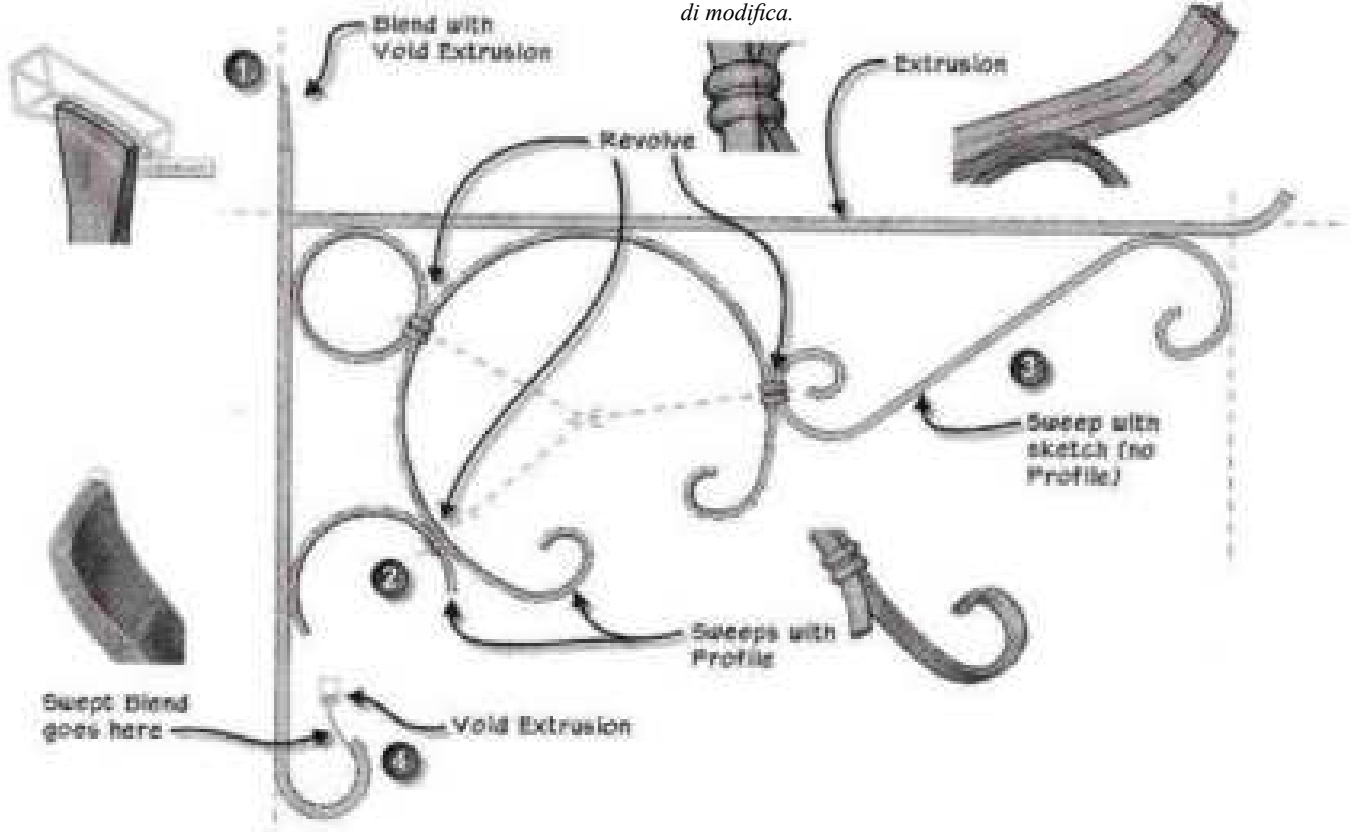


Fig.28 Schematizzazione delle operazioni utilizzate per la realizzazione del modello, l'oggetto viene costruito lavorando su operazioni di unione e sottrazione di solidi e vuoti. Nella modellazione i solidi "vuoti" svolgono un ruolo chiave per ottenere le geometrie di modello desiderate, è proprio attraverso l'utilizzo dei vuoti che il solido viene caratterizzato nel dettaglio.

Nella composizione del modello è comunque preferibile limitare il più possibile l'utilizzo dei vuoti per generare geometrie complesse di modello ma utilizzarla là dove necessaria, poichè vanno a complicare la relazione tra modello-parametro in modello-vuoto-parametro, richiedendo la necessaria modifica secondo lo stesso criterio di parametro sia del modello che del vuoto. In ogni caso bisogna valutare la complessità del modello e scegliere il grado di rappresentazione più opportuno. © Aubin.

differenti categorie di modello. All'interno di un'architettura complessa, che sia un'analisi a scala territoriale o a un livello di dettaglio, è possibile porre una macro distinzione degli elementi vengono individuati quegli elementi replicabili ovvero quelle categorie appartenenti al modello per le quali una volta definiti i parametri di base ne è possibile la ripetizione all'interno del modello, tali tipologie di elementi saranno costruiti tramite la strutturazione di una famiglia di progetto, e quegli elementi di categoria isolata di cui non è necessaria la replica in serie per motivazioni o di singolarità o di complessità geometrica. Se per quegli elementi replicabili risulta efficace la riduzione delle fasi di modellazione ad una unica in cui si definiscono i criteri rappresentativi delle forme e i parametri di gestione e di annotazione della categoria di modello da ripetere in serie all'interno del progetto, per gli elementi che non sono replicabili risulta più efficace la scelta di una modellazione di tipo *in-place*⁵⁷, per la rappresentazione del dato come modello generico direttamente all'interno dell'area di progetto o qualora l'oggetto sia caratterizzato da un elevato grado di complessità operazioni di *reverse modeling*⁵⁸ per la rappresentazione posso avviare a tentativi dispendiosi in termine di tempi e poco efficaci in termini di qualità di rappresentazione.

4.3 LA PROBLEMATICHE DELLA RAPPRESENTAZIONE DELLE GEOMETRIE COMPLESSE

Il paradosso e la domanda che sorge spontanea è perché se l'acquisizione da tecnologia laser scanner fornisce un dato di tipo tridimensionale, per l'elaborazione dei modelli si debba fare un passaggio, quasi obbligato che implica la realizzazione di planimetrie e sezioni a carattere bidimensionale utilizzando sistemi CAD per la strutturazione delle linee guida per la generazione dei solidi di modello. La modellazione di elementi complessi del patrimonio architettonico ha orientato una serie di studi verso l'utilizzo di strumenti ausiliari. Il termine "dimensione" è qui usato nel senso letterale della matematica degli oggetti fisici: come il numero minimo di coordinate richieste per specificare un punto nello spazio. Ciò deriva dal tipo di oggetti descritti in un progetto: oggetti fisici come elementi di costruzione e spazi, descritti attraverso la loro geometria, nella tradizione stabilita nel Rinascimento. Nel parlare di dimensioni BIM, si tende ad usare il termine metaforicamente, parlando di dimensioni per esprimere capacità di elaborazione delle informazioni per vari aspetti. Tale uso metaforico della "dimensione" è abbastanza comune: si parla spesso di dimensione sociale e

culturale o di dimensione economica e tecnica, per indicare che ci sono diversi aspetti complementari a un fenomeno⁵⁹. L'inclusione esplicita di informazioni non geometriche nel BIM invita all'estensione delle dimensioni all'intero spettro di informazioni coperto dal BIM, oltre le tre dimensioni geometriche. Proprio come le dimensioni geometriche, qualsiasi altra dimensione dovrebbe essere presente nei singoli simboli in un modello, come informazioni che descrivono una proprietà specifica dell'oggetto indicato. La ragione di ciò è che il BIM è una rappresentazione simbolica: utilizza simboli discreti per descrivere oggetti del mondo reale, in particolare elementi di edifici e spazi, in un modo simile a come ad es. un alfabeto usa grafemi (lettere) per rappresentare fonemi (suoni). La corrispondenza tra simboli e oggetti del mondo reale può essere imperfetta: la lettera 'a' in inglese corrisponde a cinque fonemi diversi, mentre in BIM ogni singolo simbolo di muro è prodotto da una segmentazione principalmente geometrica delle reti murarie di un edificio. Nonostante tali limitazioni, le rappresentazioni simboliche hanno vantaggi significativi, come evidenziato il BIM si basa anche su un insieme di simboli, che sono collegati tra loro in un grafico che descrive le loro relazioni. A prima vista, l'insieme dei simboli BIM può sembrare troppo grande, addirittura infinito. Per correggere questa impressione, è necessario avvicinarsi ai simboli BIM attraverso le loro gerarchie tipologiche. Ad esempio, si potrebbe sostenere che tutti i muri interni possono essere descritti con lo stesso simbolo. Qualsiasi raffinamento di questo tipo generale potrebbe quindi essere visto come una questione di proprietà del simbolo: dimensioni, materiali, prestazioni ecc. Possono differire ma il simbolo rimane lo stesso, in modo simile a una lettera 'a' che può avere diversi caratteri, dimensioni o colori. In altre parole, l'astrazione tipologica può trasformare i simboli del BIM in un insieme gestibile. Le dimensioni sono presenti nei simboli BIM, in linea di principio come proprietà dei simboli (le relazioni sono principalmente vincoli sulle proprietà, ad esempio la co-terminazione di due muri uniti). Un simbolo in BIM ha una serie di proprietà, ognuna delle quali rappresenta una caratteristica dell'oggetto del mondo reale corrispondente: dimensioni geometriche, materiali, caratteristiche di prestazione ecc. Tali proprietà popolano entrambi gli standard come IFC, che definisce i simboli, e il software BIM, dove si entra e manipola i simboli. In entrambi i casi, le proprietà dei simboli BIM tendono ad essere un miscuglio: non includono solo dati come la lunghezza e l'altezza di un muro, che sono essenziali per la sua descrizione (dati primari, secondo le teorie semantiche dell'informazione) ma anche prodotti

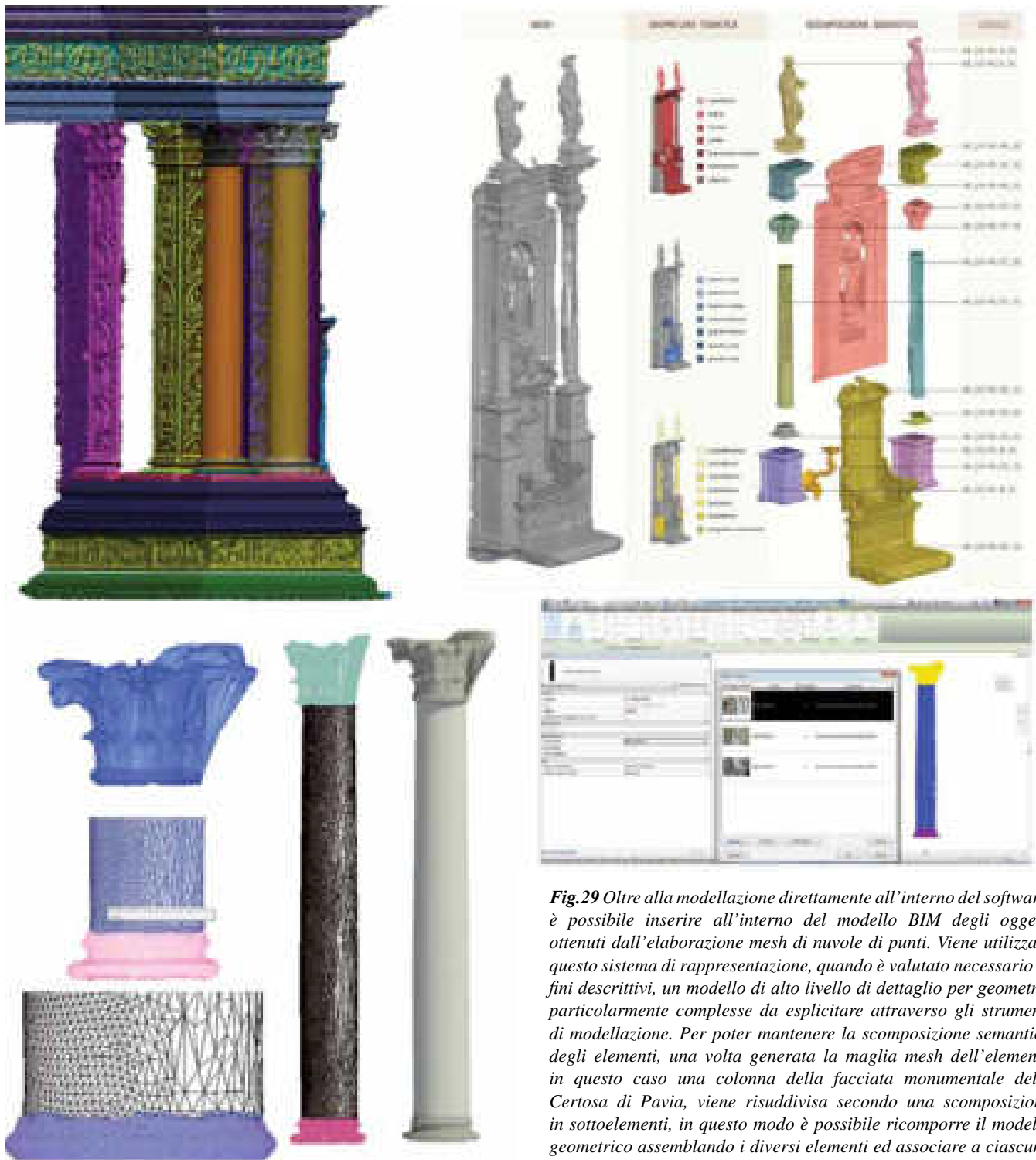


Fig.29 Oltre alla modellazione direttamente all'interno del software, è possibile inserire all'interno del modello BIM degli oggetti ottenuti dall'elaborazione mesh di nuvole di punti. Viene utilizzato questo sistema di rappresentazione, quando è valutato necessario ai fini descrittivi, un modello di alto livello di dettaglio per geometrie particolarmente complesse da esplicitare attraverso gli strumenti di modellazione. Per poter mantenere la scomposizione semantica degli elementi, una volta generata la maglia mesh dell'elemento in questo caso una colonna della facciata monumentale della Certosa di Pavia, viene risuddivisa secondo una scomposizione in sottoelementi, in questo modo è possibile ricomporre il modello geometrico assemblando i diversi elementi ed associare a ciascuno di essi differenti livelli informativi, come annotazioni e fotografie.

di calcoli (dati derivati), come l'area e il volume del muro. Ciò vale anche per le caratteristiche termiche, acustiche, di sicurezza antincendio e di altre prestazioni, che possono essere calcolate sulla base di dati primari come le dimensioni e la composizione del materiale della parete. Per questo si sviluppano dei protocolli metodologici volti a ridurre i tempi di modellazione con la tendenza di annullare, per quanto possibile, la fase dedicata al disegno bidimensionale degli elementi. Tramite dei *plugins* dedicati, è possibile visualizzare il dato della nuvola di punti all'interno del software Revit. L'utilizzo di *plugins* per la visualizzazione della nuvola di punti hanno il vantaggio di ridurre i tempi di attesa dovuti all'eventuale importazione ed esportazione e conversione dei dati dei file di scansione in un formato della nuvola di punti compatibile con Revit, constatato che il software di default predilige il dialogo con il programma proprietario Autodesk ReCap, oltre a non sovraccaricare il file in termini di *byte*. Visualizzata la nuvola di punti tramite CloudWorx è possibile impostare i diversi livelli di riferimento che vanno a strutturare una griglia ordinata e indicizzata che sarà lo scheletro del modello, utile durante le successive fasi di modellazione. Tale metodologia di visualizzazione offre il vantaggio di avere un controllo continuo sulla corrispondenza e l'aderenza tra il dato tridimensionale del rilievo metrico e il ridisegno 3D degli elementi. Per gli elementi come muri, pavimenti, tetti, scale spesso risulta possibile adattare delle famiglie pre impostate dal software modificandone le informazioni dimensionali e stratigrafiche tramite la compilazione di parametri di modello e la modifica diretta delle linee di disegno tramite dei punti di controllo. Per gli elementi con geometrie più complesse come volte, colonne, finestre, balaustre o elementi di decoro come statue, targhe, cornici, è necessario prevedere una strategia di modello differente. Per queste tipologie di elementi è consigliato valutare se creare una famiglia per l'elemento da inserire nel modello o se modellarlo direttamente nell'ambiente di progetto come modello generico associandolo poi ad una categoria specifica di elementi. nel dettaglio di modellazione dei singoli modelli di colonna con le proprie differenze. Sono state create tre famiglie di modello suddivise in base alle macro tipologie di colonna individuate durante il censimento degli elementi. Per la rappresentazione degli elementi con linee e geometrie complesse come le statue ed elementi presenti all'interno del cortile è stato preferito rappresentarli utilizzando l'importazione di modelli mesh generati dall'elaborazione tramite specifici software di elaborazione della nuvola di punti (Geomagic DX e MeshLab). L'omissione di tali

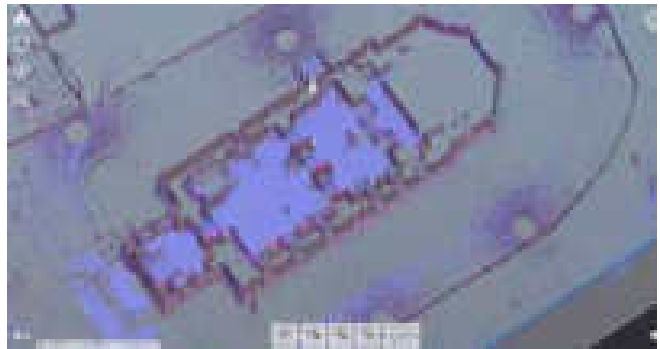
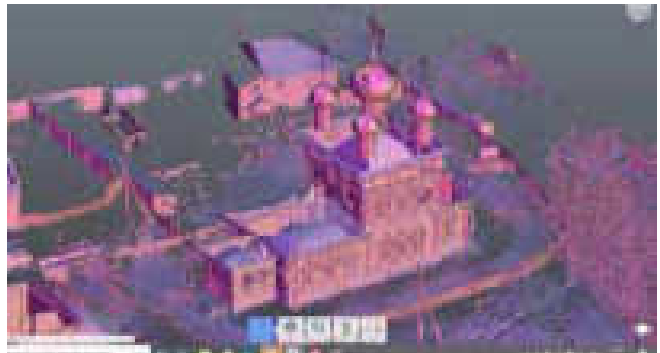


Fig.30 Predisposizione del dato della nuvola di punti in un formato compatibile di lettura per il software Revit. Esportazione in formato .rcp utile se non si ha la disponibilità di plugin diretti come Cloudworxs.

elementi, che vanno a caratterizzare l'ambiente, dandone una specifica identità e riconoscibilità tra i differenti ambienti dell'edificio avrebbe privato il modello di essenziali informazioni narrative legate al luogo. Tali modelli mesh una volta convertiti con un'estensione di file compatibile con il software (.dxf) sono riconosciuti da Revit come modelli *statici* non modificabili, risulta comunque possibile creare una famiglia specifica per ciascun elemento che permette di agganciare al modello specifiche informazioni attraverso la strutturazione di parametri di modello.

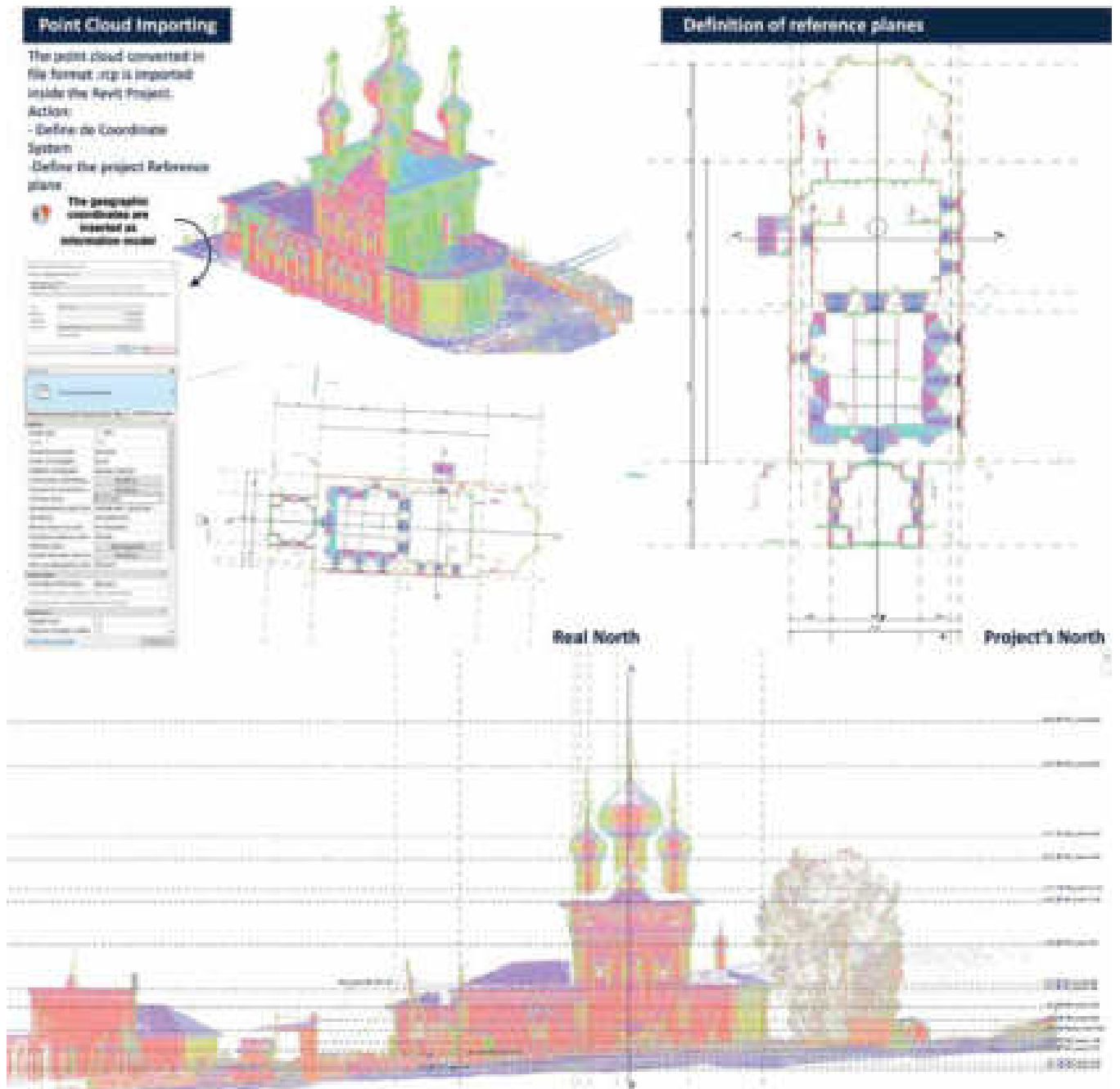


Fig.31 Nell'impostazione di un tipo di modellazione basato sul dato della nuvola di punti, la prima operazione da fare è orientare il modello e definire i piani di riferimento. Per l'orientamento è possibile orientare il modello secondo le coordinate geografiche reali che verranno associate alla modalità di vista "Nord reale" per facilitare le operazioni di modellazione è possibile settare una vista basata su un nord arbitrario di progetto visualizzabile sotto la voce di "Nord di progetto". In secondo luogo viene definita una griglia strutturata di livelli, sia in alzato che in pianta, per la definizione dello schieramento del modello, un'operazione assimilabile alla realizzazione di un ponteggio nella fase costruttiva del modello, i livelli di riferimento vanno a costituire l'impalcatura a supporto della costruzione del modello.

4.4 CLASSIFICAZIONI TIPOLOGICHE E INFORMAZIONI NEL MODELLO

Nel protocollo di modellazione BIM, la componente I (informativa) assume il ruolo determinante alla qualificazione delle geometrie di modello. Il valore delle informazioni associate in maniera univoca alle componenti di modello dovrebbe essere considerato e ricercato con la stessa importanza della ricerca delle metodologie di conformità geometrica. Seppur sottolineate dalla definizione dei LoIN (*Level of Information Need*) risulterebbe necessaria una standardizzazione della nomenclatura per rafforzare la coerenza delle informazioni associate, ciò che risulta è che la componente informativa del modello viene lasciata irrisolta nell'ambito di modello per il Cultural Heritage. I software BIM come Autodesk Revit permettono l'inserimento della componente informativa attraverso l'utilizzo di campi di compilazione definiti parametri, secondo uno schema strutturato all'interno del software. Tale schematizzazione di default del sistema essendo basata su un'identità rivolta alle fasi del processo costruttivo spesso nel caso dell'applicazione al patrimonio costruito risultano mancanti determinate voci riguardanti osservazioni in merito alla componente di degrado, per rendere efficaci questi sarà necessaria una progettazione preliminare della denominazione e codifica delle diverse tipologie di informazione da inserire nel modello, volta alla definizione delle voci di parametro da inserire. La soluzione reale richiede di guardare la struttura dei caratteri e considerare quali proprietà possono contenere nella dimensione del simbolo virtuale. La mancanza di una normalizzazione da questo punto di vista causa possibili problemi in tema di condivisione riducendo l'efficienza delle query, se non supportata da un progetto di classificazione del dato coordinato da una guida di gestione del modello. Per garantire un modello strutturato su un'indagine informativa è necessario prestare attenzione alle possibili ripetizioni di dati accertandosi che questi siano inseriti solo una volta in un modello, le sovrapposizioni e le duplicazioni dovrebbero essere eliminate, in modo da migliorare la qualità informativa. Il problema con tali suggerimenti apparentemente ragionevoli è che non affrontano i problemi al livello fondamentale dei simboli. È importante non confondere dati noti e sconosciuti con primari e derivati. Conoscere la prestazione richiesta di un muro non rende le caratteristiche prestazionali del muro dati primari, ma solo il punto di partenza per risolvere il problema di cui i dati primari soddisferebbero i requisiti. Questo è ciò che fanno i progettisti man mano che il processo

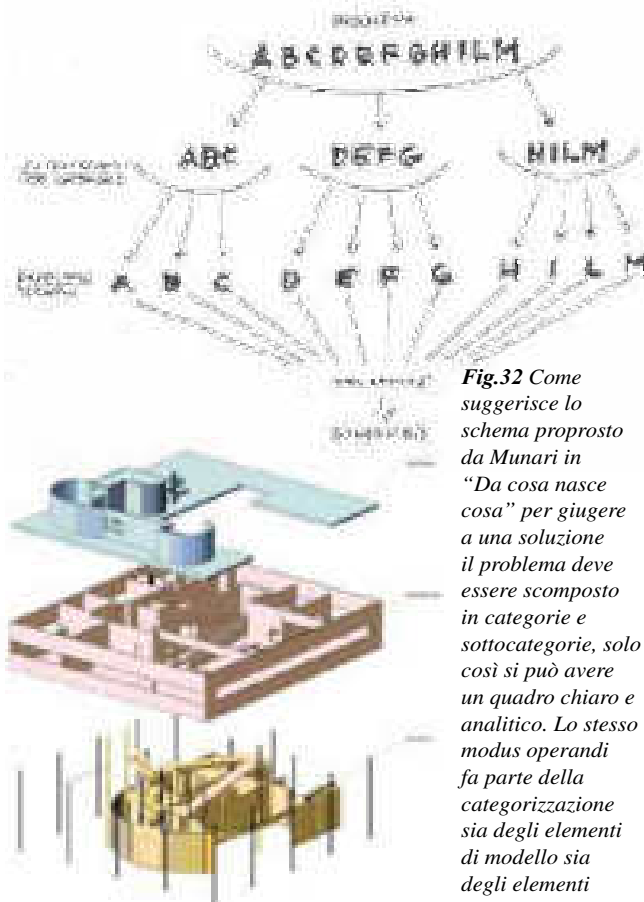


Fig.32 Come suggerisce lo schema proposto da Munari in "Da cosa nasce cosa" per giungere a una soluzione il problema deve essere scomposto in categorie e sottocategorie, solo così si può avere un quadro chiaro e analitico. Lo stesso modus operandi fa parte della categorizzazione sia degli elementi di modello sia degli elementi informativi.

di progettazione avanza, aggiungendo dati primari mancanti ai simboli e perfezionando quelli esistenti. La presenza di proprietà sia primarie che derivate in un simbolo è in conflitto con i principi di normalizzazione nella teoria dei database. Esse supportano la riduzione della ridondanza attraverso l'eliminazione delle dipendenze: ad esempio come riportato da Alexander Koutamanis "se sia la data di nascita che l'età attuale di una persona sono memorizzate in un database, allora quest'ultima è ridondante perché può essere facilmente calcolata sulla base della data di nascita. La ridondanza aumenta non solo lo spazio di archiviazione ma anche l'incertezza perché è possibile rispondere alle domande relative all'età attraverso due fonti distinte e potenzialmente contrastanti. Di conseguenza, in un database normalizzato, viene memorizzata solo la data di nascita (dati primari), insieme a una funzione per il calcolo dell'età (dati derivati)".⁶⁰

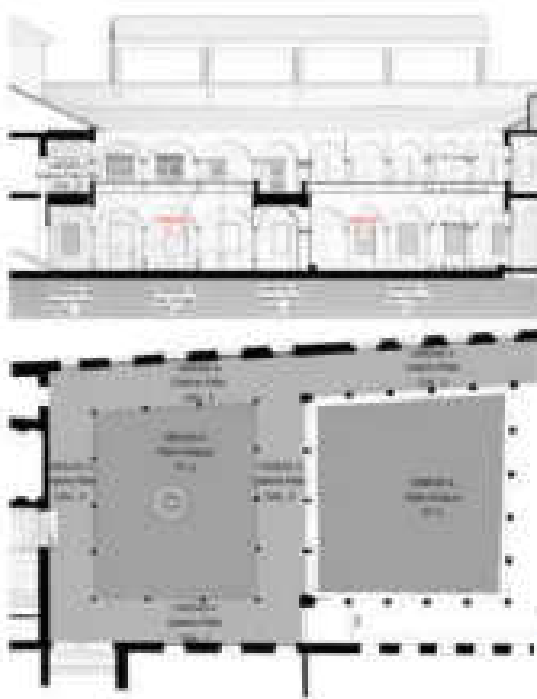


Fig.33 La soluzione proposta da Lo Turco M. e Giovannini E. è volta a descrivere gli oggetti del caso studio modellato in BIM attraverso un'ontologia di linguaggio basata sullo standard internazionale CIDOC-CRM utilizzato come livello semantico per descrivere concetti e relazioni comunemente applicati al settore AEC.

© Lo Turco M., Giovannini E.

La documentazione gestionale prodotta per la definizione di azioni sulla conservazione del patrimonio, non richiederà lo stesso livello di elaborazione. Pertanto, al fine di organizzare i dati in fase di raccolta di informativa è necessario un progetto di ricerca dei dati secondo dobbiamo distinguere tra tre grandi categorie di documenti: il primo, sono i dati di acquisizione morfometrica, nella seconda categoria rientrano i documenti come materiale fotografico, appunti eidotipi e analisi raccolti durante le fasi di osservazione, ricevuti e prodotti nello sviluppo e nell'esecuzione dei progetti e ad una terza appartengono tutte le fonti di archivio reperite e consultate per supportare le azioni di indagine storico-critica. Tutto l'insieme dei documenti generati durante le diverse fasi del progetto di acquisizione metrica e analitica, rispondono a una funzione di elaborazione, comunicazione o risoluzione, sono necessari e richiedono responsabilità per la loro futura conservazione, sia sotto forma di rielaborazione del dato

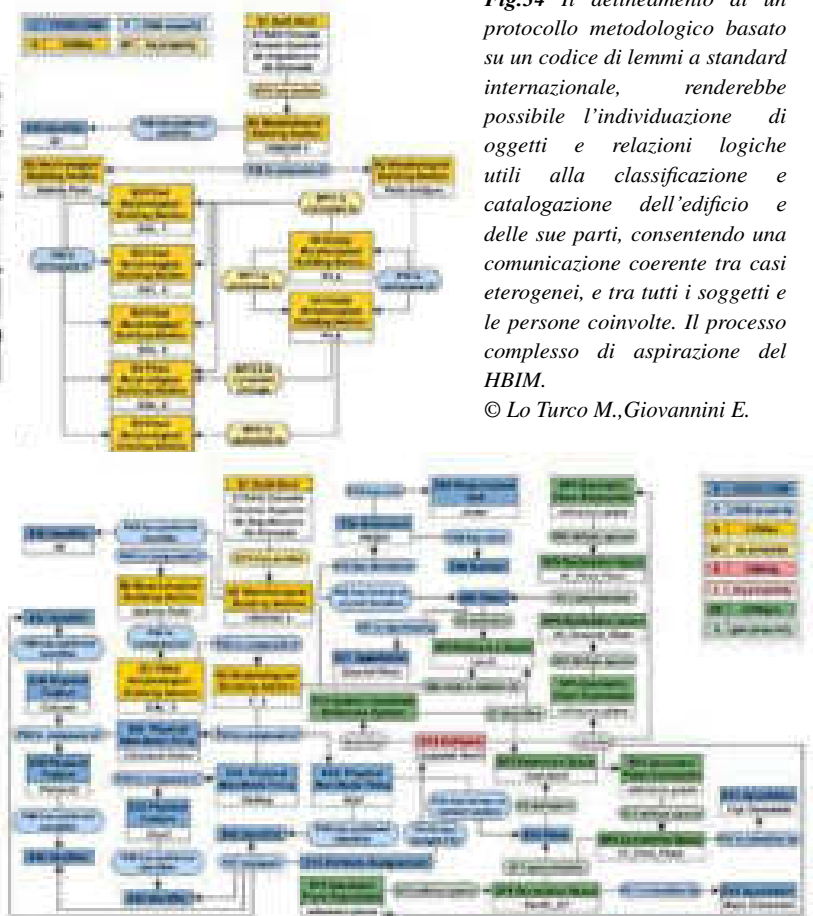
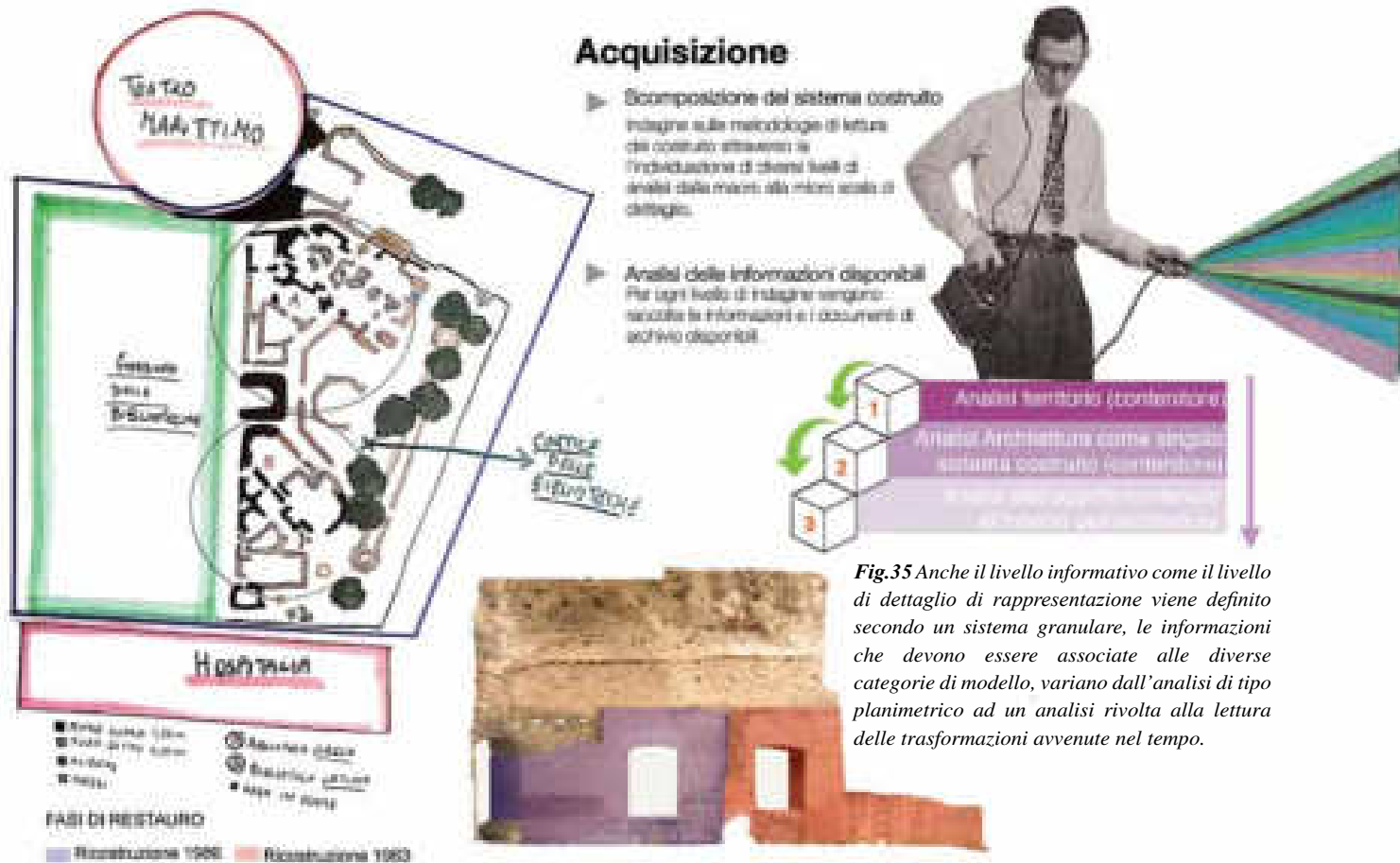


Fig.34 Il delineamento di un protocollo metodologico basato su un codice di lemmi a standard internazionale, renderebbe possibile l'individuazione di oggetti e relazioni logiche utili alla classificazione e catalogazione dell'edificio e delle sue parti, consentendo una comunicazione coerente tra casi eterogenei, e tra tutti i soggetti e le persone coinvolte. Il processo complesso di aspirazione del HBIM.

© Lo Turco M., Giovannini E.

informativo sia nella loro forma originale. I documenti raccolti infatti, rispondendo a differenti possibilità di indagine, se raccolti conservati e indicizzati sulla base di archivi digitali ordinati nella loro forma originale possono risultare necessari a scopi successivi. A tal fine è importante fornire alcuni criteri per l'organizzazione delle fonti informative sia al fine di garantirne l'accesso durante l'esecuzione delle fasi di progetto sia durante le successive fasi di monitoraggio del sistema rappresentato. Al fine di rendere valido il processo di gestione documentale durante le diverse fasi intervento sul patrimonio, in primo luogo, è necessaria la preparazione preliminare delle linee guida e dei compiti per la gestione dei documenti attraverso il coordinamento diretto da una specifica persona del team di ricerca, incaricata di monitorare e gestire i documenti e raccogliarli all'interno degli archivi digitali. La corretta archiviazione dei dati secondo un ordine alfabetizzato è guida che struttura il *follow-up* da



seguire dai diversi partner coinvolti nelle fasi di sviluppo del progetto durante l'esecuzione del progetto; terzo, prima di avviarli, devono essere approvati dai coordinatori del progetto. La gestione documentale vede in primo luogo, la raccolta dei documenti e delle fonti di informazione per avere consapevolezza dei dati a disposizione, questi possono essere classificati in base alle diverse specificità secondo i compiti e le aree di azione precedentemente definiti. In tema di conservazione digitale dovrebbe tener conto sia dei diversi media e formati, sia della specificità dei materiali grafici oltre alla distribuzione e l'accesso, ovvero cosa, come e chi può accedere alle informazioni sul progetto; e infine la diffusione che garantisce il trasferimento delle conoscenze generate. La classificazione delle diverse categorie della struttura informativa del modello è stata effettuata creando parametri personalizzati ad essi collegati all'interno del software BIM. La strutturazione preliminare delle categorie di parametri

attraverso un file di excel condiviso è utile a stabilire un quadro delle tipologie di informazione a disposizione. Il modello diventa strumento di archiviazione integrata, finalizzato al sistema informativo localizzato. Nel settore del Cultural Heritage, risulta difficile definire dei domini informativi standardizzati e riapplicabili a differenti casistiche, ciascuna delle quali avrà bisogno di indici ed indicatori strutturati in maniera differente in base alle diverse esigenze di studio. Torna nella categorizzazione del dato informativo la necessità di dichiarare le intenzioni e definire le finalità della struttura del modello. Il modello di una chiesa ortodossa russa avrà indicatori ed informazioni completamente differenti dai resti archeologici di Villa Adriana a Tivoli. I dati in accordo con Lo Turco e Giovannini devono essere strutturati attraverso l'analisi dei sistemi ontologici esistenti del patrimonio culturale sulla base di criteri condivisi implementabili all'interno del modello HBIM, con dati specifici

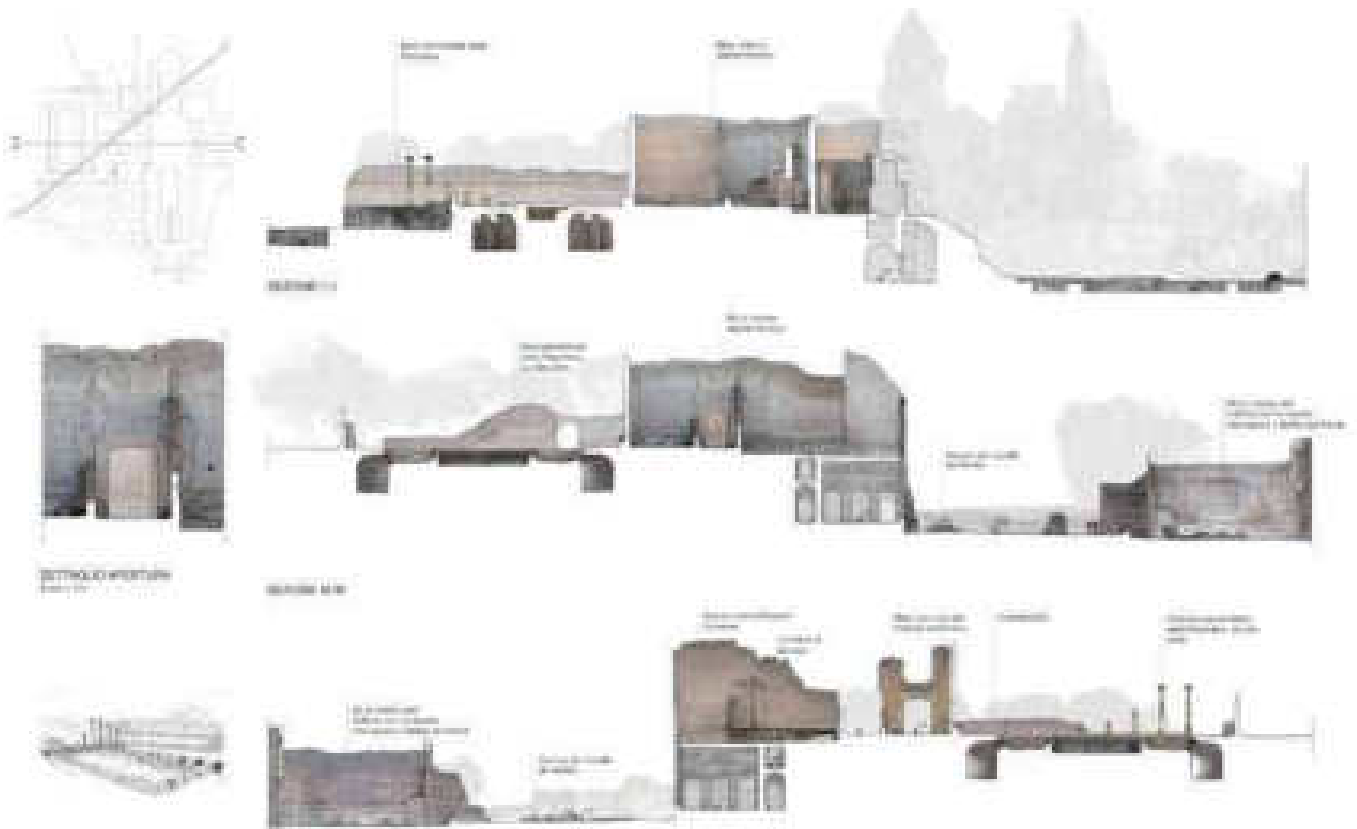


Fig.36 Il sistema di gestione e conservazione del patrimonio architettonico costruito è un processo estremamente complesso che necessita l'analisi e differenti scale di approfondimento, come avviene per i metodi di rappresentazione la scala di rappresentazione viene decisa in base a cosa si vuole rappresentare e alle finalità dell'elaborato, risulta superfluo il disegno di ogni singolo cubilia dei paramenti di Villa Adriana se il disegno è finalizzato alla rappresentazione di una scala ambientale per analizzare il rapporto che intercorre tra i diversi ambienti viceversa per una analisi stratigrafica avrà bisogno di una rappresentazione con un scala adeguata al racconto della trama delle tessiture murarie.

di indirizzo per i diversi settori del patrimonio culturale.⁶¹ Le informazioni vengono fatte confluire in appositi data collector con la possibilità di essere direttamente collegati ai principali elementi 3d del modello BIM, mantenendo una struttura gerarchica tra le diverse tipologie di dati.

La tendenza è quella di definire componenti parametriche, relazioni, attributi, corretta definizione di *Level of Knowledge* per rendere efficace l'interrogazione delle informazioni sulla piattaforma BIM secondo una metodologia strutturata. Questa struttura deve essere progettata al fine di poter garantire un linguaggio comune e interoperabile attraverso l'uso di denominazioni codificate basate sugli standard internazionali che possono essere di aiuto nella scomposizione e nella classificazione delle differenti componenti del caso studio.⁶²

La rappresentazione del modello attraverso diversi livelli di dettaglio (LoD), consente di fornire una visualizzazione fluida e un accesso efficiente ai dati. I sistemi di information

modeling sono in grado di integrare vari tipi di informazioni e documentazione, oltre che offrire a diversi utenti la possibilità di interconnessione con il web, permettono di partecipare attivamente durante le fasi di strutturazione del modello. Il coinvolgimento di diverse figure attive nell'arricchimento delle informazioni prevede la necessità della strutturazione tra i diversi utenti un documento condiviso di protocollo metodologico come un manuale creato ad hoc per il singolo progetto che serva a definire le linee guida per l'implementazione del modello.

La conservazione e la gestione del patrimonio costruito degli edifici è un processo complesso che richiede delle analisi a diverse scale di approfondimento, un multilivello che nasce dalla collaborazione tra diversi specialisti del settore.

Le informazioni ordinarie che possono essere lette dal modello HBIM possono includere⁶³:

- Dati geometrici, da rilievo metrico;

La sperimentazione di procedure di modellazione parametrica per i beni culturali.

Dal rilievo digitale al modello HBIM per la valorizzazione e gestione di alcuni esempi del patrimonio storico architettonico.

Anna Dell'Amico



MAPPA AEREA DOCTRINE VILLA ADORNATO



- MAPPA AEREA VILLA ADORNATO**
- CCD_001 Hospitale
 - CCD_002 Area di Piazza
 - CCD_003 Biblioteca
 - CCD_004 Palazzo
 - CCD_005 Torre con Palcoscenico
 - CCD_006 Facciata
 - CCD_007 Palazzo D'Inverno
 - CCD_008 Sala dei Poveri Conti
 - CCD_009 Le stanze di Adorno

CCD_001

TEORIE CONVEGNO

Visualizzazione nella finestra di punti

Nome: CCD_001

Quantità: 10

Tipologia: 01

Area di Intervento	Elementi collegati al file	Dimensioni del file
001	01	10
002	02	10
003	03	10
004	04	10
005	05	10
006	06	10
007	07	10
008	08	10
009	09	10
010	10	10

CCD_004

TEORIE CONVEGNO

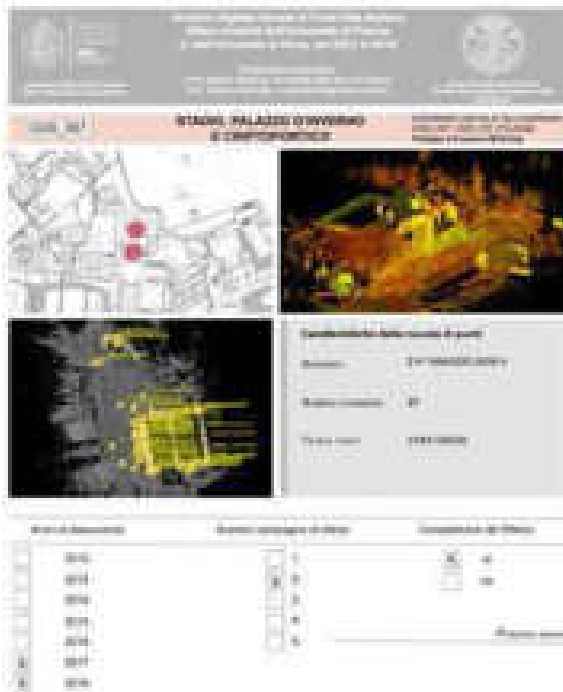
Visualizzazione nella finestra di punti

Nome: CCD_004

Quantità: 10

Tipologia: 01

Area di Intervento	Elementi collegati al file	Dimensioni del file
001	01	10
002	02	10
003	03	10
004	04	10
005	05	10
006	06	10
007	07	10
008	08	10
009	09	10
010	10	10



- Definizione di abachi sugli elementi architettonici;
- Definizione dei Materiali da costruzione. Che possono essere espresse graficamente dall'utilizzo di retini, texture o da semplici etichette di annotazione;
- Degradi superficiali che possono essere descritti tramite l'utilizzo di glossari UNI e graficamente espressi tramite l'utilizzo di retini ed etichette;
- Fasi costruttive;

A questi si vanno ad aggiungere una serie di metadati che possono essere debitamente collegati al modello per approfondire il livello informativo:

- Fotografie d'archivio;
- Testi / documenti di ricerca archivistica;
- Dati su analisi ambientali;
- Dati di computazione dei costi;

link esterni che permettono il collegamento con modelli secondari per l'approfondimento dei dati geometrici o per la fruizione

link a siti e a database on cloud⁶⁴.

Un tipo di modellazione secondo la definizione di differenti livelli informativi che tramite l'organizzazione ordinata degli elementi in veste digitale ha l'intenzione di prolungare la vita di edifici storici plasmando una nuova realtà della nostra memoria storico - culturale una memoria digitale volta a creare nuovi spazi accessibili⁶⁵. (Parrinello 2019)

Come si parla di affidabilità per il livello descrittivo geometrico anche nel caso del livello informativo si parla di affidabilità del dato d'archivio. Quando di parla di studio del patrimonio storico la verifica delle fonti e la propria attendibilità deve essere esaminata, in un'ottica di riduzione che mira alla qualità del dato informativo piuttosto che alla quantità, per questo le informazioni devono essere verificate e contestualizzate.

Fig.37 La gestione di archivi digitali complessi richiedono la definizione di un rigido sistema di categorizzazione ed archiviazione dei file, sulla base di un linguaggio codificato strutturato secondo le specifiche di progetto. La mole di dati acquisita durante le operazioni di rilievo, se non riordinata e categorizzata in base ad una schedatura composta da voci contenenti, la tipologia di file, le caratteristiche del dato, l'anno di acquisizione, la completezza o alcune note di criticità rischia per generare delle imprecisioni e la possibile perdita di dati significativi, soprattutto per quelle azioni di ricerca svolte su differenti anni.

NOTE

¹ Salvatore Principe (2017). *Cartesio e il fondamento empirico della conoscenza*. Campobasso: Diogene Edizioni p.118

² Cfr. Francesca Fatta (2020) BIM e HBIM. La rappresentazione del modello tra sperimentazione e formazione. In: *Building Information Modeling, Data & Semantics Dn 6/2020*. Roma: Dei Tipografia del Genio Civile.

³ Venneri, V. Sulla rivoluzione paradigmatica in Edgar Morin. *Dalla semplificazione alla complessità*. Idee, North America, 59, jun. 2005. Available at: <<http://siba-ese.unisalento.it/index.php/idee/article/view/3433>>. 59/60 pp.161-162

⁴ Si fa riferimento al concetto di Dimensione

⁵ Le norme UNI 11337, hanno adottato questa tipologia di classificazione Dimensionale:

1D: Punto di partenza, ricerche d'archivio, programmazione attività (BEP) scelta software house, concept design

2D: disegni bidimensionali, programmazione file management, lista delle deliverables,

3D: Restituzione tridimensionale del manufatto;

4D: Analisi della componente tempo della durata del ciclo di vita dell'edificio;

5D: Analisi dei costi;

6D: Fase di gestione dell'edificio corrispondente con il *Project life cycle*;

7D: Valutazione della sostenibilità.

⁶ In informatica è definita entità, l'insieme di elementi dotati di proprietà comuni dal punto di vista dell'applicazione considerata; per esempio, in un sistema informativo per la scuola, l'e. insegnante rappresenta l'insieme degli insegnanti e l'e. studente rappresenta l'insieme degli studenti. Modello entità-relazione, modello concettuale diffuso nella progettazione di una base dati; la realtà di interesse è rappresentata mediante entità e relazioni tra esse. Cfr. <https://www.treccani.it/enciclopedia/entita/>

⁷ Cfr. Tatiana Kirilova Kirova, Davide Mezzino (2014) L'utilizzo del rilievo tridimensionale in architettura :dal modello 3D al progetto di restauro. in (a cura di). Chiara Vernizzi, Paolo Giandebiaggi *Italian survey & international experience*. Roma: Gangemi Editore pp. 351-358.

⁸ Cfr. Webconference AssIRCCo helded by Carlo Bianchini title *From laser scanner to BIM*.

⁹ *ivi*.

¹⁰ Al comma 5 dell'art. 10 e comma 1 dell'art. 12 Codice dei beni culturali e del paesaggio.

¹¹ Cfr. Webconference AssIRCCo helded by Carlo Bianchini title *From laser scanner to BIM*.

¹² Si da riferimento alla rappresentazione fantapolitica di George Orwell, nel suo celebre romanzo 1984 *«Il Grande Fratello ti osserva»*. Il partito immaginato da Orwell utilizza teleschermi, per diffondere gli slogan di partito ma anche per spiare azioni, emozioni e, soprattutto, pensieri dei cittadini. Orwell non poteva certo immaginare la nostra epoca della Rete, la capacità odierna di im-

magazzinare informazioni su tutti noi. Al governo il Ministero della Verità, nonché Ministero dell'informazione è impiegato a riscrivere, costantemente, la Storia. *«Chi controlla il passato controlla il futuro: chi controlla il presente controlla il passato»*. Cfr. George Orwell (1989) 1984, oscar mondadori: Milano.

¹³ Cfr. Tatiana Kirilova Kirova, Davide Mezzino (2014) L'utilizzo del rilievo tridimensionale in architettura :dal modello 3D al progetto di restauro. in (a cura di). Chiara Vernizzi, Paolo Giandebiaggi *Italian survey & international experience*. Roma: Gangemi Editore pp. 351-358.

¹⁴ *Rollerball* (1975) film diretto da Norman Jewison.

¹⁵ Cfr. Parrinello, Sandro. (2012). Il disegno dell'imperfetto. Esigenze descrittive per l'analisi architettonica. In *Conference: APEGA Asociación de profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. Investigación Gráfica Expresión Arquitectónica*, La Imprenta CG.: Valencia.

¹⁶ Cfr. André Borrmann, Volker Berkhahn (2018) *Principles of Geometric Modeling*, in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) *Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice*, Cham: Springer. pp. 27-41.

¹⁷ Definizione tratta da Treccani <http://www.treccani.it/vocabolario/modello/>

¹⁸ Cfr. Pavan, A., Mirarchi, C., Giani, M., (2017). *BIM: Metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*, Milano: Tecniche nuove.

¹⁹ Cfr. André Borrmann, Volker Berkhahn (2018) *Principles of Geometric Modeling*, in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) *Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice*, Cham: Springer. pp. 27-41.

²⁰ Bruno Zevi (1948) *Saper Vedere l'architettura*.Einaudi: Torino, p.117.

²¹ *Ibidem*.

²² Questo perchè l'elaborazione dei modelli digitali è una sintesi matematica, in cui di punti nello spazio, per tal motivo necessita di un sistema di riferimento.

²³ Cfr. André Borrmann, Volker Berkhahn (2018) *Principles of Geometric Modeling*, in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) *Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice*, Cham: Springer. pp. 27-41.

²⁴ Cfr. Goodrich M.T, (1990) *An Improved Ray Shooting Method for Constructive Solid Geometry Models via Tree Contraction*. In *Applying Parallel Processing Techniques to Classification Problems in Constructive Solid Geometry Proc. 1st ACM-SIAM Symp. on Discrete Algorithms*, 1990, 118/128

²⁵ Questi metodi si basano sulla rappresentazione di geometrie 2D, individuate da una polilinea chiusa, che tramite strumenti di estrusione di superfici viene spostata lungo un asse, o un percorso individuato da una curva definita dall'utente per la creazione di un solido

3D. Nella definizione delle diverse tipologie di percorso, attribuibile alla figura, se rettilineo si avrà come risultato un solido definito per *estrusione*, se il percorso invece, è rappresentato da una curva viene denominato *sweep*. Alla modalità dell'estrusione su percorso si aggiungo diverse possibilità, come attribuire diverse tipologie di profili di sezione lungo lo snodo del percorso nello spazio. Le sezioni trasversali possono differire l'una dall'altra per dimensione e forma; queste vengono tra loro interpolate dai sistemi di modellazione. Un volume realizzato tramite processi di rivoluzione, formalmente, è del tutto simile al volume estruso, cambia solamente la modalità di costruzione: tramite procedure di rivoluzione la superficie 2D viene ruotata attorno a un asse definito dall'utente.

²⁶ Cfr. Michele Calvano (2019) *Disegno digitale esplicito* Roma: Aracne. pag. 19.

²⁷ Cfr. André Borrmann, Volker Berkhahn (2018) *Principles of Geometric Modeling*, in André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (eds) *Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice*, Cham: Springer. pp. 27-41.

²⁸ Cfr. Michele Calvano (2019) *Disegno digitale esplicito* Roma: The Factory. pag. 19.

²⁹ Cfr. Apollonio F., Gaiani M., Remondino F. (2010) Una pipeline per l'acquisizione di dati in 3D, in (a cura di) Benedetti B., Gaiani M, Remondino F. *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*. Pisa: Edizioni della Normale

³⁰ Marcos Novak (1957) nasce a Caracas e studia architettura specializzandosi in software per il disegno industriale. Ricercatore presso l'Università di Austin in Texas, si dedica già dai primi anni Ottanta al rapporto tra le scienze informatiche e le costruzioni.

Protagonista dell'architettura "non tradizionale", la sua riflessione progettuale nasce dalla ricerca delle possibilità spaziali date dalle nuove tecnologie digitali, dalle composizioni algoritmiche, dalla musica.

Analizzando le conformazioni, Novak teorizza in particolare le "hypersurfaces", in cui ibridamente si mescolano "invisibilità e virtualità". Questo suo originale percorso professionale lo porta a coniare nuovi termini, in primis "liquid architecture" e "transarchitecture", ai quali si sono aggiunti "navigable music", "habitable cinema", "archimusic" e diversi altri lemmi che ben delineano la sua metodologia progettuale. Tra questi neologismi, spicca il termine "architettura liquida", coniato nel volume *Architetture liquide nel cyberspazio* (1993).

³¹ Cfr. Maurizio Unali, Spazio indicibile. In: Sacchi, L., Unali, M., (a cura di). "Architettura e cultura digitale", Skira: Milano 2003 pp.219-241.

³² Cfr. Benjamin H. Bratton (2003) La premessa di un'architettura ricombinante: parte prima. In: Sacchi, L., Unali, M., (a cura di). "Architettura e cultura digitale", Skira: Milano 2003 pp.108-121.

³³ Cfr. Nouha HICHRI, Chiara STEFANI, Livio DE LUCA, Philippe VERON - Review of the "as-built BIM" approaches - In: 3D-ARCH International Conference, Italie, 2013 - Proceedings of the

3D-ARCH International Conference - 2013.

³⁴ e una quantità molto minore di dati da trasferire. Una delle principali condizioni nello scambio di dati delle descrizioni del modello implicito è, tuttavia, che il sistema di destinazione deve supportare ed essere in grado di riprodurre con precisione tutte le informazioni associate alla geometria di modello nel sistema di origine, ciò rende l'interfaccia di scambio dati notevolmente complessa.

³⁵ Il termine parametro è utilizzato per lo più in matematica, per indicare una costante arbitraria. Nella modellazione tridimensionale è utilizzato per indicare delle connotazioni del modello utilizzate per la progettazione degli elementi di modello.

³⁶ Cfr. Lo Turco, M. (2015) *Il Bim e la rappresentazione infografica nel processo edilizio*, Roma: Aracne.

³⁷ Cfr. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. 2nd Edition, Wiley, NJ.

³⁸ *Ibidem*.

³⁹ All'interno di questo lavoro di ricerca si fa riferimento al software di modellazione Revit a marchio Autodesk, che è stato scelto per le sperimentazioni sulla base di una valutazione di diffusione a livello di mercato su scala di definizione mondiale. Secondo il report 2020 della NIB il 46% degli utenti utilizza Revit, il 24% AutoCAD il 15% ArchiCAD e il restante 15% prodotti vari tra cui Trimble, Nemetscheck, Bentley.

⁴⁰ Paolo Ettore Giana, Francesco Paleari, Marco Schievano, Elena Seghezzi, (2019) *Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa*, (a cura di Giuseppe Martino di Giuda) Bologna: Società editrice Esculapio s.r.l.p.88-89.

⁴¹ *Ibidem*.

⁴² *Ibidem*.

⁴³ UNI, 2017a9.

⁴⁴ Cfr. Paolo Ettore Giana, Francesco Paleari, Marco Schievano, Elena Seghezzi, (2019) *Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa*, (a cura di Giuseppe Martino di Giuda) Bologna: Società editrice Esculapio s.r.l. p. 53.

⁴⁵ Cfr. Pavan, A., Mirarchi, C., Giani, M., (2017). *BIM: Metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*, Milano: Tecniche nuove.

⁴⁶ Facendo riferimento al concetto di maniera Vasariano.

⁴⁷ Cfr. Paolo Ettore Giana, Francesco Paleari, Marco Schievano, Elena Seghezzi, (2019) *Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa*, (a cura di Giuseppe Martino di Giuda) Bologna: Società editrice Esculapio s.r.l. p. 54.

⁴⁸ Cfr. Paolo Ettore Giana, Francesco Paleari, Marco Schievano, Elena Seghezzi, (2019) *Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa*, (a cura di Giuseppe Martino di Giuda) Bologna: Società editrice Esculapio s.r.l. p. 55.

⁴⁹ Cfr. Webconference AssIRCCo helded by Carlo Bianchini title From laser scanner to BIM.

⁵⁰ Cfr. Pavan, A., Mirarchi, C., Giani, M., (2017). *BIM: Metodi e*

strumenti. *Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*, Milano: Tecniche nuove.

⁵¹ Pavan, A., Mirarchi, C., Giani, M., (2017). *BIM: Metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*, Milano: Tecniche nuove, pag. 83.

⁵² Per Clash Detection si intende una tipologia di analisi supportata dalla macchina al fine di valutare le possibili interferenze geometriche rispetto ad altre discipline e modelli.

⁵³ Bertocci and Parrinello 2007

⁵⁴ *Non Uniform Rational B-spline* (NURBS) sono delle rappresentazioni matematiche della geometria 3D, le quali definiscono accuratamente qualunque forma: da una semplice linea, ad un cerchio, un arco o una curva, fino al più complesso solido o superficie a forma libera o organica 3D. Curve e superfici NURBS si comportano in modo analogo, per cui la terminologia tecnica ad esse relative è pressoché la stessa. Visto che le curve sono più semplici da trattare, ci soffermeremo dettagliatamente su di esse. Una curva NURBS è definita da quattro caratteristiche: il grado, i punti di controllo, i nodi e la regola di stima.

⁵⁵ Li et al., 2019

⁵⁶ Cfr. Apollonio F., Gaiani M., Remondino F. (2010) Una pipeline per l'acquisizione di dati in 3D, in (a cura di). Benedetti B., Gaiani M., Remondino F. *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*. Pisa: Edizioni della Normale pp. 66

⁵⁷ All'interno del software Revit si parla di modellazione *in-place*, quando si procede alla costruzione di un modello di tipo locale all'interno del file di progetto. In questa categoria di elementi ricadono quelle tipologie di oggetti che talmente specifici per il progetto, e quindi non riutilizzabili in successivi casi studio per i quali si reputa sconveniente la progettazione di una famiglia di modello specifica. Come per le famiglie di sistema, questi oggetti ricadono in componenti tipologiche di famiglia locale che vengono salvate all'interno del progetto. Contrariamente alle famiglie caricabili, i parametri di modifica sono limitati, ogni modifica influirà esclusivamente sulla specifica famiglia selezionata. Cfr. Simone Pozzoli, Marco Bonazza, Werner Stefano Villa (2017) *Autodesk Revit per l'Architettura. Guida completa alla progettazione BIM. Tecniche nuove: Bergamo*.

⁵⁸ Per *reverse modeling* si intende l'intero processo di trasformazione di un oggetto fisico fino ad una forma di rappresentazione digitale, l'azione è supportata da un progetto di rilievo digitale delle superfici e una successiva modellazione delle forme sulla base della nuvola di punti, attraverso la ricostruzione delle forme libere descrivibili da superfici complesse tramite i modelli di tipo poligonale mesh e le superfici polinomiali (NURBS, B-Splines). L'accezione *reverse* sottolinea, l'inversione di tendenza essendo il dato di partenza il prodotto finito e il prodotto finale il modello tridimensionale. Cfr. Gabriele Guidi, Michele Russo, Jean-Angelo Beraldin (2010) *Acquisizione 3D e modellazione poligonale* McGraw-Hill: Milano p. 329

⁵⁹ Cfr. Alexander Koutamanis (2020). *Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions? Automation in Construction*, Volume 114, 2020.

⁶⁰ Alexander Koutamanis (2020). *Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions? Automation in Construction*, Volume 114, 2020.

⁶¹ Cfr. P. Parisi, M. Lo Turco, E. C. Giovannini (2019) *The value of knowledge through HBIM models: historic documentation with a semantic approach*. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-2/W9, 2019 8th Intl. Workshop 3D-ARCH "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures", 6–8 February 2019, Bergamo, Italy, pp. 581-588.

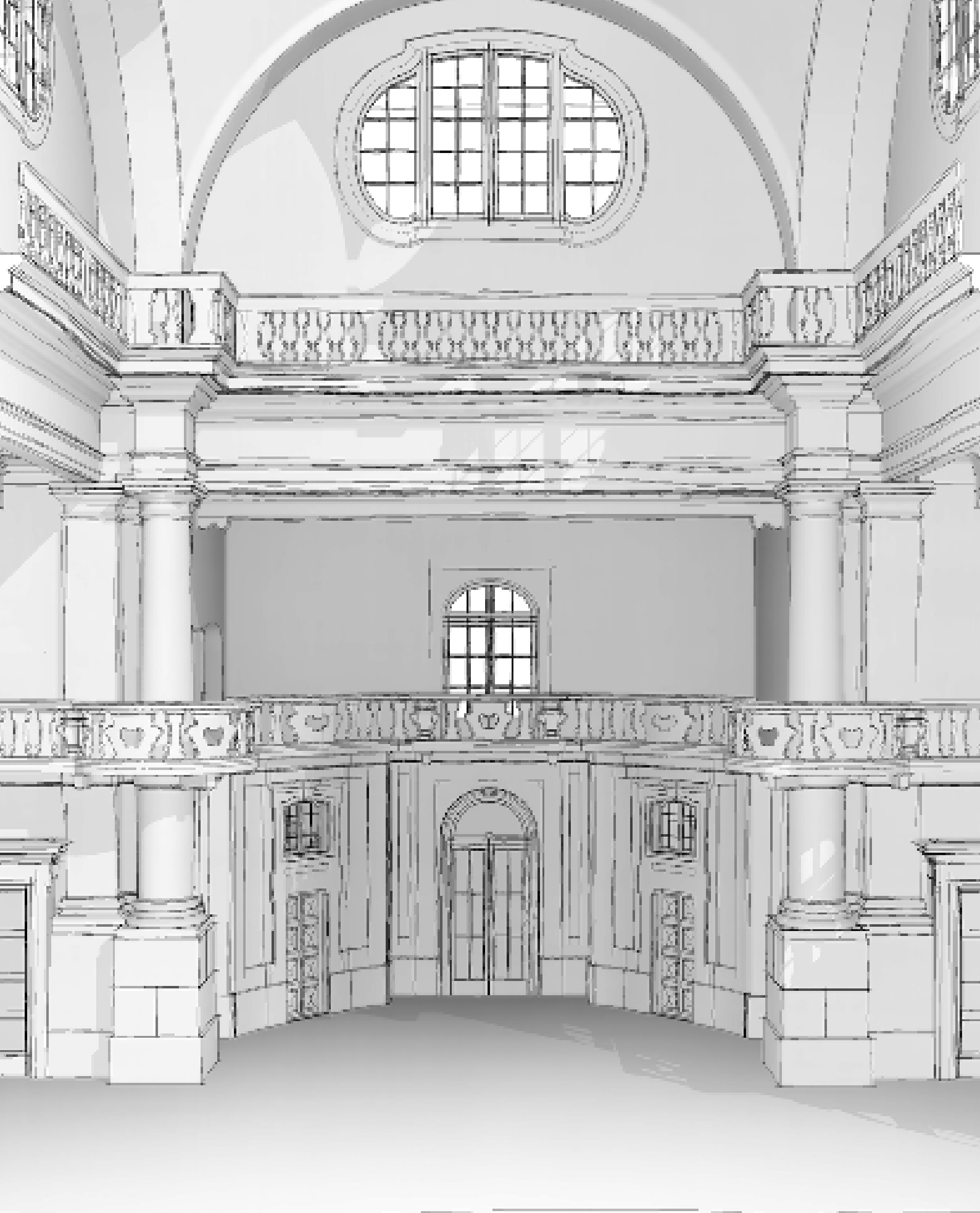
⁶² Alexander Koutamanis (2020). *Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions? Automation in Construction*, Volume 114, 2020.

⁶³ Cfr. Pocobelli D.P., Boehm J., Bryan P. et al (2018) *BIM for heritage science: a review*. *Herit Sci* 6:30 Ratti C (2017) *La città di domani: come le reti stiano cambiando il futuro urbano*. Einaudi, Torino.

⁶⁴ *Ibidem*.

⁶⁵ Cfr. Parrinello S., Picchio F., De Marco R., Dell'Amico A. (2019) *Documenting the cultural heritage routes. The creation of informative models of historical russian churches in upper kama region*. *IntArch Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci XLII-2/W15*.

Fig.38 Pagina a fronte: Visualizzazione del modello HBIM realizzato per la valorizzazione della Sala della Crociera del Museo Archeologico. Tesi di Laurea studente Hangjun Fu Relatore: Sandro Parrinello Correlatore: Anna Dell'Amico. Università degli studi di Pavia, DICAr-Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura.





TERRITORIAL AND ARCHITECTURAL CATALOGUING SYSTEM

CENSUS TEMPLATE

GENERAL INFORMATION

VISUAL DESCRIPTION

HISTORIC INFORMATION

TERRITORIAL ASPECTS

ACCESSIBILITY ASPECTS

CONSTRUCTIVE ANALYSIS

PATHOLOGICS ANALYSIS



CAPITOLO V

LA COSTRUZIONE DI UN MODELLO “SISTEMA” NELLE ESPERIENZE DI RICERCA

Nel nuovo millennio il mestiere dell'architetto è sempre più indirizzato all'indagine e alla trasformazione del reale in virtuale e viceversa, cercando metodi e strumenti di rappresentazione per la composizione delle idee, sulla base dell'esperienza.

Oggi virtuale ha però anche un altro significato, più comunemente usato, che riguarda la vita nel mondo digitale, simulata attraverso specifiche interazioni con quanto l'espressione grafica digitale ripresenti del mondo reale.

Trattandosi di un'esperienza di vita digitale l'interazione con questi disegni o queste rappresentazioni comporta in ogni caso una generazione di un percorso di apprendimento. Vivere il virtuale e fruire i contenuti vuol dire interconnettere dati, esplicitare azioni e progettare analisi e conoscenze che anche a livello inconscio qualificano un apprendimento.

Come dopo tutte le grandi rivoluzioni tecniche e tecnologiche il pensiero, le regole e i sistemi applicativi attraversano un periodo di adeguamento, durante il quale è compito dell'accademia individuare, ed esperire le possibilità attraverso la promozione di ricerche volte alla definizione metodologica dei nuovi dispositivi e sistemi a disposizione. Questo, è quello che sta avvenendo per il settore della rappresentazione dove l'indagine è rivolta verso le nuove tecnologie e gli approcci metodologici, attraverso la ricerca diversificata di casistiche volte alla valutazione delle possibilità offerte dai sistemi. Il pensiero come sottolineato da Francesca Fatta, va educato e deve essere aperto a nuove possibilità *“in grado di fare i conti con l'incertezza e la pluralità dell'esperienza, un modello creativo, multidirezionale, antidogmatico.”*¹

Il virtuale a cui facciamo riferimento oggi, modelli 3d, applicazioni VR, AR sono l'esito dello sviluppo tecnologico di un sistema rappresentativo, di come il nostro ordinare lo spazio sia riferibile a modelli computazionali e di come cambia il *medium* ma non il fine della rappresentazione, della comunicazione, e della trasmissione della conoscenza in maniera efficace. Negli anni il rinnovamento tecnologico ha fatto sì che ci fosse un cambiamento nel *medium* ma non nell'obiettivo, della comunicazione mediatica per il coinvolgimento diretto dell'utente.

Tali sistemi di virtualizzazione degli spazi diventano mezzi fondamentali per la conoscenza, la comunicazione e la diffusione della cultura e la fruizione degli spazi a portata di un click. Sono oggetto di indagine nuovi sistemi di rappresentazione proiettati sempre più verso lo sviluppo di metodi espressivi capaci non solo di raccontare le complessità degli spazi contemporanei, ma anche di coinvolgere attivamente lo spettatore nell'apprendimento e nella divulgazione delle informazioni raccolte.

Riprendendo la definizione di Abraham Moles riportata da Munari, *“Un prodotto è complicato quando gli elementi che lo compongono appartengono a numerose classi differenti; mentre è complesso se contiene un gran numero di elementi raggruppabili però in poche classi.”*²

Questo configurarsi del messaggio digitale mostra però qui la sua utilità nel momento in cui ascende ad un livello comunicativo che non risente dei vincoli culturali, ma si uniforma sovente a favore della promozione di un sistema di fruizione della cultura sempre più proiettato verso la condivisione e la fruizione globale. Le immagini hanno un ruolo preciso nello sviluppo dell'apprendimento linguaggio. La cultura dell'informazione oggi è prevalentemente cultura visiva e media digitali sono le modalità con cui le informazioni vengono presentate nei diversi ambiti. Il digitale attribuisce alle immagini una nuova dimensione e prospettive inaspettate verso la produzione di nuovi prodotti culturali che condizionano il tipo di esperienza, i significati e le diverse modalità di costruzione della conoscenza.

Una società in continuo movimento, che si fa sempre più rapido e accelerato, in cui le attese sono ridotte al minimo, tutto e subito, cambia necessariamente le proprie aspettative e le proprie esigenze trasferendo la formazione nell'informazione in modo che le persone possano percepire le cose tramite canali diretti.

Gli applicativi di realtà virtuale congiuntamente alla possibilità di prototipazione attraverso la stampa tridimensionale, sono forme di fruizione che vanno a stimolare la curiosità e l'attrazione verso la scoperta per il nuovo. La suggestione attraverso emozioni e sensazioni che raggiungono e attivano i

nostri neuroni generando sensazioni fisiche che predispongono all'ascolto all'ascolto e alla lettura dell'immagine. Questo permette nel caso della didattica di mantenere un livello di attenzione più alto e di evitare quei momenti di fuga che in una generazione Smart sono sempre più frequenti.

Si deve riconoscere come l'avvento dei nuovi media digitali costringa ad un cambiamento di prospettiva nelle modalità di comunicazione e nel modo di produzione dei contenuti.

Meccanismi proprio delle nuove generazioni di studenti e di utenti, nate e cresciute a stretto contatto con questo tipo di mondi, abituati ad essere in contatto, sin da piccoli con il mondo virtuale attraverso i videogames, gli smartphone, tramite piattaforme digitali si ritrovano quotidianamente all'interno di scenari e storie trasportando in Mondi e ambientazioni l'essenza della stessa Società cyber e quindi in qualche modo il contesto virtuale gli appartiene e questa generazione ne è imbevuta³.

Lo strumento di modelli digitali per lo studio e l'approfondimento tematico e quindi la creazione di spazi virtuali dove poter fruire delle più svariate informazioni va a potenziare i mezzi di diffusione culturale tramite quello che è definito *ubiquitous learning*⁴ e *discovery based learning*⁵. Elementi, che contraddistinguono queste nuove tipologie di apprendimento *smart* sono la permanenza delle informazioni, sempre disponibili raccolte all'interno di database digitali, la facilità e rapidità con la quale l'utente può avere accesso ai diversi dati informativi in qualsiasi luogo attraverso la rete digitale, e la possibilità di fare ricerche strutturate in base alle specifiche esigenze dell'utente grazie all'interattività dello strumento è possibile delineare gli approfondimenti tematici in base ai diversi profili di utenza adattando il percorso di conoscenza alle proprie esigenze⁶.

Sulla base di questi punti chiave il settore dei beni culturali e i complessi museali stanno aprendo le porte a nuove esperienze digitali cercando di espandere i propri spazi, non più confinati al contenitore fisico individuabile nelle mura del museo, ma aprire i propri contenuti a nuovi spazi digitali, attraverso la virtualizzazione delle proprie collezioni.

La fruizione di spazio digitalizzato e di sistema di informazioni annesso, amplificano le potenzialità di questi database 3D: se da una parte vengono risolti problemi di accessibilità e di diffusione del bene, dall'altra è la stessa opera d'arte ad assumere un nuovo valore espressivo, capace di rinnovare sia il passato glorioso tramite aspetti dinamici, sonori e sia i contenuti esplicativi volti ad arricchirne l'identità e a farne riacquistare quella dignità originaria troppo spesso celata dietro ad una teca di vetro chiusa.

Al fine di coniugare sistemi informativi capaci di descrivere gli spazi museali all'interno delle attività di ricerca portate avanti dal Laboratorio Sperimentale Didattica e Ricerca DAda-LAB dell'Università degli studi di Pavia, sono stati sviluppati alcuni progetti che hanno avuto come oggetto la digitalizzazione del patrimonio e delle collezioni museali per la produzione di database 3D.

Le attività del laboratorio, stanno concentrando la propria attenzione sia verso la realizzazione di un iter metodologico di digitalizzazione dello spazio museale (contenitore) verso forme innovative di fruizione dello spazio museale, sia verso lo studio di un iter metodologico di acquisizione delle collezioni museali generando nuove esperienze di visita dello spazio digitalizzato favorendo sistemi di interazione tra reale e virtuale con l'obiettivo di mettere in relazione, nel sistema informativo, il singolo oggetto o opera d'arte con le qualità formali, tecnologiche e costruttive del complesso architettonico dal quale l'elemento veniva percepito.

Le sperimentazioni condotte sono state finalizzate a produrre un protocollo metodologico replicabile in tutte le sue fasi, dall'acquisizione alla gestione e alla fruizione del bene.

Attraverso il rilevamento digitale e l'uso di specifici software di gestione ed elaborazione dati sono stati prodotti database organizzati secondo differenti livelli, dimensioni, e complessità di dati, in cui è stato possibile raccogliere la totalità dei dati acquisiti per consentire l'estrazione di una serie di informazioni utili. In particolare il rilievo digitale produce nuvole di punti convertibili in modelli in cui la spazialità viene riproposta nelle sue tre dimensioni.

La difficoltà di documentare e restituire coerentemente l'immagine di un sistema geometricamente complesso risiede principalmente nella gestione della fase di acquisizione del dato, e nella catalogazione del materiale acquisito.

Questi dati, acquisiti ed elaborati seguendo differenti approcci metodologici, vanno a costituire banche dati ricche di informazioni utili, che corrono però il rischio di non instaurare un dialogo reciproco.

Fig.1 Schema della suddivisione dei casi studio scelti per lo sviluppo della ricerca presentata sulla modellazione HBIM. Il sistema di casi è scelto in base alla granularità dalla scala territoriale, a quella architettonica al sistema oggetto delle collezioni museali.



Sistema territoriale



Sistema architettonico



Sistema oggetto



Fig.2 Alcuni dei manufatti artigianali utilizzati per le operazioni di digitalizzazione in ordine: un'acconciatura da guerra, e un sonaglio per i rituali, un paio di mocassini Lakota, il dettaglio dell'ornamento artigianale con pietre e applicazioni in metallo, un tamburo, e una cintura ornamentale.

5.1 LA DIGITALIZZAZIONE DEL PATRIMONIO MUSEALE MOBILE: ESEMPIO PER UNA CATALOGAZIONE INTERATTIVA PER LE COLLEZIONI MUSEALI, DECORI E ARTIGIANATO TRADIZIONALE DEI NATIVI AMERICANI

Il patrimonio artistico e culturale è una risorsa fondamentale per l'economia e lo sviluppo della società la cui crescita intellettuale è indissolubilmente legata ai beni ed alle attività culturali presenti sul territorio. Il patrimonio nazionale risulta disseminato a livello territoriale, diviso tra le singole organizzazioni culturali (musei, privati, associazioni) che gestiscono collezioni private e le diverse reti dei percorsi museali dislocate nel territorio. La valorizzazione delle opere è interesse comune e nasce dalla necessità di conservare e permettere ai più la fruizione di tale ricchezza. La ricerca portata avanti all'interno delle attività promosse dal Laboratorio DAda-LAB dell'Università degli studi di Pavia in collaborazione con il Laboratorio di Rilievo dell'Università di Firenze si pone a risposta dell'esigenza di valorizzazione del patrimonio culturale diffuso, proponendo un'analisi metodologica di documentazione con le stesse finalità di salvaguardia, protezione, recupero attraverso attività di digitalizzazione.

Per avere un quadro critico sulle differenti possibilità per un rilievo finalizzato alla riproduzione del dettaglio, sono state confrontate metodologie di acquisizione su una casistica di studio caratterizzata da una complessità geometrica e materica.

Sono stati scelti per effettuare dei test di acquisizione dei reperti etnografici appartenenti alla tradizione della popolazione dei nativi delle grandi pianure nord Americane. L'artigianato dei nativi americani costituisce un patrimonio diffuso dai caratteri molto particolari: alimenta un mercato di collezionisti e cultori che da tutto il mondo raccolgono testimonianze sugli usi e costumi degli indiani d'America anche e soprattutto in seguito alla diffusione del mito legato alle storie sui nativi narrate nelle numerose pellicole cinematografiche, che hanno in qualche modo contribuito alla diffusione in tutta Europa della cultura e della storia delle popolazioni Nord Americane. Così che molte opere non si trovano in America, come potrebbe essere normale pensare, ma sono invece raccolte in collezioni di privati diffuse in tutta Europa, molte delle quali si trovano nello specifico in Germania ed in Italia. Lo scopo del progetto di ricerca⁷ è lo sviluppo di modelli tridimensionali che possano rendere accessibili le collezioni private raccogliendole all'interno di un unico ambiente virtuale che possa, così, azzerare il limite

del confine fisico imposto dai limiti geografici, considerando la disseminazione delle collezioni e la difficoltà di radunare collezioni private all'interno di unico ambiente reale museale. La riproduzione dei reperti in forma digitale, che oltre a fornire la salvaguardia documentaria del patrimonio al fine divulgativo, vuole diventare strumento di gestione del patrimonio attraverso la realizzazione di database metrici affidabili dai quali poter estrapolare elaborati tecnici affidabili da cui trarre le informazioni qualitative registrate durante le fasi di rilievo volte all'acquisizione dei singoli componenti che compongono i manufatti. L'artigianato dei nativi è costituito da oggetti molto complessi da un punto di vista morfologico, caratterizzati dalla presenza di piumaggi, perline di vetro, tendini di animali, aculei di porcospino, applicazioni in pelle, ecc. Una varietà di materiali e tecniche realizzative che danno vita ad un repertorio di oggetti i cui colori, forme e dimensioni variano notevolmente, e rendono complesso il percorso di lavoro finalizzato alla rappresentazione digitale dei materiali e delle qualità superficiali.

Tale patrimonio oggi, risulta diviso tra le diverse collezioni museali private e non. A differenza dell'oggetto virtuale il reperto reale è soggetto al deterioramento per usura ed invecchiamento del materiale, per questo necessita di interventi mirati alla conservazione e alla preservazione della memoria storica, tramite un'accurata descrizione delle funzioni, delle forme, geometrie, tecniche e modalità costruttive ad esso intimamente connesse.

La digitalizzazione del patrimonio dei nativi americani costituisce un espediente per condurre una riflessione sulle opportunità che il digitale offre alla documentazione di collezioni a vantaggio dello sviluppo di supporti narrativi per il popolamento di banche dati utili alla creazione di musei virtuali per poter sviluppare considerazioni utili, su quali siano le tecniche di ripresa che meglio si adattano all'ottimizzazione di modelli reality based di tale tipologia di reperti. Lo scopo della ricerca è la validazione di un protocollo metodologico per la creazione di modelli tridimensionali, da inserire all'interno di banche dati informative, che possano rendere accessibile e fruibile il patrimonio artistico, superando il limite fisico imposto dalla collocazione del patrimonio reale. Partendo dall'obiettivo più generale della documentazione attraverso la ricostruzione virtuale dei reperti e quindi l'ampliamento delle possibilità di fruizione, la ricerca ha permesso di raffrontare e di verificare l'efficienza di alcuni strumenti di acquisizione digitale tridimensionale per l'individuazione di una metodologia standard, per la documentazione di tale patrimonio.

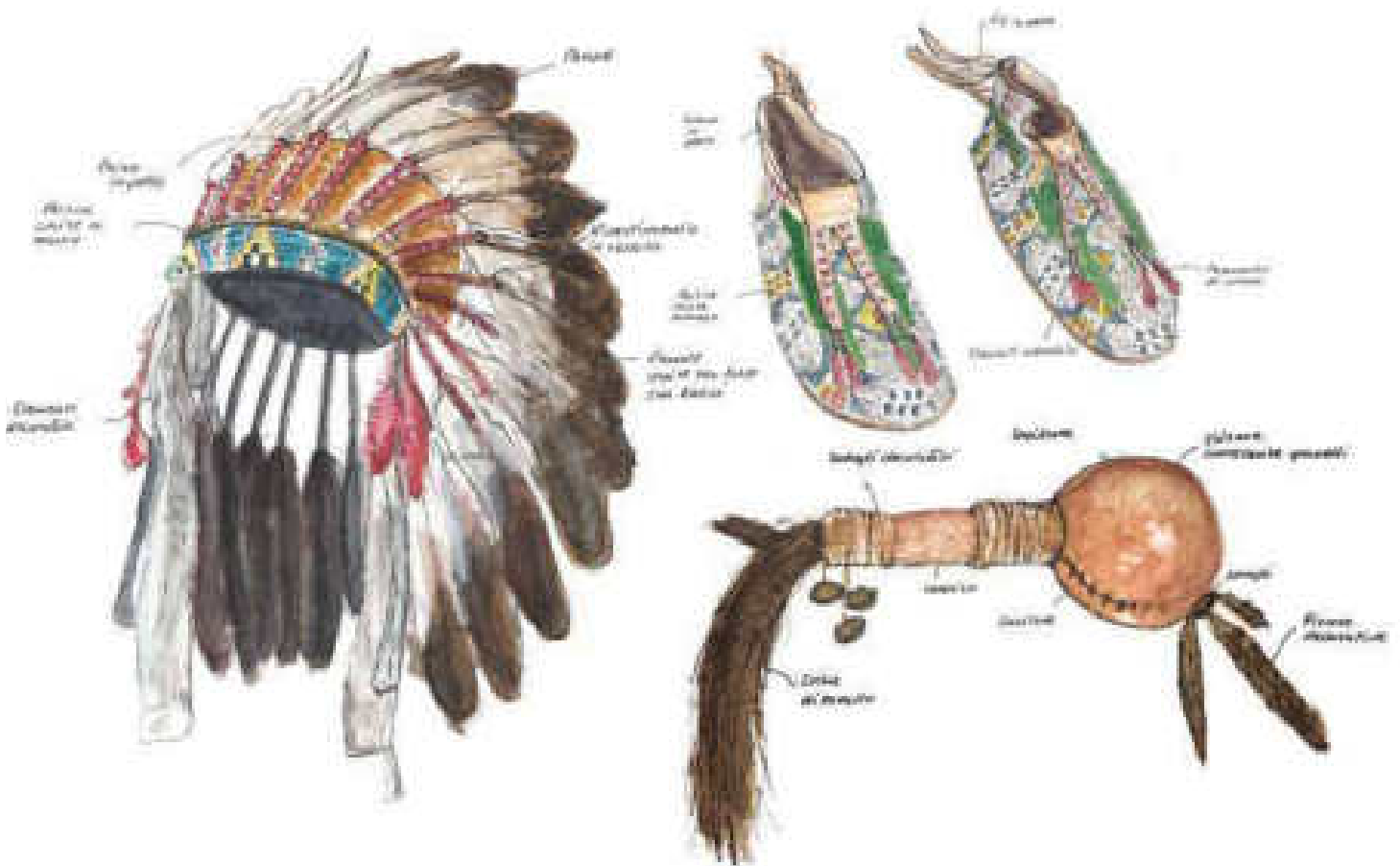


Fig.3 Per la sperimentazione sono stati scelti tre oggetti in base alle loro differenze in termini di dimensione e materiale, per testare l'efficacia strumentale di acquisizione su casistiche differenti. Nell'iter conoscitivo la prima operazione è stata un'analisi delle componenti che caratterizzano gli oggetti attraverso dei disegni di studio. Nell'azione del disegno, in questo caso a mano libera si attua un primo processo di discretizzazione e scomposizione semantica degli aspetti qualitativi del singolo oggetto.

Dall'elenco degli oggetti utilizzati nella sperimentazione sono stati selezionati un copricapo, un sonaglio e dei calzari⁸ per far fronte alle diverse complessità riscontrate.

Come prima fase di analisi gli oggetti sono stati disegnati per comprendere le specificità costruttive e fotografati nel dettaglio per analizzare le specificità dei materiali, anche al fine di calibrare il progetto di documentazione nella volontà di qualificare il livello di dettaglio dei modelli. Specialmente nelle zone in cui gli aspetti "costruttivi" del manufatto si complicano, così come si complicano le geometrie e le "condizioni ambientali" utili alle diverse fasi di ripresa e restituzione dei dati.

Nel caso del copricapo per elementi come le piume che vanno a formare lo scheletro della struttura, essendo oggetti sottili, semitrasparenti e il cui colore è cangiante rispetto alla luce, è stata valutata la condizione migliore per pianificare le fasi di ripresa. La difficoltà in questo caso è dovuta alla

varietà di materiali e di elementi che lo compongono, essendo elementi mobili collegati tra loro da stringhe di pelle risultano instabili una qualsiasi perturbazione avrebbe potuto creare disallineamenti in fase di sovrapposizione delle nuvole compressive.

Per il caso del sonaglio oltre agli aspetti costruttivi dettati dalla presenza di decorazioni di crine di cavallo e piumaggi di picchio posti a decoro nelle due estremità dello strumento, sono presenti due incisioni poste ad impreziosire la pelle, su un lato la raffigurazione di un bisonte e sull'altro di un'aquila che ovviamente costituiscono un ulteriore livello di complessità se si immagina che il modello 3D debba riportare tali qualità decorative.

Infine per il paio di mocassini lakota l'aspetto più interessante riguarda forse la presenza di una decorazione complessa realizzata con perline di vetro di murano che i conquistatori importavano in America dall'Italia e utilizzavano per fare



Fig.4 Per la sperimentazione di acquisizione digitale sono state scelte tre tipologie differenti di laser a luce strutturata: modello DAVID 3D, Artec Spider e Artec Eva. La strumentazione a luce strutturata in fase di acquisizione del dato necessita del supporto di appositi software che, oltre a gestire la scansione, permettono di processare in maniera preliminare i dati 3d attraverso operazioni di allineamento delle singole scansioni.

scambi con gli indiani (prima dell’arrivo delle perline nel Nuovo Continente, i Nativi decoravano i mocassini con acolei di porcospino colorati).

Ogni oggetto è stato scelto data la differenza di dimensione e di tipologia, in modo da richiedere l’applicazione di un iter metodologico di acquisizione strutturato *ad hoc* per il singolo caso. La geometria *freeform* dei reperti, articolata in componenti legate tra loro in maniera artigianale e le differenti proprietà dei materiali che li caratterizzano hanno condizionato la scelta della strumentazione di acquisizione del dato tenendo conto delle operazioni di *Reverse Modeling* con l’intento di ricreare virtualmente modelli completi delle informazioni di forma e colore. Sono stati confrontati alcuni strumenti di acquisizione digitale tridimensionale per l’individuazione di una metodologia standard, per la documentazione di tale patrimonio.

Nel caso specifico i modelli così strutturati vanno ad esplicitare

le caratteristiche proprie della tradizione costruttiva e decorativa dei nativi americani, tramite la riproduzione fedele non solo dell’immagine dei manufatti, ma ricostruendone con affidabilità i sistemi di lavorazione in ambiente virtuale.

Il decoro è costituito da piume, perline di vetro, pelli, tendini, aghi di porcospino, sonagli, legni intagliati e pietre scolpite, è un insieme ben articolato di materiali che da vita a strumenti, abiti, paramenti e arredi finemente lavorati con una notevole ricchezza cromatica oltre che una elevata complicazione morfologica. L’azione preliminare di fronte a un problema di rilievo è la scomposizione e lo studio delle qualità formali dei singoli oggetti al fine di progettare le azioni di digitalizzazione del dato. A tal fine la scomposizione e l’individuazione delle tipologie di elementi e di materiali che compongono i singoli oggetti è risultata necessaria.

Tali oggetti sono accumulati da avere elementi ripetuti secondo le diverse conformazioni artigianali, da qui l’esigenza

di catalogare tramite la strutturazione di abachi di modello dei diversi elementi di composizione di ogni oggetto.

Elementi che vanno a popolare le banche dati interattive e lo sviluppo di sistemi di musealizzazione virtuale e la catalogazione rapida tramite modelli simbolici dei diversi oggetti appartenenti alle differenti collezioni. I modelli prodotti dal rilievo digitale aspirano alla promozione attraverso la pubblicazione dei modelli all'interno di tour virtuali interattivi dei centri turistici periferici, poco conosciuti o difficilmente accessibili. Rendendo possibile uno studio e un'indagine anche a distanza.

Per l'acquisizione del calzare, così come per gli altri oggetti, l'organizzazione della ripresa diventa essenziale: nella sua posizione "naturale" parte del decoro è coperto dalle stringhe del calzare così come una serie di lacci ornamentali, posti sul retro della scarpa, costituiscono un vincolo in quanto (proprio come per il crine di cavallo del sonaglio) impongono di non muovere l'oggetto durante tutte le fasi di ripresa.

Stesso problema ovviamente per la ripresa della suola che ha richiesto un'ulteriore fase di ripresa finalizzata all'acquisizione specifica.

Considerate dunque le diverse complessità riscontrate per ciascun oggetto (tra quelli qui presentati) sono state impostate le attività di lavoro cercando di valutare metodologie e strumenti per l'acquisizione dei dati in base a criteri



Fig.5 In alto: La visualizzazione dei modelli durante la fase di acquisizione del dato. In basso il preallineamento delle scansioni con il software Artec Eva.

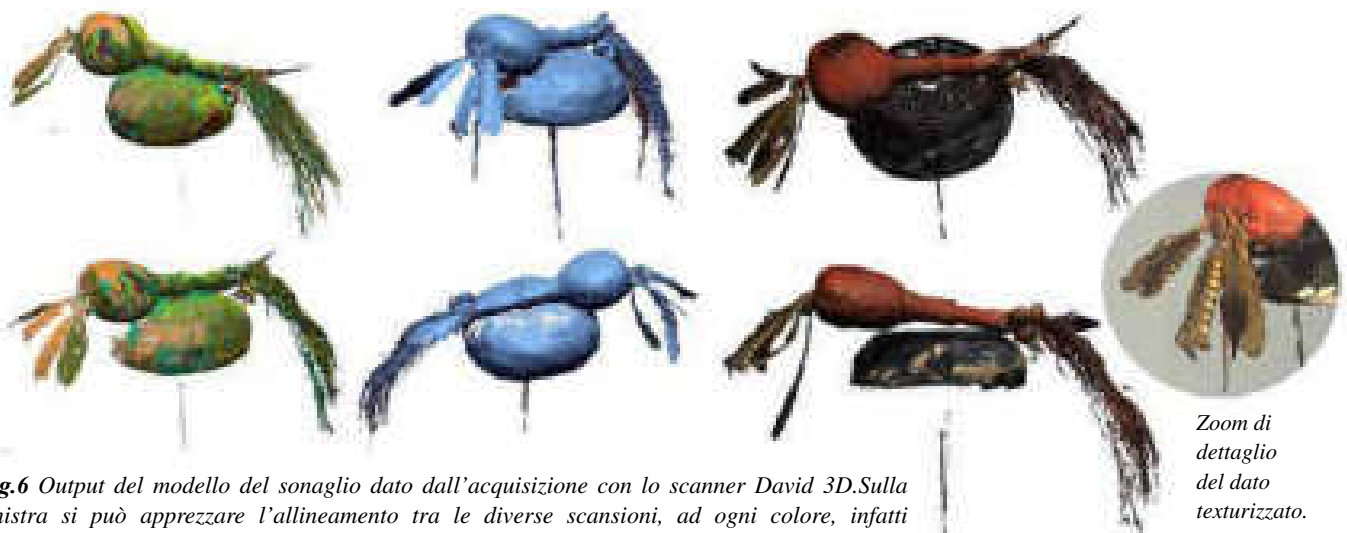


Fig.6 Output del modello del sonaglio dato dall'acquisizione con lo scanner David 3D. Sulla sinistra si può apprezzare l'allineamento tra le diverse scansioni, ad ogni colore, infatti corrisponde una scansione differente, al centro il modello risultato dell'allineamento totale delle scansioni, a destra il modello completo di texture.

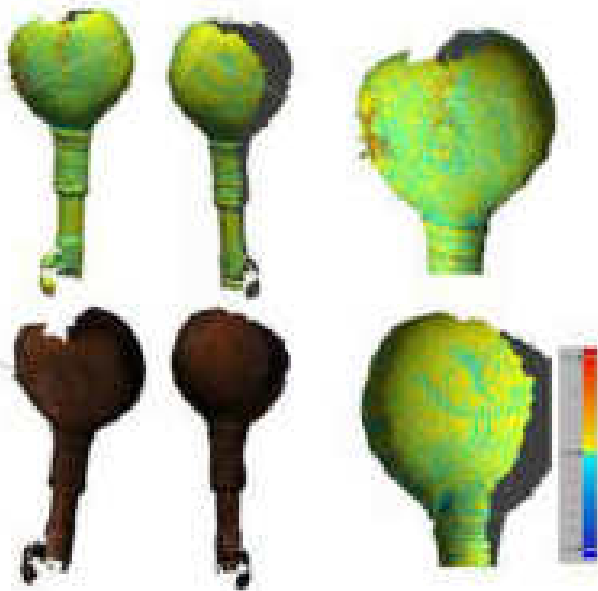


Fig. 7 Output grezzo dell'acquisizione con Artec Spider. Si notano come dato mancante il crine e le piume.

Zoom di dettaglio del dato superficiale nei punti di cucitura.

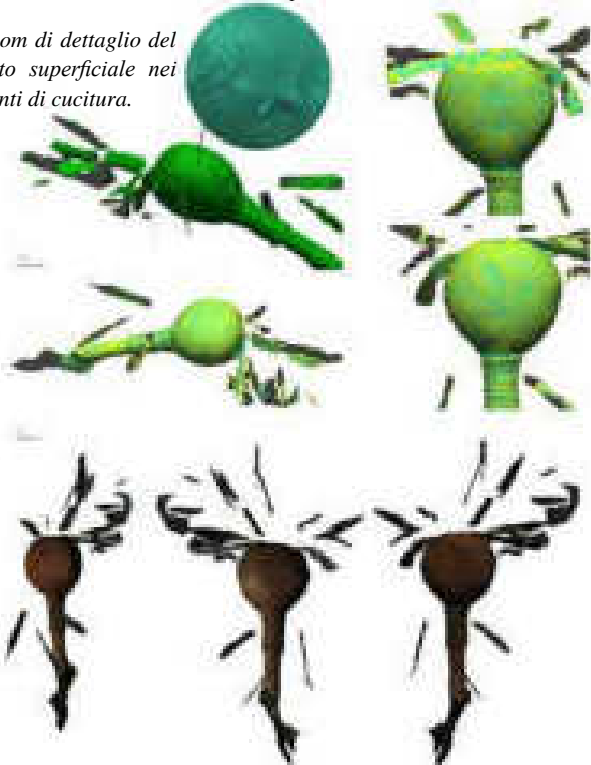


Fig. 8 Output grezzo dell'acquisizione con Artec Eva. In questo caso compare l'informazione sulla presenza di crine e piumaggio ma risulta errata l'acquisizione del dato, rendendo il modello non affidabile ai fini descrittivi di tale tipologia di decoro.

riguardanti la qualità dei modelli, i tempi di elaborazione del dato e anche il costo della strumentazione.

L'efficacia delle diverse tecniche di modellazione per lo sviluppo di modelli affidabili in relazione alla geometria dell'oggetto, il dettaglio degli ornamenti, nella specifica capacità di descrivere compiutamente i diversi materiali con i rispettivi cromatismi

La possibilità, inoltre, di creare strumenti di fruizione dei modelli per la valorizzazione di tale patrimonio e la possibilità di creare banche dati associate ai modelli comprese di schede informative nelle quali riportare le specificità su ciascun elemento che compone il singolo oggetto.

Si delinea così un workflow operativo che unisce ricerche documentarie a operazioni di misurazione tramite strumenti laser scanner e campagne di ripresa fotogrammetrica (dividendo tra tecnologie di ripresa image base e range based) per poi sviluppare un percorso di post produzione che definisce una banca dati 3D. Riguardo alla fase di acquisizione dei dati gli strumenti utilizzati sono stati il laser scanner ARTEC Spider⁹, il modello EVA¹⁰ (della stessa casa produttrice) e il modello DAVID 3D¹¹.

Nel settore dei beni culturali la modellazione 3D *reality based* costituisce oggi un'opportunità per la creazione di database complessi funzionali all'archiviazione e allo studio dei reperti. Il prototipo virtuale consente di preservare la memoria del patrimonio storico e le operazioni di Reverse Modeling consentono di confrontare i modelli digitali con i corrispettivi reali, anche mediante procedure di prototipazione.

A questo scopo lo stesso oggetto è stato acquisito attraverso tre diversi tipi di *scanner a luce strutturata* (Artec Spider, Artec Eva e DAVID 3D) ed è stato condotto un rilievo di tipo fotogrammetrico, successivamente comparato con i modelli output generati dalle singole acquisizioni.

Le due tecnologie firmate Artec hanno un *modus operandi* molto simile¹² e prevedono che l'operatore inquadri la superficie da rilevare con il dispositivo mobile che impugna: è l'utente a manovrare lo scanner facendolo ruotare attorno all'oggetto, che rimane immobile. Gli scanner della Artec prevedono che un operatore scansioni l'oggetto passando con lo strumento ad una certa distanza l'acquisizione del dato è costantemente monitorata attraverso il controllo da pc tramite software dedicato alla gestione dell'acquisizione del dato digitale avviene la modellazione della mesh dell'oggetto. Tra i modelli la tipologia Spider è il modello con un'accuratezza maggiore, che comporta anche un'area di presa più ridotta e dunque una maggior complessità di utilizzo.

Per gli oggetti scansionati lo spider non è risultato molto

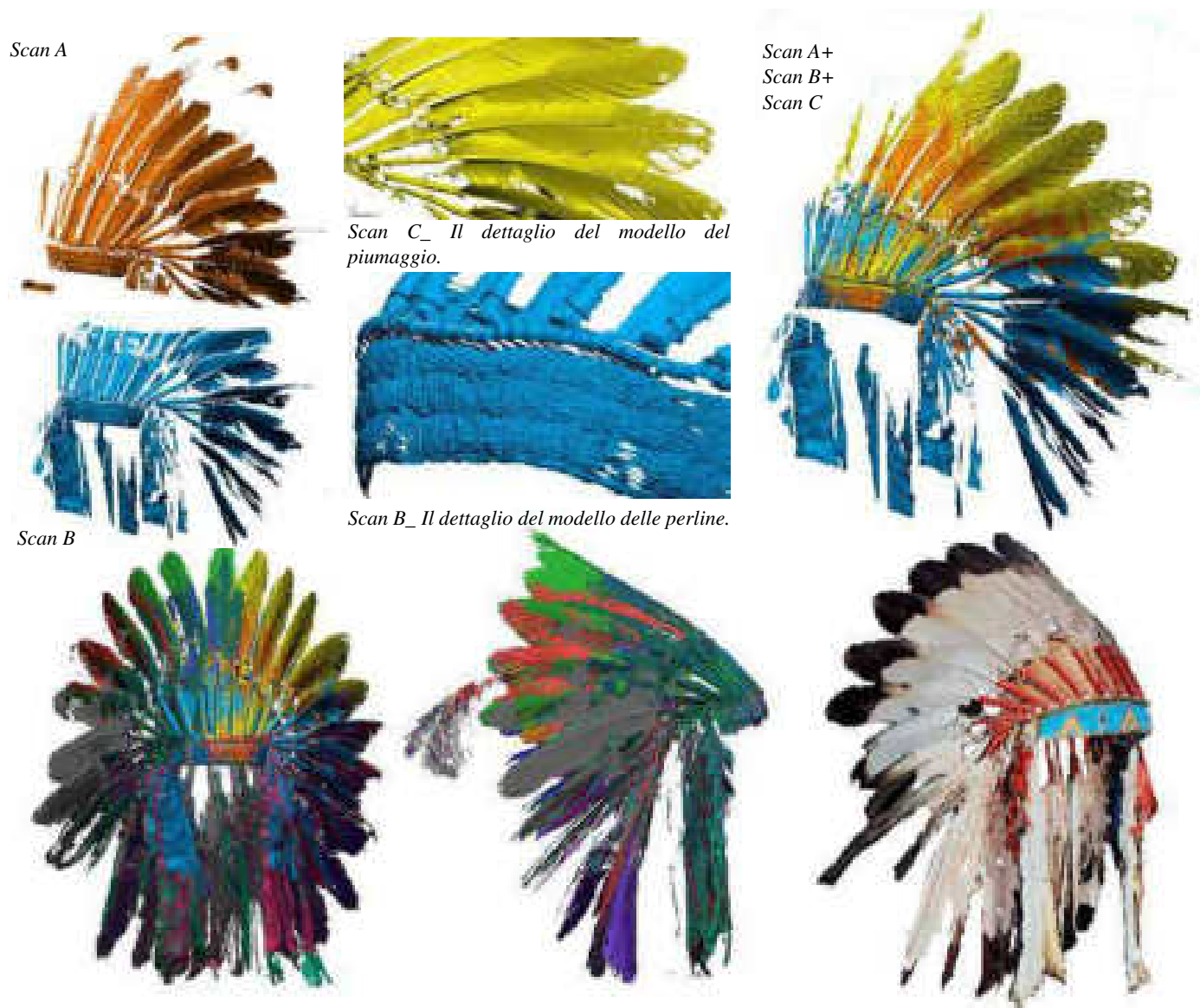
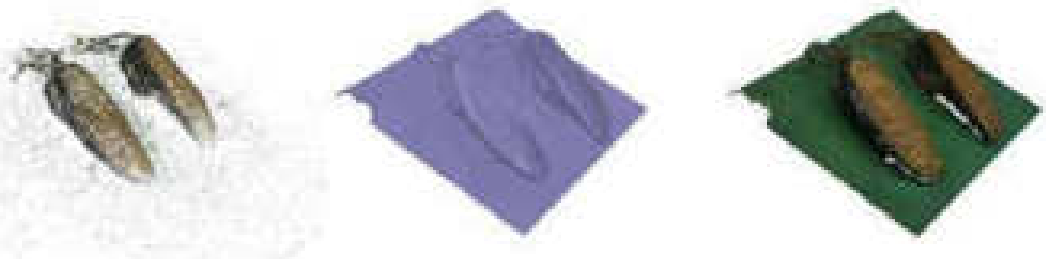


Fig.9 Output dell'unione delle scansioni del Copricapo con tecnologia DAVID 3D, i colori sono utilizzati per evidenziare le differenti scansioni unite tra loro tramite software proprietario del sistema HP. In questo caso il prodotto risulta completo di texture, e riporta alcune mancanze dovute ad alcune aree del piumaggio oltre ad un disallineamento tra superficie interna ed esterna dovuto alla labilità delle componenti piumate. La texture risulta bruciata in certi punti a causa di un errata calibrazione e bilanciamento del bianco in fase di acquisizione

Fig.10 Nel caso dei mocassini è stata inoltre sperimentata anche l'acquisizione fotogrammetrica. Acquisendo i due mocassini in due shooting differenti uno finalizzato all'acquisizione della tomaia e uno per la ripresa della suola.



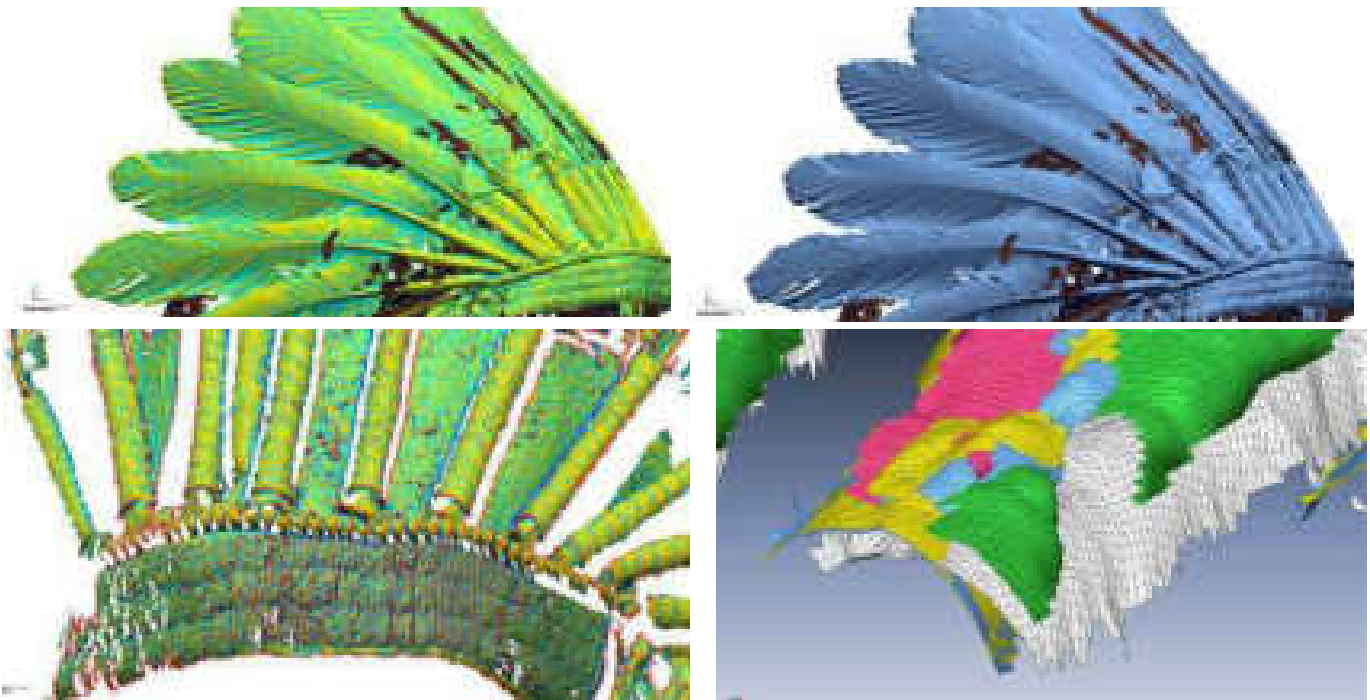


Fig.11 In alto: il dettaglio superficiale del modello del Casco. Andando ad analizzare nel dettaglio il modello è possibile notare come riportato nell'ingrandimento alcuni disallineamenti in corrispondenza del calamo della piuma. Questi disallineamenti evidenziati da colori differenti sono in realtà dell'ordine micrometrico non percettibili a livello qualitativo nella struttura generale del modello.

efficace proprio per i problemi di ripresa riscontrati e alla difficoltà nel riuscire a generare porzioni di modelli soddisfacenti, è stato necessario operare diverse sessioni di ripresa che hanno comportato la necessità di sovrapporre ed unire le diverse porzioni in una seconda fase di elaborazione, generando errori di allineamento. Il confronto tra modello con e senza mesh mostra le problematiche riscontrate in corrispondenza delle superfici e delle geometrie più articolate e di come la texture, a cui si aggiungono ulteriori problematiche dovute alle esposizione in ombra e luce che vanno a invalidare il dato colorimetrico.

Il modello Eva al contrario è risultato più immediato grazie ad un più ampio spettro visivo e ad una maggiore velocità di acquisizione anche a fronte di un minor dettaglio dei modelli il risultato è sensibilmente migliore permettendo in tempistiche contenute di poter ottenere un modello completo e mappato di oggetti complessi come ad esempio il casco.

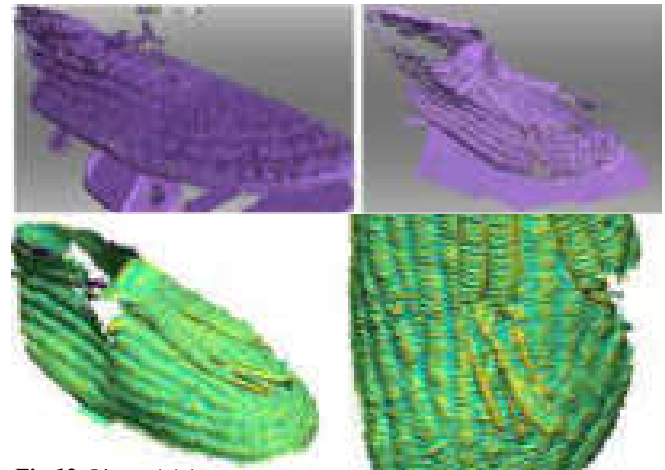


Fig.12 L'acquisizione attraverso laser a luce strutturata per il caso dei mocassini ha comportato differenti problematiche nella restituzione del modello a causa dell'indice di riflessione del materiale (perline in vetro) che ha causato del rumore superficiale del dato acquisito.



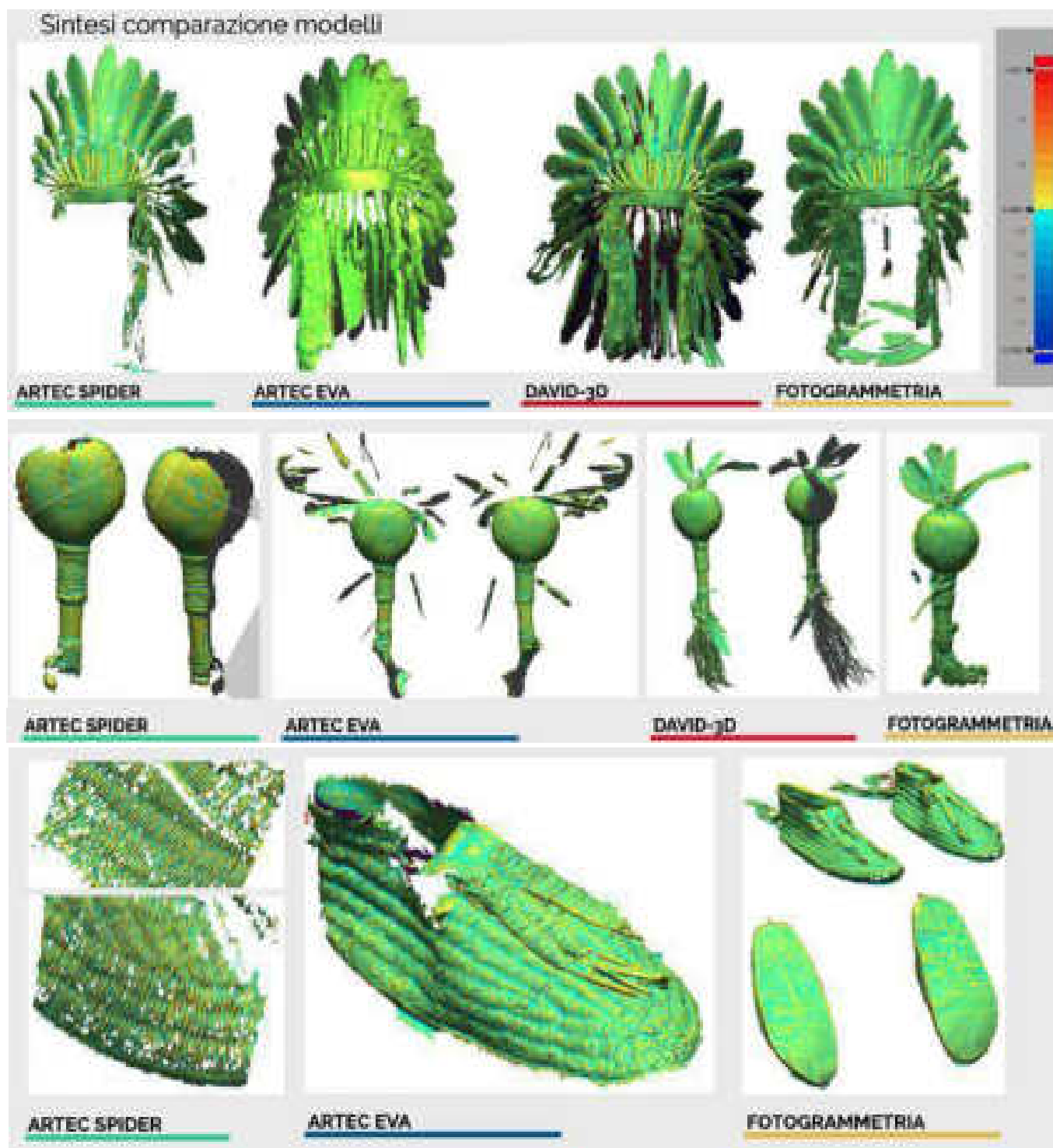


Fig.13 Schema di sintesi dei risultati ottenuti dalle differenti acquisizioni strumentali sui singoli oggetti.

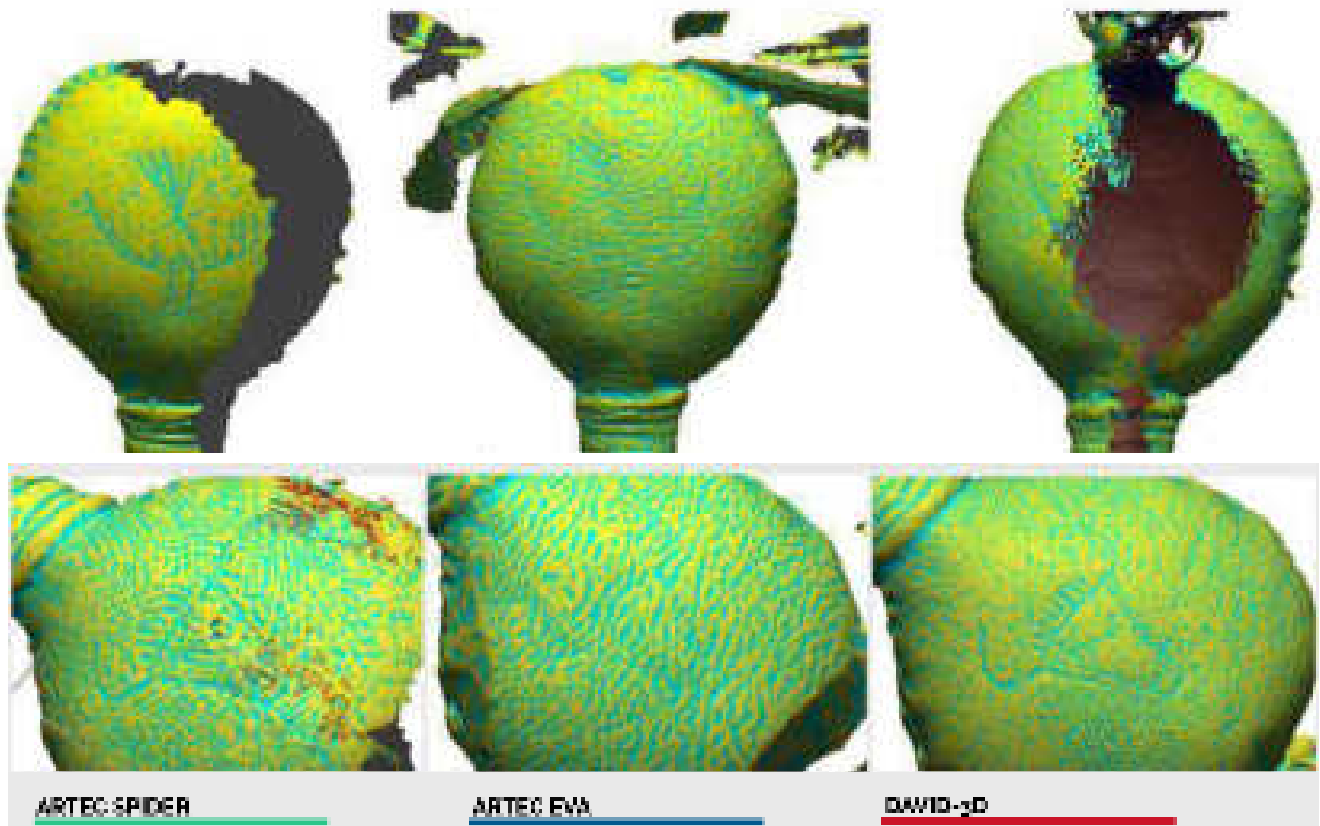


Fig.14 Il dettaglio dell’acquisizione delle incisioni: a. Artec Spider, b.David-3D, c. Artec Eva. Le parti delle incisioni sono state evidenziate in blu dal software utilizzato per l’analisi delle mesh Geomagic Design X che ne ha determinato una profondità di circa 0,5 mm, le parti evidenziate in rosso nel modello generato dallo Spider segnalano un errore di allineamento delle scansioni (3 mm).

Nel caso dello strumento *DAVID 3D*¹³ è l’oggetto che viene fatto ruotare per mezzo di una pedana mobile mentre lo scanner inquadra a campo fisso quanto si vuole acquisire. *DAVID 3D* necessita di una fase preliminare di calibrazione del sistema permettendo al software di impostare correttamente i parametri per ottenere un dato che sia metricamente corretto. L’oggetto viene posizionato di fronte ad un target, una matrice di calibrazione, scelta in base alle dimensioni dell’oggetto che si vuole scannerizzare. Tale matrice deve essere più grande dell’oggetto dovendo superare circa del doppio le sue dimensioni. La scansione avviene tramite la proiezione di pattern geometrici e luci strutturate sull’oggetto acquisendo così la morfologia dall’analisi delle deformazioni delle geometrie proiettate.

Alla complessità della ripresa, sottolineata dalla ripetizione della calibrazione strumentale ogni volta che si posiziona lo

strumento o l’oggetto, corrisponde un prodotto estremamente soddisfacente sia in termini di qualità dei modelli che della restituzione dei particolari ornamentali, sia da un punto di vista morfologico che cromatico.

I modelli ottenuti con il David risultano più puliti, per via dell’assenza del movimento strumentale in fase di ripresa e sono risultati più vantaggiosi per tali tipologie di oggetti.

Le attività di fotogrammetria SfM, condotte mediante utilizzo di una macchina reflex opportunamente calibrata, sono state condotte su tutti gli strumenti generando sia un archivio di fotografie utile a popolare la banca dati con gallerie di immagini necessarie a descrivere la qualità degli oggetti, sia il supporto necessario all’elaborazione delle nuvole di punti e relativi modelli attraverso il software Agisoft Photoscan.

I vantaggi di tale metodologia sono evidenti sia nella qualità delle texture e sul controllo di ciascun fotogramma

in merito all'esposizione relativa delle singole componenti dell'oggetto, sia sul campo visivo più ampio che permette un tempo di ripresa minore anche a scapito del dettaglio morfologico ottenuto sul modello generato, oltre ovviamente ai costi più limitati.

Le nuvole di punti ottenute, e le relative reti poligonali mesh dei modelli ricavati, sono state comparate; in particolare la fase di acquisizione ha previsto un totale di 30 riprese di scansione con Artec Spider, 50 con Artec Eva, 12 con DAVID-3D e un totale di 100 scatti fotografici per l'acquisizione fotogrammetrica.

La strumentazione a luce strutturata in fase di acquisizione del dato necessita del supporto di appositi software¹⁴ che, oltre a gestire la scansione, permettono di processare in maniera preliminare i dati 3d attraverso operazioni di allineamento delle singole scansioni.

Riguardo all'elaborazione dei dati sono stati sperimentati i software dedicati prodotti dalle diverse case produttrici degli strumenti che hanno come output modelli 3d con estensioni convenzionali (.obj) che sono stati dunque importati nei più comuni software di reverse modelling quali Geomagic Design X e Geomagic Warp, così come lo stesso photoscan per l'ottimizzazione dei modelli ottenuti da fotogrammetria ed infine Cinema 4D per le fasi di rendering.

Le procedure di reverse modelling si sono orientate per tentare di ricostruire l'immagine e la completezza dei modelli, considerando il dato di partenza

di ciascun elaborato di rilievo ottenuto dai singoli strumenti di acquisizione dati

valutando il preallineamento delle singole scansioni, e in funzione di questo, la pulitura dell'errore superficiale di tutte le zone critiche nelle quali si riscontravano disallineamenti o distaccamenti delle superfici in un range superiore a quanto definito come "errore ammissibile" sempre valutando la comparazione tra il modello nella sua struttura reticolare e l'immagine dello stesso valutata con il contributo delle texture.

Nel caso del sonaglio il modello ottenuto dall'acquisizione con laser scanner David 3d è risultato il più soddisfacente, restituendo la totalità dell'oggetto e mantenendo un livello di dettaglio tale da permettere la lettura delle incisioni presenti sulla pelle.¹⁵

Per i calzari la fotogrammetria SfM ha permesso di restituire la complessità geometrica del materiale (perline in vetro) che nell'acquisizione tramite laser a luce strutturata ha generato notevoli errori a causa della rifrazione dell'impulso luminoso.¹⁶

Il rilievo del copricapo, probabilmente l'oggetto più complesso tra quelli analizzati, ha visto risultati incompleti derivanti da sistemi hand held e un prodotto decisamente più convincente ottenuto mediante l'utilizzo del David-3D.¹⁷ Nelle immagini è possibile apprezzare l'allineamento delle 15 scansioni effettuate con il David 3D sul copricapo, che vanno a comporre il modello completo non privo di quegli errori micrometrici (tollerati per i nostri fini) evidenti nell'ingrandimento al centro dove la maglia poligonale mostra delle incongruenze dovute all'intersezione tra superfici appartenenti a scansioni differenti - la porzione è l'ingrandimento dell'area selezionata sull'immagine di destra al centro della piuma frontale.

Sempre sulla verifica dell'errore in questa valutazione delle slice della nuvola di punti è possibile verificare il corretto allineamento sull'andamento della sezione.

Le procedure di ottimizzazione dei modelli hanno riguardato in effetti numerose zone dei manufatti proprio a causa della grande irregolarità delle geometrie questo il risultato finale del copricapo con la texture ottenuta direttamente dal David 3d nella quale si evidenzia un'alterazione cromatica dovuta ad una sovraesposizione della calibrazione strumentale funzionale all'acquisizione dei dati relativi al piumaggio causata dal contrasto bianco-nero della colorazione delle piume d'aquila.

I modelli scelti sono stati sottoposti ad operazioni di ottimizzazione del dato eliminando le porzioni superflue e correggendo, attraverso il comando *fill hole*, le mancanze individuate sulla superficie. I vuoti di ampiezza superiore (5-10 mm) sono stati ricostruiti attraverso la realizzazione di "ponti di connessione" e, una volta garantita la continuità del dato superficiale, è stata prevista una levigatura con eliminazione di *features*. Si sono riscontrate numerose criticità nell'esecuzione dei rilievi dovute, oltre alla complessità della ripresa per coprire interamente l'oggetto a tutto tondo, alla risposta strumentale in relazione alle caratteristiche fisiche (crine o piumaggi dove si assottiglia estremamente la superficie di "contatto") e cromatiche (superfici traslucide o semitrasparenti) dei materiali. In particolare il fenomeno di rifrazione della luce su materiali riflettenti (come il metallo dei sonagli o il vetro delle perline) ha causato errori sia nella generazione della mesh che delle texture.

Nel caso specifico del sonaglio è stato necessario provvedere al reintegro delle porzioni mancanti unendo tra loro dati provenienti da acquisizioni condotte per mezzo di strumenti diversi, effettuando allineamenti delle scansioni per punti omologhi materializzati in target esterni all'oggetto (nel

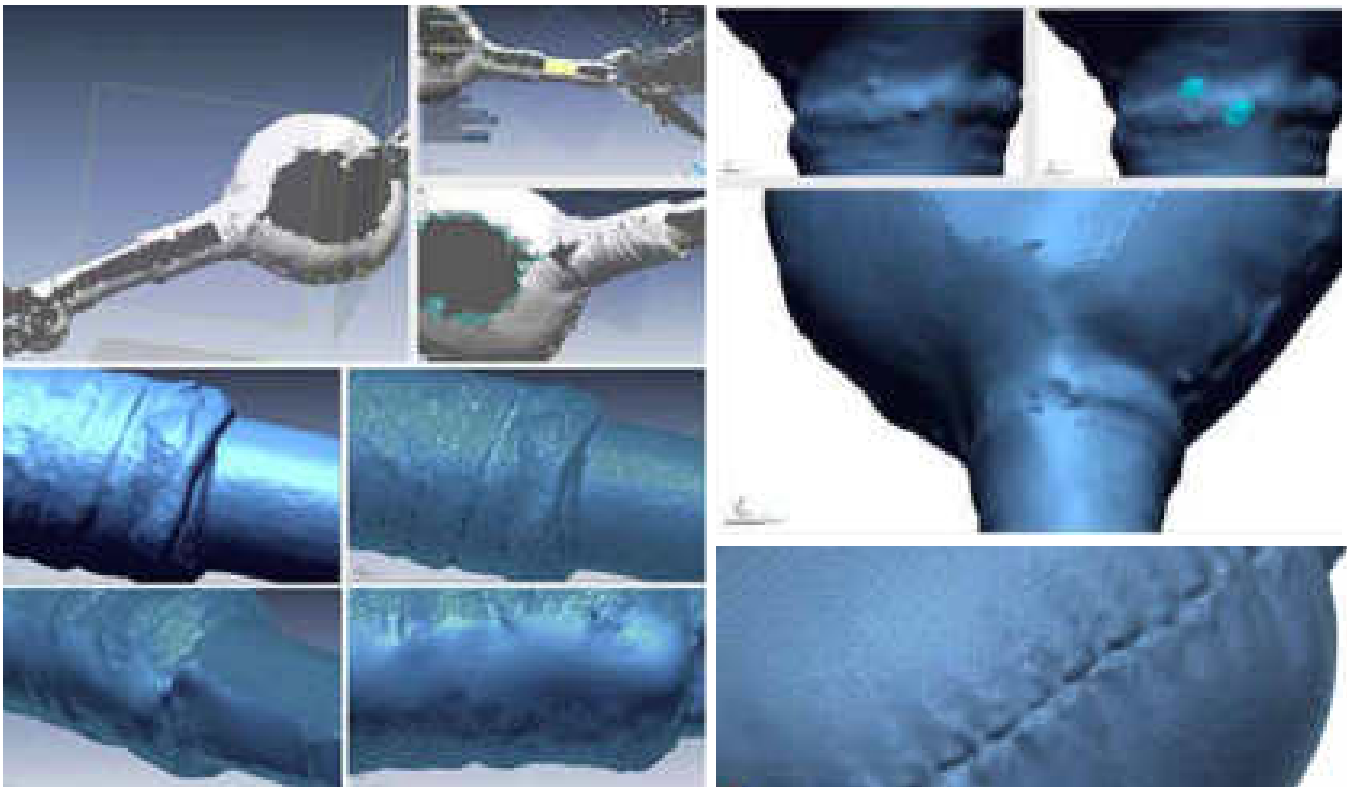


Fig.15 In alto è evidenziata la parte di dato mancata durante la fase di acquisizione con lo scanner David 3D. In basso il risultato della ricostruzione del manico della maracas, si nota come nei punti in cui è stata ricostruita, la maglia poligonale risulta più semplificata. A destra le operazioni di ottimizzazione del modello attraverso strumenti di livegeazione delle superfici mesh.

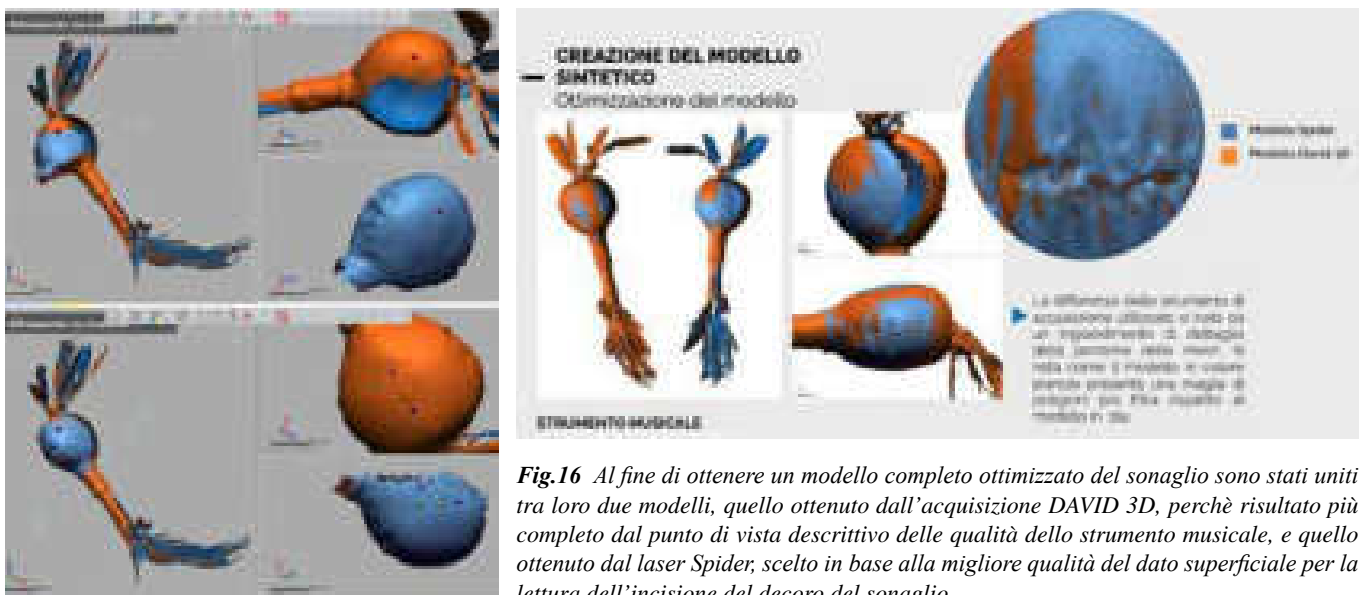


Fig.16 Al fine di ottenere un modello completo ottimizzato del sonaglio sono stati uniti tra loro due modelli, quello ottenuto dall’acquisizione DAVID 3D, perchè risultato più completo dal punto di vista descrittivo delle qualità dello strumento musicale, e quello ottenuto dal laser Spider, scelto in base alla migliore qualità del dato superficiale per la lettura dell’incisione del decoro del sonaglio.

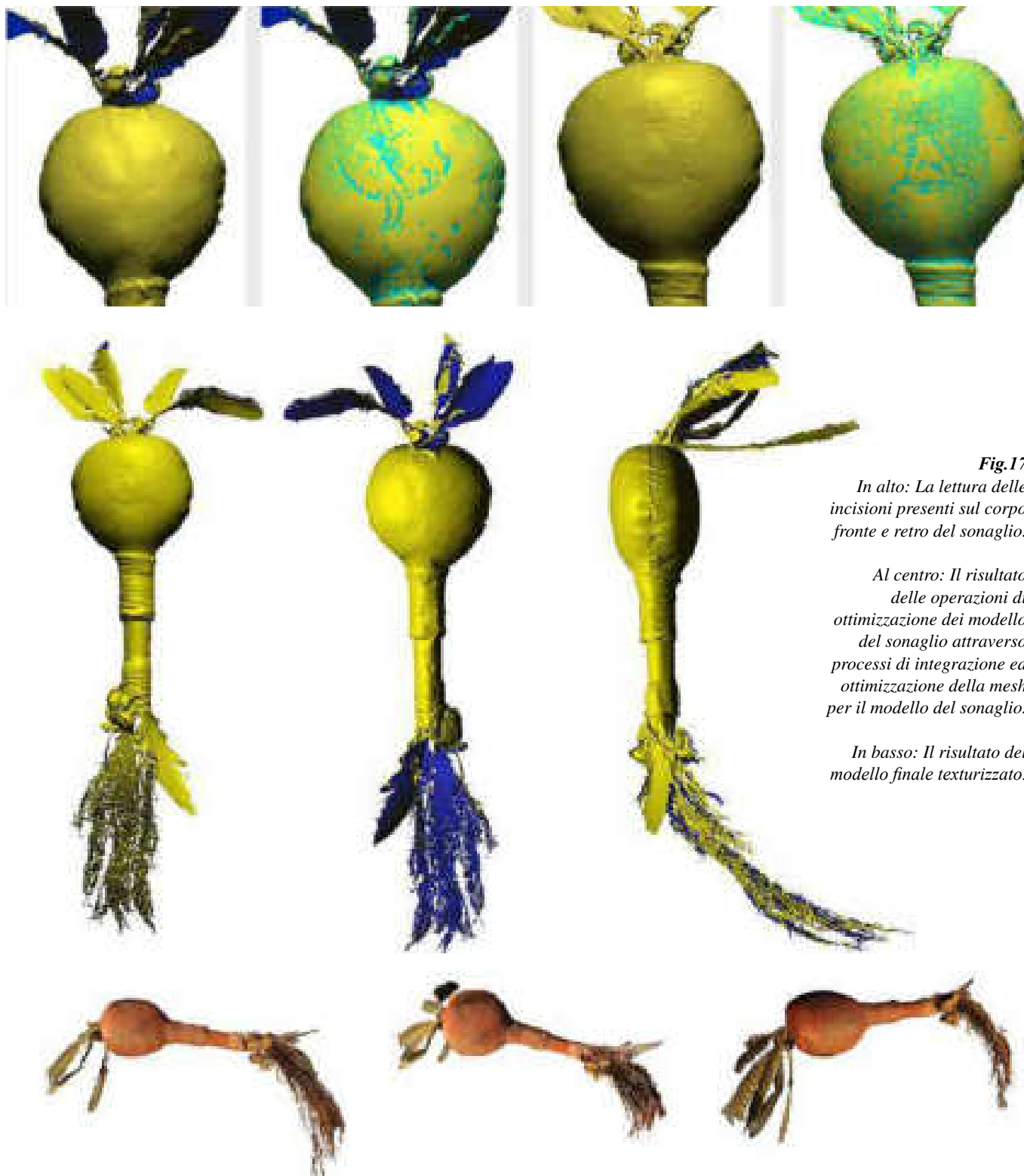


Fig.17

In alto: La lettura delle incisioni presenti sul corpo fronte e retro del sonaglio.

Al centro: Il risultato delle operazioni di ottimizzazione del modello del sonaglio attraverso processi di integrazione ed ottimizzazione della mesh per il modello del sonaglio.

In basso: Il risultato del modello finale texturizzato.

caso di riprese statiche) o individuati, quando presenti, nella geometria dei decori.¹⁸ Anche in questo caso più soddisfacente dovuto all'utilizzo del David 3D che con la calibrazione dell'esposizione riesce ad acquisire anche elementi complessi come il crine di cavallo.

Generando modelli comunque molto affidabili e molto efficaci in termini di completezza del dato

Dalla comparazione dei modelli anche in questo caso il David acquisisce più informazioni anche se con una zona d'ombra dovuta all'appoggio dello strumento sul piedistallo. Tramite un'analisi comparativa a livello superficiale lo spider e il david quasi si equivalgono nella lettura delle deformazioni della pelle e dei decori motivo per cui le due nuvole di punti più convincenti sono state riassemblate in un unico sistema di riferimento per generare un modello completo del sonaglio, prendendo la base dal rilievo del David e chiudendo le zone d'ombra con il risultato ottenuto dallo Spider.

Ottenuto il modello completo è stato necessario decimare l'elevato numero di poligoni per poter gestire il file all'interno dei specifici software di visualizzazione tridimensionale, prestando attenzione a non perdere quelle informazioni necessarie a descrivere le qualità formali dell'oggetto. Ai singoli modelli sono state riassegnate le texture generate in fase di acquisizione integrando il dato spaziale con le informazioni relative al colore. La ricerca si è posta come obiettivo l'inserimento di tali modelli all'interno di una banca dati parametrica dove poter associare informazioni qualitative alle diverse configurazioni spaziali descritte dai modelli 3D. I modelli così ottenuti, affidabili e completi, possono essere utilizzati per definire una banca dati informativa sulle qualità morfologiche proprie di ciascun opera. Nello specifico utilizzando software di reverse modelling è possibile impostare piani di taglio e sezionare i singoli oggetti per ottenere slice e dunque disegni quotabili relativi al volume esterno dell'oggetto

Gli stessi modelli possono essere prototipati, stampati in 3D ricostruendo una copia fedele all'originale in modo da comporre mostre e allestimenti funzionali al racconto della cultura dei nativi, “riportando” virtualmente tali oggetti nelle riserve.

In quest'ottica la banca dati diventa un campionario di schede che descrivono l'artigianato attraverso un censimento che lega informazioni qualitative a modelli che descrivono “quantitativamente” nel senso della misura, le specificità di ciascun'opera.

L'insieme delle schede descrive un archivio digitale che offre diverse possibilità di sviluppo per la valorizzazione della



Fig.18 I modelli così strutturati possono essere sezionati tramite l'impostazione di piani di sezione per poter estrapolare slice di disegno ed analizzarne il dato dimensionale, anche se privo dello spessore non essendo stato possibile rilevare l'interno dell'oggetto.



Fig.19 Le informazioni raccolte sul singolo oggetto sono state archiviate all'interno di una catalogazione sintetica sottoforma di schede censuarie con lo scopo di ordinare in maniera qualitativa e quantitativa gli oggetti appartenenti alla collezione. All'interno della scheda sono ordinate le voci riguardo: Dati generali dell'oggetto (tipologia, epoca, descrizione, tecnica, dimensioni), Aspetti Conservativi (Stato di conservazione, tipo di intervento di restauro), Immagini e Disegni di studio, Ossezioni su materiale e colore.

collezione oltre che per la gestione del fenomeno (artigianato dei nativi) nel suo complesso.

In quest'ottica, valutando le possibilità di indicizzare la banca dati per connetterla a librerie internazionali, connesse ad esempio al sistema dei musei (tra le quali rientrano EUROPEANA) attraverso l'indicizzazione dei modelli dell'intero sistema informativo Al fine di costituire una banca dati informativa che non fosse soltanto un contenitore statico di dati per la catalogazione, ma che potesse costituirsi come uno strumento di qualificazione semantica delle opere, si è tentato di associare al modello reality based costituito da un sistema ordinato e discreto di punti e maglie triangolari, un modello parametrico nel quale dati e qualità spaziali fossero interconnesse.

La parametrizzazione degli oggetti ha comportato una riflessione circa i sistemi più appropriati di semplificazione sia delle qualità morfologiche dei singoli oggetti, sia dei

sistemi di lavorazione e “costruzione” del decoro. Come noto, seppur sia possibile inserire un modello mesh all'interno di un software di gestione BIM come Revit, questo non permette la modifica dei parametri dimensionali ma solo l'inserimento e l'associazione di parametri non dimensionali come dati informativi sull'oggetto, immagini, annotazioni ecc. In questi casi, è possibile scomporre il modello creando una famiglia per ogni sotto elemento, per poi riassemblare, le singole componenti del modello ed associare a ciascuna di queste le informazioni ritenute necessarie.

Per fare ciò la parametrizzazione dei modelli è risultata la strada più opportuna al fine di connettere informazioni di diversa natura (compresi file multimediali) all'oggetto virtuale. A questo punto si sono delineate due strade:

la prima ha riguardato l'importazione dei modelli ottenuti all'interno del software Autodesk Revit, potendo associare a ciascuna porzione del modello (scomposto secondo una

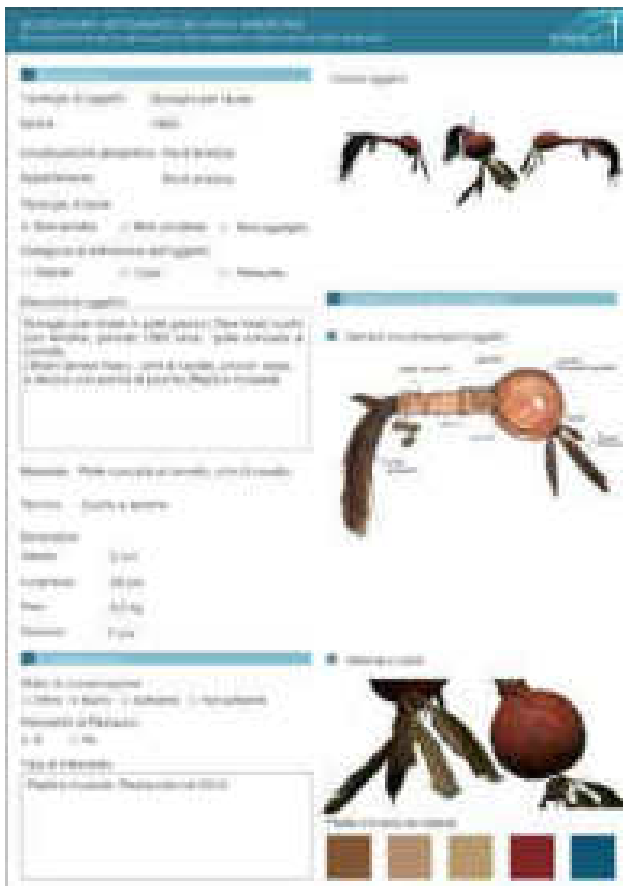


Fig.20 Le informazioni organizzate sulla base di modelli e schede censuarie, forniscono la base necessaria per la strutturazione delle informazioni di modello da connettere ai sistemi informativi. Tale operazione avviene in ottica di selezione delle informazioni più rilevanti per la diffusione delle collezioni minori, attraverso i portali digitali.

lettura semantica delle sue componenti costruttive) le diverse informazioni derivanti dalla banca dati

In questo modo però non si è ottenuto un modello realmente parametrico, a vantaggio di un modello che descrive compiutamente le caratteristiche fisiche dell’oggetto rappresentato sia una limitazione dovuta all’utilizzo di un sistema discreto derivante dalla nuvola di punti e dalla modellazione mesh che impone vincoli sia in termini di dimensione dei file e quindi di gestione di un database composto da un numero molto elevato di elementi sia in termini di funzionalità del sistema informativo.

Il modello così ottenuto, oltre a presentare una difficile gestione del dato all’interno del software a causa delle dimensioni in termini di byte delle singole famiglie, risulta fine a se stesso e non riapplicabile in futuro per la realizzazione di modelli di oggetti appartenenti alla stessa categoria. [8] Nello specifico i manufatti, con le relative complessità

morfologiche sono stati interpretati e semplificati, nelle loro geometrie, costruendo l’archetipo dell’oggetto stesso, ben individuabile per proporzioni, elementi, e composizione spaziale, ma privo di riferimenti circostanziali sulla vita “reale” dell’oggetto. In questo modo si compongono due modelli, uno rivolto a duplicare e ripresentare il reale, l’altro a configurare scenari di interazione tra dati, metadati e banche dati, utilizzando “l’anima” dell’oggetto, il suo archetipo tridimensionale virtuale. Per consentire a questi modelli di configurarsi come sistemi informativi nella gestione dei database, le singole componenti del manufatto vengono elaborate al fine di costituire una libreria parametrica tramite la quale poter indicizzare in maniera rapida gli elementi che compongono l’opera. Tale modello va a descrivere l’insieme delle macro-categorie in maniera che queste possano essere parametrizzate in base alle caratteristiche dimensionali del corrispettivo reale e che, nella loro totalità diano luogo ad una configurazione unica ma anche ad un sistema leggero, in

termini di byte, e facilmente gestibile. In tal senso i modelli sono stati costruiti utilizzando direttamente il software Revit, creando per ogni categoria di decoro la corrispettiva famiglia. E' evidente che trattandosi di oggetti artigianali, i singoli elementi che compongono i diversi manufatti rappresenteranno sempre un unicum, ad esempio si pensi alle piume d'aquila, pur appartenendo tutte alla macro categoria delle piume ed essendo tutte apparentemente simili tra loro osservando attentamente nello specifico le singole piume non risulteranno mai una uguale all'altra.

Partendo dal presupposto che risulterebbe difficile ricreare un modello parametrico di componenti così variabili come le piume. Ogni macro categoria di decoro è stata modellata attraverso una semplificazione estrema delle geometrie in maniera da poter utilizzare gli elementi come abaco e indice degli elementi che vanno a comporre il reperto. L'obiettivo è quello di ottenere un modello che risulti realmente utile nella fase di gestione e catalogazione della collezione, dal quale poter facilmente ottenere altri modelli-oggetti appartenenti alla stessa categoria: i sonagli, i copricapi, i calzari, ecc. con la possibilità di modificarne i parametri dimensionali principali: lunghezza, larghezza, spessore, diametro.

L'idea è quella di creare, attraverso questi modelli ghost, un abaco per i diversi elementi della collezione ai quali poter associare il modello reality based. L'unione dei due modelli permetterà di assolvere le funzioni gestionali del sistema informativo parametrico e al contempo di descrivere qualitativamente e quantitativamente le condizioni reali dell'oggetto e del suo stato conservativo, riproducendo gli effetti del tempo e delle singolarità specifiche.

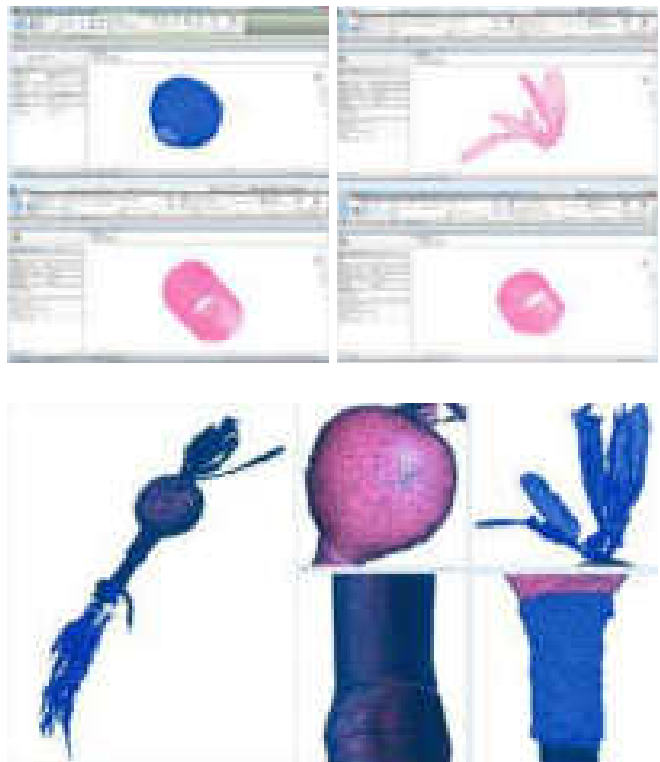
Se nel '900 il concetto di museo cambia volto e si rinnova da luogo polveroso per l'accumulo di oggetti chiusi all'interno di teche di vetro diventando esso stesso un esercizio del comporre un'opera d'arte contenitore di arte, ora il museo tende a smaterializzarsi ad ampliare i suoi spazi a nuove realtà, realtà digitali, attraverso la creazione di infiniti spazi fatti di collegamenti e percorsi fruibili dalla rete globale del network.

Il museo si rinnova con l'introduzione di installazioni multimediali, video, audio e supporti tridimensionali che permettono all'utente di interagire con l'opera d'arte scegliendo tra diversi approfondimenti tematici per poter personalizzare la propria esperienza museale.

I modelli elaborati dall'analisi di reperti storici possono diventare parte di scenografie, di ricostruzioni storiche all'interno di videogame, documentari, film e applicazioni multimediali, possono essere riprodotti attraverso processi



Fig.21 Il primo approccio di modellazione parametrica ha visto la scomposizione semantica degli elementi del modello realizzato. E la creazione di singole Famiglie di modello per ogni componente mesh. Al lato, lo schema evidenzia il criterio di scomposizione degli elementi. In basso sono riportate le immagini di realizzazione delle famigli di modello e l'unione di queste in un unico modello di progetto. Un punto di criticità di tale tipologia di rappresentazione è la mancanza della modifica dimensionale parametrica il modello è rigido nella sua conformazione originale di acquisizione, non modificabile.



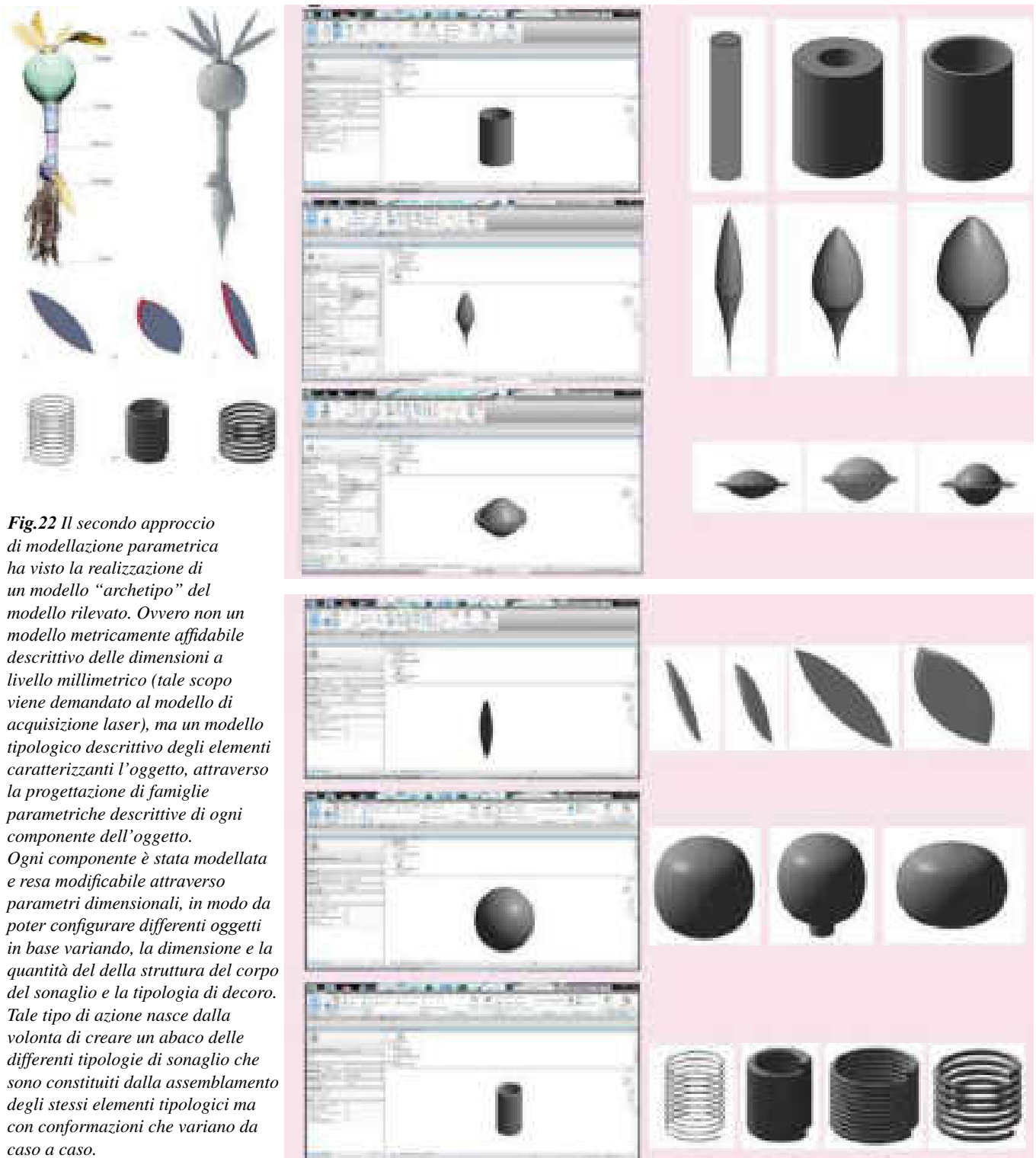


Fig.22 Il secondo approccio di modellazione parametrica ha visto la realizzazione di un modello “archetipo” del modello rilevato. Ovvero non un modello metricamente affidabile descrittivo delle dimensioni a livello millimetrico (tale scopo viene demandato al modello di acquisizione laser), ma un modello tipologico descrittivo degli elementi caratterizzanti l’oggetto, attraverso la progettazione di famiglie parametriche descrittive di ogni componente dell’oggetto. Ogni componente è stata modellata e resa modificabile attraverso parametri dimensionali, in modo da poter configurare differenti oggetti in base variando, la dimensione e la quantità del della struttura del corpo del sonaglio e la tipologia di decoro. Tale tipo di azione nasce dalla volontà di creare un abaco delle differenti tipologie di sonaglio che sono costituiti dalla assemblamento degli stessi elementi tipologici ma con conformazioni che variano da caso a caso.

di stampa tridimensionale, incrementando attraverso la loro duplicazione, reale e digitale, la notorietà specifica e la diffusione della cultura.

L'elaborazione di modelli virtuali 3D finalizzati alla documentazione, conservazione e divulgazione storica del patrimonio all'interno di sistemi museali fruibili su vasta scala, rappresenta un potenziale strumento ausiliario nelle fasi di documentazione ma anche un utile strumento didattico, tramite lo sviluppo di serious games, app e tramite la stampa digitale dei prototipi.

I modelli così ottenuti, affidabili e completi, possono essere utilizzati per la definizione di una banca dati informativa sulle qualità morfologiche proprie di ciascun opera. In quest'ottica la banca dati diventa un campionario di schede che descrivono l'artigianato attraverso un censimento che lega informazioni qualitative a modelli che descrivono "quantitativamente" nel senso della misura, le specificità di ciascun'opera.



Fig.23 Ogni componente di modello è selezionabile ed è possibile associare in ambiente di progetto le diverse informazioni raccolte.

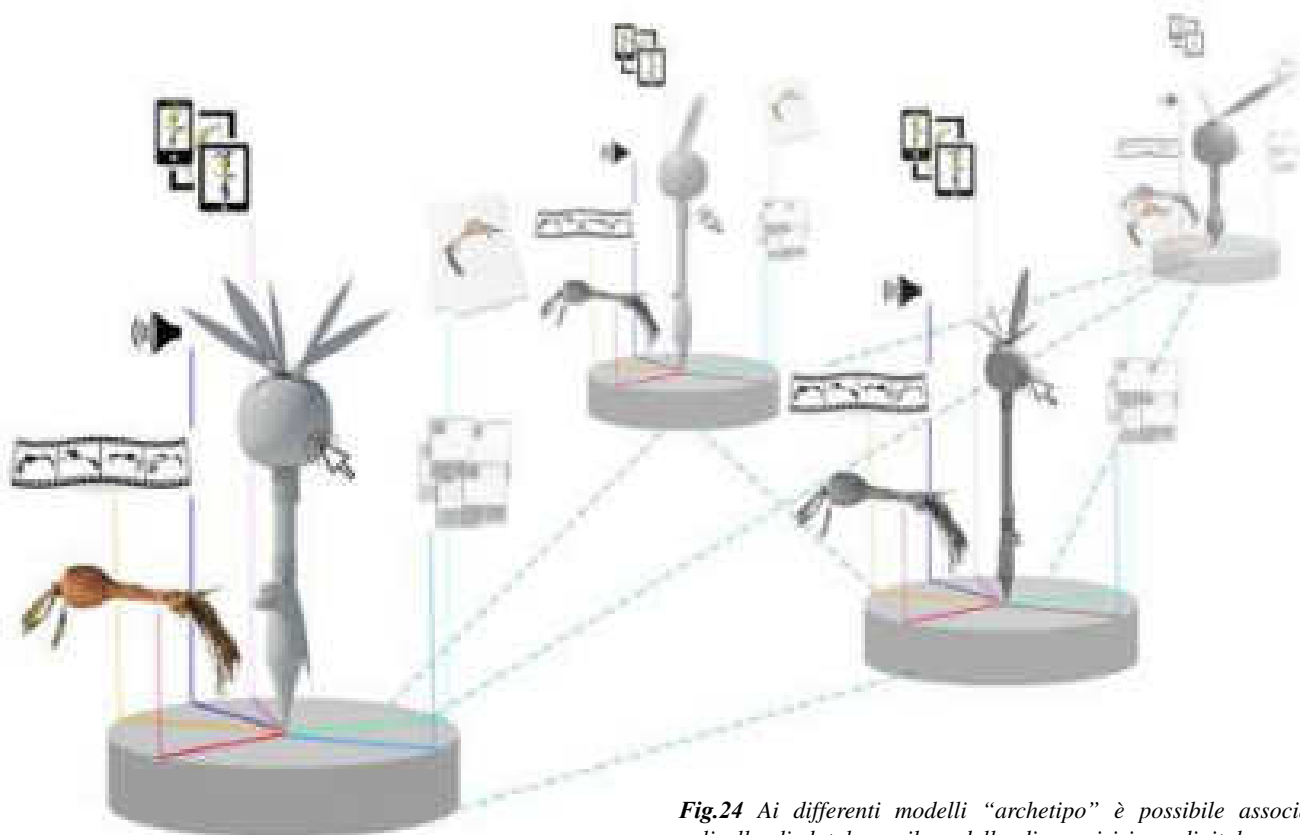


Fig.24 Ai differenti modelli "archetipo" è possibile associare a livello di database, il modello di acquisizione digitale per un indagine dimensionale del dettaglio morfologico, e i contenuti informativi specifici.



Fig.25 Al fine di divulgazione di tale patrimonio diffuso è stato inoltre progettato un sito web di raccolta delle collezioni dei Nativi, dove poter entrare in contatto con gli aspetti storico culturali della tradizione attraverso la scoperta dei modelli digitalizzati. Sviluppato all’interno della tesi di laurea magistrale della studentessa Stella Giannini. Relatore: M. Pivetta Correlatore: S.Parrinello.

L’insieme delle schede descrive un archivio digitale che offre diverse possibilità di sviluppo per la valorizzazione della collezione oltre che per la gestione del fenomeno (artigianato dei nativi) nel suo complesso. Tra queste la progettazione di un museo virtuale sui nativi, che raccolga in uno spazio tutto digitale le diverse collezioni è stato oggetto di una tesi di laurea sullo sviluppo dei sistemi di gestione museale in cui spazio e l’opera d’arte convivono all’interno della loro trasposizione virtuale, dinamica. Un database, al fine di preservare la memoria storica del complesso e che possa divenire strumento per la gestione del bene culturale a breve, medio e lungo termine.



Fig.26 Viste del progetto di museo virtuale progettato per la visita interattiva della collezione dell’artigianato dei Nativi Americani. Sviluppato all’interno della tesi di laurea magistrale della studentessa Stella Giannini. Relatore: M. Pivetta Correlatore: S.Parrinello.

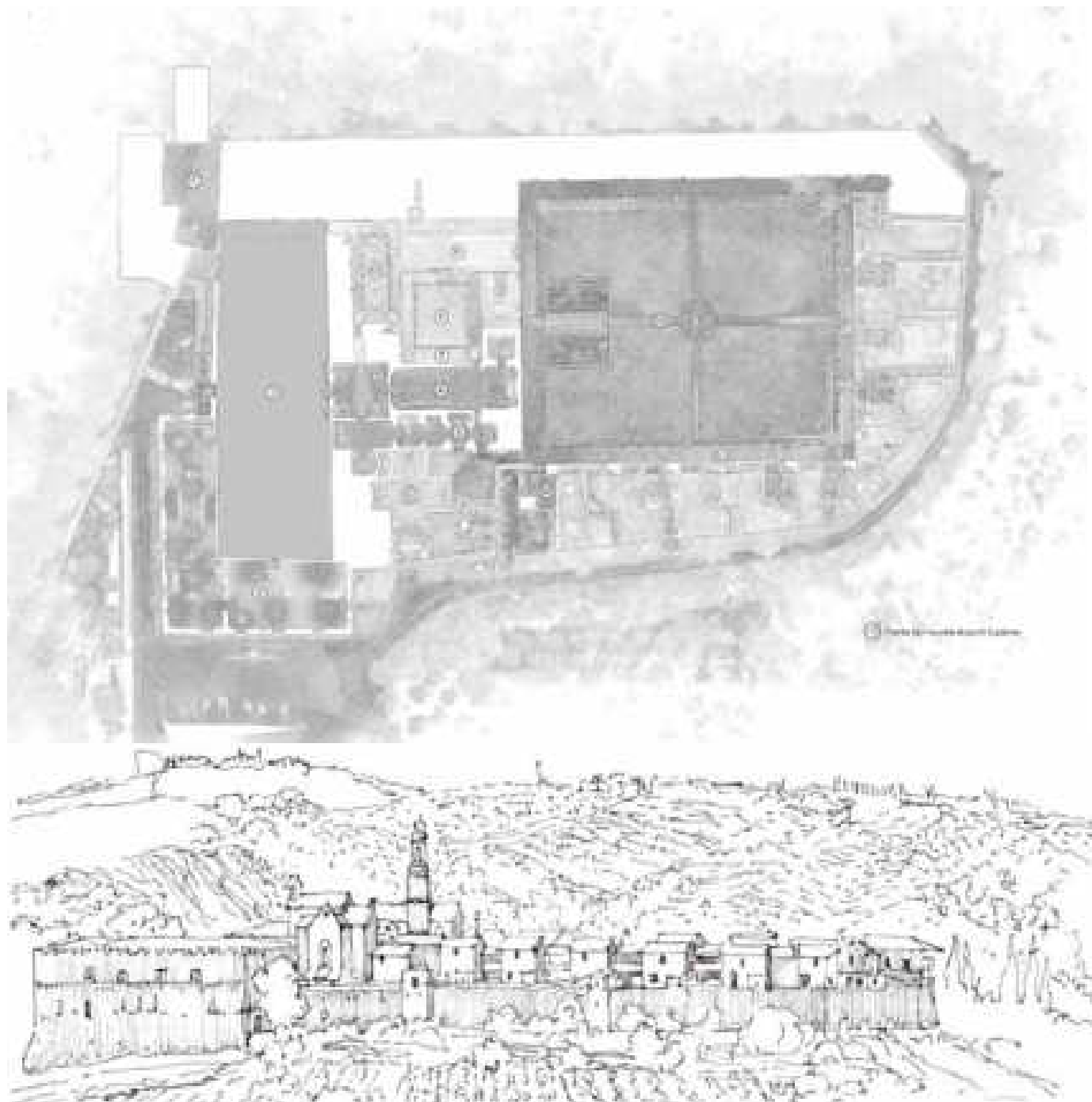


Fig.27 Il complesso monumentale della Certosa del Galluzzo. In alto: Planimetria del complesso elaborata dal rilievo laser scanner. Le attività di rilievo digitale del complesso architettonico della Certosa di Firenze sono iniziate nel 2014 e sono tuttora in corso. Il progetto di documentazione e valorizzazione è promosso dal Dipartimento di Architettura di Firenze. In basso: Disegno a mano dello studente Alessandro Cardile.

5.2 LO SPAZIO ARCHITETTONICO E LE CELLE DELLA CERTOSA DEL GALLUZZO

La ricerca metodologica condotta sulla Certosa di Firenze, ha visto l’utilizzo di metodologie di documentazione che, dall’indagine archivistica al rilievo, giungono alla definizione di un modello HBIM progettato in base alla strutturazione di abachi tipologici di elementi che caratterizzano le architetture certosine. Gli schemi compositivi delle Certose sono strettamente legati alle regole liturgiche che definiscono e scandiscono la giornata della scelta di vita monastica.

Analizzando gli spazi della Certosa del Galluzzo, fondata a metà del 1300 da Niccolò Acciaiuoli (1310-1365), è stata progettata per accogliere 12 monaci, un priore ed alcuni conversi²⁰. Il progetto dello spazio architettonico è stato sviluppato attorno a tre nuclei principali il chiostro grande il chiostro piccolo e la chiesa. Nonostante modifiche ed interventi di restauro avvenuti nel corso dei secoli, di cui il più importante, è la ricostruzione dell’ala settentrionale del Chiostro Grande a causa del sisma del 1895 sono stati mantenuti i caratteri distributivi e tipologici dell’architettura certosina nell’impronta morfologica che nella distribuzione degli spazi. Dal 1866 la fabbrica è bene demaniale, fino al 1958 gli spazi sono stati abitati dai monaci benedettini cistercensi, dal 2017 l’Arcidiocesi di Firenze ha affidato la gestione del complesso monumentale alla comunità di San Leolino²¹. Attualmente gli spazi della Certosa sono oggetto di opere di consolidamento e restauro conservativo degli ambienti. Gli spazi della Certosa risultano vuoti e l’accesso al pubblico è limitato. Nell’obiettivo di strutturare un piattaforma modello di racconto degli spazi e di raccolta dei caratteri tipologici dell’architettura certosina, è stata avviata una ricerca finalizzata alla rappresentazione digitalizzata degli spazi del monastero. Il modello di rappresentazione HBIM è stato focalizzato sugli ambienti delle celle monastiche per molteplici motivazioni. In primis il carattere formale degli spazi delle celle strutturate sulla base di uno schema di distribuzione ripetuto, osservando gli ambienti è possibile in ogni cella ritrovare gli stessi elementi compositivi (ingresso, studio/sala da pranzo, camera da letto, servizi igienici, loggiato, orto/giardino, laboratorio o cantina) e gli stessi elementi costruttivi con la possibilità di alcune lievi variazioni da caso a caso.

Secondo motivo è spinto è dettato dai percorsi di vista attualmente progettati per i turisti. I percorsi sono limitati alle aree meglio conservate, la maggior parte del complesso risulta oggi chiuso al pubblico dato lo stato conservativo.

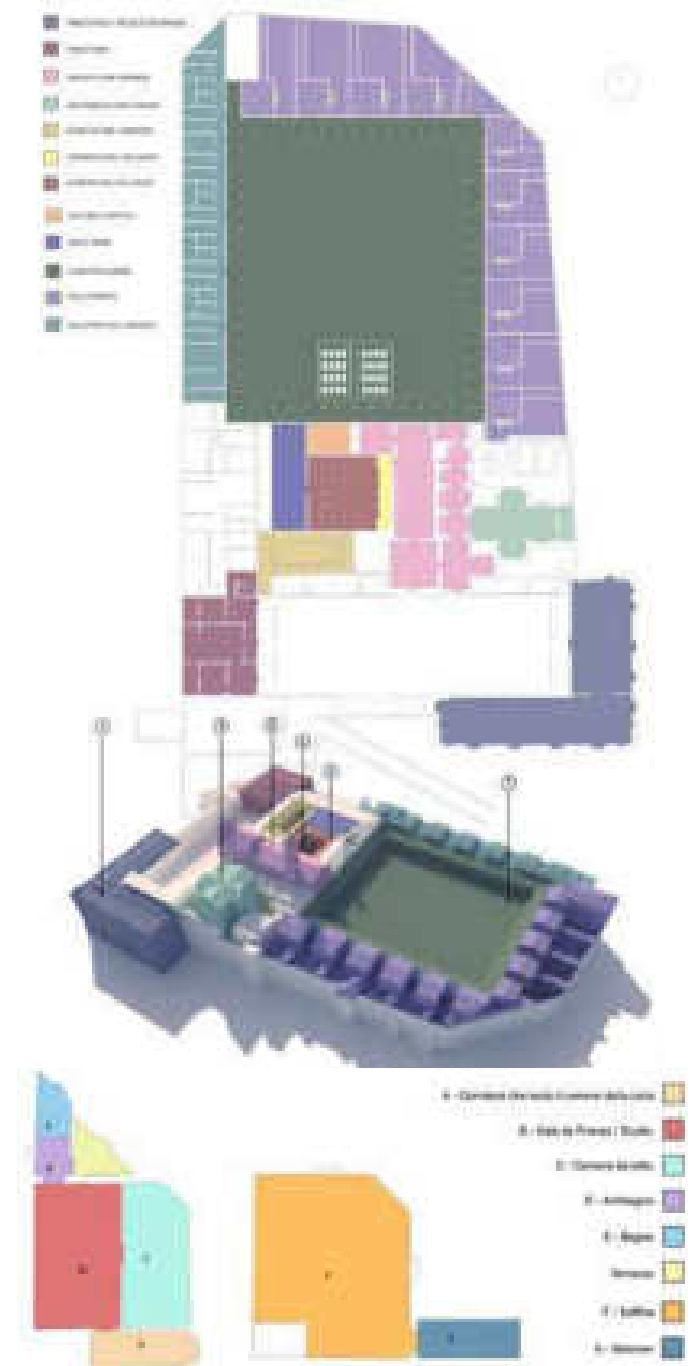


Fig.28 Schema di analisi degli ambienti che caratterizzano il sistema architettonico della Certosa, in particolare (in basso) sono schematizzati gli ambienti che caratterizzano la tipologia delle celle monumentali dei monaci. In una categorizzazione che dal generale analizza il particolare.

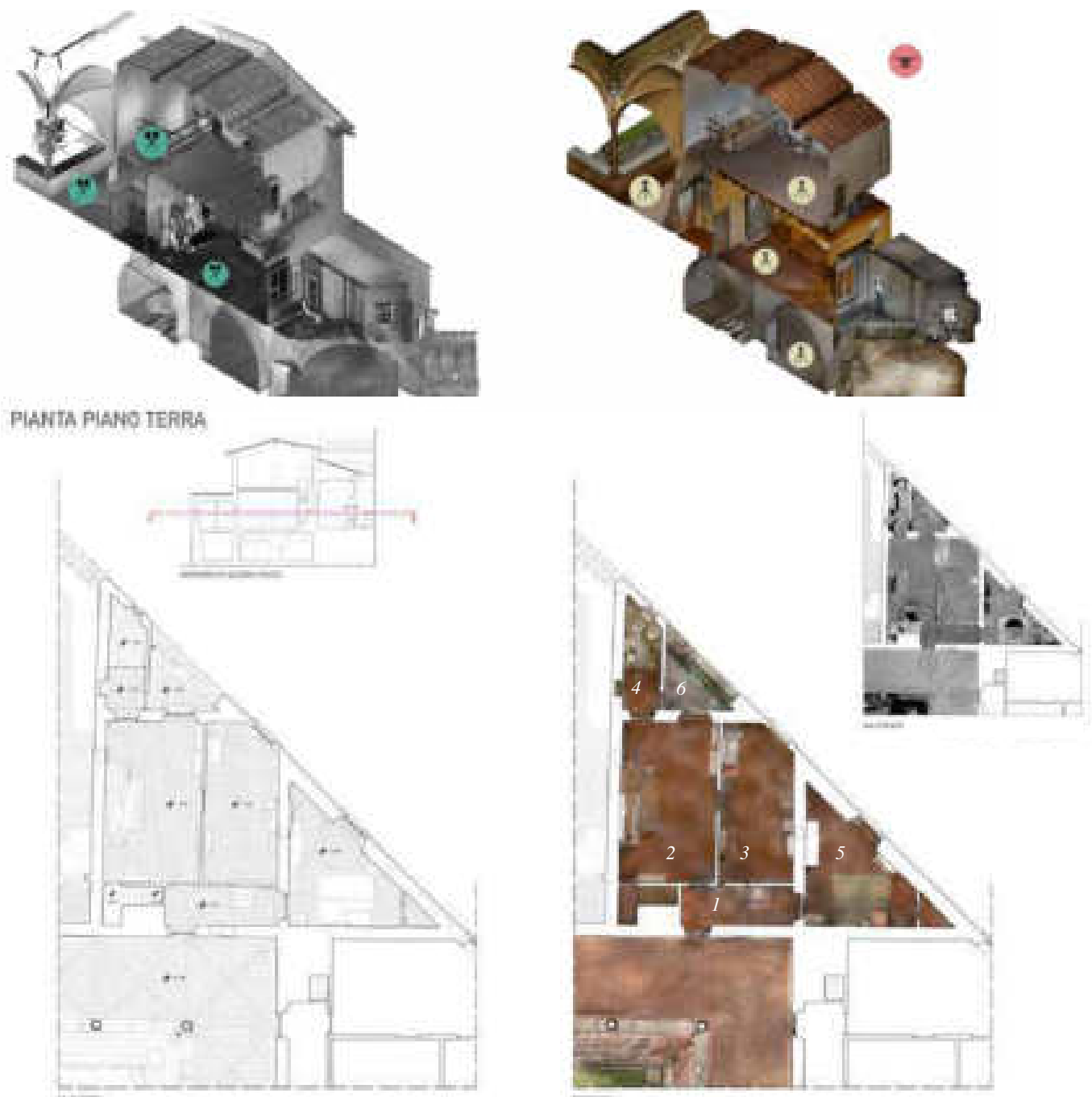


Fig.29 In alto la metodologia di acquisizione strumentale per il rilievo digitale delle Celle: I rilievi sono stati realizzati mediante l'utilizzo di tre differenti laser-scanner: Z+F 5006h, Z+F 5016 e Faro Focus M70. E fotogrammetria close range e tramite sistemi a pilotaggio remoto Particolarmente evidente è l'importanza delle mura perimetrali nella conformazione delle celle e dei giardini. I principali vani sono distinguibili e si ripetono all'interno di tutti gli schemi compositivi delle celle: 1. Ingresso; 2. Studio/sala da pranzo; 3. Camera da letto; 4. Servizi igienici; 5. Loggiato (in alcune variazioni questo è un ambiente chiuso); 6. Orto/giardino.



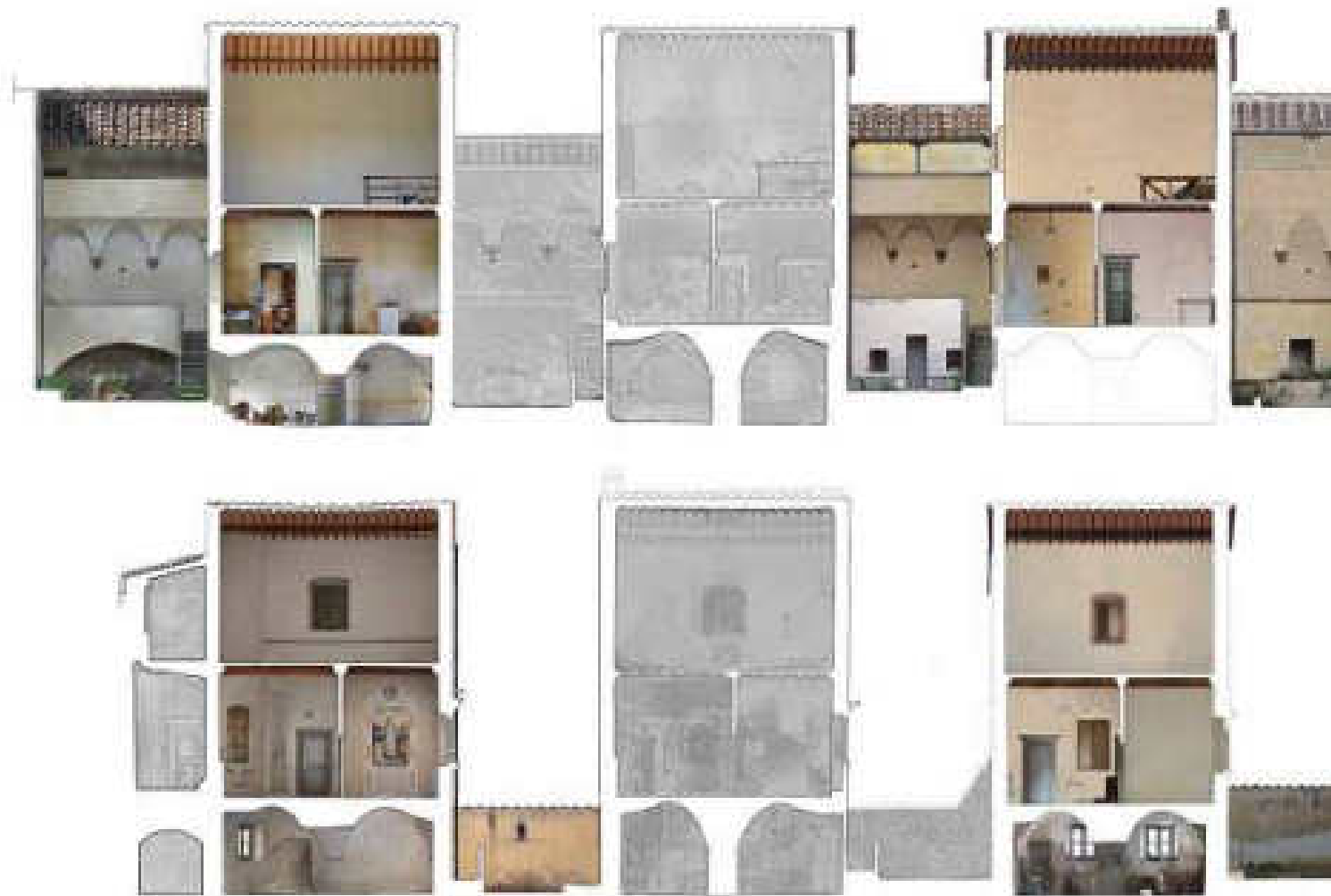
Fig.30 Sezione Cella P.

Tali percorsi sono tanti programmati sulla base della struttura architettonica, i visitatori sono invitati a ripercorrere guidati da una guida turistica, i corridoi che dividevano i monaci di clausura e dai conversi. A causa della propria funzione erano stati progettati per non far sì che i due flussi non si incrociassero, per tali motivi la fruizione del monastero non risulta chiara e univoca, ma può avvenire in diverso ordine di percorrenza. Risulta una visita frammentata in cui il turista non ha la vera percezione della distribuzione spaziale degli ambienti. Inoltre il complesso monumentale, è esito dell'aggregazione di diversi nuclei, i quali hanno subito continue modifiche nel corso dei secoli.

Ciò, unito ai diversi dislivelli che caratterizzano il complesso architettonico, rende difficile la fruizione dello stesso da parte di persone anziane o diversamente abili. Le barriere architettoniche risultano molteplici, ma gli ambienti non risultano adeguati al superamento di tali barriere

architettoniche attraverso l'utilizzo di rampe che facilitino l'accesso.

In particolare le antiche celle dei monaci non sono visitabili per diversi motivi, quali: stato di abbandono, problemi strutturali, oppure perchè ristrutturate e abitate attualmente. Per permettere ai visitatori di comprendere la relazione tra spazio e vita monastica è stata allestita la cella X (detta cella monumentale), anche questa però risulta visitabile solo in alcune parti non si percepisce durante la vista la caratteristica articolazione su tre livelli delle abitazioni dei monaci risultano chiusi ed esclusi, infatti il piano secondo e il piano delle cantine. L'ala nord-ovest, distrutta e ricostruita dopo il terremoto del 1895, ospita su due piani le celle (divenute stanze) più moderne del complesso, distribuite lungo il corridoio parallelo al porticato. Esternamente l'ala mantiene l'aspetto delle altre ali del chiostro grande, ma internamente la distribuzione cambia. Essa non viene fatta



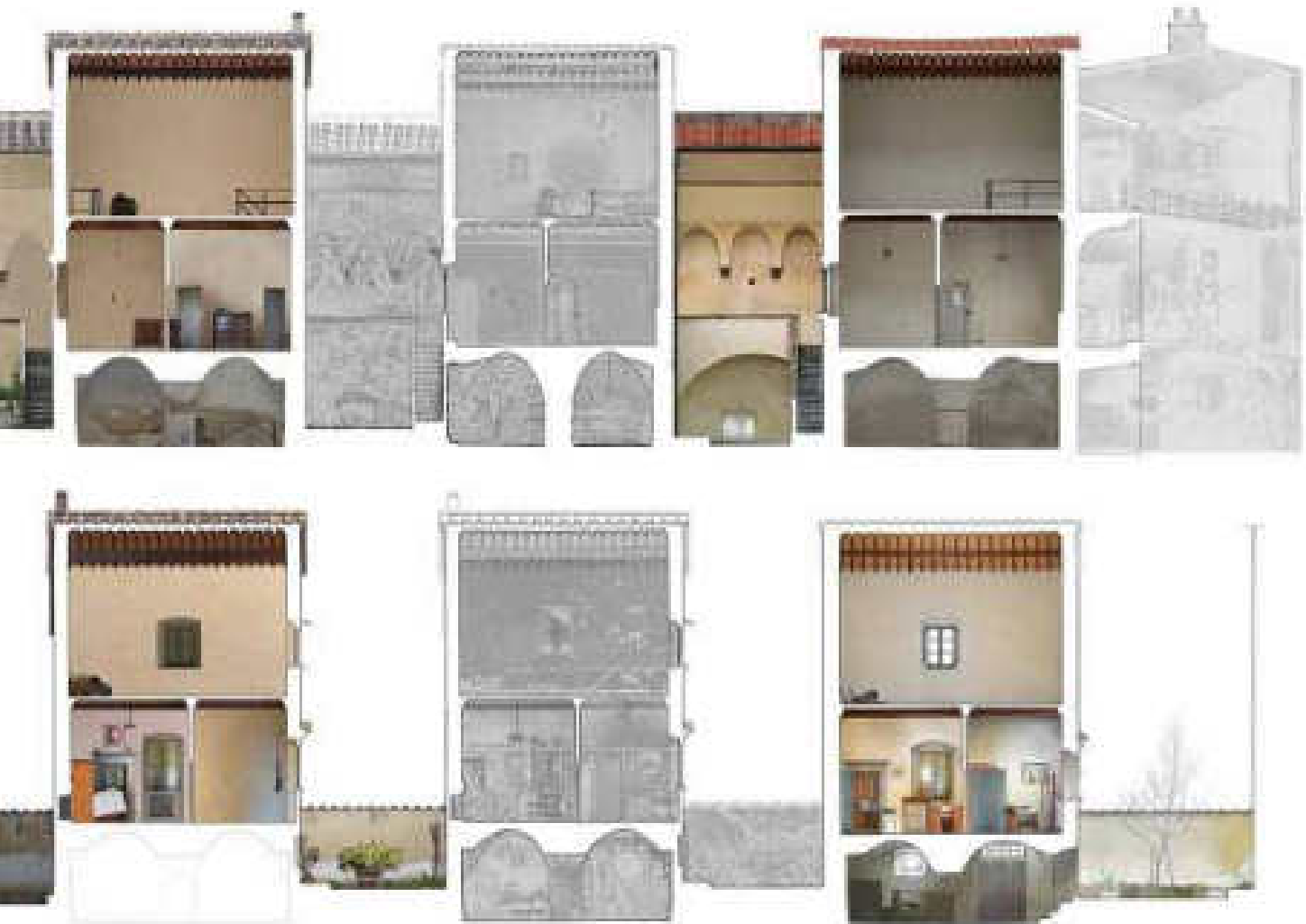


Fig.31 La sezione ambientale riflette la modulazione degli spazi delle celle progettati secondo una ripetizione dello schema compositivo. La progettazione articolata secondo un rigido schema formale è fortemente legata agli aspetti funzionali connessi alla vita monastica e cenobitica ebbe una forte influenza sugli studi di Le Corbusier che la visitò nel 1907, ispirando le soluzioni formali adottate nei suoi progetti per l'Unité d'Abitation.

visitare in quanto, dopo che l'abbandono della fabbrica da parte dei monaci dovettero andarvene, venne lasciata in stato di completo abbandono ed è oggi utilizzata come deposito di raccolta degli oggetti abbandonati dai monaci.

Parlando in termini percentuali, la maggior parte del complesso versa in stato di cattiva conservazione. Per tale motivo diverse aree del complesso sono interdette.

Ma oltre ai problemi di tipo strutturale e di degrado, il complesso presenta aree in stato di abbandono, che però rimangono celate al visitatore; in questo modo la Certosa appare o meglio cerca di apparire, un gioiello architettonico in buono stato.

È stata quindi definita una azione metodologica a partire dal rilievo digitale del complesso per realizzare un sistema composto da disegni di dettaglio e dall'altro di un modello "contenitore" di raccolta dei caratteri tipologici dello spazio architettonico.

Da una parte viene creato uno strumento di gestione funzionale finalizzato al racconto e alla documentazione delle caratteristiche dimensionali e costruttive degli ambienti delle celle, supporto utile alla programmazione di azioni di manutenzione e salvaguardia; dall'altra attraverso lo studio degli elementi e la loro caratterizzazione in famiglie specifiche di modello vengono esplicitati i caratteri tipologici dell'architettura certosina. Tale azione può essere un tentativo valido di raccolta, che se pur ora limitato al caso del Galluzzo, potrebbe aspirare ad un progetto di ricerca più ampio confluendo in una libreria di elementi di raccolta dei caratteri dell'architettura certosina in un confronto diretto con altre realtà presenti sul territorio nazionale ed europeo.

I disegni e gli elaborati grafici realizzati sulla base del rilievo digitale integrato per la Certosa del Galluzzo sono finalizzati ad esperire le informazioni descrittive dell'edificio attraverso una lettura multilivello e a cascata, dai suoi rapporti con il contesto, alle caratteristiche morfologiche e dimensionali fino ad arrivare alla descrizione del ricco apparato decorativo degli ambienti monumentali, definendo un catalogo discretizzato e semplificato nelle forme, che possa costituire parte dell'archivio digitale attraverso il quale avviare possibili indagini comparative. I luoghi, come la Certosa, in cui è stato fondato un centro di culto mantengono nel tempo un'aurea inviolabile, garantita da leggi non scritte di venerazione, difesa nel tempo dalle popolazioni locali e protetta dalle autorità religiose.

Se prima, il patrimonio culturale era sottoposto ad un'azione di salvaguardia mirata alla preservazione delle caratteristiche per le generazioni future, oggi questo non basta più, l'azione

di preservazione al fine di poter garantire la piena dimensione culturale del luogo, deve essere unita a favorire la sua fruibilità e la sua comprensione attraverso la strutturazione di nuovi sistemi di gestione del patrimonio.

Così la possibilità di digitalizzazione e modellazione dello spazio architettonico di un luogo diventa da un lato nuova possibilità di divulgazione del monumento architettonico dall'altro diventa strumento utile per il controllo e la gestione dei beni demaniali.

La possibilità di allargare i canali di divulgazione del bene tramite la qualificazione e l'ampliamento delle proprietà comunicative. Il fine della fruizione è un fine sociale, se il bene culturale è valorizzato tramite gli strumenti di comunicazione, allora risulta rafforzato il legame tra il bene e la collettività

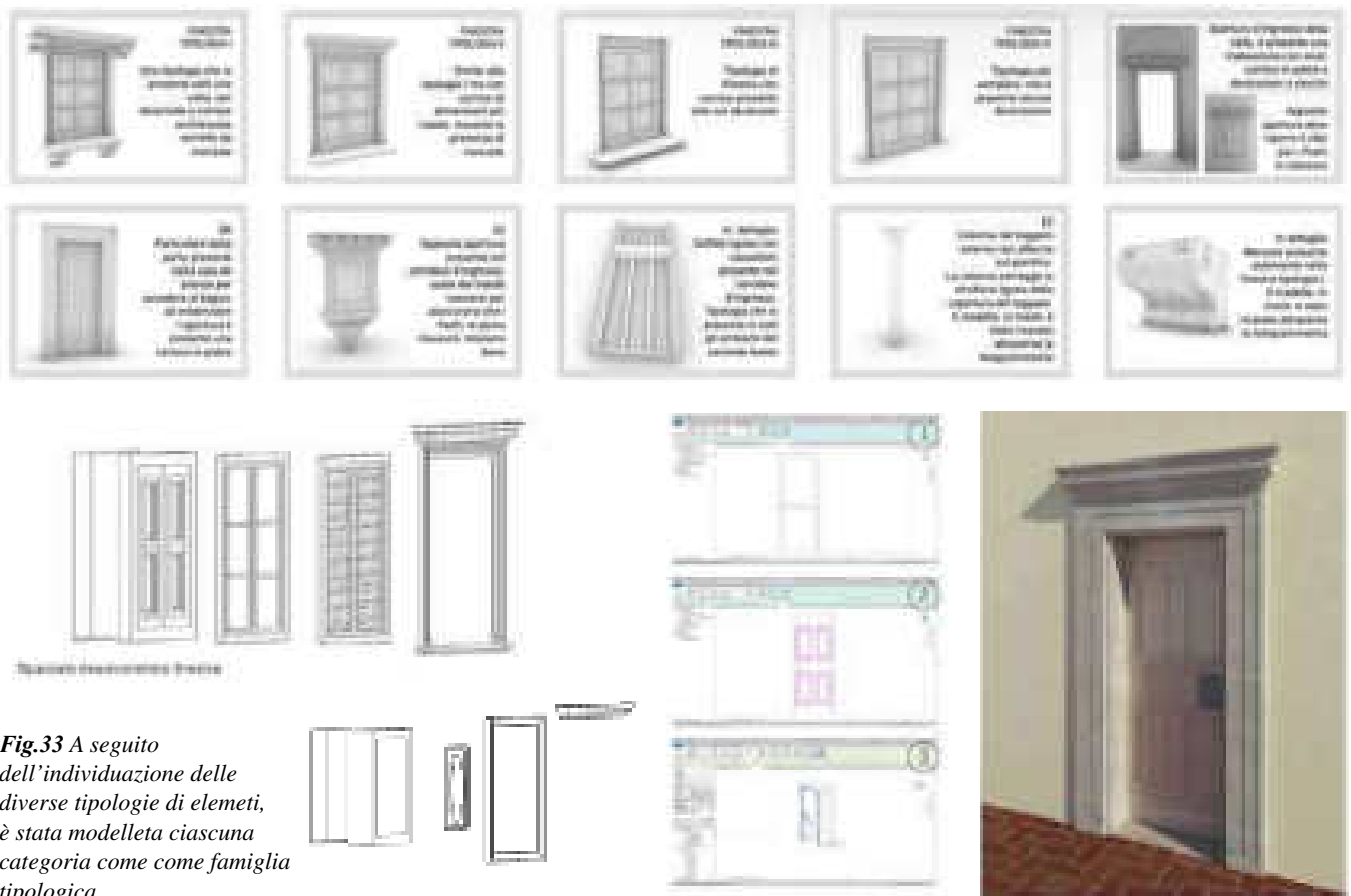
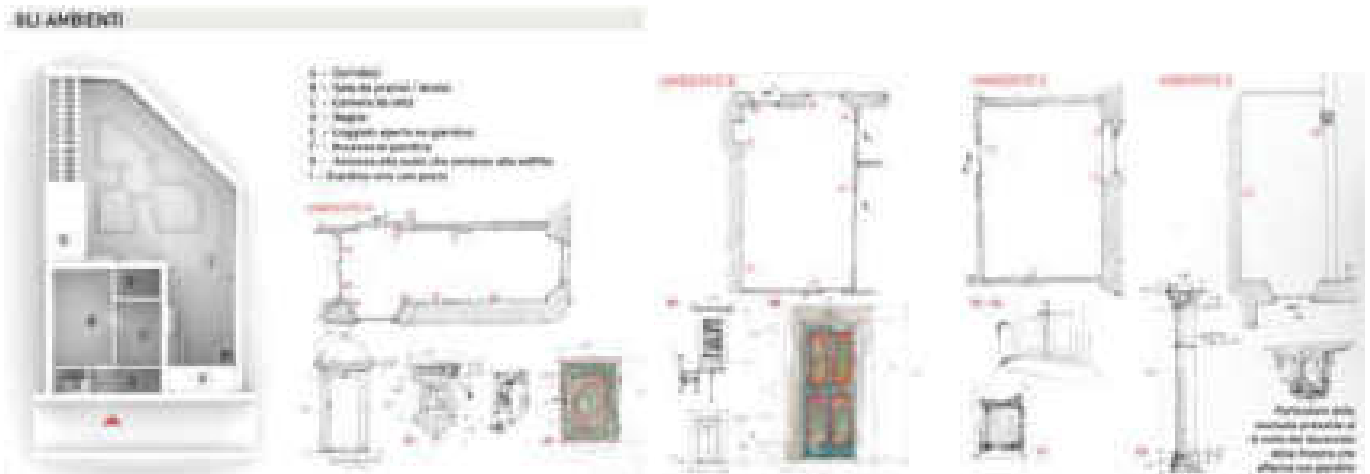
La digitalizzazione del patrimonio costruito deve essere vista come uno strumento di divulgazione culturale oltre che ad uno strumento tecnico-scientifico, più un luogo è conosciuto e più crescerà, se si tratta un bene culturale, più cresceranno da una parte le volontà e dall'altra le risorse per operazioni di tutela e salvaguardia.

Mentre l'azione di tutela è competenza dello stato, l'azione di valorizzazione dei luoghi resta un compito demandato alla volontà degli esperti del settore e alla "fame" culturale del singolo cittadino. In ambito di ricerca universitaria applicata al Cultural Heritage i gruppi di ricerca hanno la missione e rappresentano un ruolo specifico nella definizione delle azioni di conservazione, promozione, e divulgazione culturale.

Tale azione viene oggi promossa attraverso la strutturazione di progetti di ricerca finalizzati ad azioni di documentazione digitale ai fini della trasposizione del patrimonio architettonico nel suo "doppio" digitale.

Dalla banca dati tridimensionale vengono elaborate informazioni con lo scopo di produrre disegni in grado di trasmettere il valore storico del manufatto e testimoniare gli interventi di trasformazione e restauro che il monumento ha subito.

La metodologia di impostazione del modello come prima azione ha visto lo studio dello spazio architettonico della cella attraverso la realizzazione di schemi funzionali, che sono risultati base utile per l'impostazione dello schema di suddivisione degli elementi architettonici. Ogni cella è stata suddivisa secondo lo schema funzionale degli ambienti, categorizzando ciascun ambiente con una lettera di riferimento, questo per poter ordinare e riferire attraverso un codice alfanumerico i diversi elementi che vanno a qualificare lo spazio della cella monastica, avendo sempre



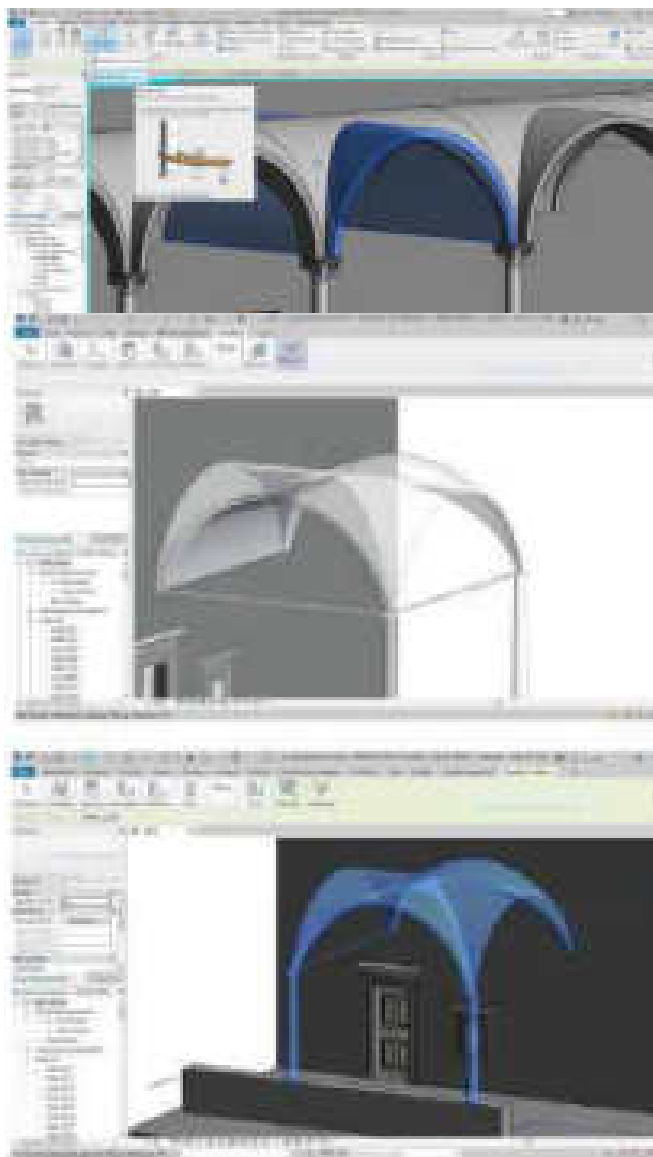


Fig.34 All'interno dei sistemi di modellazione BIM risulta ancora limitato il supporto alla realizzazione di componenti come i sistemi voltati. Per rappresentare tali sistemi la pipeline di lavoro prevede utilizzare strumenti di modellazione delle forme geometriche senza utilizzare preset impostati dal sistema, come avviene per le categorie di muro o pavimento. Nella realizzazione di tali forme il software impone comunque dei vincoli di authoring rendendo poco labile il processo di modellazione. Il programma impone delle approssimazioni geometriche imposte sulla base di calcoli di sistema che risulta difficile non considerare nell'ottica di realizzazione del modello nella consapevolezza di una non perfetta aderenza tra la morfologia degli oggetti rilevati e modello.

come riferimento la macro posizione della cella e l'ambiente di appartenenza.

Catalogati i diversi elementi si è proceduto alla documentazione degli spazi attraverso un'indagine che messo in campo strumentazione laser scanner, e acquisizione fotografica e fotogrammetrica.

Le foto raccolte in loco sono state archiviate sulla base del codice di scomposizione strutturato durante l'azione di rilievo in campo. Come base metrica per la realizzazione del modello delle celle monastiche sono stati utilizzati gli elaborati bidimensionali disegnati sulla base di orthoimmagini estratte dall'impostazione di piani di riferimento sul dato della nuvola di punti.

In una prima azione di ricerca sono stati realizzati i modelli di quattro celle, con il fine di analizzare gli aspetti formali relativi agli ambienti della singola cella. In un secondo momento è stato sperimentato l'aspetto della replicabilità e ricercando la conformità dei modelli realizzati attraverso l'utilizzo di questi per la modellazione delle celle rimanenti.

La rappresentazione dello spazio architettonico Existing Conditions – 3D Laser Scanning per la strutturazione di modelli informativi BIM impone la necessità di una riflessione sulla definizione dei motivi della rappresentazione strutturando dei protocolli mirati ad indagare le diverse modalità per poter esprimere attraverso un modello virtuale di rappresentazione, le qualità spaziali e le inevitabili deformità ed irregolarità geometriche che caratterizzano le architetture storiche.

Se da un lato l'aspirazione di questi modelli è quella di essere quanto più possibile condivisibili, dall'altro lato le piattaforme e i software a disposizione per la realizzazione di tali modelli non risultano ancora abbastanza flessibili per il mondo del patrimonio costruito, costringendo l'utente a seguire determinate limitazioni imposte dalla rigidità di schema operativo di costruzione del modello, adattando le possibilità degli strumenti.

La chiave interpretativa del modello risulta essere passaggio fondamentale alla base delle operazioni HBIM, ovvero il capire come poter rappresentare e condividere la conoscenza attraverso l'impostazione del suo corretto contesto interpretativo e delle differenti possibilità di condivisione attraverso la valutazione delle tipologie di utenti. Tale concetto passa per un'ontologia di rappresentazione che non si concentra solamente sulle qualità tecnologiche dell'edificio, ma innalza il livello in una tipologia di rappresentazione semantica degli elementi atta a descrivere non solo gli elementi ma anche concetti utili all'indagine dell'edificio.

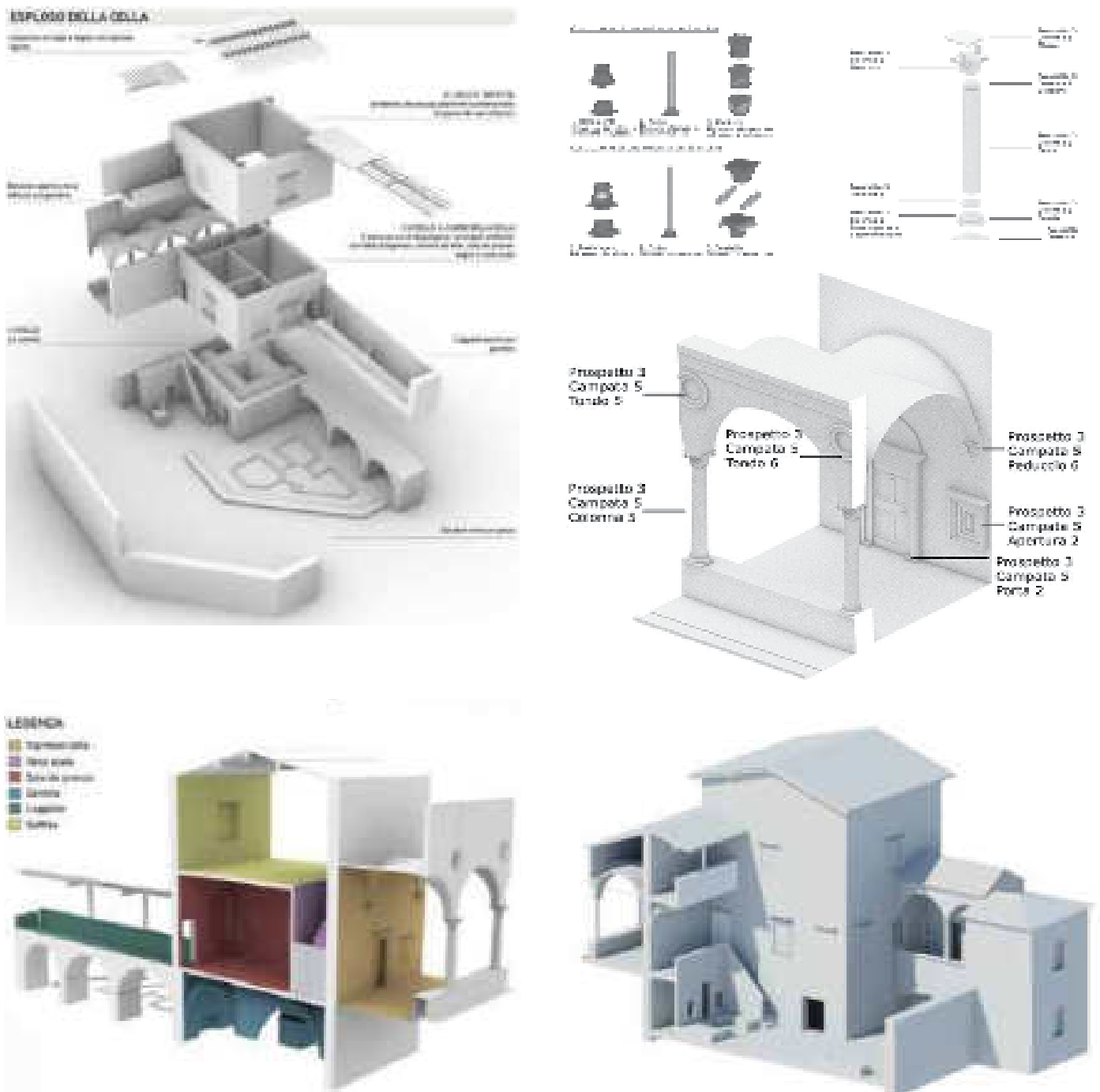


Fig.35 Tali modelli così strutturati riflettono la caratterizzazione dello spazio compositivo degli ambienti delle celle. In ogni modello della cella ritroviamo l'utilizzo delle stesse categorie di elementi. Si riscontra che pur essendo tipologicamente affini ogni modello di finestra, porta, colonna è stato dovuto riadattare dimensionalmente al singolo caso in un confronto con il rilievo metrico digitale.



Fig.36 Vista di modello Cella O.

Operando sulla discretizzazione degli elementi sulla base dei concetti che il modello vuole comunicare è infatti possibile gestire i diversi livelli informativi di associazione al modello. Nuvole di punti 3D acquisite in modelli digitali 3D ben strutturati e semanticamente arricchiti. Il processo di analisi e ricostruzione dei dati dovrebbe tenere conto di tre fasi principali: l'acquisizione dei dati, la lettura critica tramite una scomposizione semantica degli elementi e la strutturazione delle componenti di modello 3D arricchito (HBIM).

Nell'analisi delle strutture storiche la scomposizione semantica del manufatto risulta un'azione complessa in quanto la struttura portante strutturale non sempre è nota. Durante le operazioni di modellazione, emerge la dicotomia tra modello ideale teorico e modello reale, andando a trattare la rappresentazione di elementi con superfici irregolari come murature, superfici voltate, colonne, che non sono opera di un processo standardizzato di produzione finiscono per essere

considerati modelli a se stanti che vanno a popolare librerie di oggetti utili solo allo specifico progetto²².

Nell'impostazione dei livelli di modello le prime separazioni vengono poste in corrispondenza del livello di calpestio degli orizzontamenti, ed in sezione in base alla divisione muraria. Per l'estrusione degli elementi muro è consigliabile procedere attraverso una suddivisione dei setti murari a seconda della natura portante o meno.

In secondo luogo si è proceduto con l'impostazione di solai e dei collegamenti verticali.

Per ogni tipologia di elemento costruttivo è stata realizzata una famiglia di modello.

Certi elementi come i capitelli o le volte sono stati oggetto di criticità in fase di modellazione. Il supporto e le possibilità garantite degli strumenti a disposizione per la modellazione di componenti complesse o irregolari come i sistemi voltati, risulta ancora limitato.

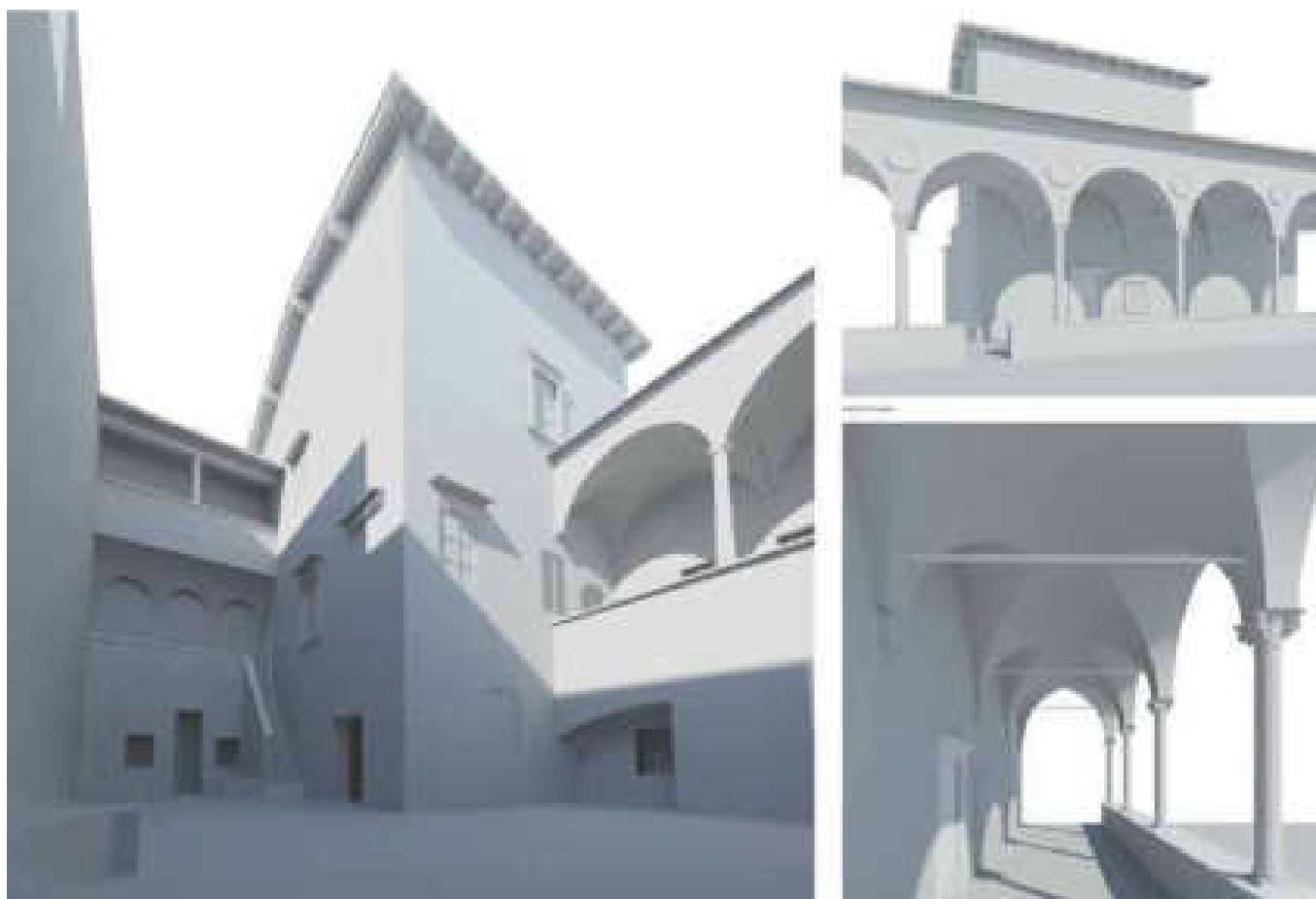


Fig.37 Vista di modello *Cella T*.

Il software va ad imporre dei vincoli di modello che spesso non coincidono con le esigenze della rappresentazione. E anche se si utilizza una pipeline di modellazione attraverso la strutturazione di un modello generico in place nel ricercare una modalità di rappresentazione di tali forme il software impone comunque dei vincoli di authoring rendendo poco labile il processo di modellazione.

In accordo con S. Scandurra riferendosi alla modellazione delle volte, i principali aspetti su cui riflettere sono quindi due: “da un lato il riconoscimento delle regole di costruzione geometrica delle superfici curve che descrivono l’oggetto e quindi la strutturazione di una pipeline di modellazione dedicata, in considerazione della complessità geometrica; d’altro lato l’individuazione di una modalità di attribuzione del significato all’oggetto digitale, nella consapevolezza della sua consistenza volumetrica e del suo comportamento.²³³”

La seconda operazione è stata la strutturazione del modello

totale del sistema delle celle comprensivo della stecca nord-ovest. Il modello, a differenza dei quattro delle celle strutturati su Revit, è stato strutturato su Archicad. Tale azione è stata oggetto di duplice indagine da un lato l’interoperabilità tra i formati dall’altro la corrispondenza tra i modelli.

Per quanto riguarda i formati è risultato sufficiente esportare i file.ifc convertiti automaticamente dall’algoritmo del software stesso. L’IFC che, come detto precedentemente, è un’estensione di dati che consente l’interscambio tra software BIM senza la perdita di dati.

Per gli elementi che invece erano stati modellati attraverso il software Rhinoceros, invece, non essendo modellati con un software BIM, hanno presentato diverse problematiche e criticità. Le forme geometricamente più complesse non sono riconosciute automaticamente da Archicad, che le cataloga come “oggetti” inseriti nelle apposite “librerie”; difficilmente modificabili e, soprattutto, non appartenenti al linguaggio

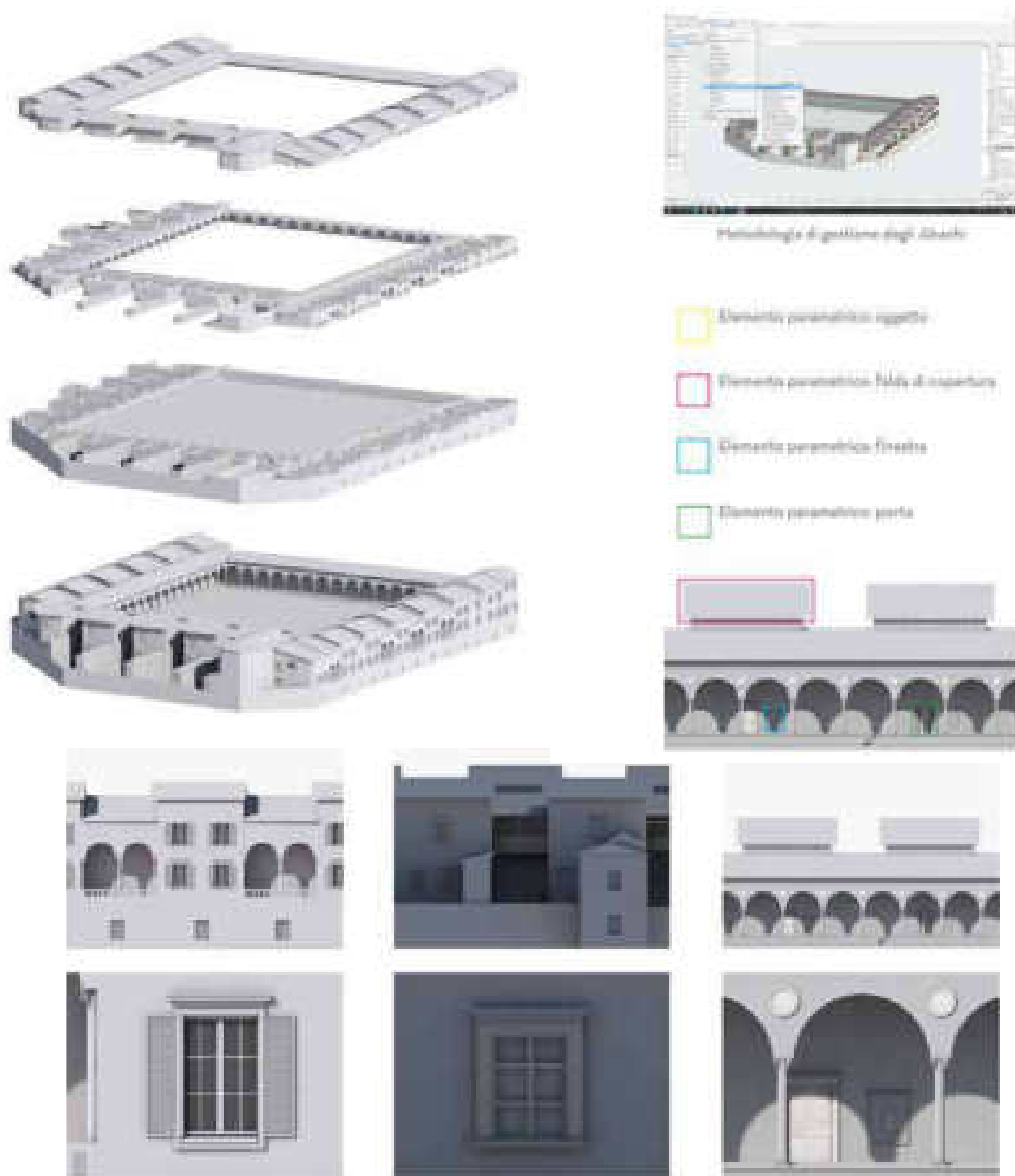


Fig.38 Modello HBIM di unione totale della stecca Nord Ovest e delle celle monumentali.

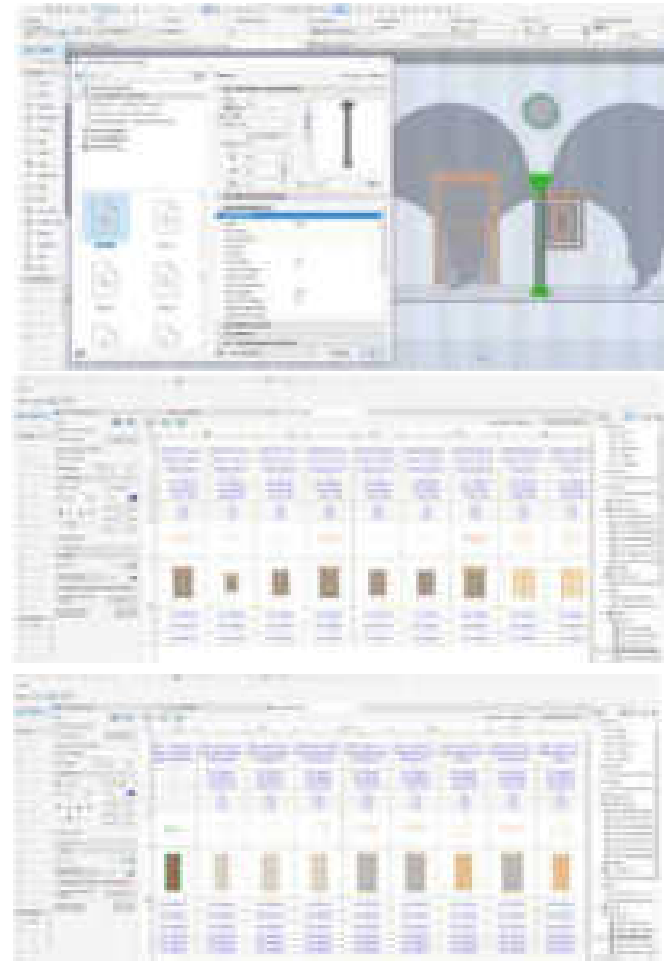


Fig.39 La strutturazione del modello d’insieme a portato come risultato la compilazione di un abaco degli elementi architettonici della Certosa. In cui ogni elemento viene censito, schedato ed identificato.

BIM. Questo fa sì che questi elementi non possano includere tutte le informazioni che contengono, invece, gli altri elementi costituenti il modello, mantenendo esclusivamente la forma geometrica data.

Dopo aver verificato la congruenza dei modelli/oggetti delle celle importati inserendoli all’interno della planimetria generale di riferimento è stato riscontrato da un confronto tra modello, planimetria e nuvola di punti che l’apparente ripetersi dello schema formale delle celle in realtà è ricco di differenze che hanno riscontrato incongruenze sia a livello di planimetria che a livello di alzato.

Queste non mantengono, infatti, un’ortogonalità in pianta tale da permettere un semplice e utopico copia-incolla del modello tipo logico di cella. Ma le incongruenze non sono state riscontrate solo a livello di macro-modellazione ma



anche a livello di micro-modellazione, nell’inserimento delle finestre di cui è stato necessario adattare il dimensionamento attraverso i parametri nel momento dell’inserimento nel modello.

La realizzazione di questo modello ha permesso la strutturazione di un abaco di elementi architettonici di censimento delle tipologie che caratterizzano l’architettura delle Certosa raccolti all’interno di un unico sistema di modello informativo.

La virtualizzazione degli ambienti della Certosa rientra all’interno di un’azione più ampia della tutela del luogo iniziata con la digitalizzazione dell’interno complesso tramite un rilevamento 3D ed azioni mirate alla strutturazione di modelli per il Cultural Heritage che aspirano ad essere contenitori di raccolta, degli stili e delle tipologie architettoniche di elementi.

La sperimentazione di procedure di modellazione parametrica per i beni culturali.

Dal rilievo digitale al modello HBIM per la valorizzazione e gestione di alcuni esempi del patrimonio storico architettonico.

Anna Dell'Amico



5.3 FRUIZIONE DEL MODELLO E STAMPA DIGITALE DEL PATRIMONIO STORICO: CORPI DI FABBRICA DELL’EDILIZIA STORICA MONUMENTALE NELLO STUDIO DEL PALAZZO CENTRALE DELL’UNIVERSITÀ DI PAVIA

L’Università degli studi di Pavia fondata nella seconda metà del 1300, l’Università degli Studi di Pavia è una delle più antiche istituzioni accademiche d’Italia e del mondo.

L’edificio della sede centrale rappresenta, oggi, un importante centro un fulcro culturale punto di riferimento per l’intera città “non solo come contenitore di attività e funzioni, ma come contenuto [...] da preservare, promuovere e valorizzare”²⁴.

Nel tempo il susseguirsi di funzioni differenti ne hanno modificato l’impianto architettonico, che oggi risulta evidente nella presenza di una eterogeneità di materiali e soluzioni costruttive, che motivano lo sviluppo di una ricerca finalizzata da un lato all’aspetto gestionale e conservativo delle fabbrica e dall’altro alla promozione dell’importanza culturale, storica ed economica che riveste il complesso.

ha spinto a sviluppare strategie operative d’intervento, partendo dalla creazione di una banca dati affidabile, che permettano la costruzione di un archivio di informazioni, nella forma di modelli digitali interattivi, utili alla programmazione degli interventi di manutenzione e conservazione sul patrimonio storico e architettonico dell’Università²⁵.

In tal senso i laboratori di ricerca DAa-LAB e PLAY del Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell’Università degli studi di Pavia hanno avviato un’azione di documentazione digitale dell’interno complesso, attraverso metodologie di rilievo integrato per l’analisi dello stato di conservazione dei molteplici elementi che compongono il complesso universitario pavese.

Le operazioni di documentazione sono state finalizzate a fornire la base documentale per lo sviluppo di sistemi di gestione per la manutenzione programmata a diverse scale, dall’analisi strutturale fino al campionamento colorimetrico degli intonaci parietali dei cortili e degli ambienti monumentali.

Il lavoro di documentazione ha permesso di organizzare un ampio database che comprende al suo interno gli elementi di carattere architettonico integrabili con informazioni riguardanti l’aspetto tecnologico, permettendo una consultazione che risulta integrata tra diversi ambiti.

La ricerca è stata finalizzata ad esperire le possibilità offerte dalla modellazione HBIM sia da un punto di vista metodologico di rappresentazione del dato, è stata indagata

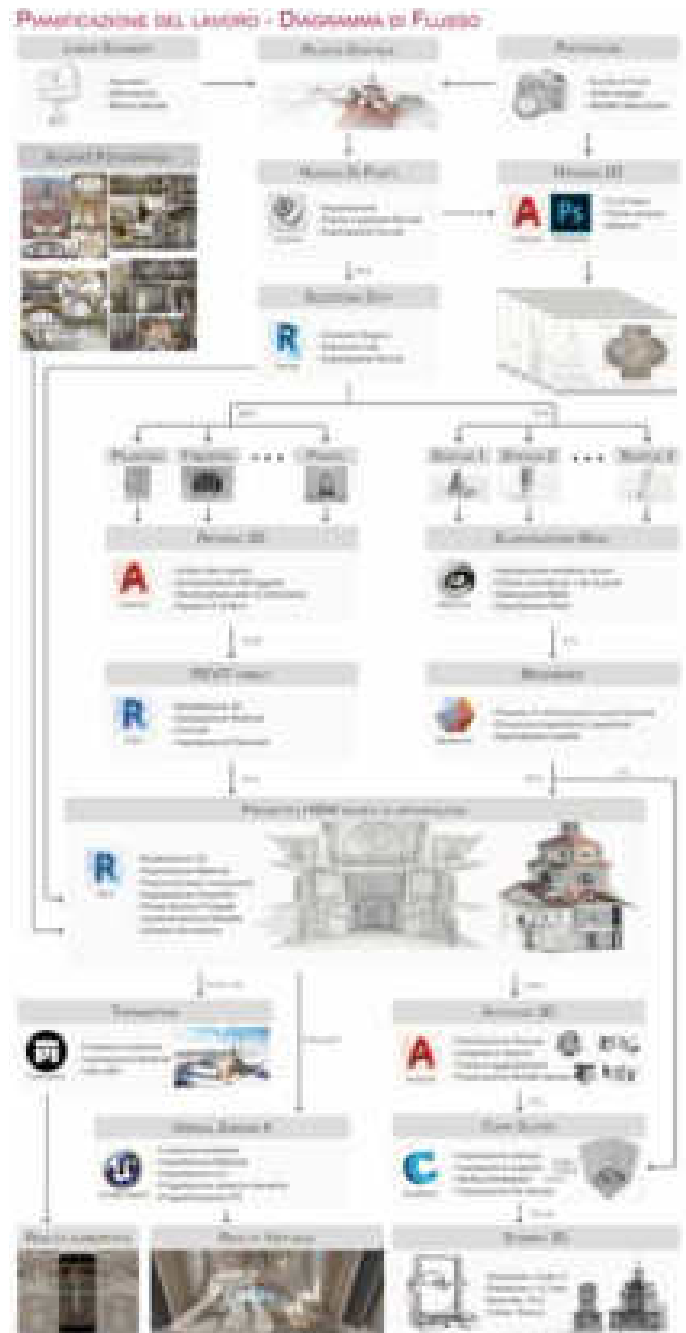


Fig.40 Pagina a fronte: La sala della Crociera, e il paesaggio urbano di Pavia.

Fig.41 Schema del cronoprogramma di sviluppo delle fasi di modellazione della sala della Crociera e dei Cortili dell’edificio sede storica dell’Università Centrale di Pavia.

l'efficacia della modellazione attraverso la corrispondenza diretta tra modello e nuvola di punti, sia per strutturare uno strumento di valorizzazione attraverso un'indagine sulle possibilità di riproduzione e programmazione visuale del modello digitale in ambiente VR, AR e stampa 3D.

Le sperimentazioni sono state condotte scegliendo due porzioni dell'edificio: il cortile delle statue e la Sala della Crociera ex ospedale di San Matteo, situata in corrispondenza della sala centrale del complesso dell'università, dove oggi viene ospitato il museo archeologico universitario.

Il primo caso è stato finalizzato allo studio e all'applicazione di metodologie di modellazione *point cloud* based, nel secondo caso è stato finalizzato alla validazione del protocollo di modellazione a partire dal dato della nuvola di punti, ma più nello specifico all'utilizzo del modello per azioni di comunicazione e divulgazione del patrimonio culturale attraverso la stampa 3D nell'ottica di un futuro possibile inserimento del modello all'interno dello spazio espositivo museale per disporre di strumenti di lettura tattile delle qualità di questo spazio e la progettazione di sistemi di VR e AR secondo un'attenta analisi comparativa delle possibilità offerte sul mercato.

Il Cortile delle Statue e Sala della Crociera sono stati entrambi oggetto del progetto di rilievo digitale integrato attraverso una campagna di rilevamento fotografico e rilevamento laser scanner, le attività di documentazione hanno generato una banca dati eterogenea, nuvola di punti, elaborati grafici, modelli mesh che sono stati messi tra loro in relazione formando la base metrica di partenza per la realizzazione uno strumento BIM rivolto all'*heritage system* di fruizione museale.

Il tema dell'affidabilità è posto al centro di questa ricerca, si tratta di un modello HBIM che tende il più possibile ad essere aderente alle imperfezioni che descrivono e caratterizzano lo spazio architettonico rilevato. Si tratta di un sistema *object oriented*²⁶, basato sullo studio e documentazione dei singoli elementi compositivi per arrivare ad ottenere un modello descrittivo di tutte le complessità geometriche della sala.²⁷

La modellazione HBIM fornisce indicazioni di dettaglio nei differenti ambiti, di aiuto per la gestione della manutenzione degli ambienti in esame. L'aspetto strutturale viene approfondito dall'analisi degli elementi portanti, in particolare dei colonnati che compongono e caratterizzano i cortili interni. La loro documentazione geometrica permette di effettuare analisi approfondite sulle azioni, statiche o dinamiche, permettendo una visione d'insieme delle deformazioni del cortile, ma potendo anche isolare la singola colonna nel

caso di verifiche di accertamento puntuali sull'elemento. Dalla definizione dei LOD e la conseguente modellazione per singoli elementi costruttivi è possibile mantenere una gestione sia per visioni d'insieme che di dettaglio del singolo elemento reso interrogabile, mantenendo la possibilità di sfruttare al meglio le diverse analisi che su tale sistema si possono prevedere per un secondo momento²⁸.

La gestione e la verifica programmabile, potendo mantenere una cadenza maggiormente ravvicinata rispetto a un sopralluogo diretto e potendo fornire anche una documentazione fotografica d'archivio per effettuare un confronto tra le diverse campagne di acquisizione dati.

I futuri interventi di manutenzione possono, in questo modo, essere programmati attraverso la calendarizzazione delle campagne di volo di controllo, per la verifica dello stato di conservazione attuale.

Questo permette di pianificare le manutenzioni ordinarie e di valutare la necessità di manutenzioni straordinarie, frequenti in seguito ad eventi intensi che possono variare la condizione monitorata, definendo tecnicamente i vari interventi mirati riguardanti le alterazioni riscontrate e mappate.

La chiave interpretativa del modello risulta essere passaggio fondamentale alla base delle operazioni HBIM, ovvero il capire come poter rappresentare e condividere la conoscenza attraverso l'impostazione del suo corretto contesto interpretativo e delle differenti possibilità di condivisione attraverso la valutazione delle tipologie di utenti.

Tale concetto passa per un'ontologia di rappresentazione che non si concentra solamente sulle qualità tecnologiche dell'edificio, ma innalza il livello in una tipologia di rappresentazione semantica degli elementi atta a descrivere non solo gli elementi ma anche concetti utili all'indagine dell'edificio. Operando sulla discretizzazione degli elementi sulla base dei concetti che il modello vuole comunicare è infatti possibile gestire i diversi livelli informativi di associazione al modello.

A tal fine la tecnologia di visualizzazione attraverso piattaforme web based può essere utilizzata per provare a colmare il divario tra eterogeneità di dati associati al modello, permettendo diverse possibilità di fruizione e di visualizzazione del dato informativo. Le caratteristiche principali che un sistema deve possedere sono: interoperabilità, accessibilità, e standardizzazione. Per riuscire a definire una strategia di modellazione come prima operazione è stato necessario analizzare e discretizzare il complesso architettonico, tramite l'individuazione e la scomposizione dei diversi elementi architettonici che ne qualificano lo spazio.

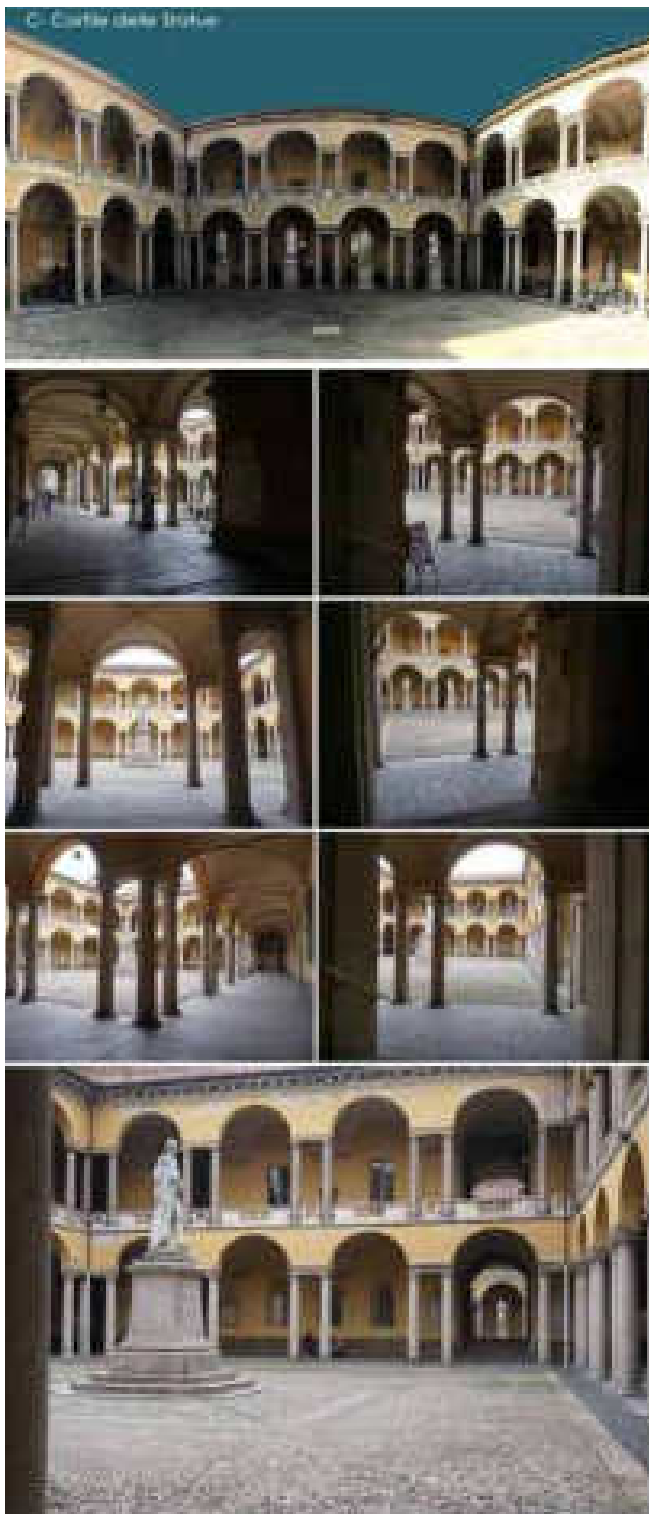


Fig.42 Schema di inquadramento del caso studio scelto per strutturazione del modello HBIM il Cortile delle Statue. Il complesso storico è stata scelto come caso studio poichè necessita di interventi di manutenzione programmata. L'esposizione costante agli agenti atmosferici e la scarsa manutenzione delle strutture, oltre al passaggio costante di persone, determinano una condizione di degrado diffuso riscontrabile sia osservando le superfici murarie degli ambienti interni ed esterni sia elementi di pregio, statue, colonne, balaustre.

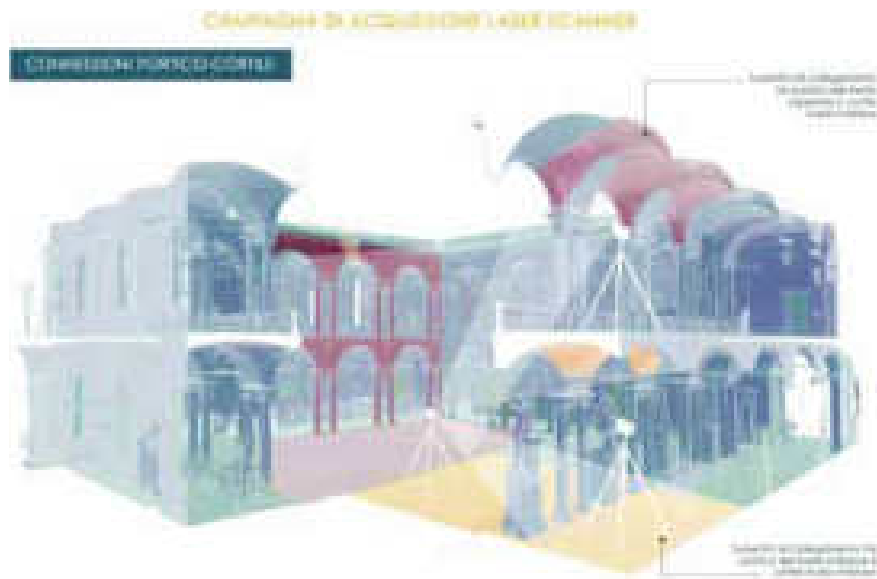
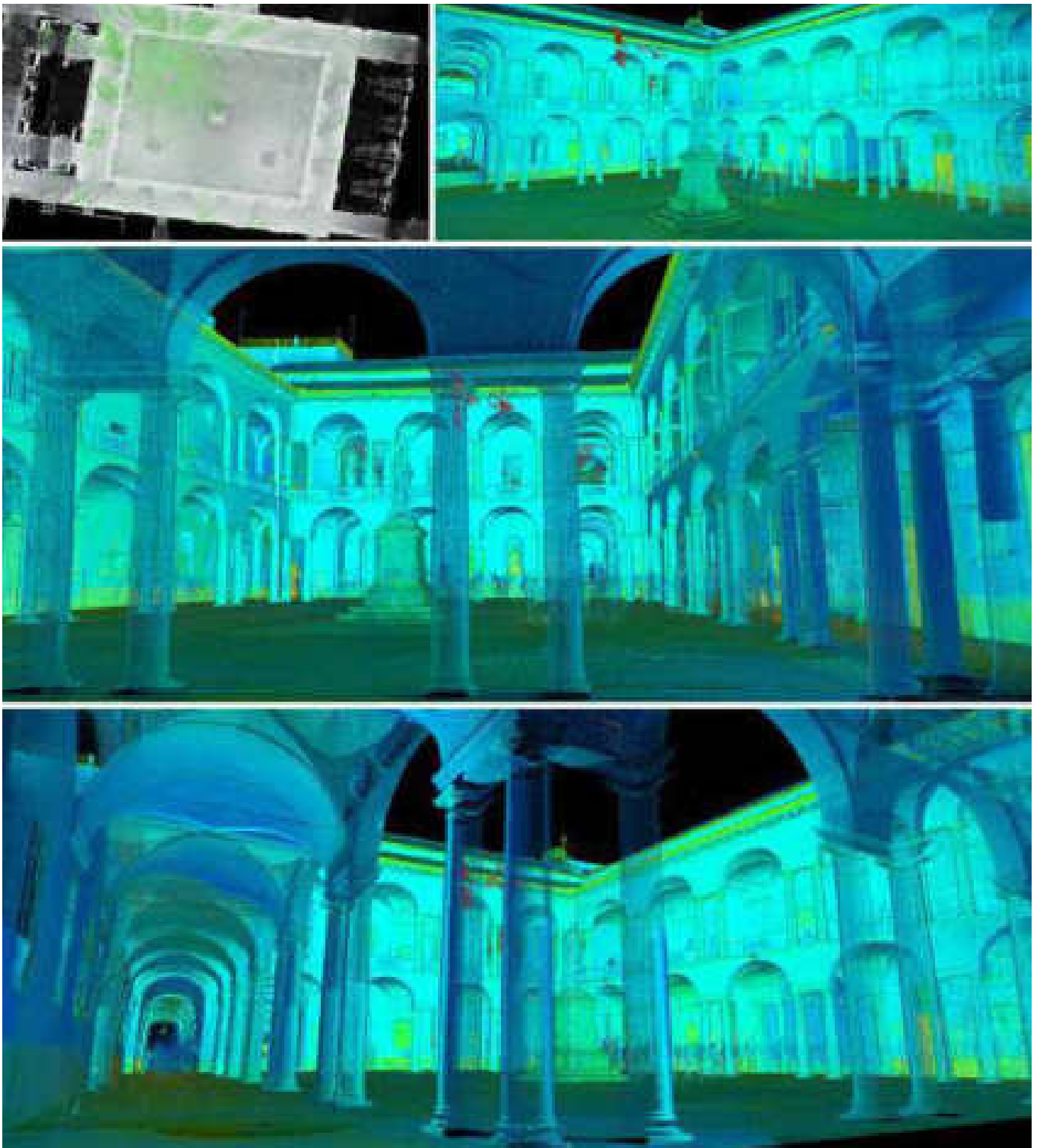


Fig.43 Le azioni di documentazione hanno previsto l'utilizzo di processi di rilievo integrato Range based, attraverso strumentazione laser scanner finalizzate all'acquisizione del dato metrico e geometrico, ed Image based, tramite l'applicazione metodologica di fotogrammetria terrestre SfM per l'acquisizione del dato colorimetrico delle superfici e l'impiego di sistemi UAVs per l'acquisizione delle coperture. Tali metodologie di acquisizione risultano efficaci per la realizzazione di un database digitale tridimensionale informativo.

Fig.44 Pagina a fronte: Alcune viste del modello di acquisizione digitale tramite strumentazione laser scanner Faro Cam 2 _ Focus S 150.



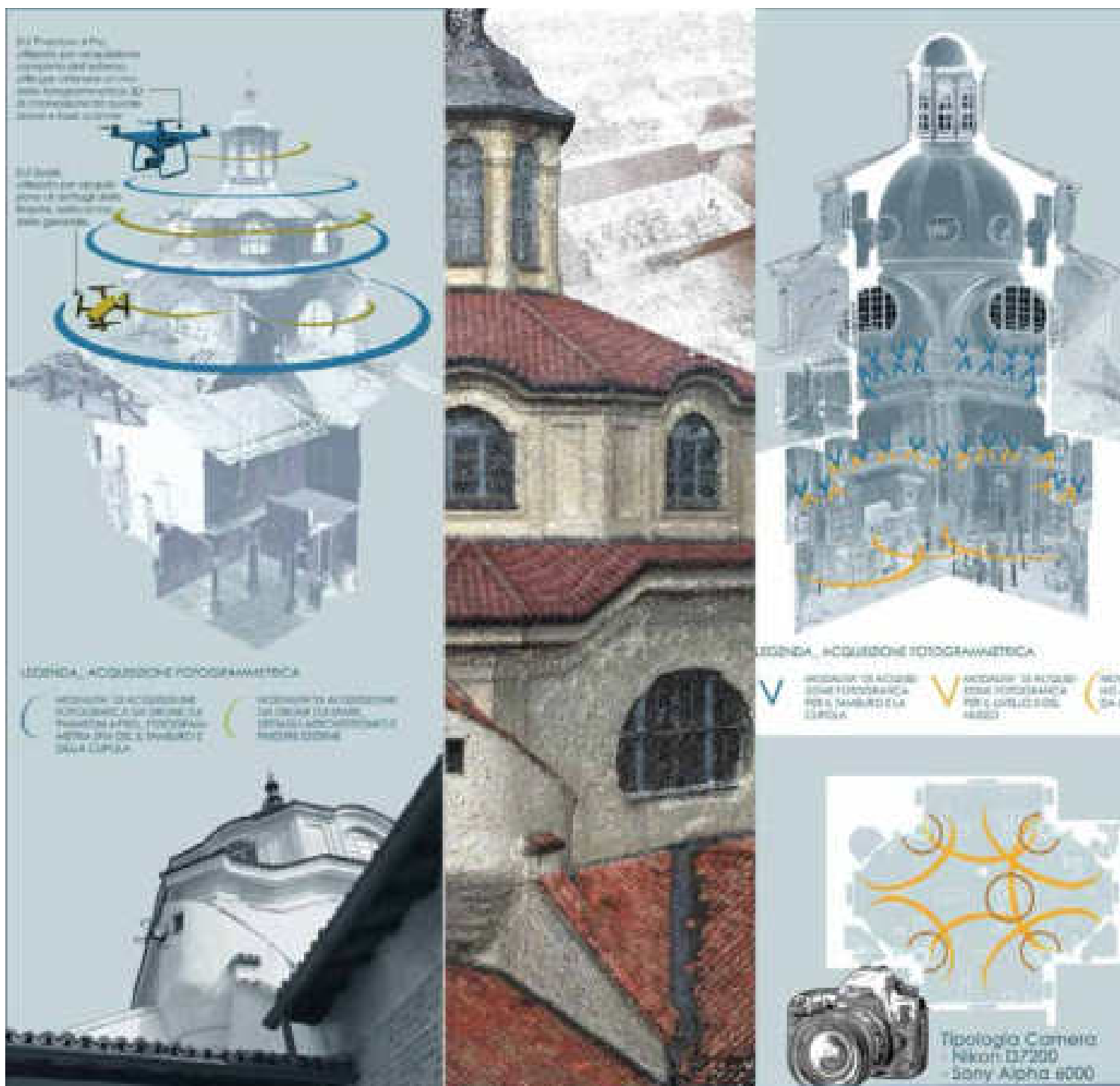


Fig.45 Lo stesso iter metodologico spiegato in Fig.4 è stato applicato per la documentazione degli ambienti interni,delle superfici murarie esterne e delle coperture della Sala della Crociera.

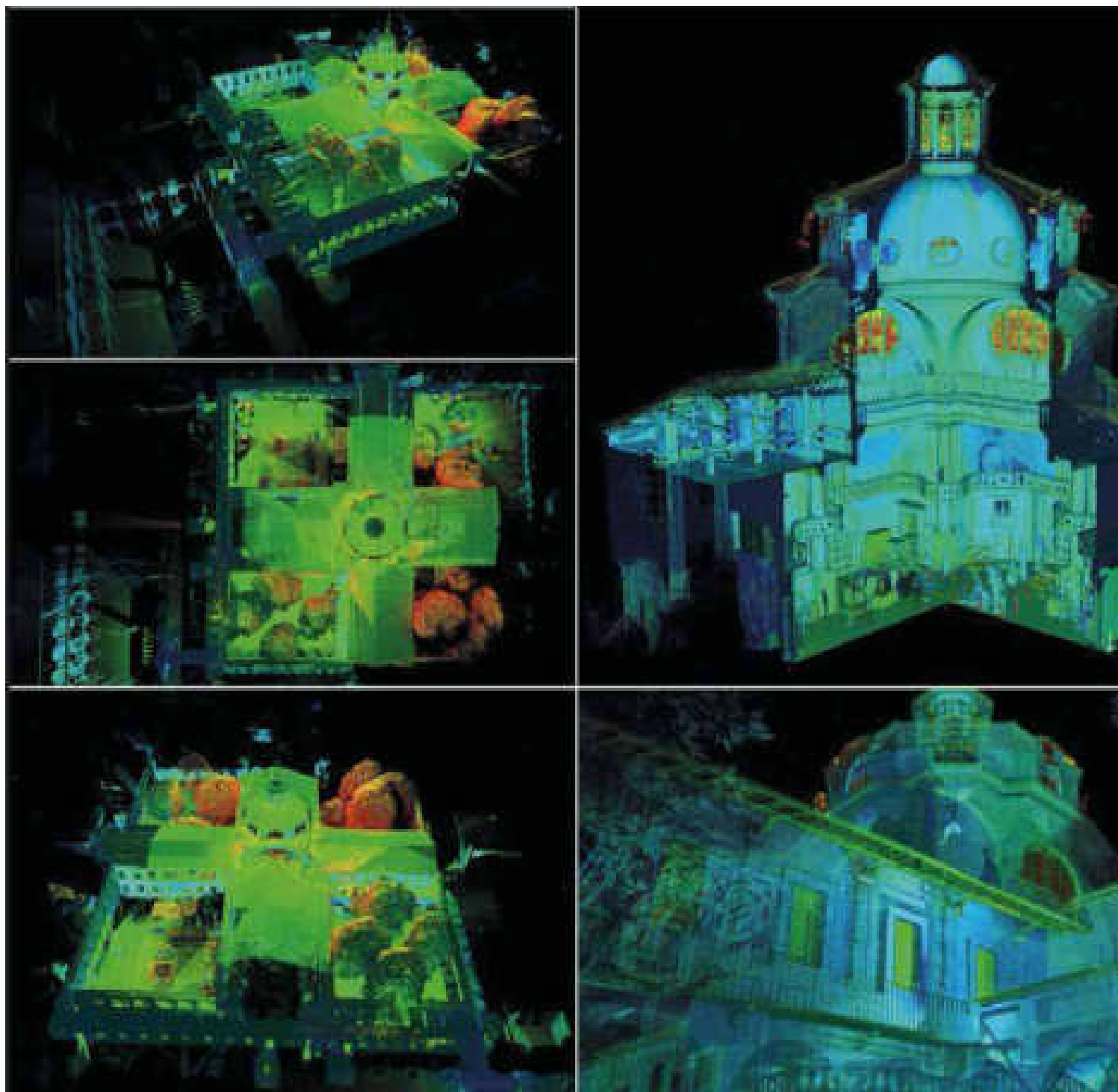
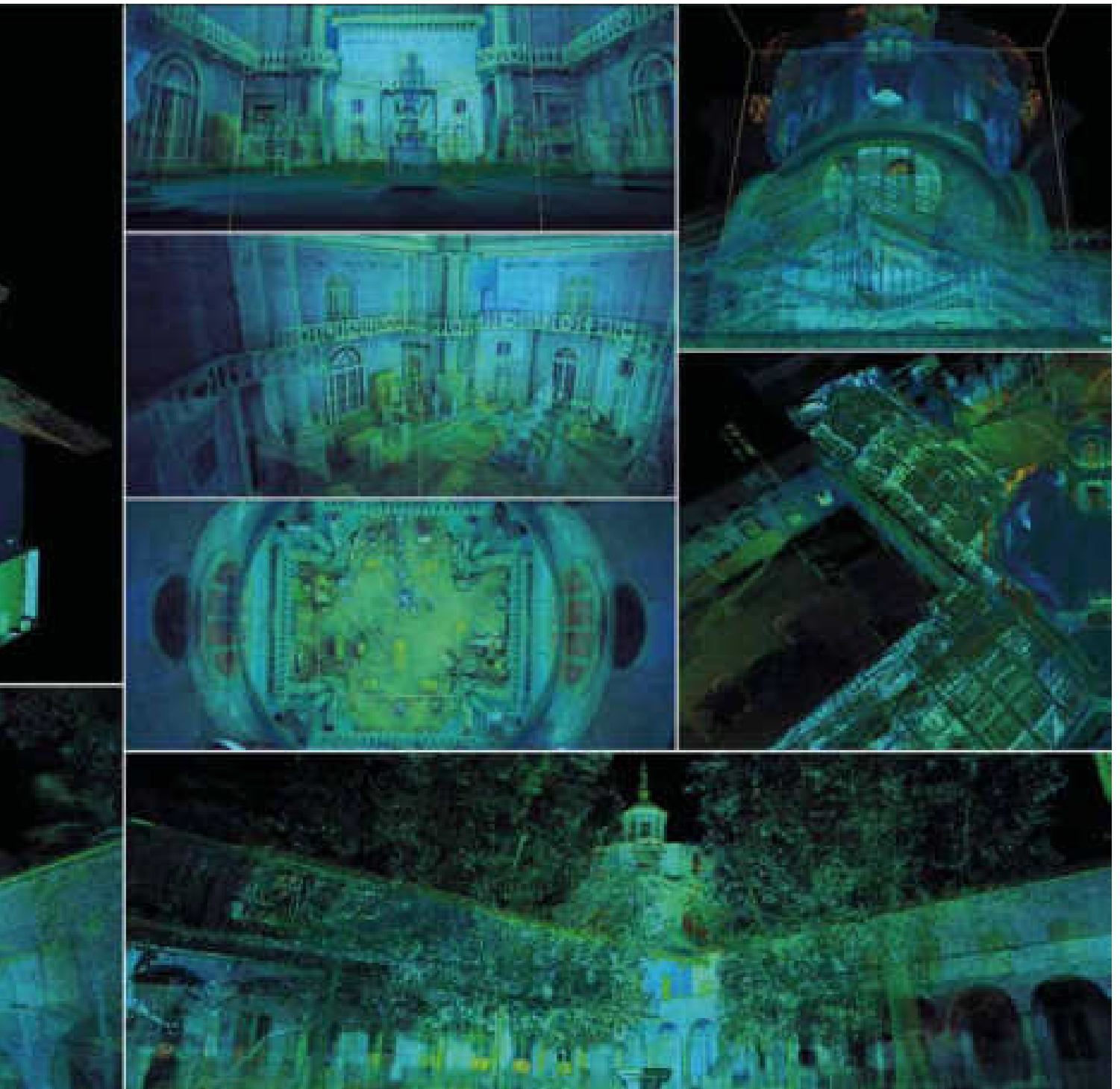


Fig.46 Il risultato dell'integrazione della nuvola di punti acquisita da laser scanner con il dato acquisito da drone.



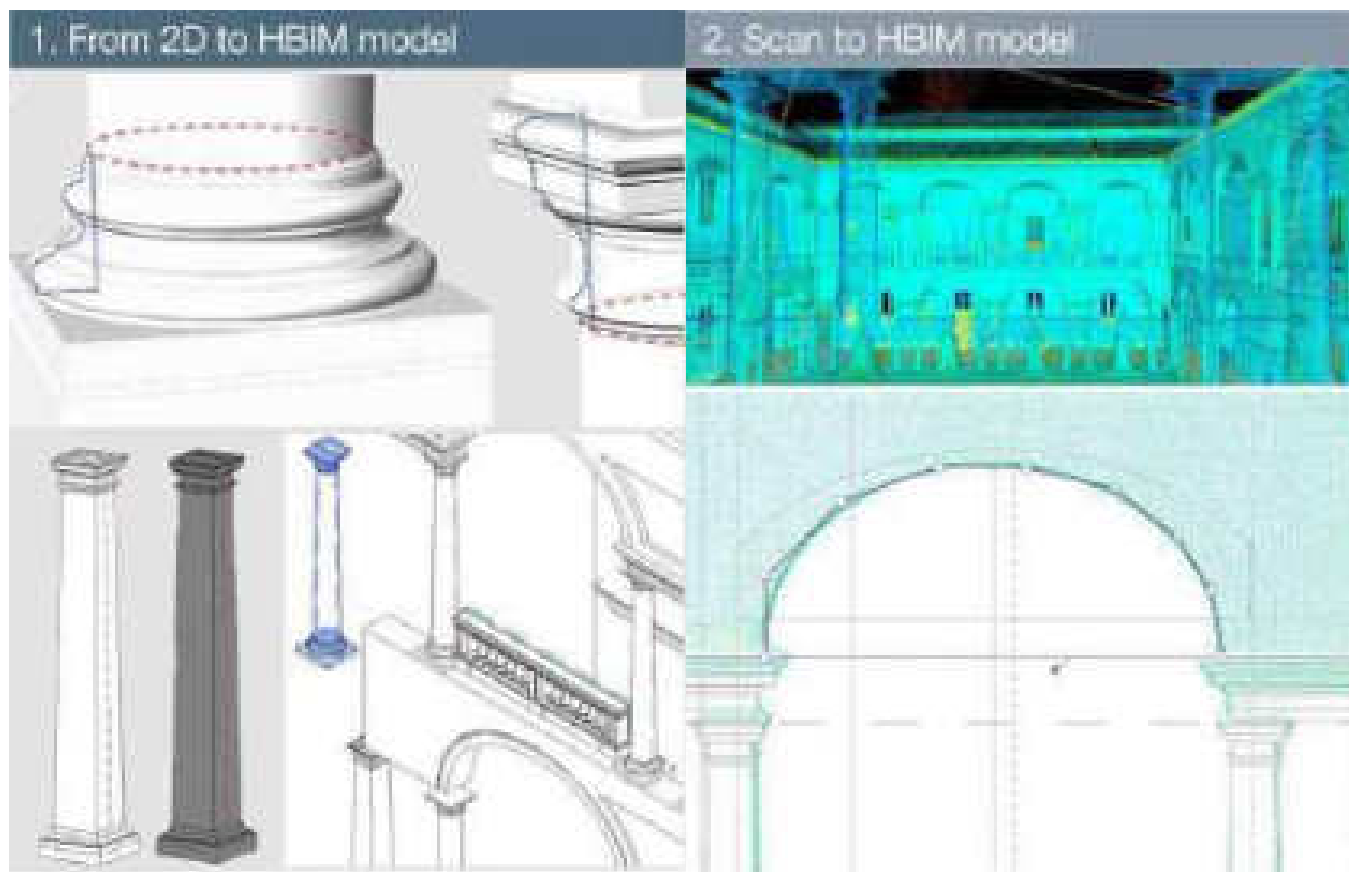


Fig.47 Le tre diverse metodologie di modellazione utilizzato per la strutturazione del modello HBIM: 1. utilizzo di disegni CAD 2D; 2. utilizzo diretto delle informazioni morfometriche utilizzando database 3D di nuvole di punti; 3. importazione di geometrie complesse dopo la mesh 3D della nuvola di punti.

I software che danno la possibilità di modellare ed associare elementi informativi ai modelli per la gestione degli edifici basati sul BIM concept, seppur limitati in alcune funzioni poiché costruite specificatamente per la progettazione ex novo degli edifici, non escludono la possibilità di costruzione, tramite un progetto di modellazione ponderato, di un modello informativo volto alla documentazione del patrimonio costruito.

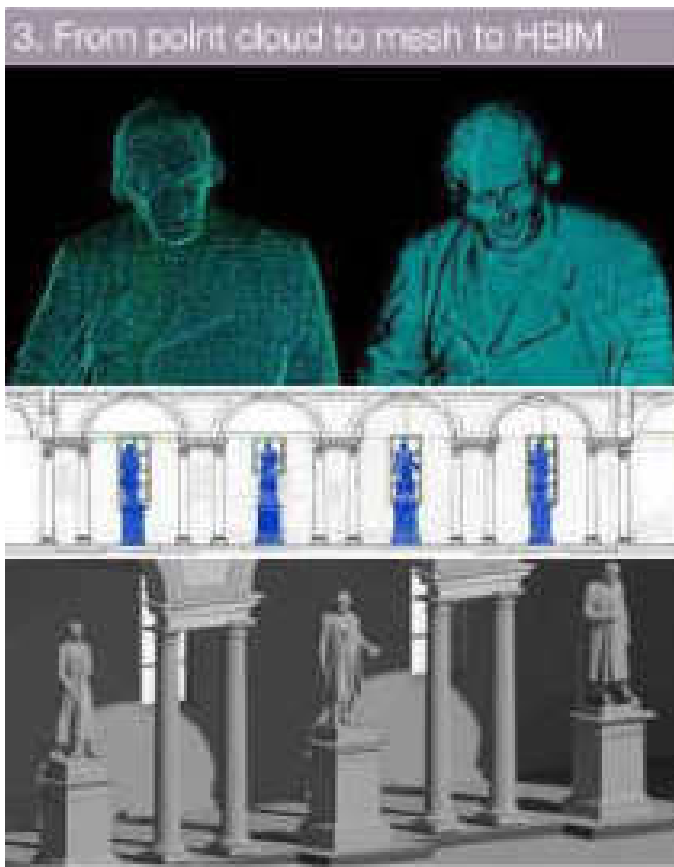
L'evoluzione dei protocolli di modellazione che investono il mondo della rappresentazione, sta rimodulando gli approcci composirivi di modello da una metodologia basata su modelli statici (NURBS), a modelli di tipo dinamico modificati tramite azioni dirette di modifica numerica parametrica traendo i vantaggi della gestione informativa garantiti dal protocollo BIM. L'applicazione BIM alla sfera Heritage implica un'azione di documentazione di elementi materiali e immateriali di strutture e ambienti storici.

Gli esempi forniti dalla letteratura per la catalogazione e la raccolta dei dati per la traduzione di questi in un modello informativo include edifici che appartengono a categorie di edifici altamente protette richiedono progetti di intervento più ampi e un'attenta gestione del ciclo di vita.

Le ricerche sulla tematica di Murphy e Dore hanno proposto e analizzato sei elementi del processo HBIM: standard di documentazione del patrimonio, tecniche di raccolta dei dati, concetti di modellazione 3D, BIM as-built e modellazione procedurale.²⁹

Di particolare importanza lo studio sullo sviluppo di standard per il settore condotto da Carleton Immersive Media sviluppo di standard per il suo utilizzo in applicazioni tradizionali³⁰.

Il progetto BIM, in tal senso, svolge la funzione organizzativa, cioè di mettere in relazione o associare tra loro le differenti informazioni al modello parametrico e quella di garantire l'affidabilità del modello, verificando attraverso l'analisi



comparata tra linea di modello e dato della nuvola di punti, la precisione del modello.

L’orientamento di questa ricerca è stato concentrato maggiormente su come poter risolvere alcuni problemi riscontrati, legati alla modellazione che riguardano gli elementi con geometrie complesse.

Parlando di patrimonio storico costruito, come visto per il caso studio della Certosa del Galluzzo, è necessaria la strutturazione di un protocollo metodologico rivolto allo studio e alla categorizzazione tipologica degli elementi che compongono la fabbrica architettonica.

Le azioni di modellazione richiedono una definizione chiara del livello di dettaglio del dato acquisito e la strutturazione di livelli di conoscenza e approfondimento per definire un corretto iter procedurale di modellazione.

L’HBIM inquadra un protocollo volto a tradurre l’informazione del dato metrico, in un modello, archetipo,

risultato delle operazioni di rilievo tramite laser scanner, in geometrie di modello che possono essere il risultato o della comparazione del dato con le librerie di famiglia proprietarie del software, modificandone là dove possibile e necessario gli attributi fino a raggiungere una sintesi geometrica delle forme tramite una discretizzazione del dato o tramite la modellazione in place dei singoli oggetti modellati ad hoc per i diversi casi studio³¹.

Alla base dei processi di modellazione è bene dichiarare le finalità del modello che si vuol costruire.

La prima operazione necessaria per la definizione del modello, è la scomposizione del continuum architettonico bastata sull’analisi e la catalogazione degli elementi al fine di individuare per ciascuno di essi le adeguate strategie di modellazione. Vengono così individuati gli elementi secondo una prima distinzione tra elementi strutturali ed elementi decorativi.

Tra questi, dopo aver definito le differenti categorie di modello, vengono individuati quegli elementi replicabili ovvero quelle categorie appartenenti al modello per le quali una volta definiti i parametri di base ne è possibile la ripetizione all’interno del modello, tali tipologie di elementi saranno costruiti tramite la strutturazione di una famiglia di progetto. Per quelle tipologie di elementi che invece non sono replicabili all’interno del modello risulta più efficace la scelta di una modellazione di tipo in place, per la rappresentazione del dato come modello generico direttamente all’interno dell’area di progetto.

Una volta analizzati i diversi elementi, e strutturato un abaco indicizzato degli oggetti che andranno a comporre il modello si procede con l’impostazione del file di progetto.

Il protocollo tradizionale prevede l’importazione di file bidimensionali (.dwg), come planimetrie e sezioni, come tracce utili per l’impostazione dei piani di riferimento sui quali andare poi ad ancorare i modelli delle diverse tipologie di famiglie di elementi.

Questo richiede però il passaggio obbligato se si parla di edifici esistenti, di una fase aggiuntiva che preveda le operazioni di ridisegno del dato del rilievo digitale in ambiente 2D.

Fase dispendiosa in termini di tempo e che non sempre risulta efficace per avere un controllo continuo dell’affidabilità del dato metrico modellato in comparazione con il dato acquisito. L’utilizzo del disegno bidimensionale limita le informazioni geometriche al dato già elaborato che porta con sé una prima valutazione ed interpretazione del dato reale che inevitabilmente si andrà a sommare alla seconda interpretazione del dato da parte di chi andrà a modellare e

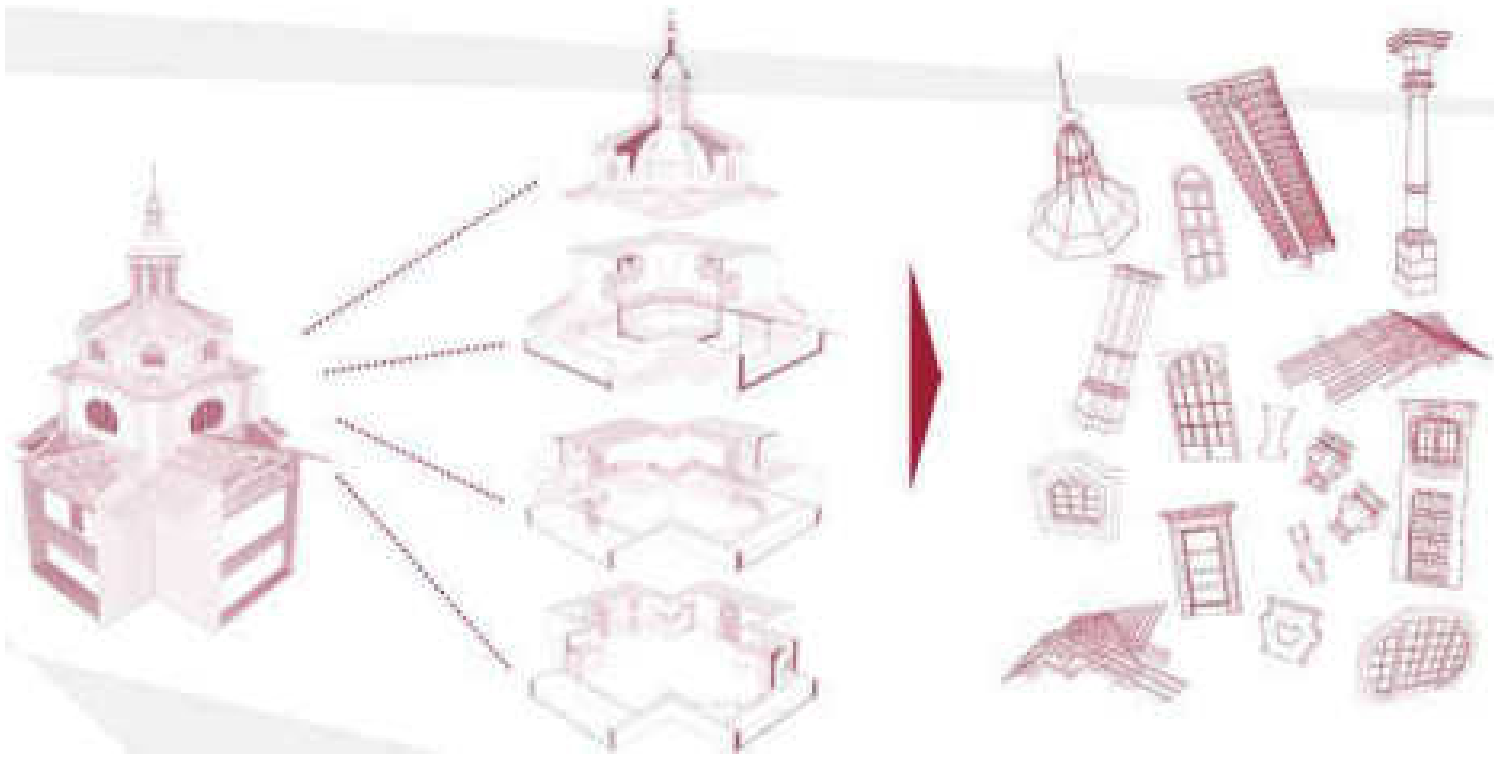


Fig.48 Come nel caso della Certosa del Galluzzo l'iter di modellazione inizia da un'attenta analisi e codifica degli elementi che caratterizzano gli ambienti della Sala della Crociera e dei Cortili.

quindi a ridisegnare lo stesso dato per una seconda volta nelle tre dimensioni.

Il paradosso e la domanda che sorge spontanea è perché se l'acquisizione da tecnologia laser scanner fornisce un dato di tipo tridimensionale, per l'elaborazione dei modelli si debba fare un passaggio che prevede il disegno delle due dimensioni per poi tornare durante le fasi di elaborazione del modello in ambiente tridimensionale.

Per questo si sviluppano dei protocolli metodologici volti a ridurre i tempi di modellazione con la tendenza di annullare, per quanto possibile, la fase dedicata al disegno bidimensionale degli elementi.

Tramite dei plugins dedicati, è possibile visualizzare il dato della nuvola di punti all'interno del software Revit.

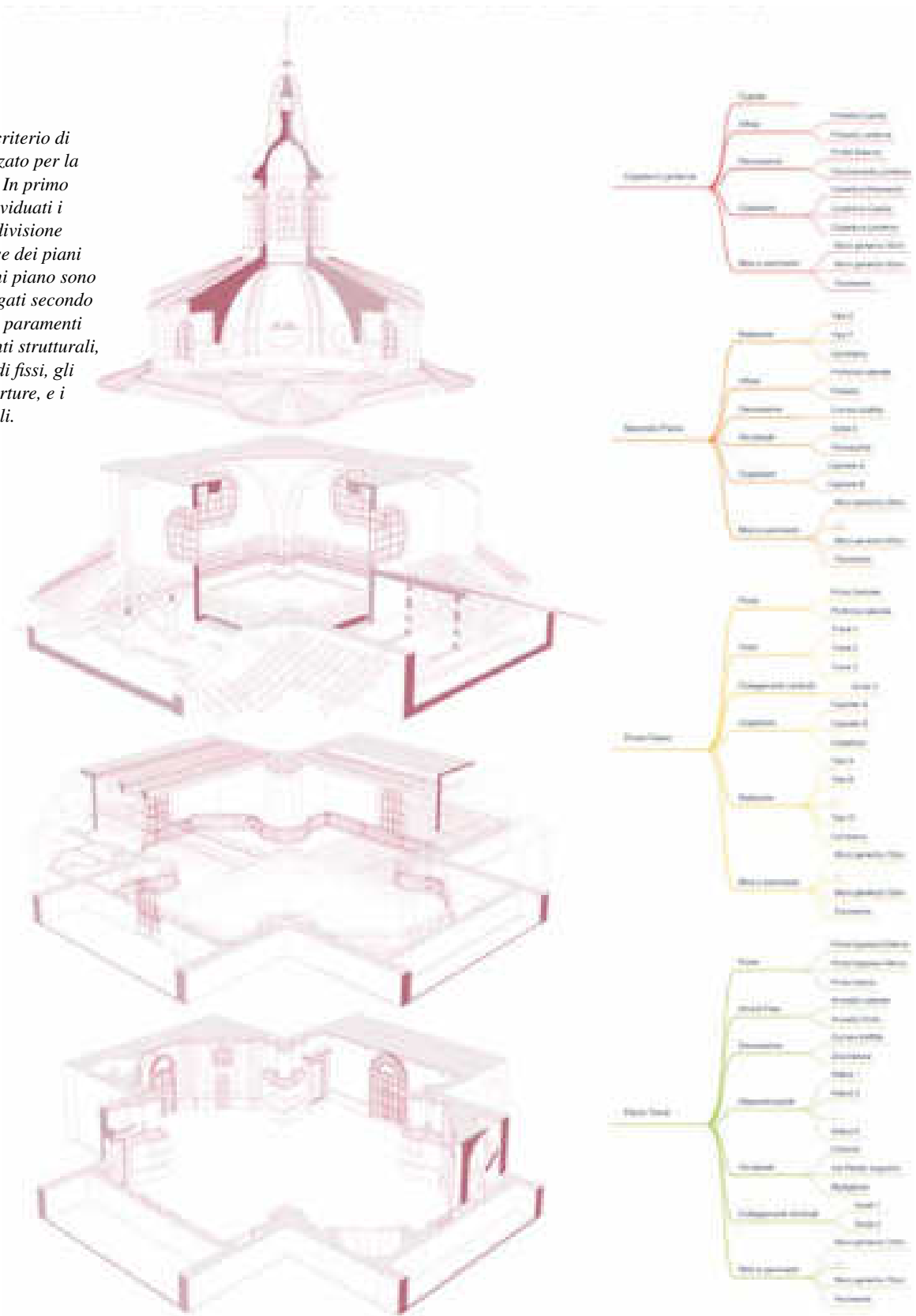
L'utilizzo di plugins per la visualizzazione della nuvola di punti hanno il vantaggio di ridurre i tempi di attesa dovuti all'eventuale importazione ed esportazione e conversione dei

dati dei file di scansione in un formato della nuvola di punti compatibile con Revit, constatato che il software di default predilige il dialogo con il programma proprietario Autodesk ReCap, oltre a non sovraccaricare il file in termini di byte.

Visualizzata la nuvola di punti tramite CloudWorx è possibile impostare i diversi livelli di riferimento che vanno a strutturare una griglia ordinata e indicizzata che sarà lo scheletro del modello, utile durante le successive fasi di modellazione. Tale metodologia di visualizzazione offre il vantaggio di avere un controllo continuo sulla corrispondenza e l'aderenza tra il dato tridimensionale del rilievo metrico e il ridisegno 3D degli elementi.

Entrando nel dettaglio della metodologia di modellazione, è stato scelto il software Autodesk Revit come programma per lo sviluppo del modello HBIM. All'interno del software Revit è stato impostato il progetto BIM, dove convergono in primis le banche dati risultanti del rilievo, poi i modelli

Fig.49 Si riporta il criterio di scomposizione utilizzato per la Sala della Crociera. In primo luogo sono stati individuati i quattro piani di suddivisione orizzontale sulla base dei piani di calpestio. Per ogni piano sono stati censiti e catalogati secondo criterio tipologico: i paramenti murari, le componenti strutturali, i pavimenti, gli arredi fissi, gli arredi mobili, le aperture, e i collegamenti verticali.



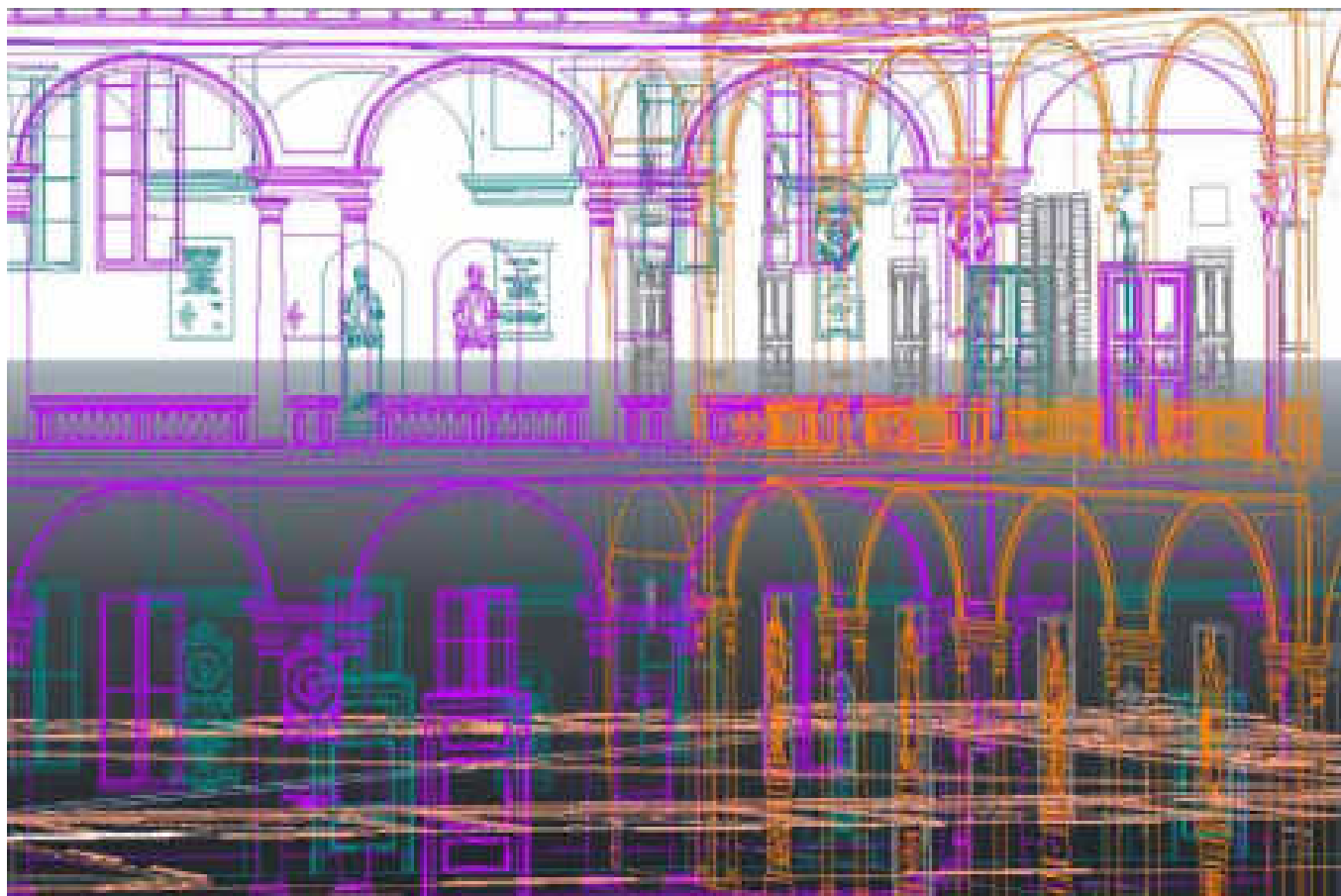


Fig.50 Ambienti di modellazione tridimensionale: fase di importazione di file bidimensionali nello spazio 3D.

parametrici costruiti singolarmente per poi essere inseriti nel progetto.

Le fasi di modellazione della sperimentazione possono essere suddivise sulla base dei tre differenti approcci utilizzati per la rappresentazione delle differenti complessità geometriche dell'oggetto di studio secondo processi distinti di modellazione:

- l'inserimento di tipologie di famiglie pre-impostate di base come per la tipologia di muri modificandone i parametri di misura e composizione a seconda delle caratteristiche richieste dall'oggetto;
- la progettazione di categorie di famiglie modellate sulla base di un disegno cad 3D impostato sulla nuvola di punti;
- per gli oggetti con geometrie e forme mistilinee complesse come le collezioni esposte all'interno della sala sono state modellate con processi semi automatici di trasformazione in modello mesh della nuvola di punti, resi compatibili

successivamente per l'importazione in ambiente Revit.

La prima metodologia è strutturata sulla base dei processi di importazione della nuvola di punti all'interno dello "spazio di progetto" e la modellazione di tipo Scan-to-BIM attraverso la realizzazione degli elementi di modello tramite l'utilizzo di famiglie di sistema e l'introduzione di famiglie progettate in base alle categorie di elementi rilevati in fase di censimento. Le famiglie vengono fatte corrispondere al dato della nuvola di punti grazie all'utilizzo di strumenti come "punti di controllo" delle linee di disegno che sono finalizzati alla modifica delle linee dei profili utilizzati per l'estrusione e la generazione di solidi di modello. Nel caso della modellazione del cortile della statue è stato possibile utilizzare un plugin dedicato Leica Cloud Works che permette la visualizzazione e la gestione della banca dati digitale all'interno del software Revit, attraverso il collegamento diretto al Modelspace di Cyclone. All'interno del software Cyclone è possibile

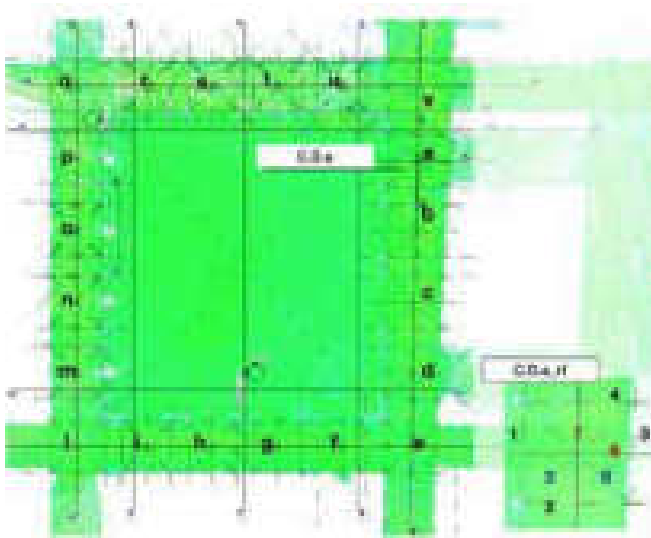


Fig.51 L'importazione della nuvola di punti all'interno di Revit e l'impostazione dei piani di riferimento per la costruzione del modello.

impostare sezioni e viste utili alle fasi di modellazione degli elementi di modello. Vengono visualizzati in pianta e in alzato specifici piani di taglio impostati all'interno di Cyclone, grazie ai è stato possibile definire lo scheletro della struttura del modello impostando livelli di riferimento sui quali, andare poi, successivamente ad ancorare i diversi elementi di modello. Una volta definito l'involucro di base della “scatola” modello si è proceduto alla modellazione dei singoli elementi. In tal senso è doveroso sottolineare che per la modellazione degli elementi di famiglia Revit, ancora, non permette l'utilizzo diretto del dato della nuvola di punti, nè tramite plugin nè attraverso l'importazione di file.rcp. Questo limite, è stato superato utilizzando Autocad 3D, in cui è possibile collegare il file della nuvola di punti, per impostare le linee dei profili degli elementi di modello da utilizzare in ambiente di modellazione editor di famiglie di modello. Per gli elementi come muri, pavimenti, tetti, scale è risultato

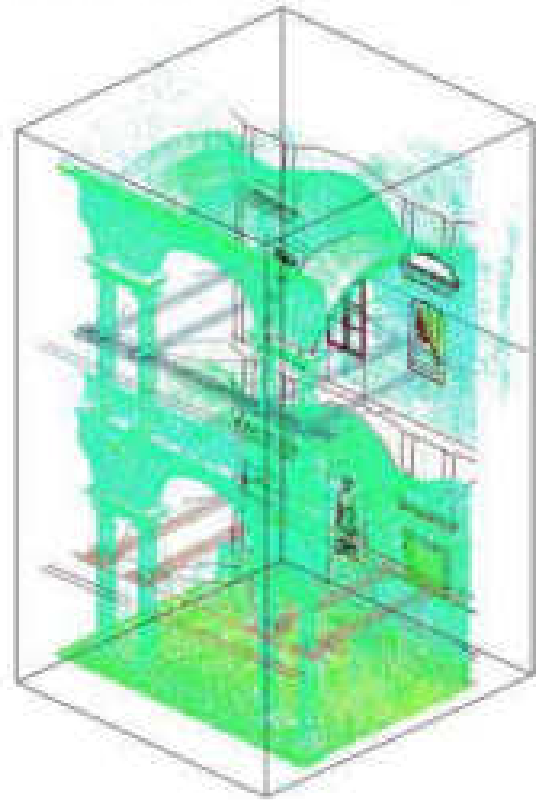
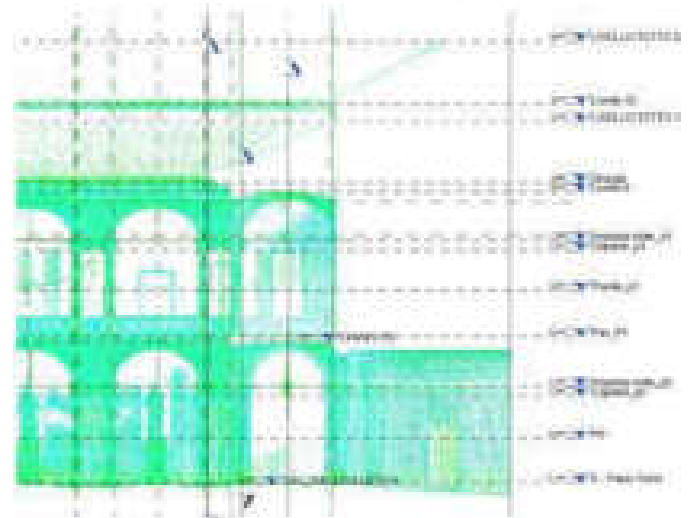


Fig.52 La verifica di corrispondenza tra il dato della nuvola di punti e gli elaborati 2D. Le basi.dwg sono state inserite all'interno dello spazio di modello per verificare in fase di modellazione la correttezza e la corrispondenza tra dato acquisito, disegnato e modellato.

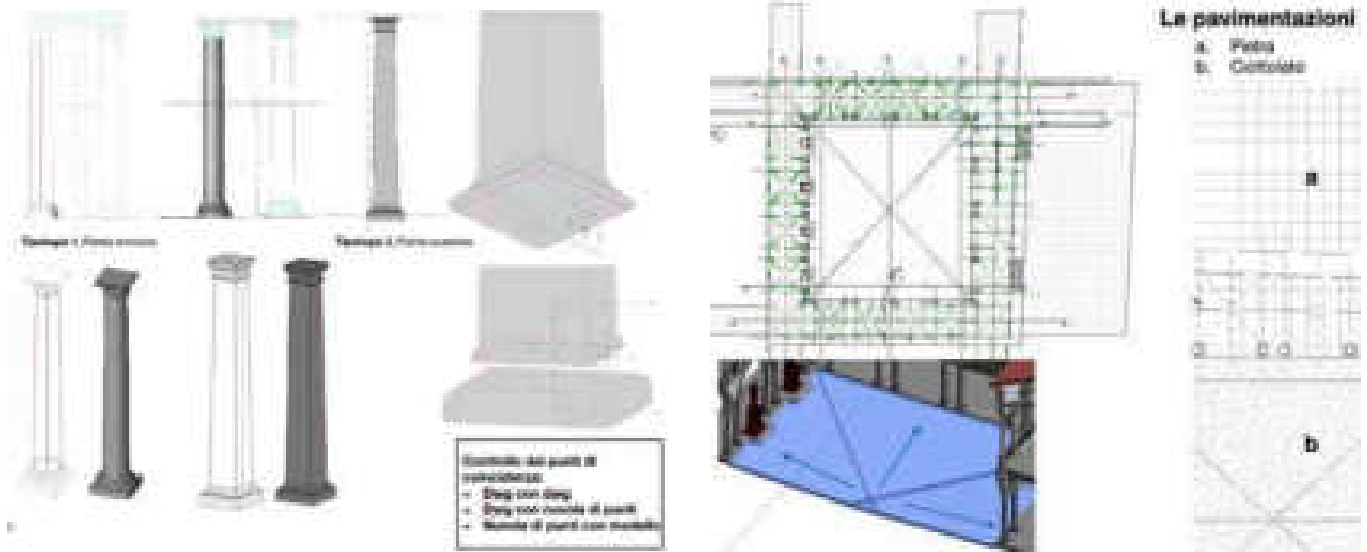
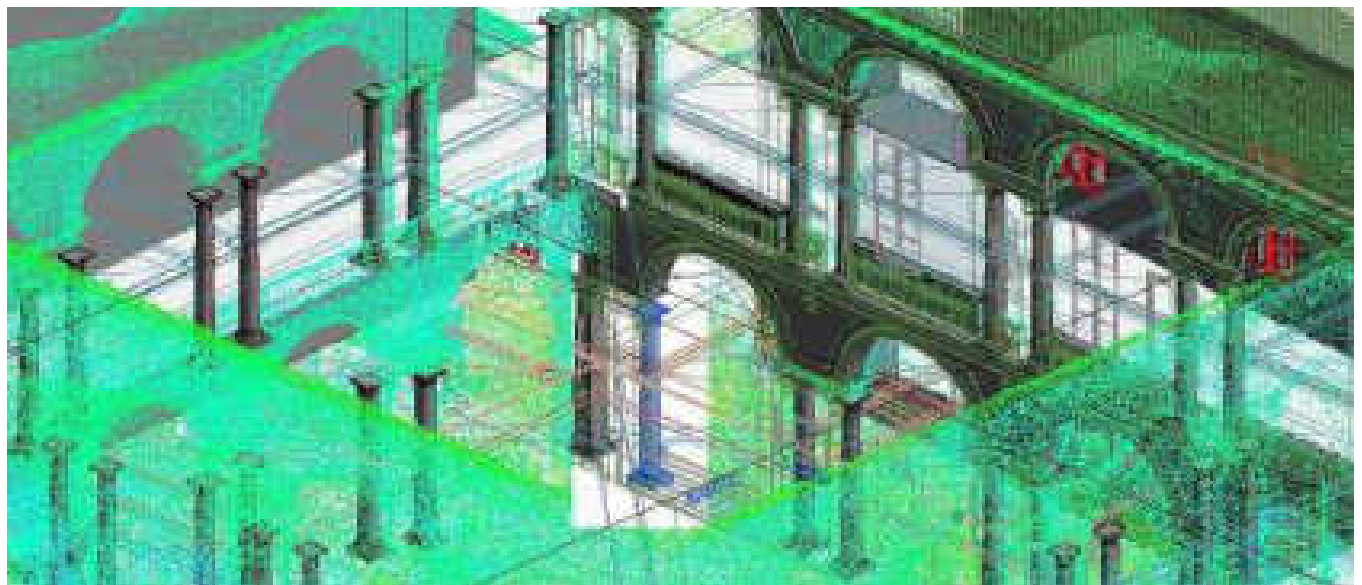
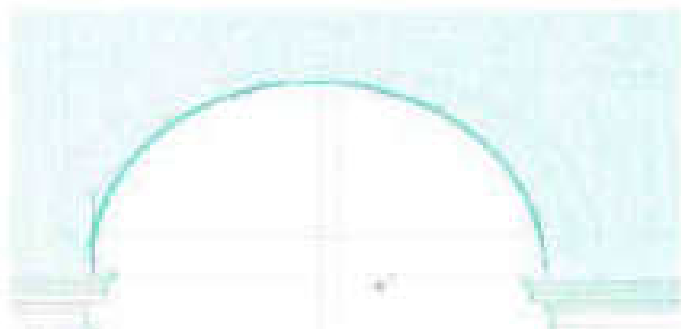
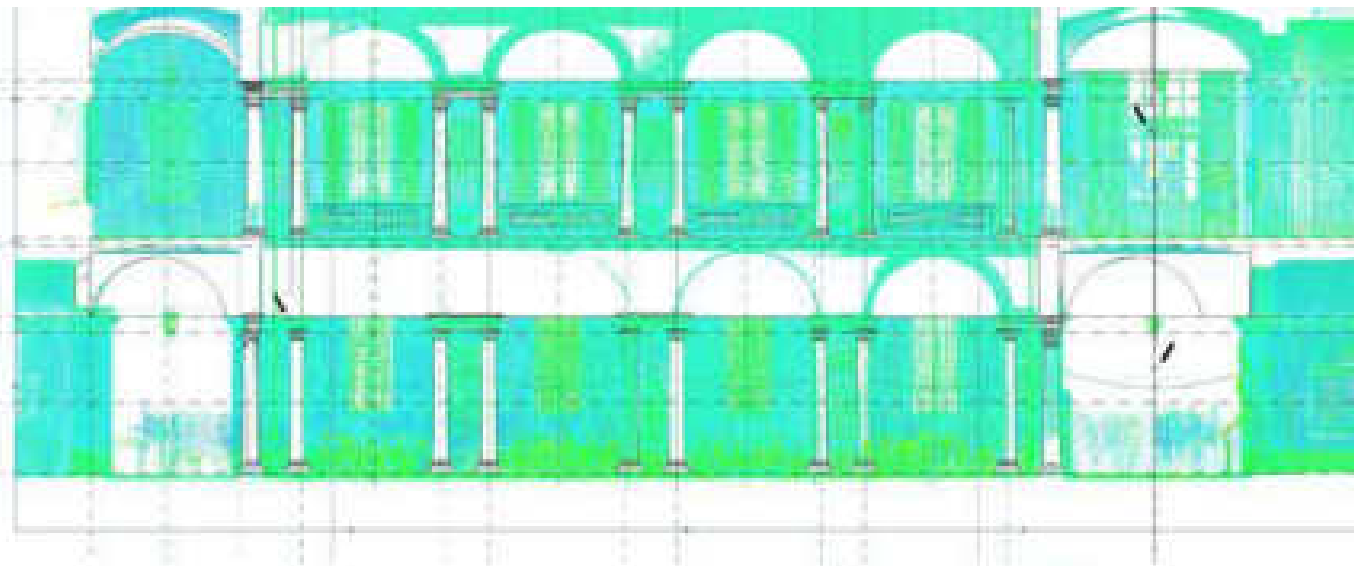


Fig.53 Analogamente alla metodologia proposta per la strutturazione del modello HBIM del caso studio della Certosa. La fase di modellazione dei cortili e della Sala della Crociera ha previsto la strutturazione di famiglie di elementi strutturate sulla base dell'appartenenza tipologica, delle componenti elementari delle singole famiglie di oggetti, ed il successivo inserimento di questi all'interno del progetto di modello, prestando particolare attenzione al confronto diretto tra famiglia di modello e dato metrico della nuvola di punti.



Fig.54 Pagina a fronte: Alcune viste durante le operazioni di inserimento dei modelli all'interno del progetto, in corrispondenza del dato della nuvola di punti.

possibile adattare le famiglie pre impostate dal software modificandone le informazioni dimensionali e stratigrafiche tramite la compilazione di parametri di modello e la modifica diretta delle linee di disegno tramite dei punti di controllo loro geometria cercando, per quanto possibile, di adattare la geometria di modello facendola coincidere a quella descritta dal dato della nuvola di punti. La seconda metodologia di modellazione è stata utilizzata per la rappresentazione degli elementi con linee e geometrie complesse come volte, colonne, finestre, balaustre o elementi di decoro come statue, targhe, cornici, è necessario prevedere un strategia di modello differente. Per queste tipologie di elementi è consigliato valutare se creare una famiglia per l'elemento da inserire nel modello o se modellarlo direttamente nell'ambiente di progetto come "modello generico" associandolo, poi, ad una categoria specifica di elementi tra quelle elencate dal sistema. Per quei componenti che risultano essere replicabili



poichè presenti in numero consistente e, si è optato per la realizzazione di famiglie specifiche di modello, dividendole ordinatamente secondo i propri caratteri tipologici (finestre, colonne, porte, balaustre) o gli elementi che invece sono stati realizzati a supporto delle fasi di costruzione geometrica ad esempio vuoti, o che richiedono la necessità di essere modellati sulla base metrica del dato del rilievo, ad es. le volte è stato preferibile realizzare un modello geometrico generico disegnato in-place.

Nelle fasi di modellazione dei due piani loggiati voltati, possiamo ritrovare l'applicazione delle diverse metodologie di modellazione. Data l'irregolarità degli elementi dovuta anche dalle diverse inclinazioni dei paramenti murari che se osservati in planimetria non risultano paralleli al muro del colonnato, ai fini della rappresentazione tridimensionale è stato necessario costruire un escamotage di modellazione tramite l'individuazione di un solido geometrico, in questo caso un ellissoide, che fosse quanto più possibile aderente al profilo della sezione in chiave della volta per poi andare a sottrarre a questo il materiale solido in eccesso attraverso dei solidi di sottrazione configurati su le linee di costruzione geometrica di riferimento. Anche per la rappresentazione del colonnato è stato doveroso attuare una scelta progettuale di modello: in questo caso, data la presenza di un doppio ordine di colonne binato sono state analizzate le singole colonne, dal dato rilevato risultavano tutte differenti l'una dall'altra, imperfezioni dovute alla manodopera e all'usura dettata dal trascorrere del tempo. Per questo motivo è stata preferita la rappresentazione dell'elemento per tipologia senza scendere nel dettaglio di modellazione dei singoli modelli di colonna con le proprie differenze. Sono state create, a tal fine, tre famiglie di modello suddivise in base alle macro tipologie di colonna individuate durante il censimento degli elementi. L'orientamento di questa ricerca è stato concentrato maggiormente su come risolvere i problemi legati alla modellazione che riguardano gli elementi con geometrie complesse come il cassettonato in legno, la cupola, o il sistema di coperture, etc. della Sala della Crociera. La complessità descrittiva di queste tipologie di elementi, è stata indagata attraverso la scomposizione dei diversi elementi in sottoelementi per arrivare poi a dare idea di questa logica di scomposizione-formale in una lettura semantica dello spazio e come ricade in un modello tridimensionale che in qualche modo ricalca la stessa metodologia di lettura.

L'analisi e il metodo di utilizzo del dato del rilievo metrico assume importanza fondamentale per la modellazione parametrica HBIM che si può dire segua un processo inverso



Fig.55 Gli elementi di modello delle coperture sono stati modellati attraverso l'uso di punti di controllo posizionati in corrispondenza dell'andamento delle falde attraverso l'utilizzo di famiglie di sistema. È stato inoltre modellato il sistema di travi e travetti attraverso la definizione di famiglie di progetto.

Fig.56 Per la realizzazione del modello della cupola e della lanterna è stato utilizzato il tipo di modellazione in- place al fine di garantire, data l'unicità della composizione geometrica degli elementi, una corrispondenza con il dato del rilievo metrico. La cupola è suddivisa in 8 vele alla base delle quali si apre una finestra di forma ovale ratremata verso l'interno. Per ottenere il corrispondente modello è stata da prima creato il corpo principa della cupola, ad esso sono stati successivamente sottratti i volumi per il posizionamento delle finestre, e alla fine sono stati aggiunti i profili decorativi di divisione delle 8 vele.





Fig.57 La modellazione delle tipologie di elementi di porte, finestre e il soffitto cassettonato.

In particolare per la realizzazione del modello del cassettonato per evitare errori di rappresentazione sono state effettuate in Autocad 3D 3 sezioni impostate su layer differenti e con colori differenti per verificare la corrispondenza tra dato della nuvola di punti e dato rappresentato.

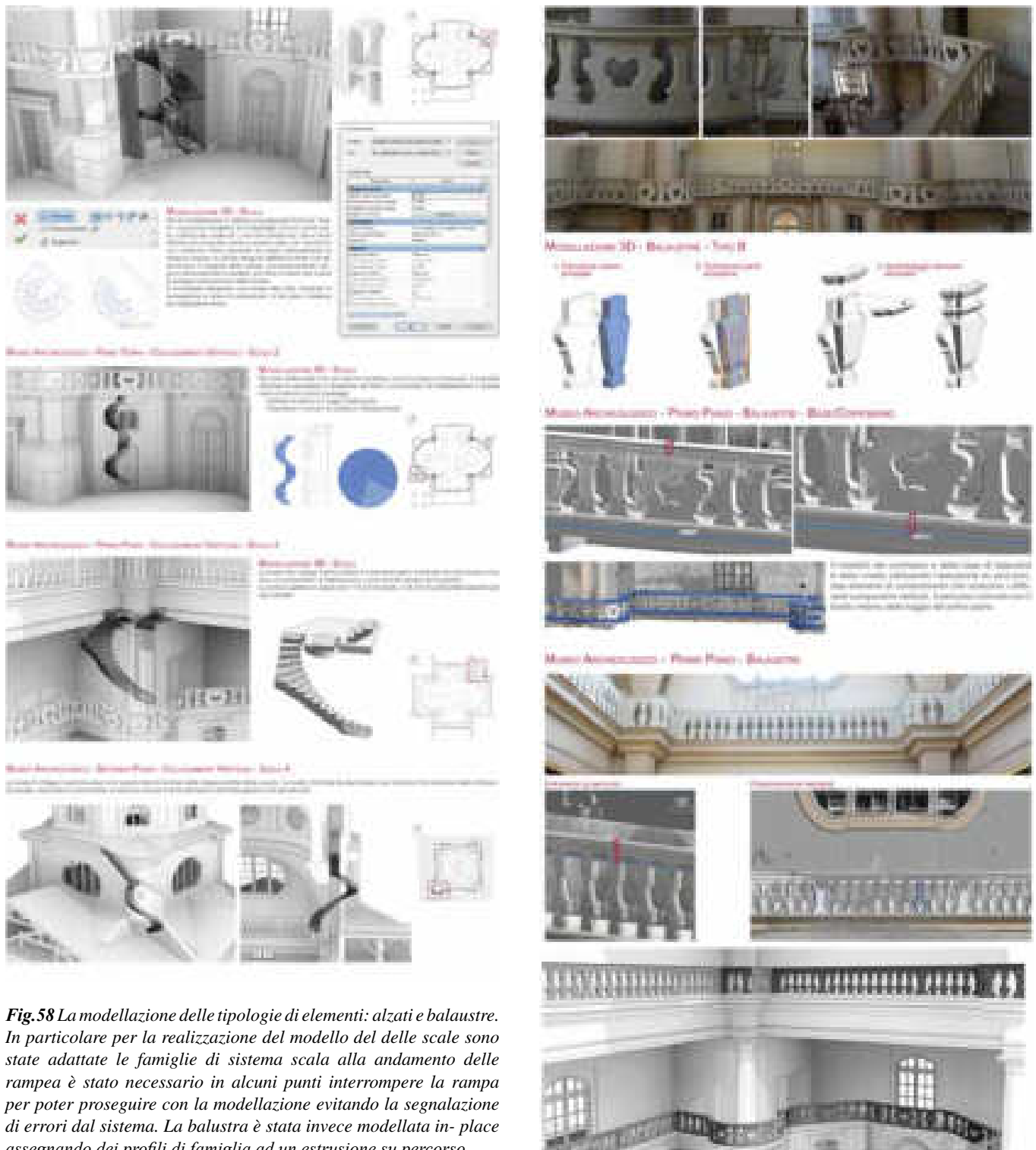
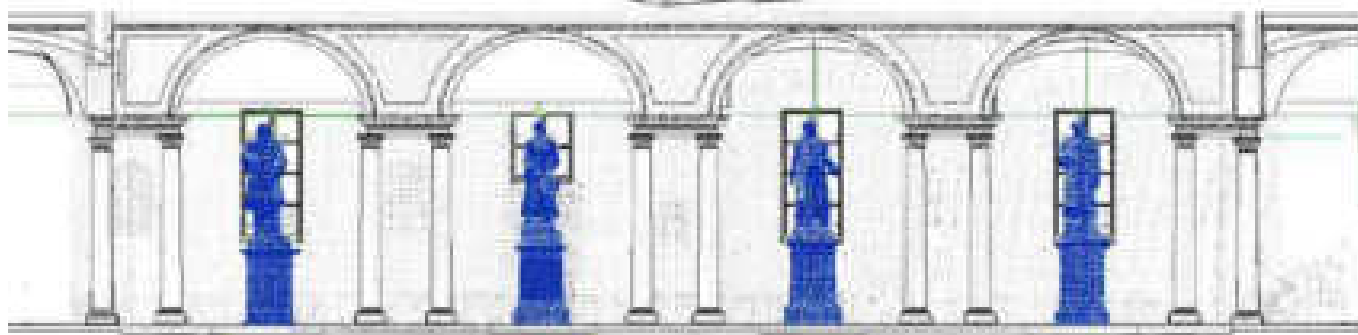
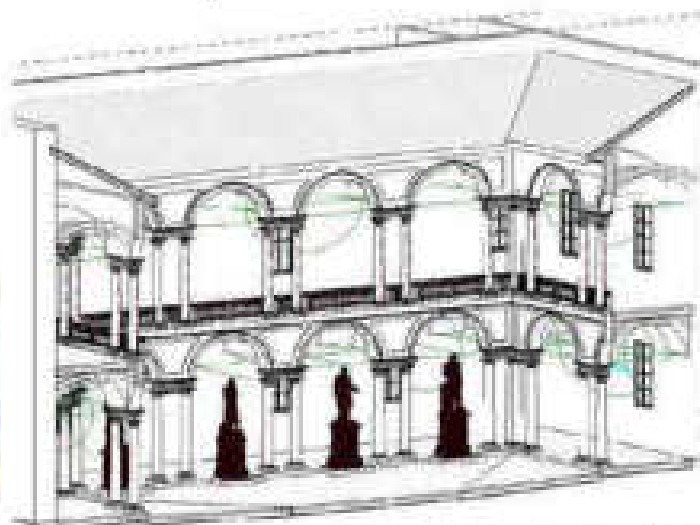
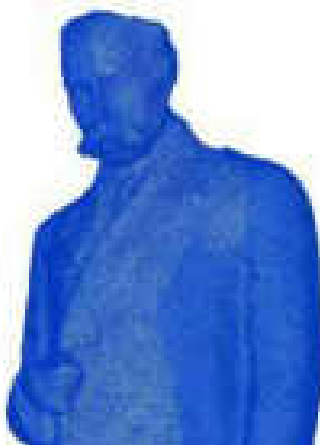


Fig. 58 La modellazione delle tipologie di elementi: alzati e balaustre. In particolare per la realizzazione del modello delle scale sono state adattate le famiglie di sistema scala alla andamento delle rampe: è stato necessario in alcuni punti interrompere la rampa per poter proseguire con la modellazione evitando la segnalazione di errori dal sistema. La balustrata è stata invece modellata in-place assegnando dei profili di famiglia ad un'estrusione su percorso.



Fig.59 La fase di modellazione degli elementi con geometrie complesse: dalla fase di elaborazione della mesh all'ottimizzazione, all'inserimento all'interno del modello verificandone l'aderenza e la scala con la sovrapposizione della nuvola di punti. Nel caso del cortile delle statue i modelli ottenuti hanno evidenziato alcune mancanze dovute a delle occlusioni e coni d'ombra generati dal colonnato.





dalla modellazione BIM per il progetto, utilizzando i dati noti si cerca di costruire il progetto rispettando la geometria e le misure del costruito.

Il terzo metodo è stato utilizzato per gli elementi caratterizzati da geometrie free form difficilmente modellabili con gli strumenti messi a disposizione dal software. Come le statue che caratterizzano il cortile e la collezione museale esposta nella sala del museo. È stato preferito rappresentarli in modo che mantenesse una stretta corrispondenza con il dato reale, utilizzando l’importazione di modelli mesh generati dall’elaborazione tramite specifici software di elaborazione di superfici mesh della nuvola di punti (Geomagic DX e MeshLab). Nella consapevolezza che, in questo caso specifico, l’omissione di tali elementi, che vanno a caratterizzare l’ambiente, dandone una specifica identità e riconoscibilità tra i differenti ambienti dell’edificio avrebbe privato il modello di essenziali informazioni narrative legate al luogo. Tali modelli mesh una volta convertiti con un’estensione di file compatibile con il software (.dxf) sono riconosciuti da



Fig.60 La fase di modellazione degli elementi con geometrie complesse appartenenti all’esposizione del museo archeologico. In questo caso i modelli sono stati ottimizzati per le successive fasi di texturizzazione e stampa 3D utilizzando i software MeshLab e MeshMixer.

Terminata la fase di ottimizzazione dei modelli è stata verificata la corrispondenza con il dato della nuvola di punti, durante l’inserimento all’interno del modello 3D.

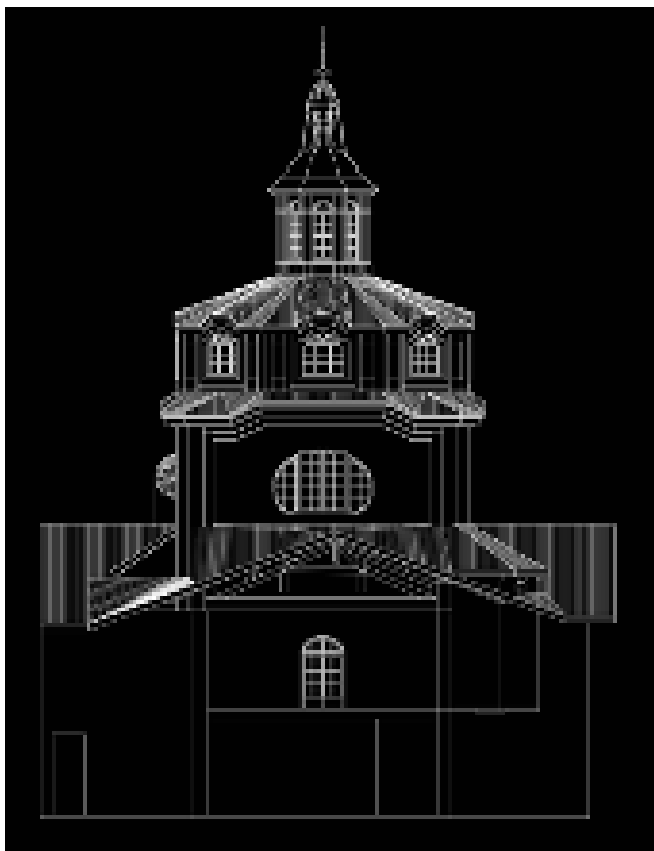


Fig.61 Realizzato il modello 3D HBIM è stato possibile impostare dei piani di sezione ed esportare dei file di rappresentazione 2D.dwg. Verifica ulteriore della corrispondenza delle linee di disegno estratte dal modello con il dato metrico del rilievo laser scanner.



Fig.62 Realizzato il modello 3D HBIM è stato possibile impostare dei piani di sezione ed esportare dei file di rappresentazione 2D (.dwg). La rappresentazione del modello risulta aderente negli ingombri volumetrici, i problemi di rappresentazione si notano in questi punti in cui è maggiore l'irregolarità delle superfici.

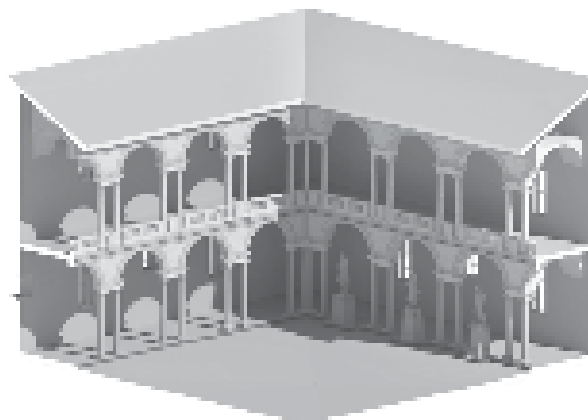
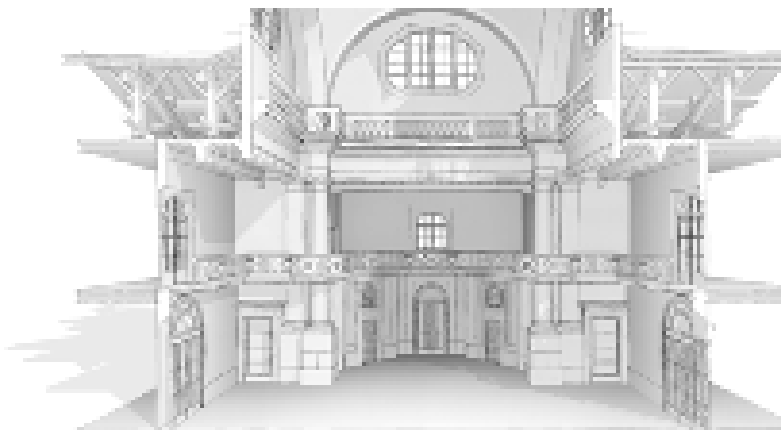


Fig.63 Viste dei due modelli realizzati a sinistra la sala della Crociera e a destra il cortile delle statue.

Revit come modelli statici e quindi non modificabili, risulta comunque possibile creare una famiglia specifica per ciascun elemento che permette di agganciare al modello specifiche informazioni di carattere puramente descrittivo attraverso la strutturazione di parametri di modello.

Una volta completata la composizione dei modelli sulle piattaforme BIM, questi non risultano immediatamente accessibili al pubblico di utenti, la fruizione diretta sulla piattaforma Revit è finalizzata ad operazioni di gestione del disegno e all'ispezione tecnologica³².

Per questa ragione la rappresentazione del modello non è solo multidimensionalità geometrica affiancata da dati indicizzati in abachi di lettura all'interno del software, ma parlare di multidisciplinarietà di modello che in un'unica maniera intelligente di rappresentazione può racchiudere in sé differenti possibilità di divulgazione e di virtualizzazione. Completato il progetto di modello sono state, quindi, esperite una serie di possibilità per poter aprire un dialogo e potere usufruire del modello per finalità differenti da quelle prettamente tecniche.

In particolare sono state effettuate una stampa 3D del modello, e sono stati messi a confronto dei diversi sistemi di visualizzazione VR e AR per ciascun sistema sono state effettuate anche indagini riguardo a tempi e costi per avere una valutazione anche in termini economici delle possibilità di output digitale. La varietà di offerte sul mercato di applicativi e di software BIM based e piattaforme di virtualizzazione del modello può disorientare, l'approccio metodologico mira ad un'attenta valutazione delle diverse possibilità che lo sviluppo delle nuove tecnologie sta offrendo per i diversi settori di applicazione e cercare di applicarle ai diversi protocolli per renderle funzionali alle proprie finalità. La capacità distopica delle tecniche VR e AR in grado di dare forma a differenti tipologie di fruizione del modello, essendo un settore in continua fase di sviluppo fa sì che i protocolli di gestione necessitino di continui aggiornamenti, risulta infatti necessario tenere sotto controllo e continuo aggiornamento le possibilità fornite dai diversi sviluppatori per cercare di adattare i propri protocolli alle diverse possibilità e ai tempi di sviluppo dei software di gestione³³. In tema di accessibilità la possibilità di stampare l'oggetto in 3D risulta essere una tecnologia in rapido sviluppo che è stata sostenuta come uno strumento rivoluzionario per il settore dei musei e dei beni culturali.

I grandi sistemi museali stanno ampliando le proprie offerte tramite l'installazione di esperienze tattili innovative per la riproduzione di oggetti, collezioni che non possono essere

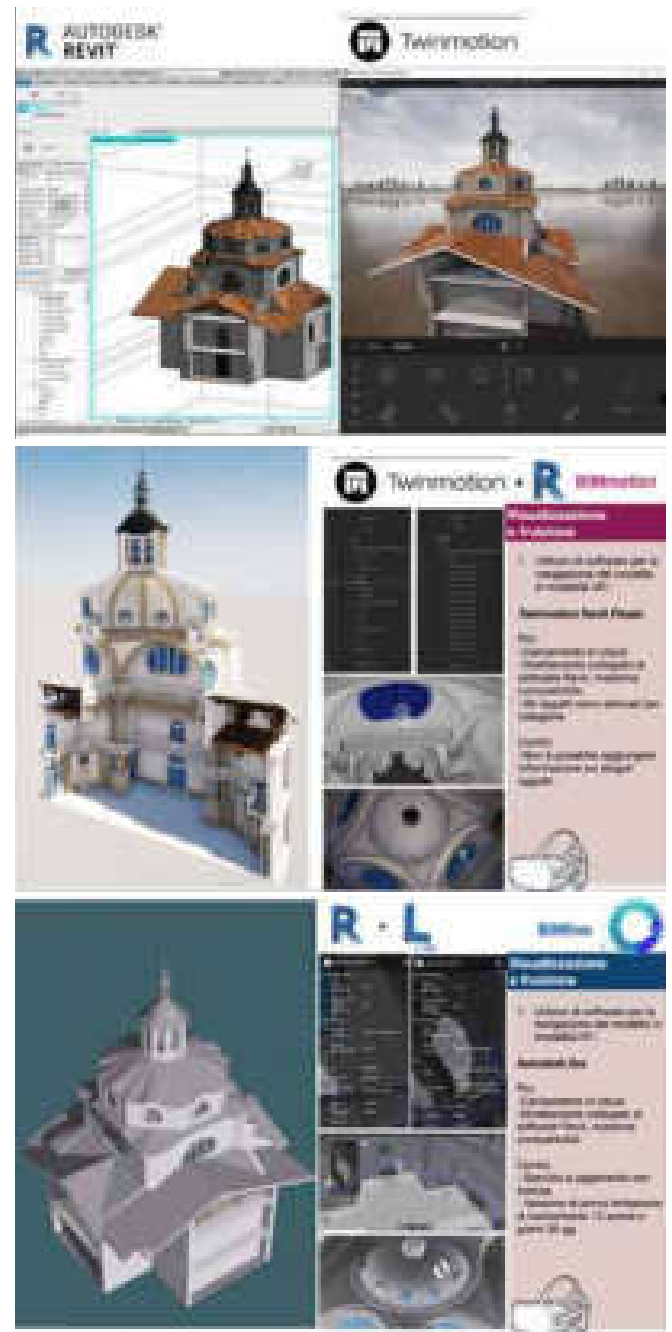


Fig.64 La connessione del modello ai sistemi di visualizzazione VR in alto il plugin Twinmotion in basso Revit Live. Due sistemi di fruizione interattiva del modello. Twin motion a livello di resa grafica presenta una visualizzazione più attrattiva del modello anche se non permette azioni come la lettura delle informazioni associate agli elementi, o misurazioni dirette degli spazi del modello.

esposte, le prove del successo del loro dispiegamento sono in gran parte aneddotiche.

L'interoperabilità del modello HBIM permette la possibilità di conversione delle superfici in formati compatibili per la stampa, attraverso un adeguato progetto di stampa è possibile offrire l'accesso ad utenti non vedenti o ipovedenti alla conoscenza delle qualità spaziali dell'architettura storica attraverso la sua riproduzione in un'adeguata scala di rappresentazione che ne permetta la lettura dei dettagli.

In parallelo sono stati sviluppati differenti tipologie di sistemi di fruizione del modello tramite sistemi di realtà aumentata e di realtà virtuale tenendo conto delle diverse possibilità economiche dell'utente medio.

Per quanto riguarda la realtà aumentata, il modello è stato associato ad un QR code, che ne permette la visualizzazione tramite qualsiasi lettore QR code, di poter navigare il sistema tridimensionale del modello.

Per l'applicazione VR, l'idea progettuale prevedeva la realizzazione di un sistema di realtà virtuale interattiva, cercando di rendere il modello BIM spesso associato a un tipo di rappresentazione tecnico-gestionale, in qualche modo più attrattivo agli occhi dell'utente medio.

Esistono diversi tipi di dispositivi VR che variano da un semplice cardboard box a 5 euro fino al visore professionale a qualche migliaia di euro. In seguito ad una analisi sui diversi target della possibile utenza, valutando la frequenza del utilizzo e anche la disposizione economica per acquistare questo tipo di dispositivo, partendo dal presupposto che tutti possiedono uno smartphone, e tenendo conto della presenza dei visitatori a distanza la scelta migliore è ricaduta sull'utilizzo di CardboardBox. Il modello è stato importato all'interno di Unreal Engine 4 per la progettazione del sistema di fruizione interattivo. In primo luogo è stata effettuata la texturizzazione delle superfici del modello attraverso la modifica e l'utilizzo di materiali di sistema. Lo scambio informativo di dati tra sistema BIM e Unreal Engine non è ancora reso operativo, per questo motivo una volta importato il modello BIM ha solo la funzione di contenitore privato dell'aspetto informativo "contenuto" associato in fase di modellazione. Per rendere nuovamente l'aspetto informativo al modello di Unreal ai singoli elementi sono state associate delle schede informative, progettate per riportare informazioni di tipo storico divulgativo, pensate come strumento di supporto alla visita museale.

Nella consapevolezza che i musei stanno cercando di adeguare i propri programmi di visita e di gestione delle strutture e delle collezioni interne data dalla trasformazione sociale in

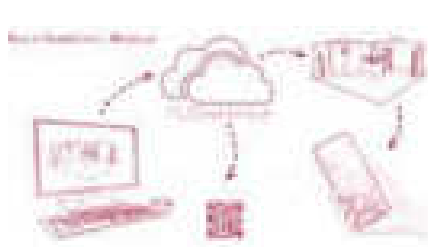


Fig.65 Sistema di fruizione AR del modello tramite lettura del QR code generato.



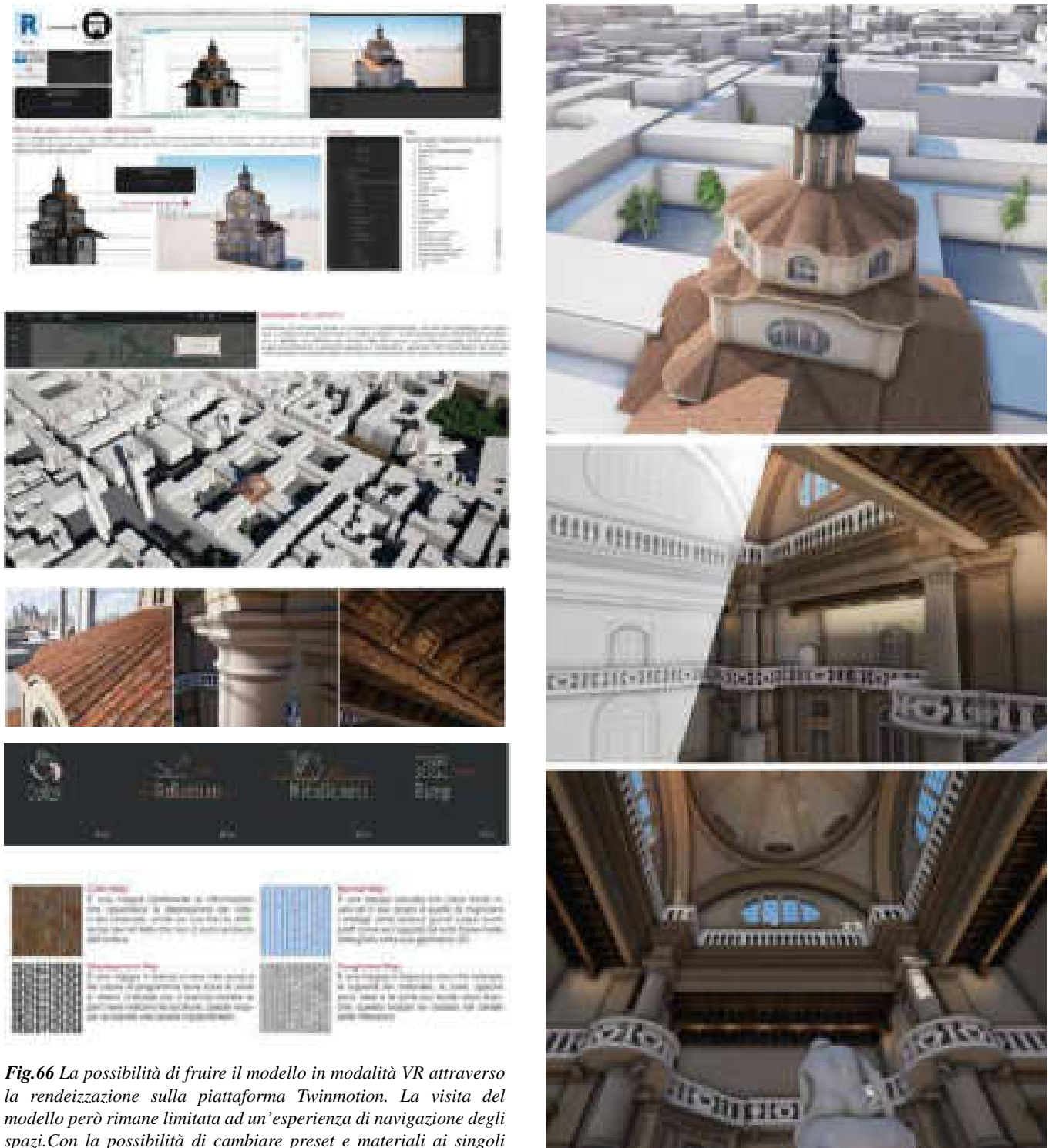


Fig.66 La possibilità di fruire il modello in modalità VR attraverso la rendeizzazione sulla piattaforma Twinmotion. La visita del modello però rimane limitata ad un'esperienza di navigazione degli spazi. Con la possibilità di cambiare preset e materiali ai singoli elementi tramite opzioni da controller.

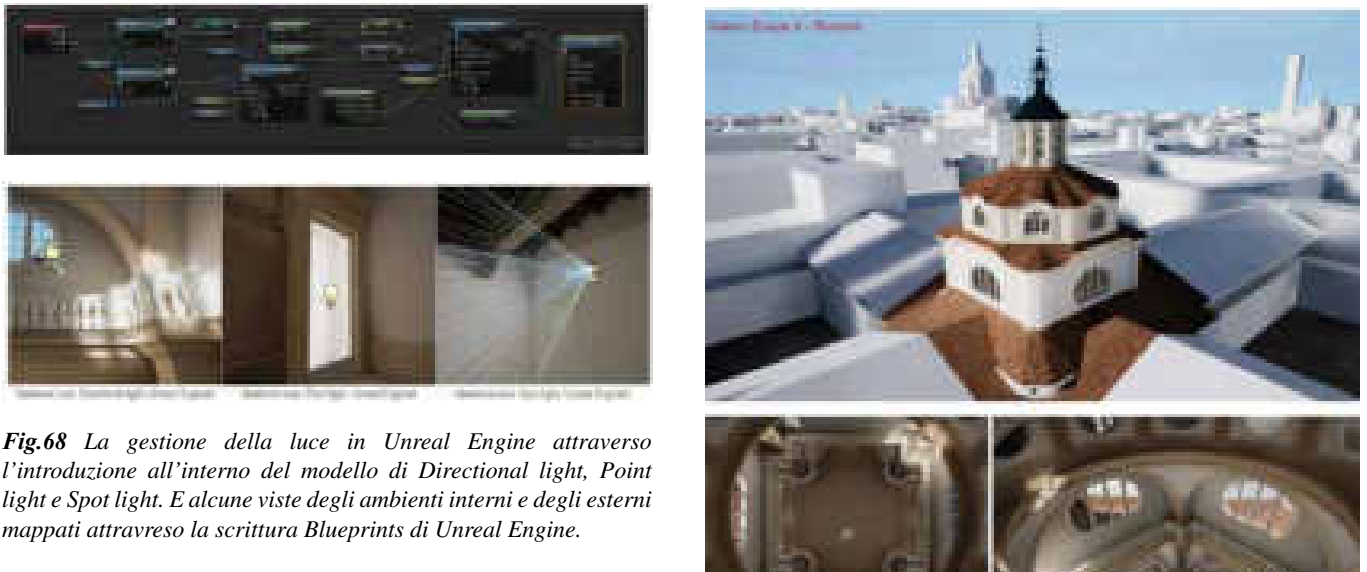


Fig.68 La gestione della luce in Unreal Engine attraverso l'introduzione all'interno del modello di Directional light, Point light e Spot light. E alcune viste degli ambienti interni e degli esterni mappati attraverso la scrittura Blueprints di Unreal Engine.





Fig.69 Le fasi della stampa 3D dal progetto di modello, la definizione dei blocchi di stampa alla realizzazione del prodotto finito.

definire e ottimizzare una procedura per sfruttare al meglio la prestazione della stampante in termini di tempo e di volume di stampa per ottenere un risultato di modello il quanto più possibile accurato³⁵.

Prima di iniziare la fase di stampa è importante capire quali siano i limiti della stampante scelta, e di pianificare adeguatamente per tutto il processo di stampa, in modo da evitare errori e di avere un maggior controllo sulla qualità del prodotto finale. La stampante scelta ha una dimensione massima di stampa pari a 22x22x25 cm, la dimensione del modello digitale è 23,4x23,4x33,6 m quindi per stampare l'intero modello in una unica stampa, la massima scala di rappresentazione sarebbe stata del 1:110. A tale scala però essendo il diametro dell'ugello pari a 0,4 mm, avrebbe significato che tutti gli elementi con una larghezza reale minore di 44 mm non sarebbero stati più leggibili e si sarebbe persa la qualità del dettaglio di elementi come balaustre, finestre,

porte. E' stato quindi deciso di dividere il modello digitale in quattro differenti blocchi tra loro impilati, ciascuno dei quali con la base massima di 11,7x11,7m. Per permettere una buona lettura del modello stampato apprezzandone i diversi particolari ad scala di stampa a 1:65. La qualità estetica della stampa è direttamente proporzionale al tempo di impiego e la quantità del materiale di consumo. Passando da uno spessore di strato da 0,1mm a 0,2mm è possibile risparmiare quasi 50% di tempo riducendo però notevolmente la qualità del risultato finale. In particolare modo influisce sui tempi di stampa il parametro della densità di riempimento, per il riempimento si intende la struttura all'interno del solido, ricoperto dal guscio di 0,8mm. Questo parametro non incide sulla qualità estetica del modello bensì sulla solidità. Visto che questo modello non è destinato ad essere sottoposto a particolari sforzi, è stato deciso di abbassare la percentuale (da 50% standard a 30%) per ottenere un risparmio su tempo e materiale. In alcuni casi,

è risultato necessario l’applicazione di alcuni supporti, per sostenere i punti in sporgenza che risultano più fragili rispetto ad altri e sono spesso soggetti al cedimento durante la stampa. La tecnologia di stampa FDM si basa su impilamento del materiale strato per strato, è logico che ciò non avviene se lo strato sottostante risulta vuoto. I supporti sono destinati ad essere rimossi dopo la stampa, perciò è importante avere una corretta impostazione per facilitare la rimozione dei supporti e per non rovinare il modello.

È sempre consigliato evitare i supporti, anche se è possibile ridurre al minimo le tracce sulla superficie del modello con una corretta impostazione. In alcuni casi è possibile semplicemente ribaltare il modello per evitarli. Inoltre è stato progettato un sistema di collegamento per i blocchi del modello, e sono stati inseriti manualmente dei magneti per facilitare l’allineamento e l’assemblaggio del modello.

Al fine di effettuare un’analisi economica del progetto di stampa del modello al termine di ogni stampa, sono stati registrati i dati relativi al materiale plastico consumato e il tempo impiegato per la stampa. Con i dati è stato possibile effettuare una stima dei costi di stampa basata sul materiale (PLA) impiegato e il consumo relativo all’utilizzo dell’energia elettrica. Il prezzo unitario del PLA è di 21€/Kg (IVA e spedizione compreso), il consumo totale del materiale è 2,63Kg. Mentre per l’energia elettrica, il prezzo unitario è di 0,204€/kWh (rete domestica prezzo finito iva compreso), per un tempo totale di 538 ore e 45 minuti.

Il costo finale complessivo è di 84,95€, una spesa trascurabile rispetto alle ore di attesa della stampa, e tempo impiegato per la preparazione del file di stampa.

Il settore dei beni culturali, oggi, inizia a registrare esigue esperienze in merito, con il supporto della ricerca scientifica che è tesa a una riflessione critica circa le possibilità e le potenzialità di tale approccio sistematico, evidenziando diverse rigidità e complessità di sistema nell’adozione di un BIM rivolto all’Heritage.

La ricerca sta andando verso la definizione di un BIM, adattabile e modificabile in base alle diverse scale di rappresentazione di dettaglio per potere memorizzare all’interno dei modelli diversi livelli di indagine informativa. Tali esperienze attraverso la stampa digitale non solo sono utili per la riproduzione di prototipi per lo studio di oggetti ma risultano efficaci per la valorizzazione del patrimonio per scopi di ricerca, documentazione, e didattica.

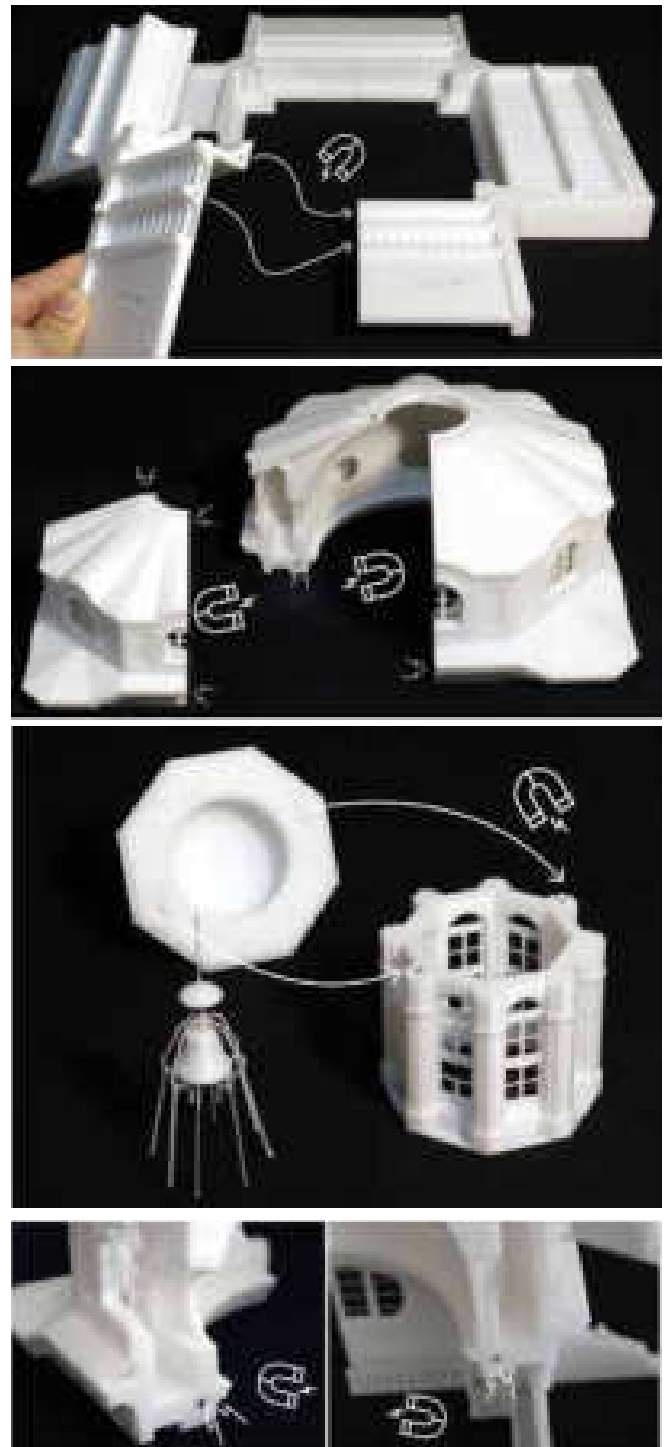


Fig.70 Il sistema di assemblaggio dei blocchi tramite l’inserimento all’interno dei punti di giunzione di calamite.

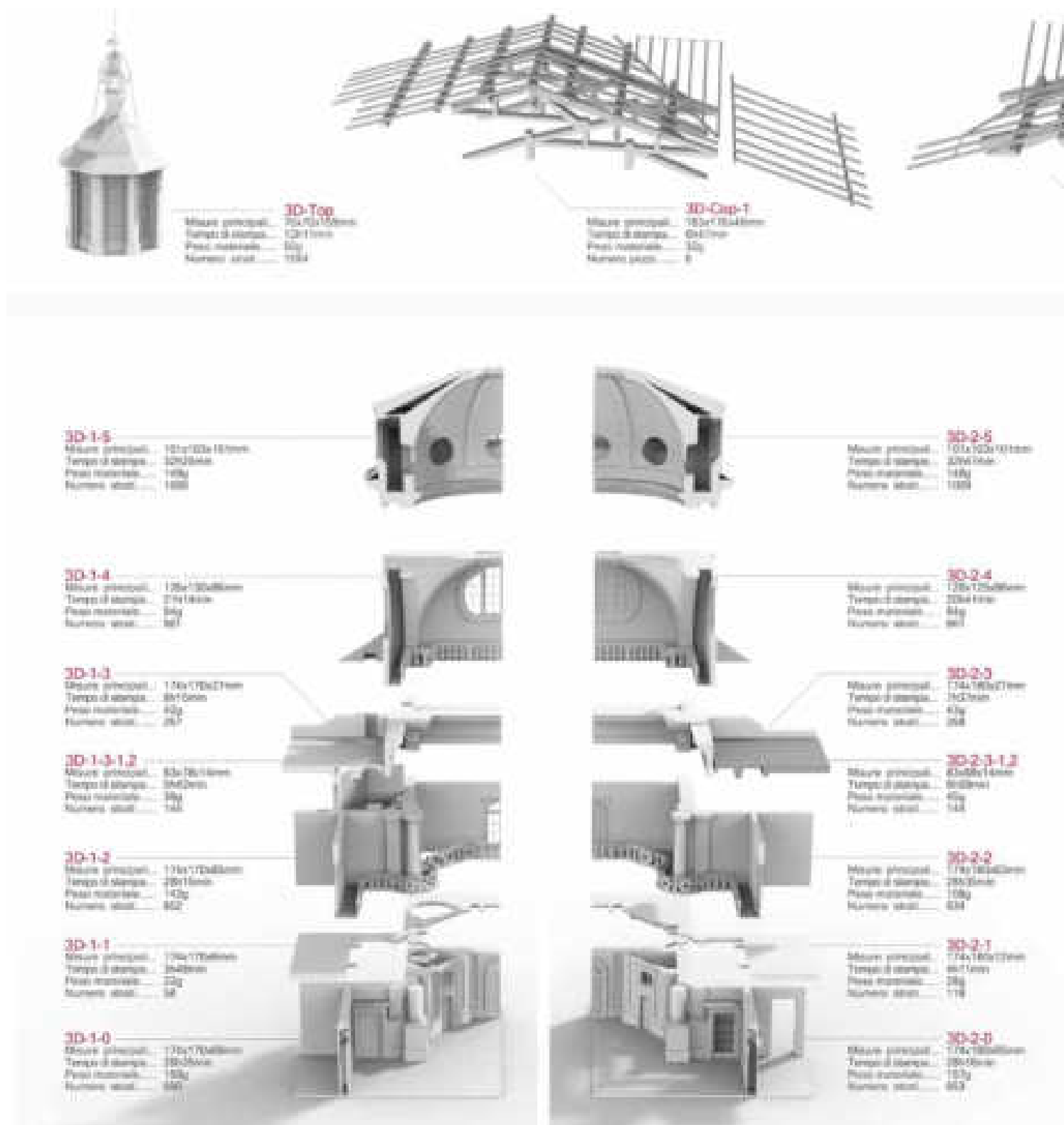
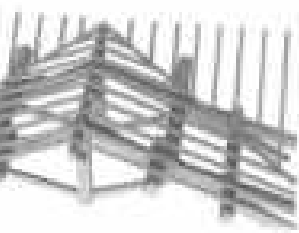


Fig.71 Il progetto di stampa 3D: la scomposizione del modello in sottoelementi, per ciascuno di essi sono indicati, dimensione, tempo di stampa, utilizzo in termini di gr. del materiale plastico, e numero di strati.



3D-Cup-2
 Misura principale: 121x75x45mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 25g
 Numero parti: 8

3D-Cup-3
 Misura principale: 202x75x45mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 24g
 Numero parti: 8

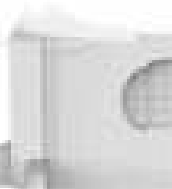
3D-Cup-4
 Misura principale: 210x75x45mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 25g
 Numero parti: 8

3D-4-3
 Misura principale: 100x100x100mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 15g
 Numero parti: 1000



3D-3-5
 Misura principale: 100x100x100mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 15g
 Numero parti: 1000

3D-4-4
 Misura principale: 100x100x80mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 20g
 Numero parti: 80



3D-3-4
 Misura principale: 100x100x80mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 20g
 Numero parti: 80

3D-4-3-1,2
 Misura principale: 70x70x80mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 20g
 Numero parti: 100



3D-3-3-1,2
 Misura principale: 80x70x80mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 40g
 Numero parti: 100

3D-4-2
 Misura principale: 100x100x70mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 20g
 Numero parti: 30



3D-3-3
 Misura principale: 100x100x70mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 20g
 Numero parti: 30

3D-4-3
 Misura principale: 100x100x80mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 20g
 Numero parti: 80



3D-3-2
 Misura principale: 100x100x80mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 20g
 Numero parti: 80

3D-4-1
 Misura principale: 100x100x80mm
 Tempo di stampa: 40 minuti
 Peso materiale: 20g
 Numero parti: 50



3D-3-1
 Misura principale: 100x100x80mm
 Tempo di stampa: 40 minuti
 Peso materiale: 20g
 Numero parti: 50

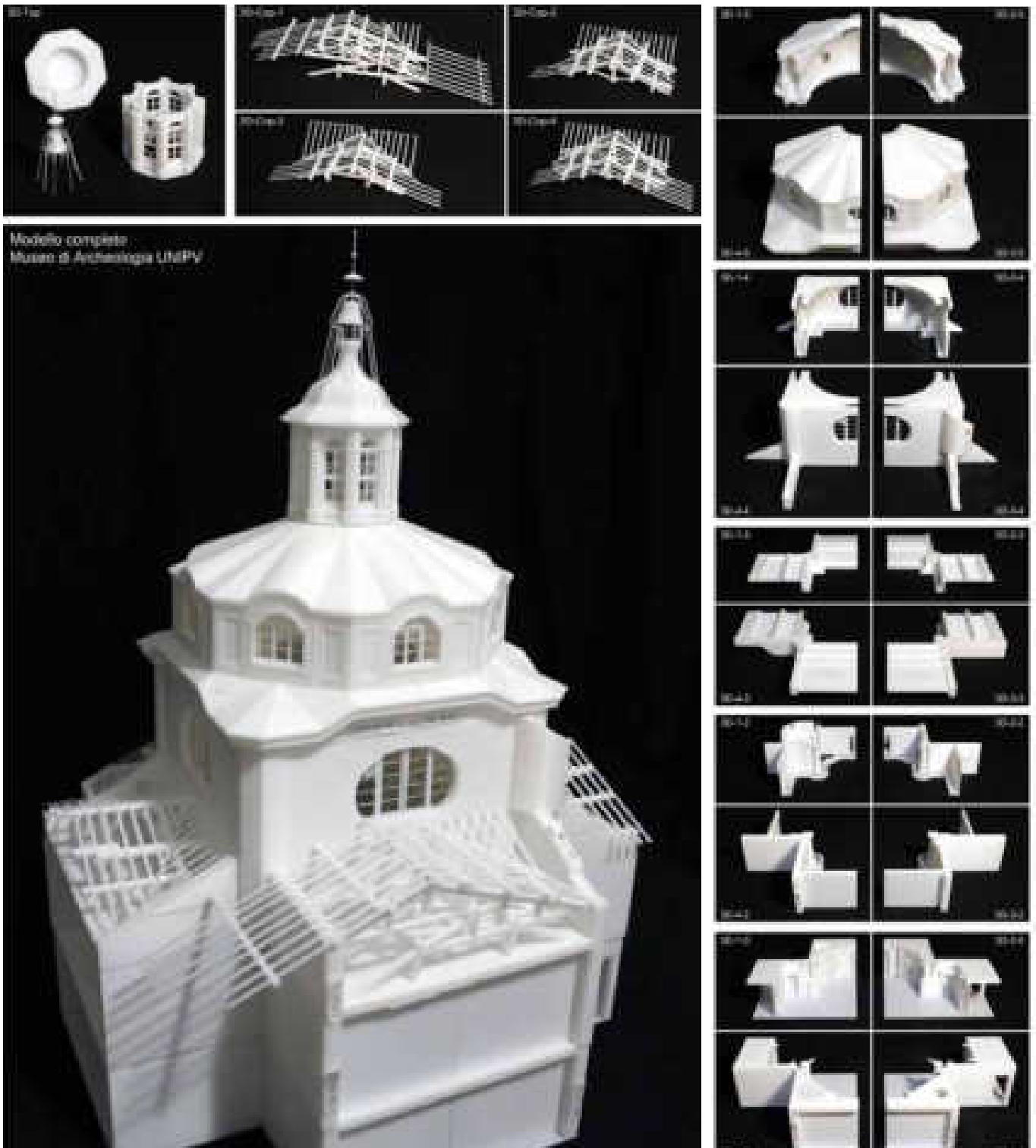
3D-4-0
 Misura principale: 100x100x80mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 18g
 Numero parti: 80



3D-3-0
 Misura principale: 100x100x80mm
 Tempo di stampa: 30 minuti
 Peso materiale: 18g
 Numero parti: 80

Fig. 72-73 Risultato finale del modello stampato.





La sperimentazione di procedure di modellazione parametrica per i beni culturali.

Dal rilievo digitale al modello HBIM per la valorizzazione e gestione di alcuni esempi del patrimonio storico architettonico.

Anna Dell'Amico



Fig.1 Alhambra, (gennaio, 2017)

5.4 LA MODELLAZIONE CONDIVISA: COMPLESSI ARCHITETTONICI NELL'ARCHITETTURA ARABA DELL'ALHAMBRA, I BAGNI DELLA MOSCHEA DELL'ALHAMBRA A GRANADA

...Una città non è completa se non ha il suo Hammam.
Le mille e una notte.

La cura e la pulizia del corpo nella cultura islamica hanno sempre avuto un ruolo fondamentale tanto da costituire un obbligo religioso, la pratica delle abluzioni era, ed è tutt'oggi, un'azione obbligatoria per il fedele prima della preghiera canonica. Fu durante il declino dell'Impero Romano che l'architettura araba venne ispirata da quella romana.

Gli arabi, scoprirono le terme e i bagni romani durante la conquista della Siria, presero subito in prestito la tipologia architettonica che assume la sua traduzione stilistica nella versione araba dell'*hammam*³⁶.

Nel VII sec. d.C. iniziò la diffusione della pratica dell'*hammam* nella cultura araba quando il profeta Maometto iniziò ad apprezzare tali pratiche.

Secondo il credo di Maometto, il calore diffuso nell'*hammam* provocava effetti benefici sui suoi frequentatori come l'aumentare della fertilità dei credenti, motivo che legò la pratica ad un significato strettamente religioso³⁷.

Mentre i romani preferirono posizionare grandi edifici termali pubblici al di fuori dei grandi centri urbani, la tendenza araba fu quella di costruire tanti piccoli *hammam* all'interno delle medine. Sul piano architettonico, rispetto alle terme greche e romane, gli *hammam* avevano dimensioni ridotte, erano luoghi con ambienti raccolti e soffitti bassi.

Il bagno arabo, assunse così in breve tempo grande importanza nella cultura musulmana, divenendo luogo di vita pubblica e privata.

I bagni pubblici sorgevano presso gli edifici di culto, affiancati all'edificio principale della moschea, ed erano a disposizione di tutta la popolazione.

Tale diffusione dipendeva in maniera parziale dall'uso rituale delle abluzioni prima della preghiera ma soprattutto dal ruolo di punto d'incontro e di associazione che svolgeva per la città islamica.

Recarsi all'*hammam* era un modo per dimostrare al resto del popolo di essere una persona pulita e quindi frequentabile.

I bagni privati occupavano un'intera area della casa e le loro dimensioni erano proporzionali alle possibilità economiche delle famiglie a cui appartenevano, dalle famiglie più facoltose alle più modeste.

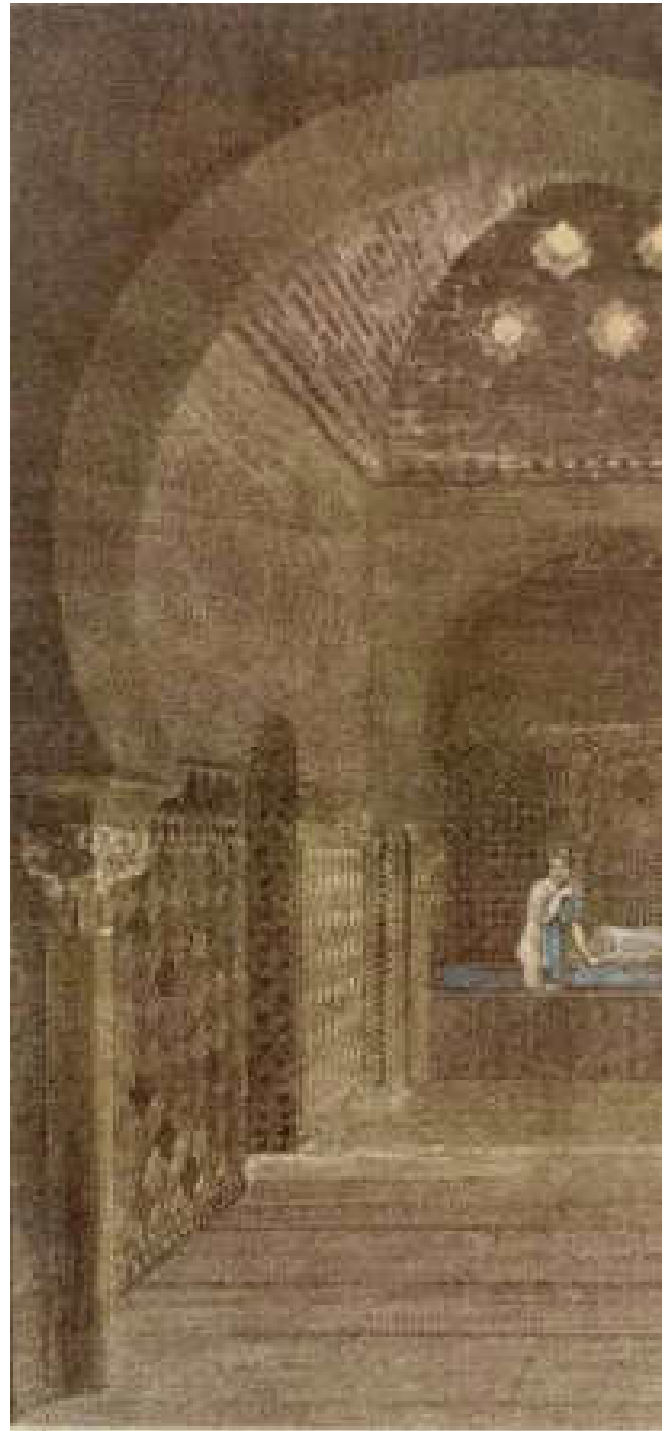


Fig.74 La tradizione dei bagni arabi a Granada, “Voyage pittoresque et historique de l’Espagne”, A. de Laborde (circa 1812).



Fig.75 In alto: Bain à l'Alhambra, Leon-François Comerre, 1890.



Fig.76 A destra: Schema assonometrico del sistema monumentale dell'Alhambra e del Generalife, evidenziate le parti rilevate nel corso delle campagne di ricerca promosse dal Laboratorio DAda-LAB a partire dal 2017.

L'*hammam*, era parte integrante della vita sociale della medina. Secondo i quartieri della città e del ceto sociale di afferenza erano costruiti con materiali differenti in mattoni, in pietra o in marmo.

La planimetria dell'*hammam* obbediva a schemi comuni, dopo aver attraversato il vestibolo, vi era una sala posta al centro rispetto alla planimetria generale adibita a spogliatoio (*mashlah*) con armadi che servivano per la custodia dei vestiti dove ci si poteva spogliare, trova il suo corrispondente nell'*apodyterium*³⁸ romano.

Il ruolo gerarchico della *mashlah* rispetto agli altri ambienti è reso leggibile non solo dalla sua dimensione, che nel tempo è aumentata progressivamente, ma soprattutto dalla complessità della sua struttura, spesso conformata dall'aggregazione di quattro *iwan*³⁹ su di un vano centrale coperto con cupola su pennacchi.

Il centro della *mashlah* spesso era segnato dalla presenza di

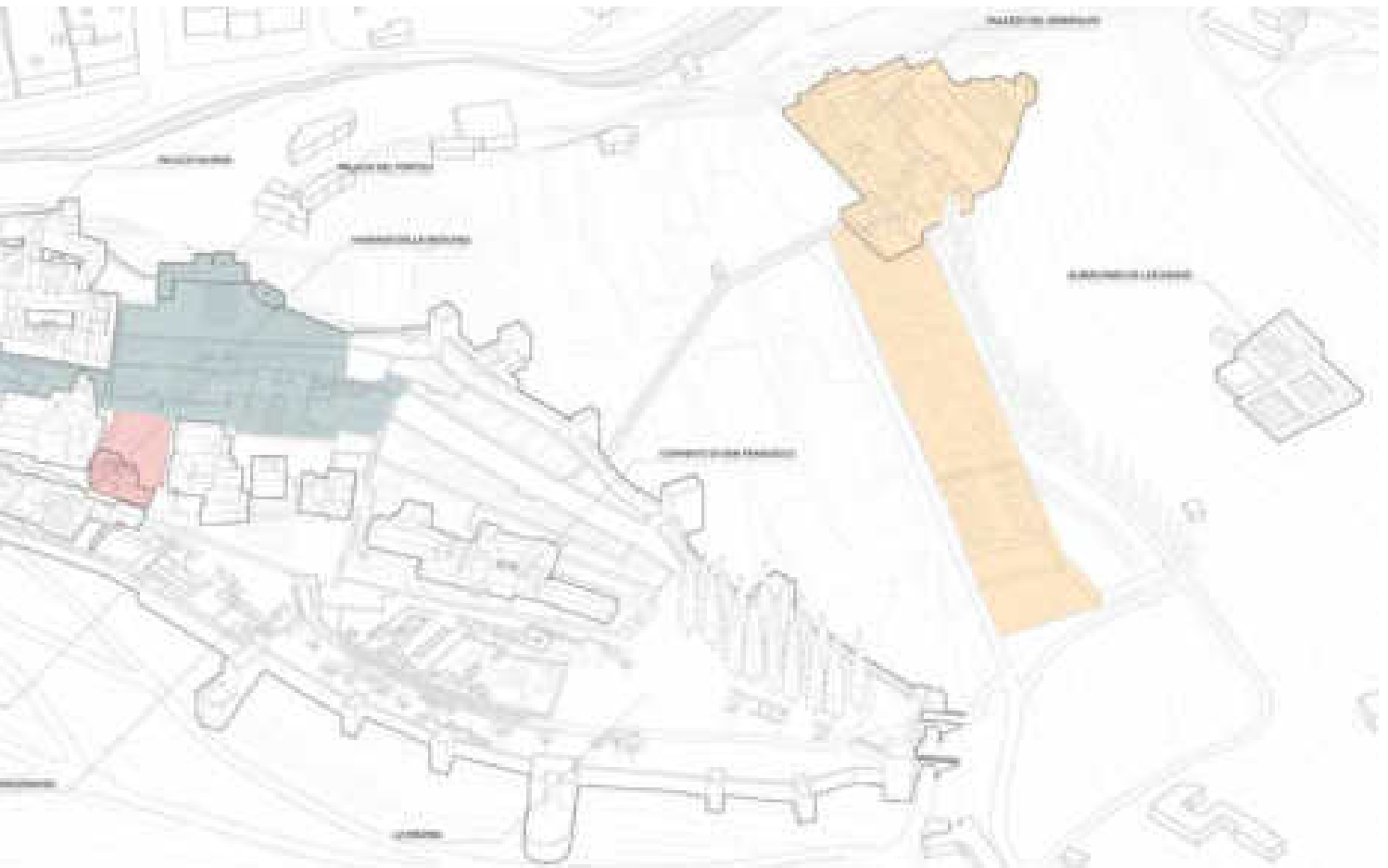
una fontana, mentre ai suoi lati vi erano pedane (*mastaba*) in cui venivano ricavate nicchie per le scarpe e poste panche per riposare.

Dalla *mashlah*, attraverso dei corridoi si giungeva alla sala fredda (*wastani barrani*).

Da essa si passava alla sala tiepida (*wastani djuwwani*) dalla quale si poteva accedere alla sala calda (*djuwwani harara*) rappresentata da un ampio vano con copertura a cupola, il secondo per importanza, dotato di panche o pedane di pietra su cui era possibile sdraiarsi (*mastaba*), fontane, alcove (*maqsura*) e bacini di acqua calda e fredda o, molto raramente nei bagni adibiti a scopo curativo, vi erano piccole piscine per l'immersione a scopo terapeutico (*maqsoura al-maghtas*)⁴⁰.

Come nelle terme romane le persone seguivano un percorso specifico passavano attraverso una serie di sale.

Negli *hammam* il corrispondente del *tepidarium* romano fu ridotto ad un semplice corridoio di collegamento con la



camera calda detta *harara*, dove a differenza del costume romano, era possibile ricevere dei massaggi specializzati. Una piccola stanza adiacente venne riservata ai bagni di vapore che sostituirono il *laconicum*⁴¹.

All'interno delle sale l'illuminazione era ridotta, una luce diffusa era garantita dalla presenza di piccoli oculi incastonati nelle volte disposti in modo da formare dei motivi geometrici decorativi.

Tutte le stanze inoltre disponevano di un sistema di aereazione grazie alla presenza di bocchette posizionate sui paramenti murari.

All'interno della struttura era previsto un vano interamente dedicato ai locali della caldaia e i relativi servizi per questo era predisposta un'uscita autonoma sulla strada, utilizzata per il rifornimento del combustibile.

La caldaia solitamente veniva separata dalla sala calda solo da

un sottile tramezzo con all'interno dei fori che permettevano il passaggio dell'aria calda; un focolare costantemente alimentato permetteva di mantenere costante la temperatura delle caldaie per la produzione dell'acqua bollente.

Gli *hammam* disponevano di sistemi ipogei per i diversi circuiti di gestione delle acque era previsto un sistema per la distribuzione dell'acqua calda e l'acqua fredda, uno per lo smaltimento delle acque sporche ed un sistema per garantire la corretta ventilazione degli ambienti.

Tali circuiti venivano posti o ipogei al di sotto della pavimentazione o all'interno dei paramenti murari attraverso delle tubature in terracotta.

Esternamente le facciate degli *hammam* risultavano semplici e spoglie riservando lo sfarzo e il decoro per l'ambiente dell'ingresso. Gli ambienti dei bagni pubblici venivano divisi tra uomini e donne, gli edifici con questo tipo di divisione

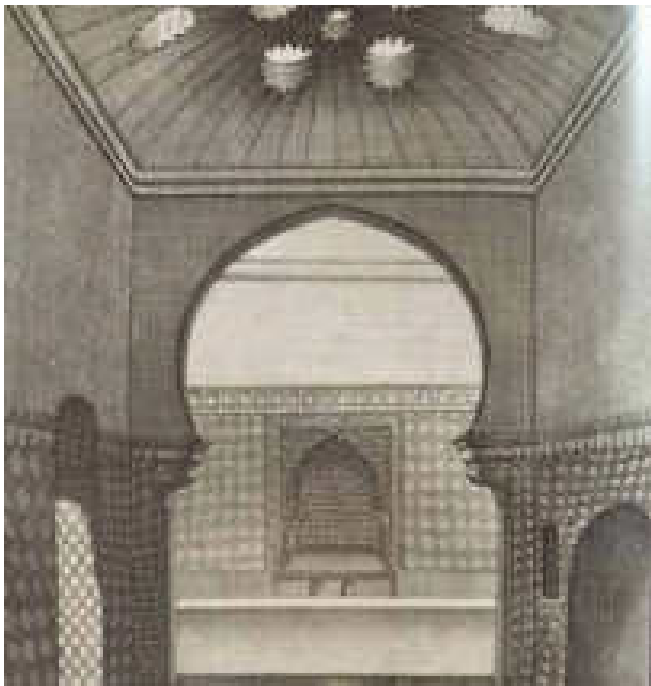


Fig.77 Baños del Palacio de Comares, illustrato da Henri Swinburne, 1779.



Fig.78 Immagine storica della moschea dell'Alhambra conservata negli archivi del Patronato de l'Alhambra y Generalife (APAG).

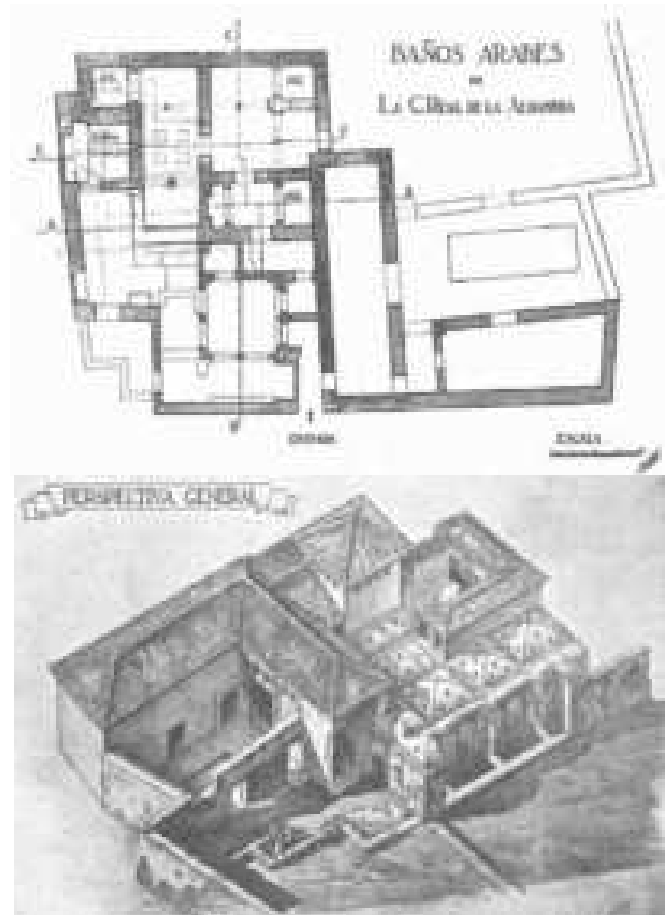


Fig.79 Pianta e disegno assonometrico dei bagni e della casa annessa, disegnati da Ambrosio del Valle per Torres Balbás, 1945.

presentano una pianta ed un impianto speculare, con la possibilità di avere gli impianti caldaia per il riscaldamento in comune.

Per i bagni più piccoli dove non era possibile tale divisione i locali venivano riservati alcuni giorni ad una clientela femminile ed altri ad una maschile. Gli *hammam* sono stati uno dei rari spazi nell'Islam ad essere accessibile a tutti, dal mattino alla sera tardi⁴².

Il tipo architettonico sembra essere stato fissato nel VIII secolo nei bagni di Qusayr'Amra e di As-Sarakh, con la grande sala di ingresso a tre navate, la sala tiepida di dimensioni più ridotte e la stanza per il bagno a vapore coperta da una cupola. I bagni erano costruiti in mattoni, in pietra o in marmo secondo le regioni e i quartieri delle città in cui si trovavano, coperti di cupole munite di vetri per ricevere dall'alto la luce e obbedivano a schemi comuni. Dopo aver attraversato il vestibolo, ci si spogliava in una

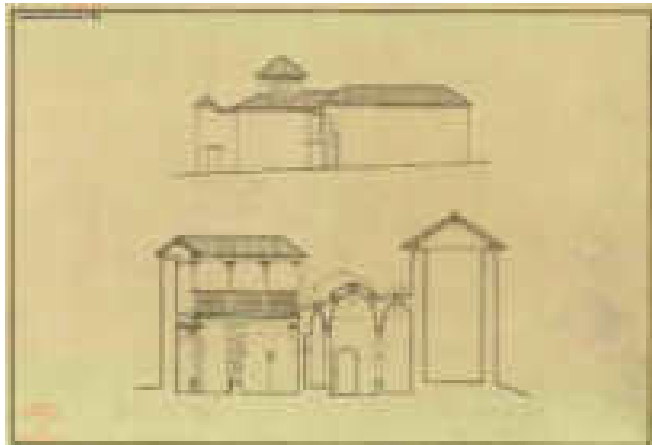
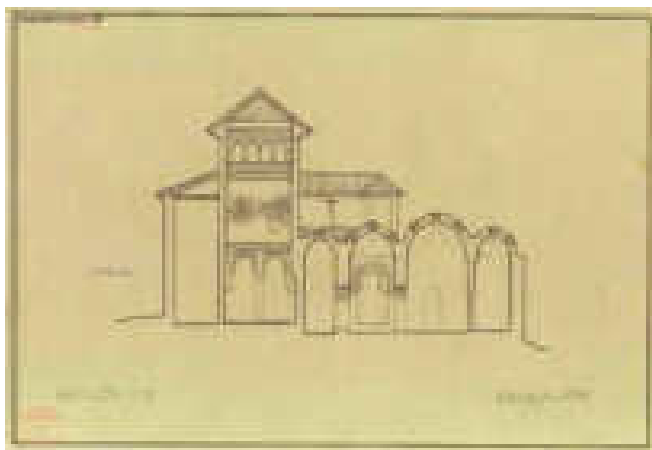


Fig.80 Alcune foto storiche della taverna del Polinario. Si notino gli elementi di appartenenza Nasride inglobati negli spazi abitati.

sala arredata con degli armadi che servivano a custodire i vestiti. Si passava poi nella sala fredda, poi in quella tiepida e infine in quella calda che ospitava due ambienti: in uno ci si faceva insaponare e frizionare in alcove che contenevano tavole di pietra, nell’altro, quello più caldo, si versava l’acqua in una caldaia con secchi di legno. In ogni ambiente c’erano barbieri che esercitavano il loro mestiere. Quando Ibn al-Jatib descrive la moschea dell’Alhambra, dice che di fronte a lei Muhammad III stabilì un bagno, la cui fama ha contribuito a sostenerlo. Il piccolo banuelo situato lungo la Calle Real aveva la funzione di stabilimento pubblico, per l’uso dei molti abitanti dell’Alhambra, dal momento che quello dell’Alcazaba era destinato alla sua guarnigione; quello situato all’interno della casa reale, al monarca e i suoi parenti, mentre quelli che si trovavano in quella che fu la residenza delle Tendillas e nell’ex convento di San Francisco sarebbero stati usati esclusivamente dagli abitanti di quei palazzi.



Fig.81 Fotografia storica delle coperture e dalle torri dei Bagni della moschea.



Il bagno fu demolito intorno al 1534, ma non nella sua totalità, alcuni resti furono inglobati dalla costruzione di una casa sulla Calle Real de la Alhambra, appena oltre la chiesa di Santa María.

Tale casa era conosciuta come “La casa di Polinario”, nome con il quale, come riportato negli annali dell’Alhambra, era conosciuto il suo proprietario, Antonio Barrios.

Negli ultimi anni dell’XIX sec., acquisì grande fama diventando famoso punto di ritrovo per tutti gli artisti che hanno lavorato presso l’Alhambra, molti di questi furono pittori che una volta visitata la taverna lasciarono una loro opera come dono al Polinario.

La taverna aveva un cortile pittoresco, con pareti ricoperte di edera, piacevolmente ombreggiato da aprile a novembre da alti pioppi ornamentali.

Il decoro unito alla presenza di fontane impreziosivano l’ambiente rendendolo luogo unico e piacevole dove poter trascorrere il caldo periodo estivo.

La taverna del Polinario era come un piccolo Eden nascosto all’interno della cittadella, non c’era artista che non facesse frequenti visite, entrando e uscendo dal palazzo arabo, per “Casa del Polinario”.

La costruzione della taverna cancellò lo schema di base della planimetria dei bagni solo alcune tracce distinguibili degli ambienti pre-esistenti.

Lo studioso Basilio Pavón, propone, all’interno dei suoi studi, due ipotesi di planimetrie. La prima ipotesi include la planimetria è composta da *–Apodyterium* (20,50 m²), *Frigidarium* (14 m²), *Tepidarium* (24 m²) e *Caldarium* (18 m²)⁴³ - mentre nella seconda ipotesi schematica oltre agli ambienti dei bagni arabi viene anche disegnata l’area occupata dalla casa annessa dei Nasridi⁴⁴.

I resti visibili del bagno, sono rimasti, inglobati tra le mura della casa dal XVII al XVIII secolo, in parte risultano essere ben visibili, come ad esempio la colonna con due piccoli archi di ferro di cavallo tagliante presente nel patio d’ingresso; altri sono nascosti all’interno dei setti murari di nuova costruzione.

Nel Novembre 2018, ha avuto inizio il progetto⁴⁵ d’indagine sulla porzione dei bagni della mezquita promosso dalla collaborazione tra il Patronato de la Alhambra y Generalife, il Laboratorio DAda-LAB dell’Università degli studi di Pavia (responsabile prof. Sandro Parrinello), e il Laboratorio SMIab dell’Università di Granada (responsabile prof. Antonio Gómez-Blanco) costruiti.

La campagna di indagine è stata suddivisa in diverse fasi operative ha prodotto un rilievo dell’intero monumento

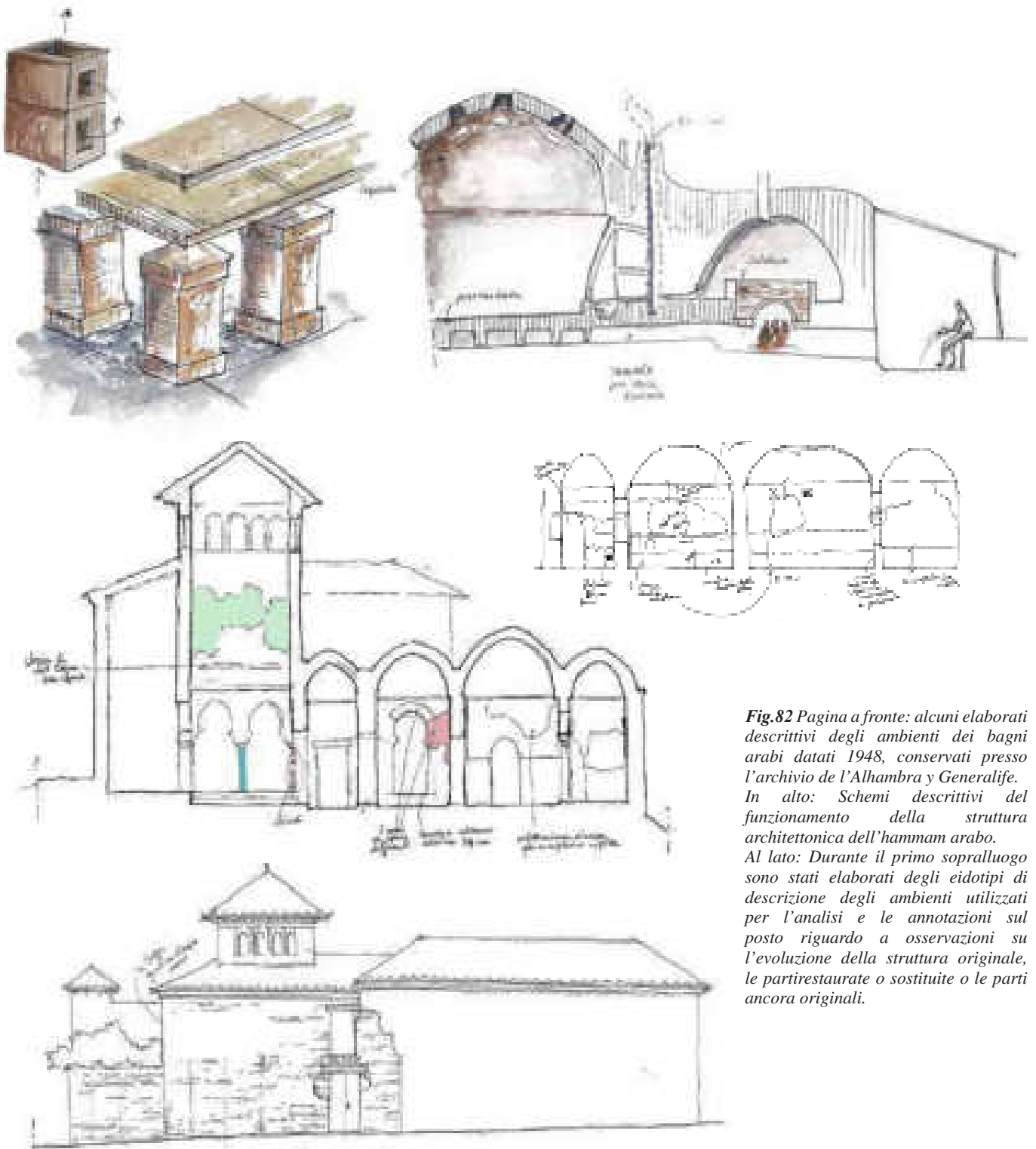


Fig.82 Pagina a fronte: alcuni elaborati descrittivi degli ambienti dei bagni arabi datati 1948, conservati presso l'archivio de l'Alhambra y Generalife. In alto: Schemi descrittivi del funzionamento della struttura architettonica dell'hammam arabo. Al lato: Durante il primo sopralluogo sono stati elaborati degli eidotipi di descrizione degli ambienti utilizzati per l'analisi e le annotazioni sul posto riguardo a osservazioni su l'evoluzione della struttura originale, le partirestaurate o sostituite o le parti ancora originali.



Fig.83 Timeline delle fasi sotiriche che hanno cambiato la distribuzione spaziale degli ambienti dei Bagni.

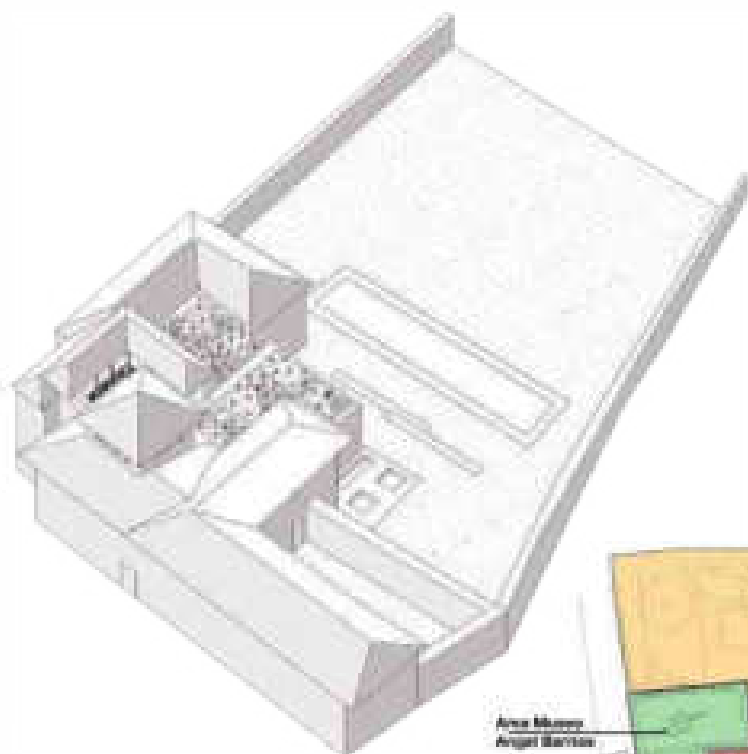
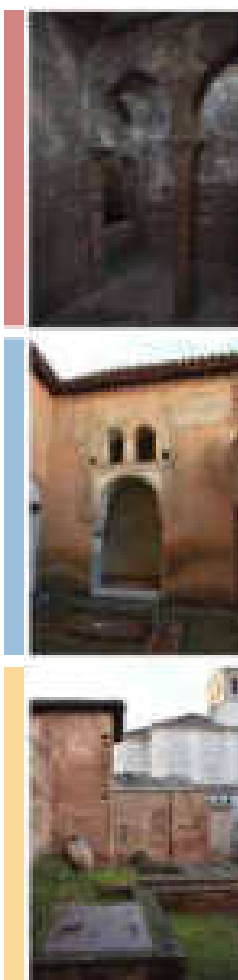


Fig.84 Gli ambienti dell'Hamam dell'Alhambra possono essere suddivisi in quattro macrocategorie:
- Area dell'Hamam
- Area dell'abitazione di Angel Barrios
- Area destinata al museo intitolato ad Angel Barrios
- Area del giardino esterno.

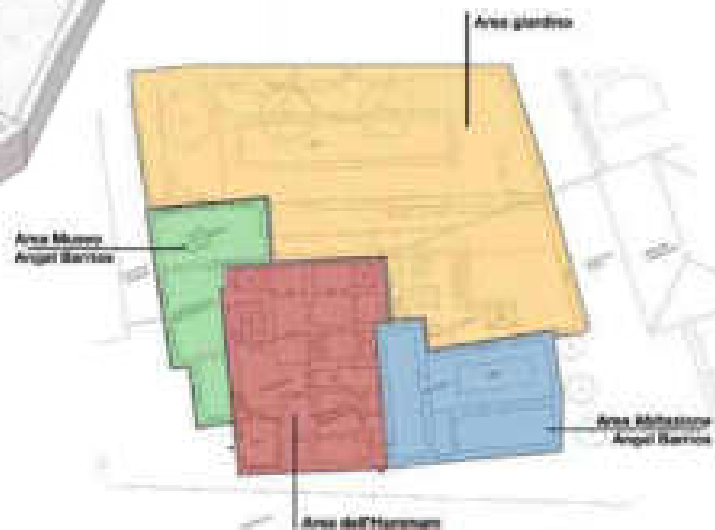




Fig.85 Alcune immagini degli ambienti interni ed esterni dei Baños. La struttura architettonica è stata oggetto di un progetto di restauro degli spazi iniziato da Torres Balbás nel 1935, continuarono e terminarono lavori nel 1936 con F. Prieto-Moreno y Pardo. Se da un lato la politica adottata da Torre Balbás fu quella di demolire tutte le opere che mascheravano i bagni arabi, e di ricostruirne in parte sulla base di tracce ritrovate, dall'altra parte Moreno, pur promuovendo le teorie di Balbás nel 1972 progettò un nuovo museo totalmente dedicato ad Angel Barrios.

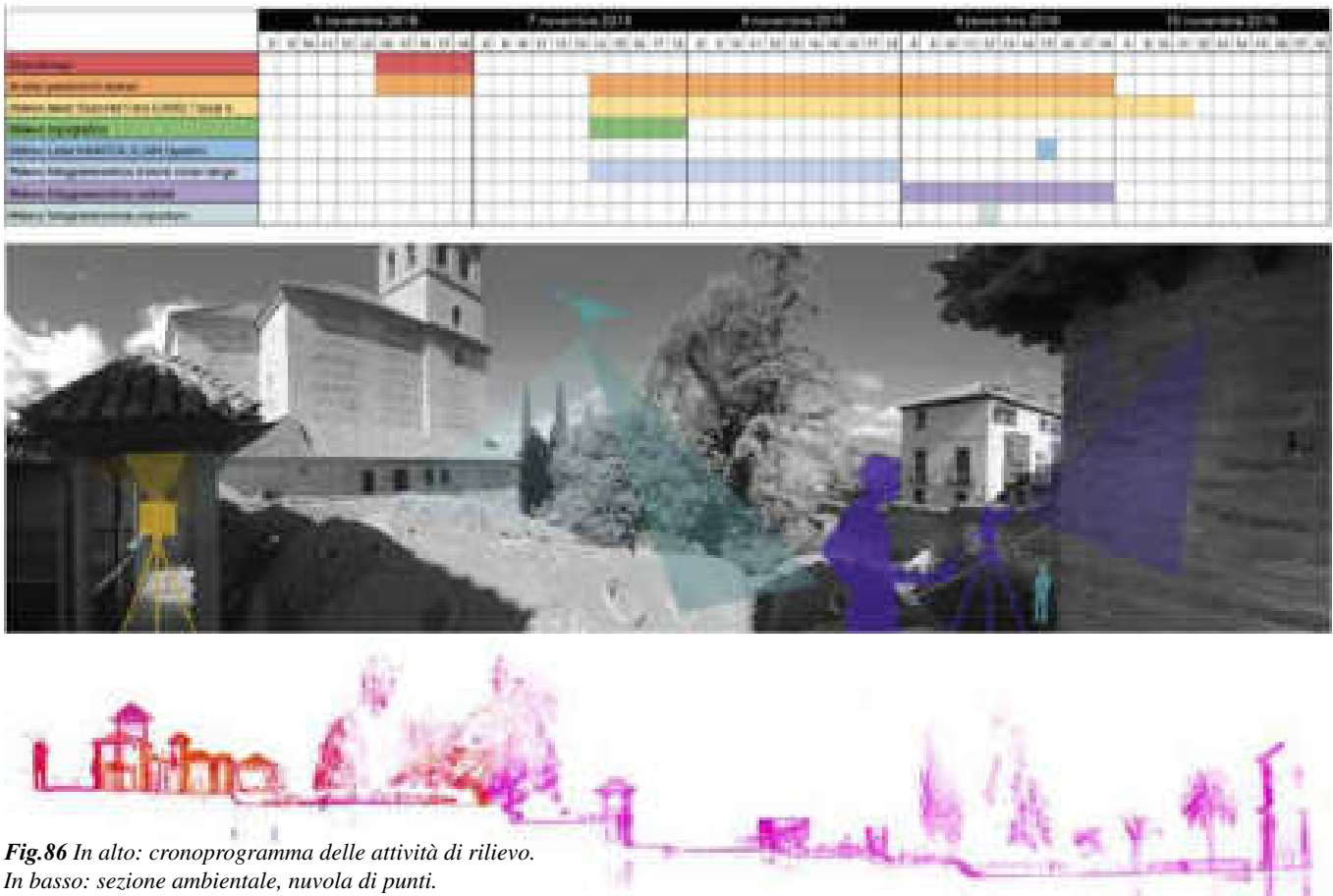


Fig.86 In alto: cronoprogramma delle attività di rilievo.
In basso: sezione ambientale, nuvola di punti.

con l'obiettivo di analizzare le tracce delle trasformazioni, leggibili sulle murature, decifrando, nelle tecniche costruttive, i segni e le stratificazioni, al fine di identificare le porzioni originali dei bagni della moschea⁴⁶.

Ai fini della comprensione delle diverse fasi evolutive dell'edificio è fondamentale il riferimento alle fonti bibliografiche primarie - documenti di archivio e disegni di progetto - e fonti secondarie - bibliografia riguardante articoli e studi sull'Alhambra.

Nel 1934 la casa venne acquisita dallo Stato, per decisione di Leopoldo Torres Balbás, architetto e conservatore dell'Alhambra dal 1923 al 1936, il quale decise di demolire le parti moderne che inglobavano la struttura dei bagni e di procedere alla loro ricostruzione, dopo aver riconosciuto, nei resti esistenti, le loro linee generali secondo i principi del restauro scientifico. Dopo lo smantellamento dei tetti e delle pareti dopo l'era nasride, Torres Balbás conservò le

volte della lanterna, appartenenti a una *qubba* che era rimasta completamente nascosta - ⁴⁷fu aggiunto da Muhammad III tra 30 o 50 anni dopo la costruzione del bagno - con resti originali di intonaco, i doppi archi a ferro di cavallo, l'unico capitello nasride originale - situata tra il patio principale e la cucina della casa - e piccoli pezzi di zoccolo impiallacciato di azulejos. Delle parti aggiunte nel periodo successivo alla Conquista dei Re Cattolici, l'architetto decise di mantenere l'anello del cortile principale della casa, con la struttura, la grondaia e la ringhiera, un tempo nascosti dalla taverna.

I lavori di ricostruzione dei bagni arabi furono diretti da Torres Balbás dall'aprile 1935 all'ottobre 1936, anno in cui venne sostituito dall'architetto Francisco Prieto-Moreno y Pardo, che terminò l'opera seguendo le linee guida già stabilite dal suo predecessore.

Il lavoro di Torres Balbás e Moreno y Pardo offre una delle azioni più rilevanti, di documentazione, del complesso

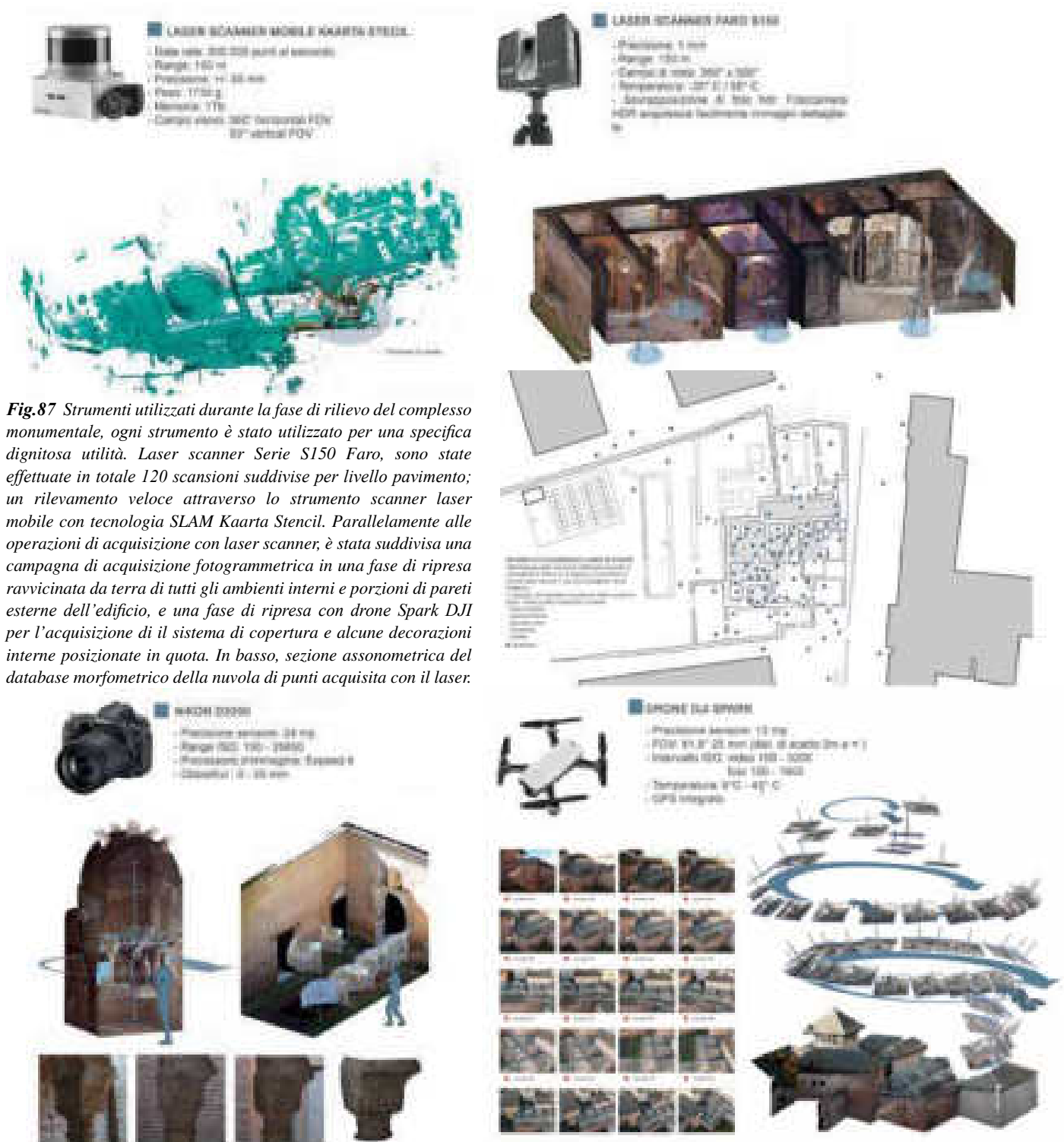


Fig.87 Strumenti utilizzati durante la fase di rilievo del complesso monumentale, ogni strumento è stato utilizzato per una specifica dignitosa utilità. Laser scanner Serie S150 Faro, sono state effettuate in totale 120 scansioni suddivise per livello pavimento; un rilevamento veloce attraverso lo strumento scanner laser mobile con tecnologia SLAM Kaarta Stencil. Parallelamente alle operazioni di acquisizione con laser scanner, è stata suddivisa una campagna di acquisizione fotogrammetrica in una fase di ripresa ravvicinata da terra di tutti gli ambienti interni e porzioni di pareti esterne dell'edificio, e una fase di ripresa con drone Spark DJI per l'acquisizione di il sistema di copertura e alcune decorazioni interne posizionate in quota. In basso, sezione assometrica del database morfometrico della nuvola di punti acquisita con il laser.

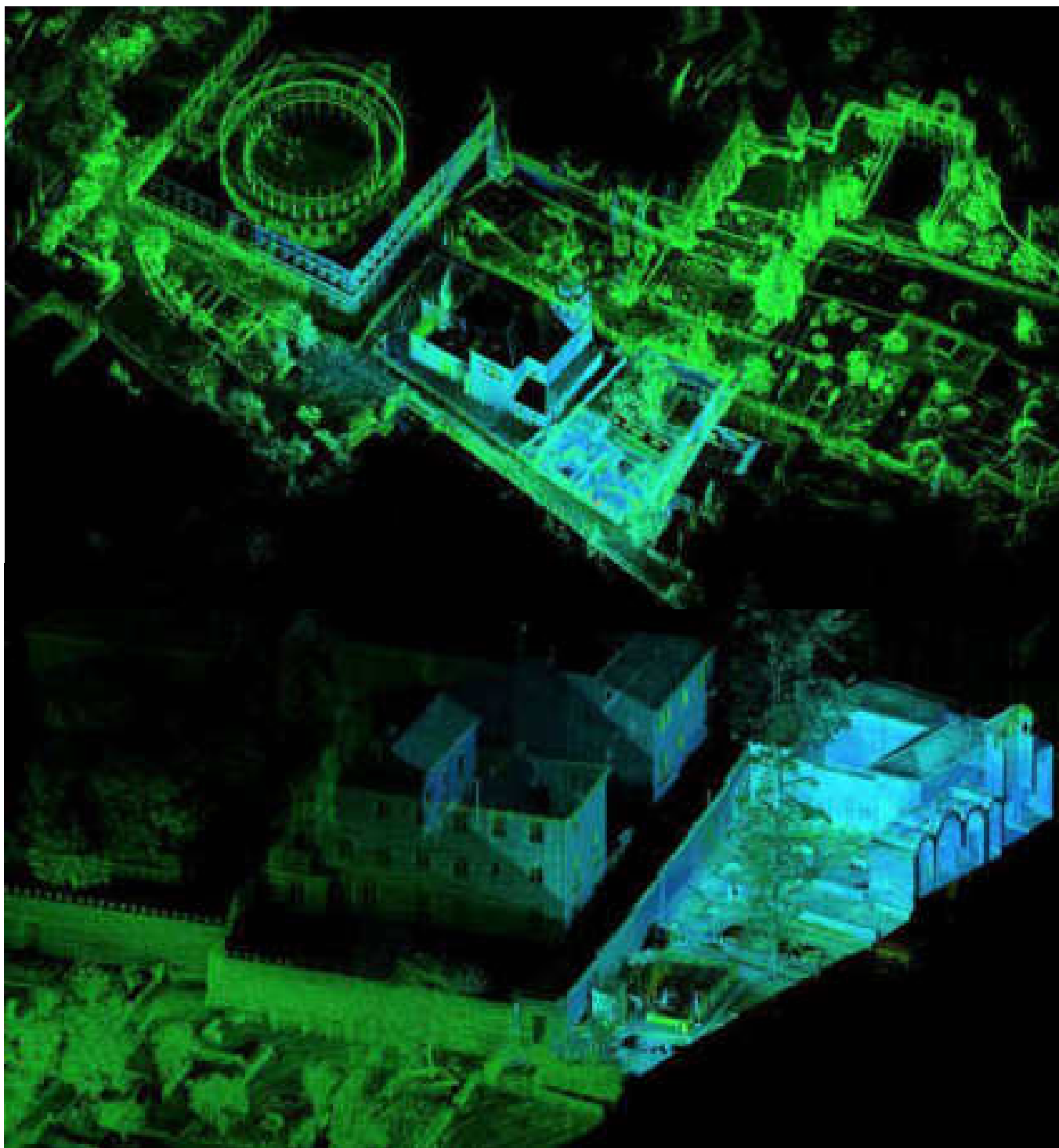


Fig.88 Risultato dell'azione di rilievo integrato : unione della nuvola di punti laser terrestre (blu) con nuvola di punti mobile (verde).



Fig.89 Vista dell'ingresso da Calle Real dei bagni (nuvola di punti con dato colorimetrico).



Fig.90 Vista in planimetria (nuvola di punti con dato colorimetrico).



Fig.91 L'utilizzo della nuvola di punti per lo studio dei rapporti spaziali.

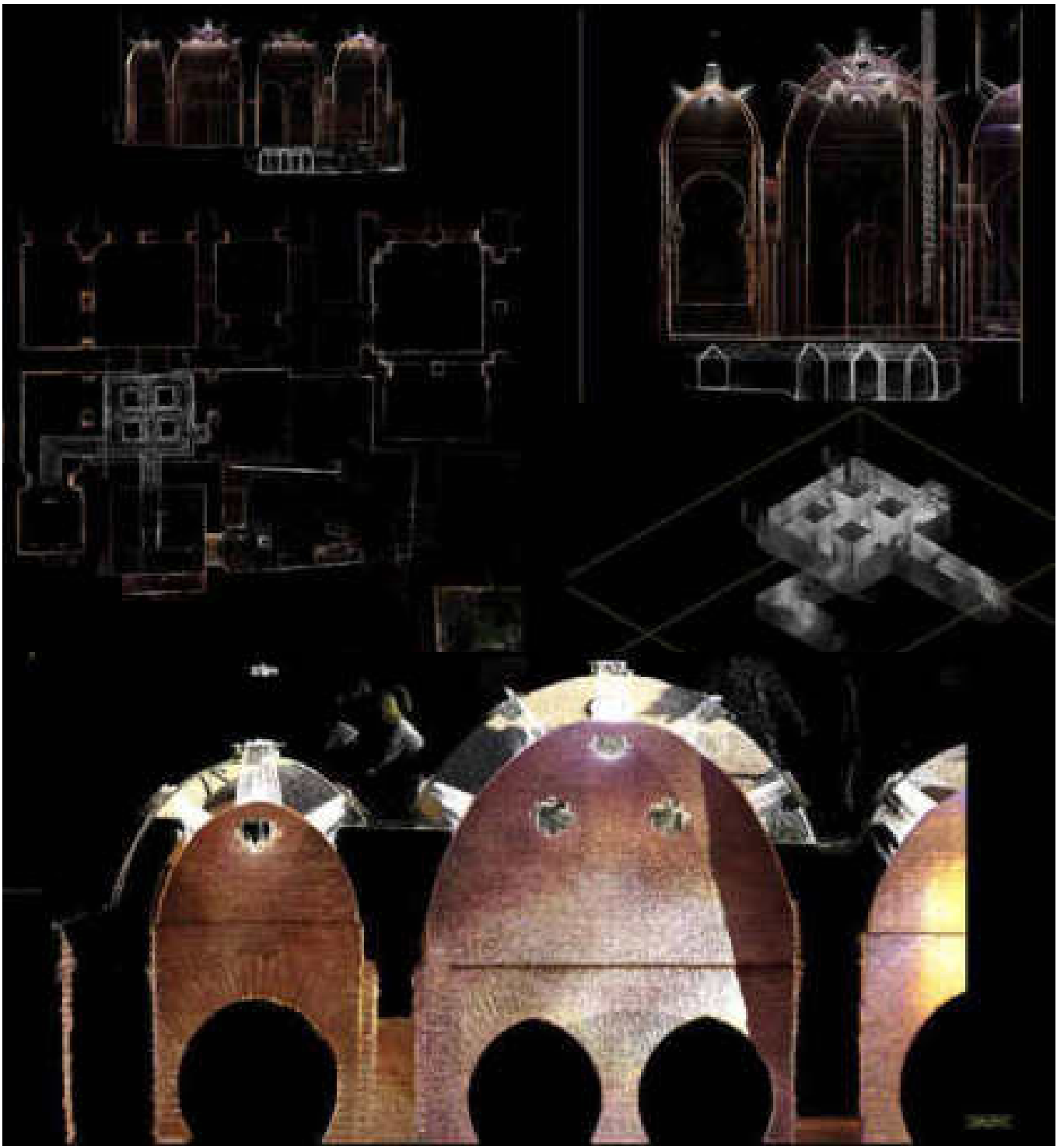


Fig.92 L'utilizzo della nuvola di punti per lo studio dei rapporti spaziali.



Fig.94 Sezione LL'.



Fig.95 Sezione A'A.



Fig.96 Sezione B'B.

architettonico formato da: i bagni arabi, la casa dei Nasridi e, dal 1977, del museo annesso dedicato ad Angel Barrios, progettato di Prieto-Moreno che trova la sua sede negli ambienti restaurati dei bagni e recentemente riabilitato dall'architetto Juan Domingo Santos.

L'attuale configurazione del complesso architettonico in cui sono inseriti i bagni arabi della moschea Alhambra è in debito con le prestazioni di due dei suoi architetti conservatori.

Se da un lato, Torres Balbás fu l'architetto della demolizione di quasi tutta la casa che mascherò i bagni arabi, e della ricostruzione di questi sulla base delle tracce ritrovate; Prieto-Moreno fu il promotore delle teorie di Torres Balbás, nel 1972 progettò un museo dedicato ad Angel Barrios, annettendolo al sistema di visita museale del complesso architettonico alla fine del XX secolo.

La campagna di rilievo è stata strutturata per la definizione di diversi gradi informativi attraverso l'analisi e la

categorizzazione dei singoli elementi.

Da un livello descrittivo più generale, per lo studio della relazione che intercorre tra il complesso monumentale dei bagni e l'intero sistema museale dell'Alhambra; ad un livello più specifico di dettaglio finalizzato allo studio e catalogazione dei singoli componenti architettonici degli ambienti dei bagni.

A tal fine è stata rilevata l'intera superficie calpestabile dei bagni arabi, in modo da ottenere un dato digitale ad alto livello di dettaglio per l'analisi dei paramenti murari, del sistema delle coperture voltato e dei pavimenti.

Attraverso l'utilizzo di un laser scanner Faro Serie S150, impostando le singole scansioni a un livello di dettaglio alto con acquisizione fotografica integrata (circa 6/8 minuti per scansione). Sono state effettuate un totale di 120 scansioni suddivise per livelli di piano di calpestio: piano terra, suddiviso tra ambienti interni ed ambienti esterni, livello



primo individuato dal balcone del patio d’ingresso e dal livello dei tetti cupolati, ed infine il piano inferiore rispetto al piano terra individuato da una porzione accessibile dei canali di aerazione ipogei.

Al fine di contestualizzare, il piccolo edificio dei bagni, all’interno del complesso dell’Alhambra sono state effettuate delle scansioni integrative lungo la *Calle Real* e nella porzione occupata dai giardini adiacenti all’area dei bagni e dell’area archeologica del palazzo di Yusuf III.

Parte di queste, non essendo necessario ai fini dell’analisi un livello di definizione di dettaglio alto di tali porzioni, sono state effettuate, attraverso un rilievo speditivo, tramite l’utilizzo dello strumento laser scanner mobile con tecnologia SLAM *Kaarta Stencil & Contour*. In parallelo alle operazioni di acquisizione laser scanner sono state previste: una campagna di acquisizione fotogrammetrica e un’analisi preliminare in loco dei paramenti murari annotata su eidotipi finalizzati allo

studio dell’andamento della tessitura muraria ricercando, nelle diverse porzioni, i tratti originali della planimetria.

L’acquisizione di rilievo fotogrammetrico è stata suddivisa in una fase di ripresa da terra close range di tutti gli ambienti interni e delle porzioni murarie esterne dell’edificio, e una di ripresa tramite l’utilizzo di un drone Spark DJI per l’acquisizione del sistema delle coperture, e di alcuni decori interni posizionati a quote elevate. I dati raccolti sono stati elaborati al fine di ottenere disegni bidimensionali descrittivi dello stato conservativo dei bagni dell’Alhambra, finalizzati al confronto con le planimetrie e gli schemi dell’impianto originale descritto nei documenti d’archivio.

Il lavoro di ricerca ha come obiettivo la volontà di trasmettere, attraverso la realizzazione di un modello tridimensionale di gestione i valori storici ed artistici di cui è portatore il complesso architettonico.

Il progetto vuole porsi come caso studio per la definizione di un iter metodologico riapplicabile finalizzato alla progettazione di un sistema di gestione condiviso tra diversi utenti chiamati a collaborare nelle fasi di modellazione.

A differenza di quanto riportato nei casi studio precedentemente analizzati, in questo caso sono state riapplicati i criteri metodologici di rappresentazione degli elementi, ma sperando i vantaggi e le modalità di lavoro offerte dall’uso di modello informativo condiviso tra diversi utenti su un unico ambiente di progetto condiviso on cloud. Tale sistema se applicato al contesto del patrimonio storico può ambire, a diventare strumento di gestione da utilizzare per il monitoraggio e la programmazione degli interventi di manutenzione dell’opera all’interno del sistema di gestione museale del complesso.

Il modello è stato realizzato all’interno di un seminario tematico del Laboratorio di Rilievo, del corso di laurea in Ingegneria Civile e Architettura tenuto dal prof. Sandro Parrinello svolto a marzo 2020, con un team di otto studenti coordinato dall’autrice. Il seminario si è svolto in pieno lockdown, attraverso le modalità di didattica a distanza.

La prima criticità del lavoro sulla rappresentazione ed analisi degli spazi dei bagni è nata, dall’impossibilità portare gli studenti, nonchè disegnatori, nonchè modellatori, sul luogo per avere esperienza diretta della composizione distributiva e dei caratteri identitari riscontrabili tramite l’osservazione diretta e l’esperienza del luogo.

Il dato acquisito dal rilievo laser scanner è stato in questo senso, esperienza tangibile di comprensione della struttura dei bagni e sistema di fruizione virtuale per gli studenti chiamati a dover rappresentare il luogo attraverso la

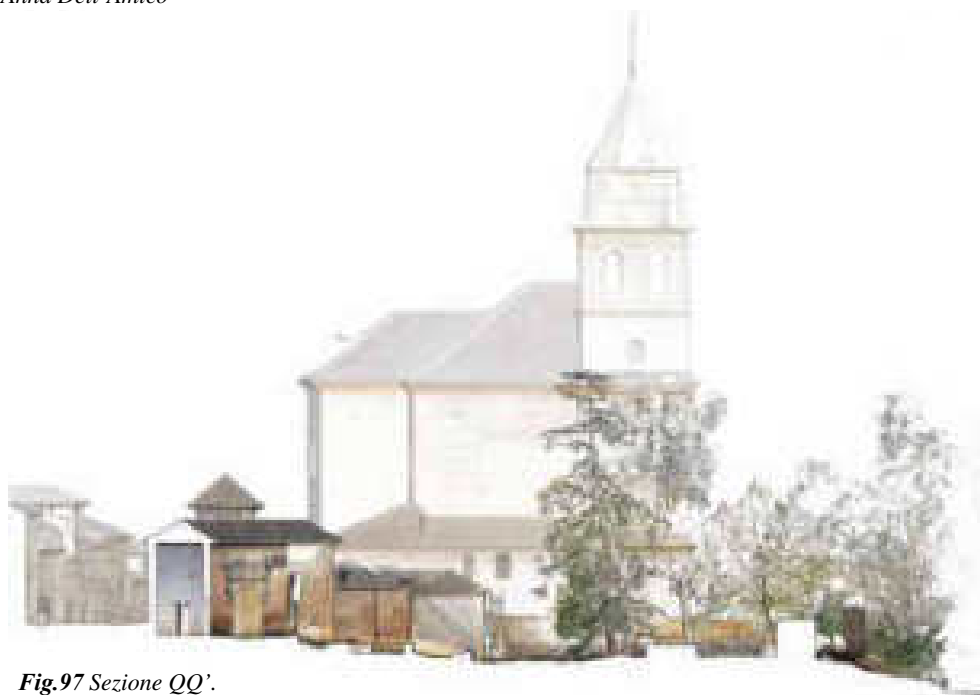


Fig.97 Sezione QQ'.

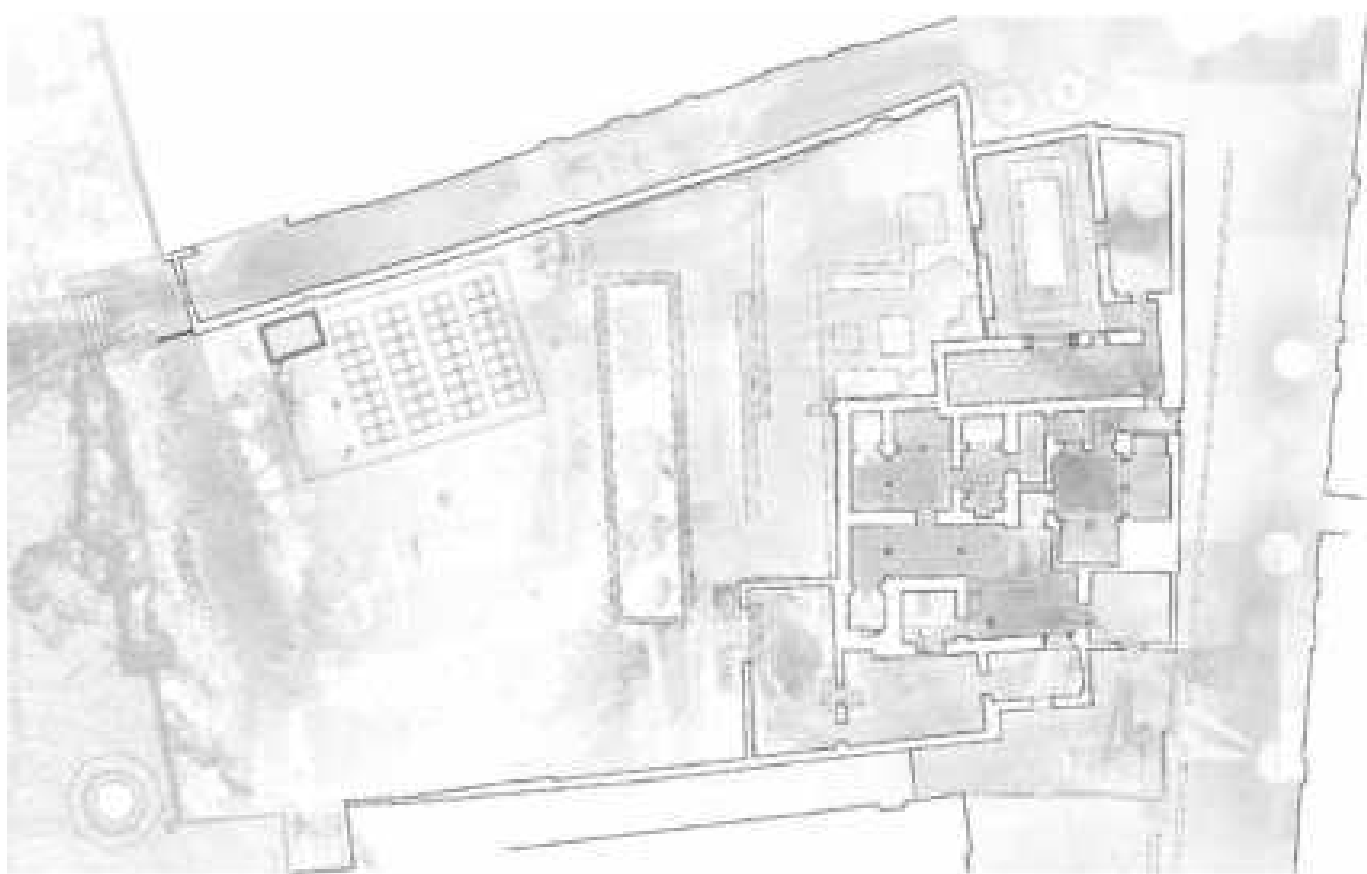


Fig.98 Planimetria livello 0 (piano di taglio +1.50m).



Fig.99 Sezione G'G.



Fig.100 Sezione H'H.



Fig.101 Schema di organizzazione delle fasi di modello condiviso: suddivisione del modello in aree, assegnazione di un'area all'utente modellazione, strutturazione dei drive di condivisione del materiale secondo un criterio organizzato di cartelle un glossario dei termini codificato.

realizzazione di un modello.

La rappresentazione bidimensionale degli alzati e delle planimetrie sono stati in questo senso, uno strumento di comprensione prezioso per lo studio e l'indagine degli spazi a distanza.

La prima fase del progetto quindi, è stata dedicata alla rappresentazione 2D di planimetria ed alcune sezioni significative con duplice finalità, la prima strutturare una banca dati di disegni aggiornata con un alto livello di dettaglio finalizzata a leggere le tessiture murarie, la seconda è stata finalizzata a far conoscere agli studenti il luogo tramite un tipo di esplorazione indiretta, esperita all'interno del dato digitale della nuvola di punti, utilizzando piani di sezione e limit box per l'indagine e la visualizzazione degli spazi.

Il gesto del rappresentare implica l'impiego della concentrazione dell'osservatore che attraverso l'osservazione ripetuta dello stesso elemento va a sviscerarne i dettagli

e a rappresentare quei particolari che risulterebbero superflui da un'osservazione rapida e non finalizzata alla rappresentazione delle qualità spaziali dell'edificio.

Il caso dei bagni della moschea dell'Alhambra è stata occasione per utilizzare il dato acquisito dal rilievo metrico digitale in due modalità di rappresentazione differenti: una finalizzata alla rappresentazione del dettaglio attraverso il disegno bidimensionale, la seconda alla sperimentazione della modellazione collaborativa digitale. Da un livello descrittivo più generale, per lo studio della relazione che intercorre tra il complesso monumentale dei bagni e l'intero sistema museale dell'Alhambra; ad un livello più specifico di dettaglio finalizzato allo studio e catalogazione dei singoli componenti architettonici degli ambienti dei bagni. Il modello HBIM è stato realizzato sfruttando la potenzialità del protocollo di cloud sharing di progetto.

Tale operazione ha previsto la strutturazione di un protocollo

Local Category	Element	ID	Quantity	Material / Description	Image / Photo	Reference	Dimension	Unit Price	Form / Photo
Wall	EW_1Wall	EW_1	100	Tronconi 20 x 10 cm Ceramic Tiles					Inventory Group
Wall	EW_2Wall	EW_2	100	Tronconi 20 x 10 cm Ceramic Tiles					Inventory Group
Wall	EW_3Wall	EW_3	100	Tronconi 20 x 10 cm Ceramic Tiles					Inventory Group
Furniture	FR_1Room	FR_1	100	Ceramic Tiles		Reference			Inventory Group
Floor	FL_1Floor	FL_1	100	Ceramic Tiles		Reference			Inventory Group
Cladding Typology A	CLM_A_1Cladding	CLM_A_1	100	Height 100 cm Ceramic Tiles		CLM_A	100		Inventory Group
Cladding Typology B	CLM_B_1Cladding	CLM_B_1	100	Height 100 cm Ceramic Tiles		CLM_B Area CLM_B Update	100		Inventory Group
Cladding Typology C	CLM_C	CLM_C	100	Height 100 cm Ceramic Tiles		CLM_C	100		Inventory Group
Cladding Typology D	CLM_D	CLM_D	100	Height 100 cm Ceramic Tiles		CLM_D	100		Inventory Group
Cladding Typology E	CLM_E	CLM_E	100	Height 100 cm Ceramic Tiles		CLM_E	100		Inventory Group
Door	DO_1Door	DO_1	100	Standard Italian Door Height 200 cm x 90 cm		Reference			Inventory Group
Wall	EW_1Floor	EW_1	100	Ceramic Tiles					Inventory Group

Fig.102 Per supportare le fasi di modellazione è stato condiviso tra gli utenti un file excel di compilazione dove censire gli elementi modellati per agevolare lo scambio informativo tra gli utenti, ogni modello è stato archiviato on cloud e linkato tramite link diretto per essere reso disponibile da tutti gli utenti coinvolti nelle fasi di modello.

di modellazione condiviso con tutti gli utenti coinvolti nell’azione di modellazione.

Nei protocolli di modellazione condivisa è buon uso, procedere secondo l’assegnazione di categorie di modello, avviene a secondo delle specificità del singolo operatore, così gli elementi di modello vengono caratterizzati secondo una scomposizione per categorie di elementi.

In questo caso, è stato preferito scomporre l’area dei bagni in 8 porzioni, ciascuna delle quali è stata assegnata sotto la responsabilità di un utente modellatore.

A seguito dell’assegnazione è stato strutturato un database di condivisione dei dati (Google Drive) e per l’impostazione di documenti di lavoro condiviso, e sono state definite le modalità di comunicazione tra gli utenti attraverso la piattaforma di messaggistica istantanea Microsoft Teams.

In secondo luogo è stato definito un codice alfanumerico per

Local Category	Element	ID	Quantity	Material / Description
Wall	EW_1Wall	EW_1	100	Tronconi 20 x 10 cm Ceramic Tiles
Wall	EW_2Wall	EW_2	100	Tronconi 20 x 10 cm Ceramic Tiles
Wall	EW_3Wall	EW_3	100	Tronconi 20 x 10 cm Ceramic Tiles

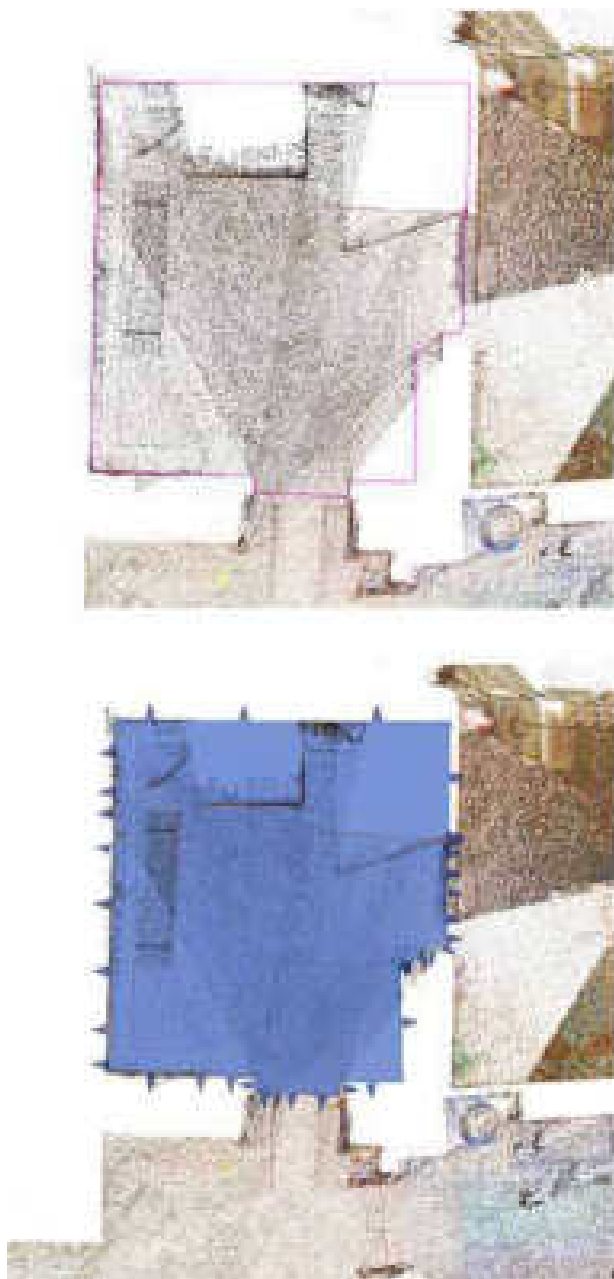
4 Definizione di un codice alfanumerico per indicare gli elementi



Fig.103 Per la classificazione degli elementi è stato utilizzato un codice alfanumerico che riporta in ordine le lettere chiave di descrizione dell’elemento, il numero, lo spessore o la tipologia e in alcuni casi come quello della pavimentazione il numero di stanza in cui è situata.



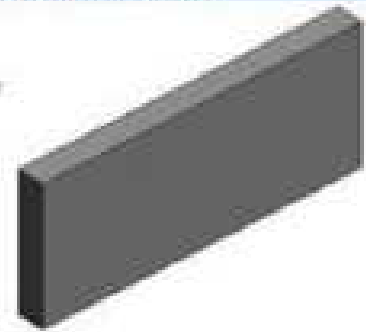
Fig.104 Anche nel caso del modello condiviso è stata importata all'interno del modello di condivisione centrale la nuvola di punti a supporto delle fasi di modellazione. A seguito l'impostazione dei livelli di riferimento, del nord reale e del nord di progetto.



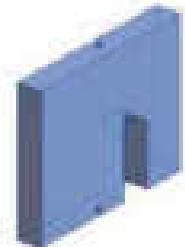
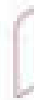
MODELLAZIONE DEI COMPONENTI

MURATURA CON I RELATIVI VUOTI

Categoria: Livello
 architettonico:
 Materiale: Mura
 Codice identificativo:
 EW_spessore
 IW_spessore
 MW_spessore



Vuoto porte / passaggi



Vuoto porte / passaggi



Vuoto porte / passaggi

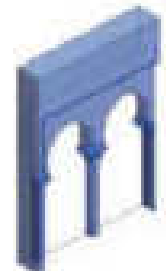


Fig.105 Le operazioni di modellazione degli elementi.

La sperimentazione di procedure di modellazione parametrica per i beni culturali.

Dal rilievo digitale al modello HBIM per la valorizzazione e gestione di alcuni esempi del patrimonio storico architettonico.

Anna Dell'Amico

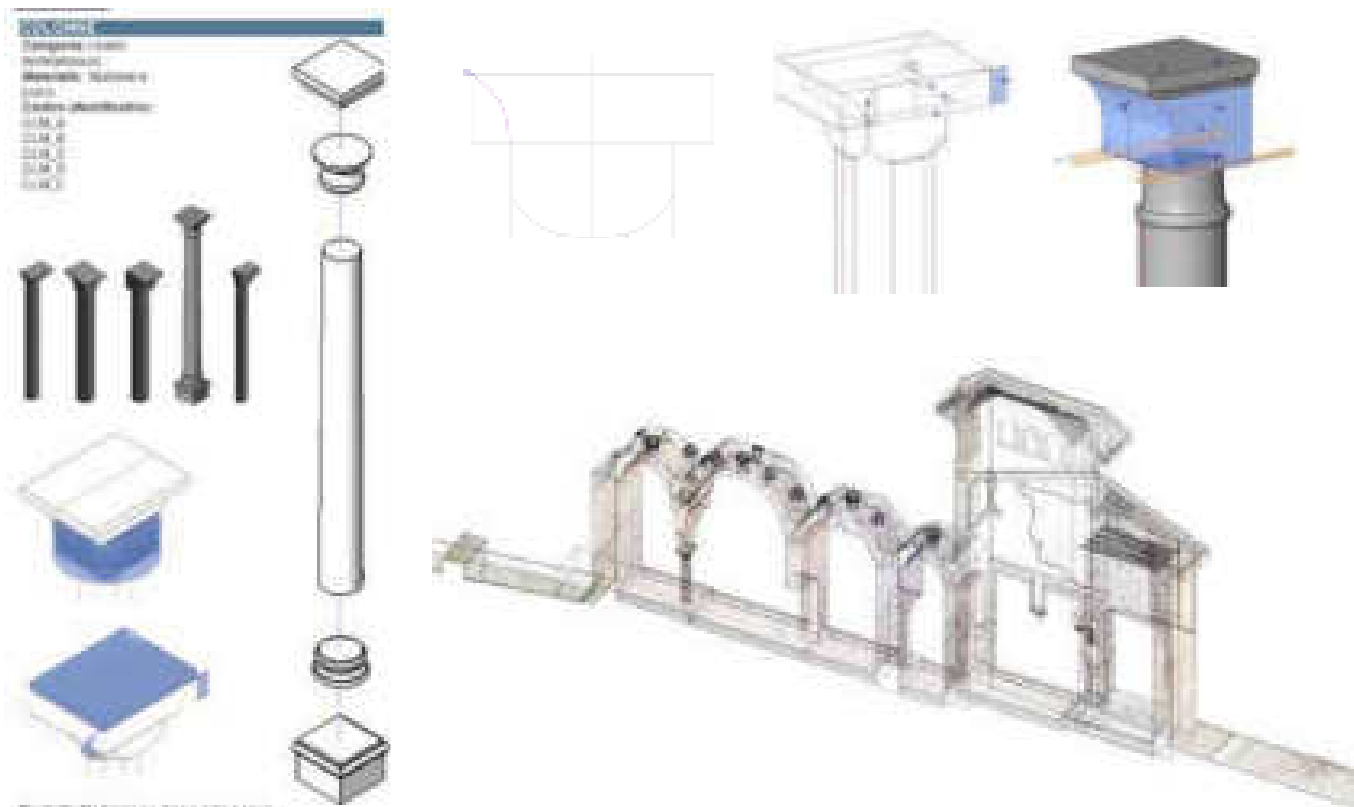
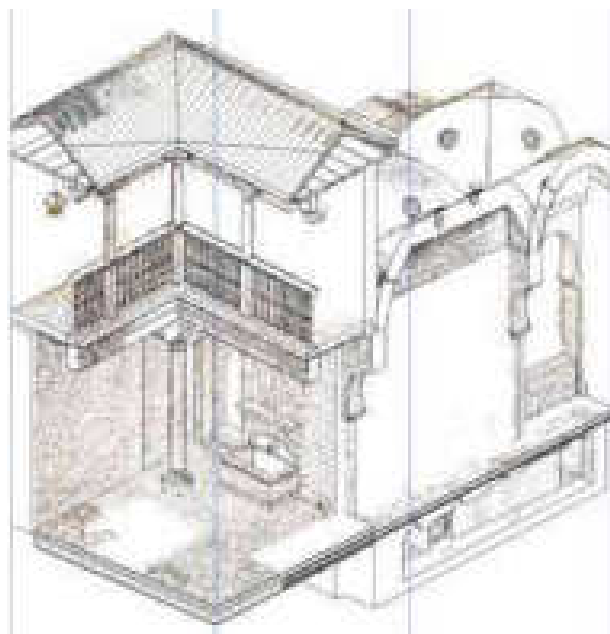


Diagramma di modellazione parametrica del capitello di un colonna
realizzata in AutoCAD 2010 in 3D.



Fotografia reale con fotogrammetria

Modellazione rivet



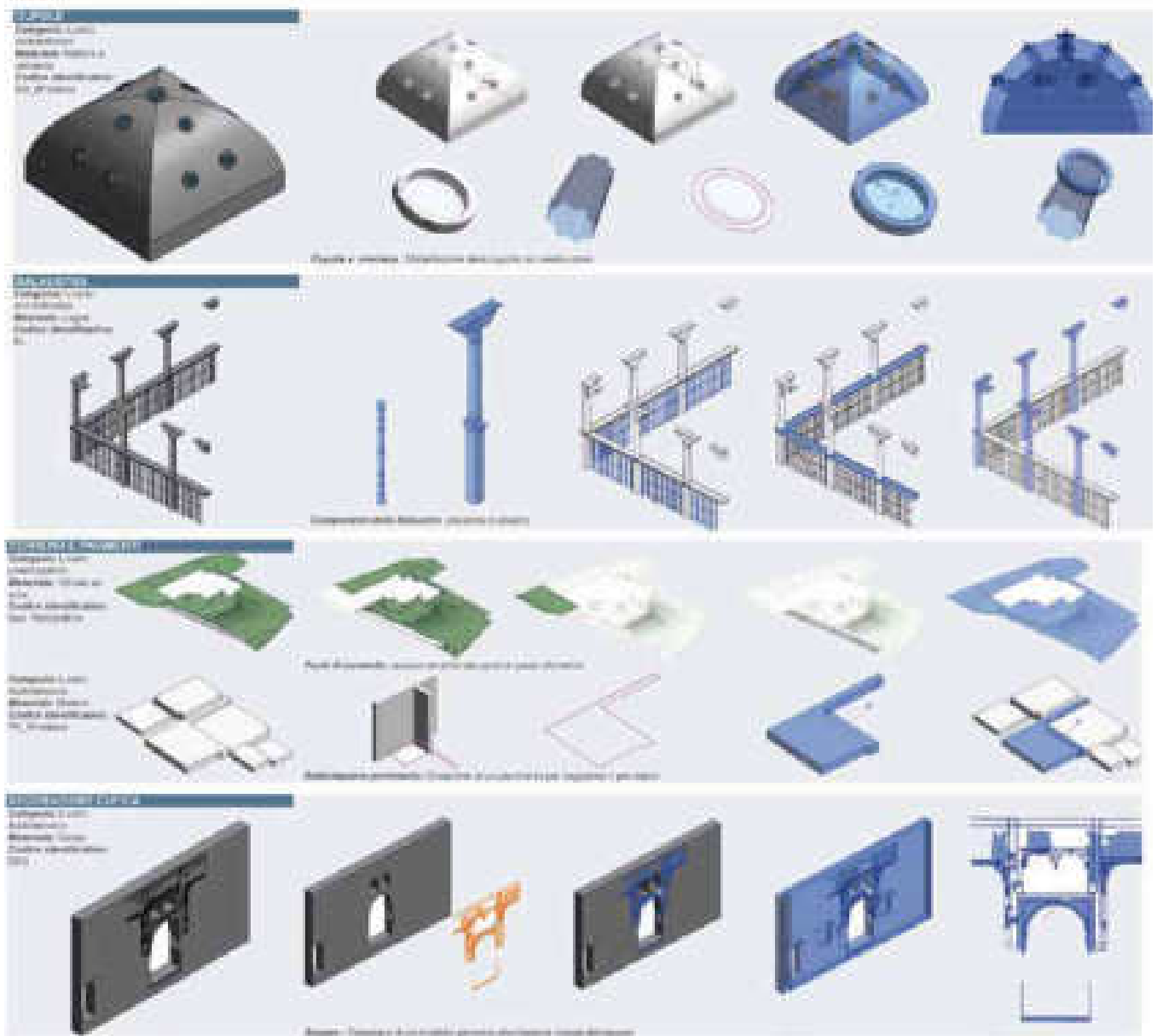


Fig.106 Pagina a fronte: Gli elementi complessi come i capitelli sulle colonne sono stati modellati cercando di rispettare la geometria del modello utilizzando la tecnica di sottrazione dei vuoti al corpo solido principale di modello. Durante le fasi di modellazione è stato tenuto conto della corrispondenza tra dato metrico del rilievo e nuvola di punti. In basso : il confronto tra la rappresentazione tridimensionale del dato della nuvola di punti, il disegno bidimensionale e il disegno modellato di una copertura sezionata.

Fig.107 La modellazione degli elementi ha seguito per ciascuna tipologia un modello di rappresentazione basato sul criterio di scomposizione degli elementi che compongono l'oggetto.

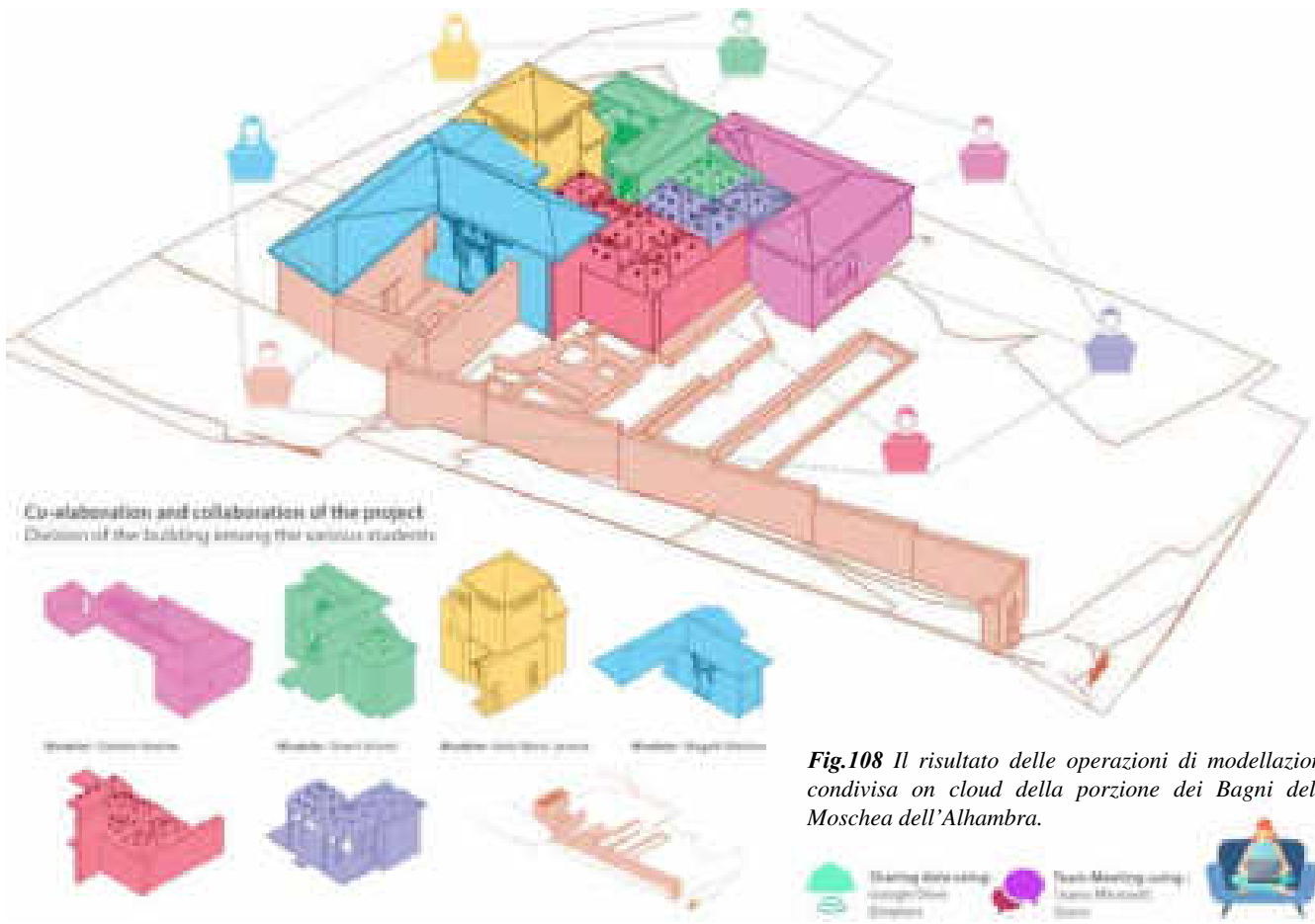


Fig.108 Il risultato delle operazioni di modellazione condivisa on cloud della porzione dei Bagni della Moschea dell'Alhambra.

da utilizzare per la nomenclatura degli elementi di modello. All'interno dello spazio di condivisione Google Drive è stato condiviso tra gli utenti un file excel di catalogazione e monitoraggio delle fasi di modello, in modo che ciascun utente potesse essere aggiornato, su gli elementi realizzati e le loro caratteristiche.

All'interno del file sono stati indicati: il livello di appartenenza della categoria dell'elemento AR (architettonico), LS (Paesaggio), la tipologia di elemento, il codice di nomenclatura, il livello di dettaglio, i parametri modificabili se esistenti, un immagine descrittiva dell'oggetto, il nome del file, il tipo di estensione, la posizione nel folder di condivisione ed infine il nome del modellatore che si è occupato della realizzazione dell'oggetto.

Dopo la strutturazione della logistica e del coordinamento tra gli utenti è stato impostato un file di modello condiviso detto in gergo "modello Centrale", salvato sulla piattaforma

drive cloud (Dropbox), questo con la finalità di simulare in ambito di ricerca accademica le metodologie di condivisione informativa durante le fasi di costruzione del modello. Mentre il file centrale rimane salvato all'interno della cartella dropbox, ciascun utente ha creato sul proprio pc una copia di modello legata al file di sistema centrale.

Attraverso questo sistema l'utente non lavora mai all'interno del file di modello centrale ma sul salvataggio effettuato sul proprio personal computer e sincronizza il modello una volta ultimata la costruzione degli elementi. Utilizzando questa modalità di costruzione, è risultato fondamentale strutturare un archivio condiviso drive strutturando l'archiviazione dei dati e degli oggetti di modello attraverso un glossario dei termini condiviso. La comunicazione e la linearità dei flussi di scambio informativo all'interno degli spazi di condivisione sono elemento necessario per le attività di coordinamento di un gruppo di lavoro.

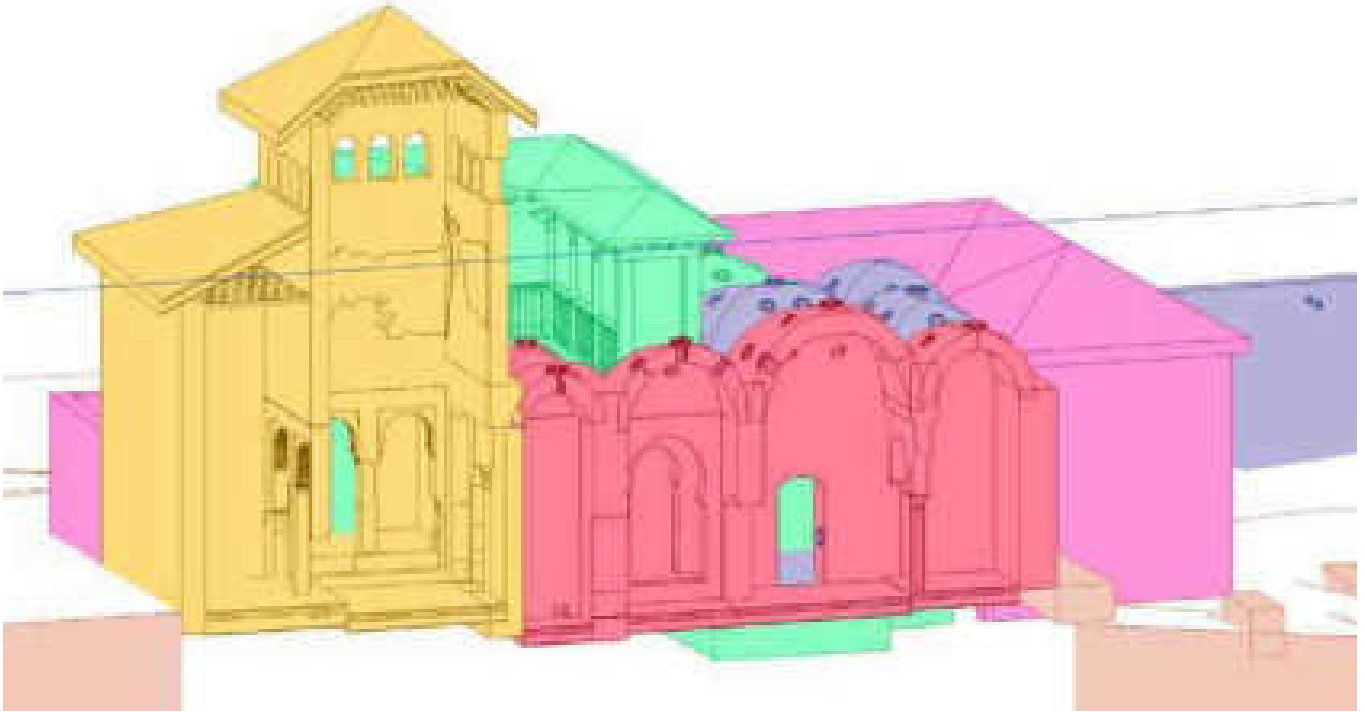


Fig.109 Vista del modello risultato delle operazioni di modellazione condivisa on cloud, ad ogni colore corrisponde ad uno specifico workset di modello identificato nella figura del modellatore responsabile.

La condivisione del dato tramite piattaforme sia di sharing che di building ha permesso una continuità e un monitoraggio continuo del lavoro e dell’attività di ricerca e di didattica del Laboratorio. All’interno del modello è stata predisposta la base metrica del rilievo attraverso l’importazione della nuvola di punti, e il dwg della planimetria di riferimento. Per evitare la modifica degli elementi da parte degli utenti non proprietari delle porzioni sono stati impostati dei *workset* di modello per ciascun utente. Attraverso l’uso dei *workset* di sistema la modifica ad un *workset* non proprietario è vincolata se non previa richiesta “del permesso di modifica” degli elementi, da parte dell’utente interessato. In questo caso è stata mantenuta la scomposizione in *workset*, in base agli utenti coinvolti, assegnando a ciascuno il nome del relativo proprietario.

Nell’impostazione visuale del modello attraverso l’applicazione del filtro *workset*, il modello si colora in

corrispondenza delle porzioni assegnate.

Se da un lato tale strumento si presta ad essere efficace, come strumento di modellazione collaborativa, dall’altro ha evidenziato criticità diffuse di sistema che hanno spesso minato il buon esito delle operazioni di strutturazione del modello.

La maggior criticità riscontrata sta nel limite di condivisione causato dall’utilizzo di un sistema di cloud sharing parzialmente free (sotto un limite di GB), in fase di sincronizzazione la procedura non è controllata da nessun sistema di analisi delle operazioni di upload, è stato dunque necessario prestare estrema attenzione per evitare la sovrascrittura erronea del file di gestione centrale.

L’utente ogni volta che aveva la necessità di sincronizzare il modello centrale con le nuove modifiche, è stato chiamato ad accertarsi che nessuno degli altri utenti stesse aggiornando il file di sistema centrale.

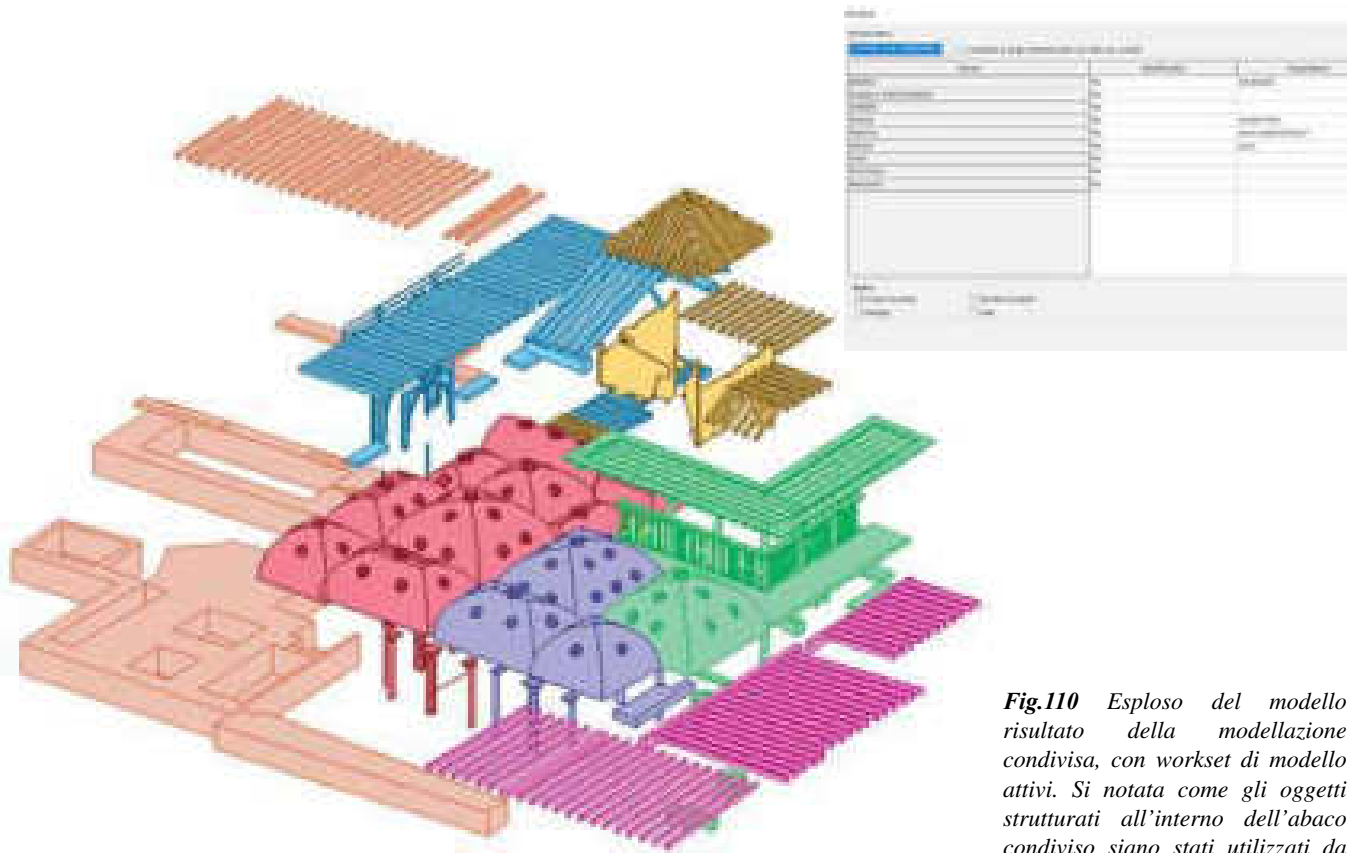


Fig.110 Esploso del modello risultato della modellazione condivisa, con workset di modello attivi. Si notata come gli oggetti strutturati all'interno dell'abaco condiviso siano stati utilizzati da utenti differenti.

Una sincronizzazione del modello simultanea avrebbe comportato la perdita dei nuovi oggetti di modello o da parte dell'uno o dell'altro utente.

Proprio al fine di ovviare al problema dell'instabilità di sincronizzazione ciascuna porzione dei bagni assegnata è stata prima modellata su un file separato dal modello centrale ed il modello condiviso è stato utilizzato per l'unione dei vari modelli realizzati in maniera sparata.

Le operazioni di unione dei diversi modelli non sono risultate avvenute tramite l'importazione degli elementi modellati secondo un criterio logico di analisi e scomposizione degli spazi, una volta inserite le diverse componenti è stato necessario lavorare sui muri in comune tra le diverse porzioni, tramite la scelta del muro rappresentato con maggiore aderenza al dato del rilievo metrico.

Stessa cosa è avvenuta per le falde contigue, pavimenti. e sistemi di collegamento verticale.

Nel modello, il sistema di decoro in gesso è stato trattato secondo due metodologie differenti. Nella rappresentazione della superficie muraria della facciata esterna è stato scelto un modello di rappresentazione di dettaglio estrudendo le basi.dwg dedotte dagli elaborati bidimensionali, nel secondo caso la descrizione del decoro è stata demandata attraverso un criterio di semplificazione delle forme e risparmio in termini di tempistica. Gli elementi di pregio sono in questo caso rappresentati come un semplice solido di superficie che descrive l'area di superficie ricoperta, e a questo sono state associate delle foto di dettaglio scattate attraverso l'uso di un drone. Attraverso il click sulla superficie è possibile visualizzare la scheda tecnica con allegate le foto.

Il protocollo di modellazione condivisa ha dall'altro lato confermato le potenzialità come strumento di gestione di modello a distanza, risultato efficace in particolar modo durante il periodo di chiusura dovuto alla pandemia

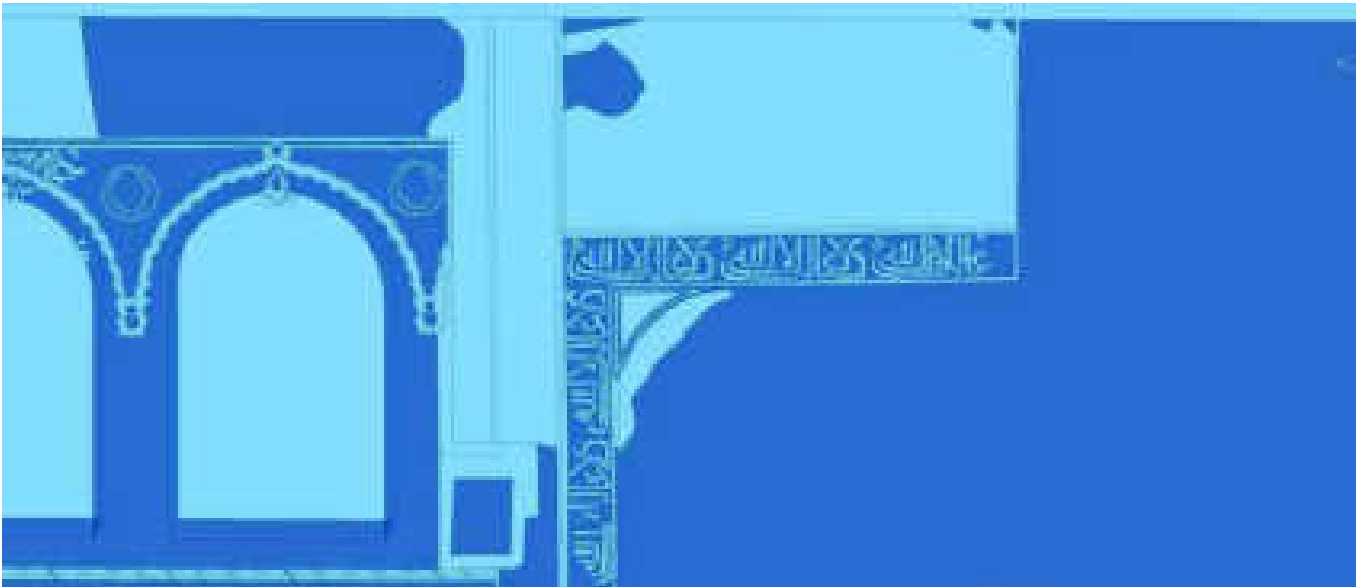


Fig.111 Il modello è stato qualificato prestando particolare attenzione ai caratteri distintivi dell’architettura araba. Inserendo tra gli elementi di modello anche i tratti dell’apparato decorativo che è carattere tipologico distintivo dell’architettura nasdride dell’Alhambra.



Fig.112 Il modello è stato qualificato con la componente informativa andando ad associare per ciascun oggetto, materiale fotografico e annotazioni sull’aspetto conservativo delle superfici murarie.



Fig.113 Viste di modello con attiva la nuvola di punti.

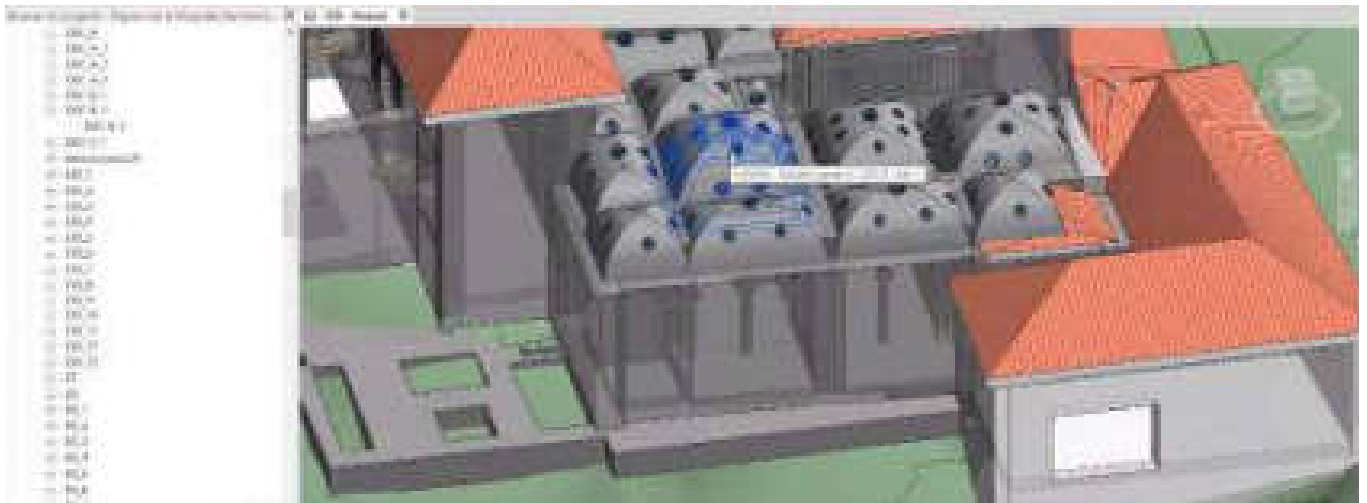


Fig.114 Se si naviga il modello cliccando sull'elemento è possibile individuare il proprietario, ovvero l'utente che ha modellato quel determinato elemento, nel caso della figura Hasan Ali.

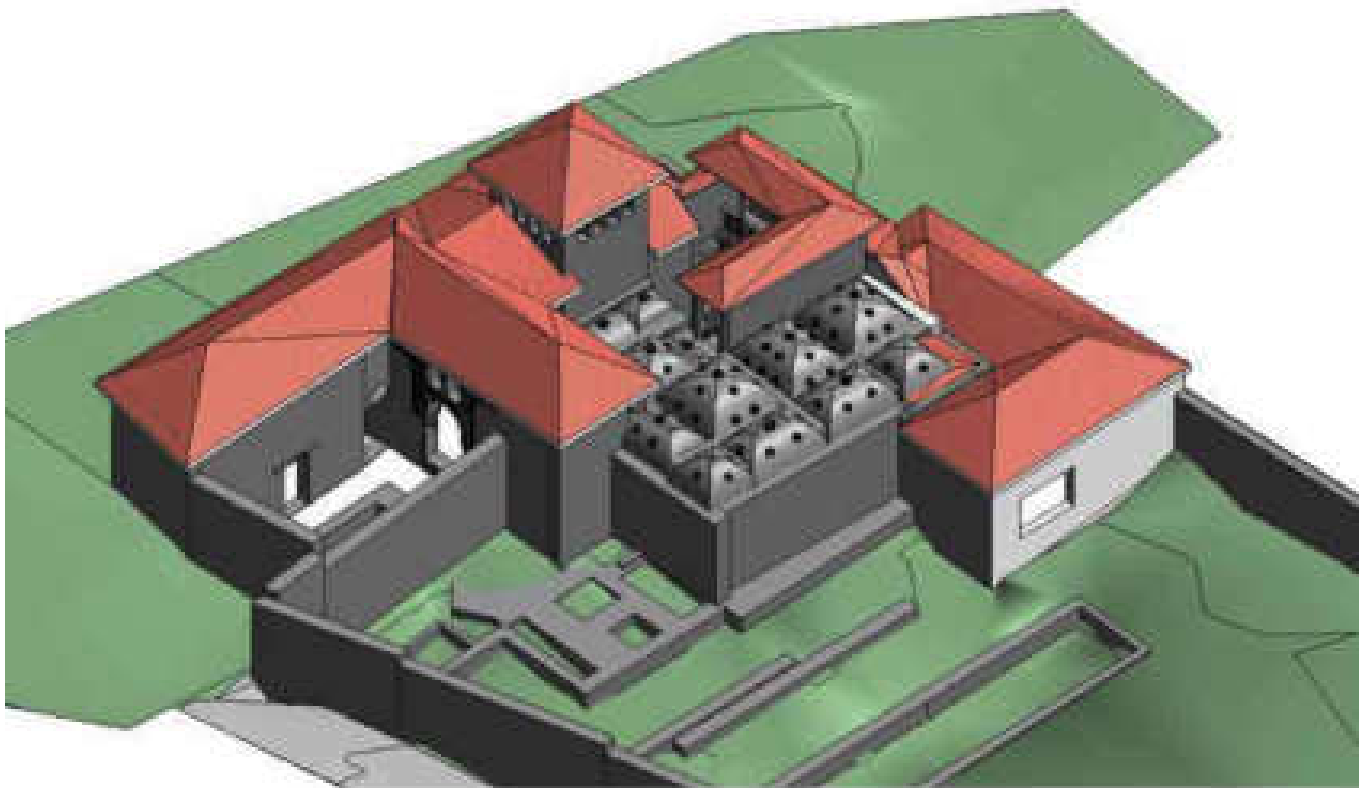
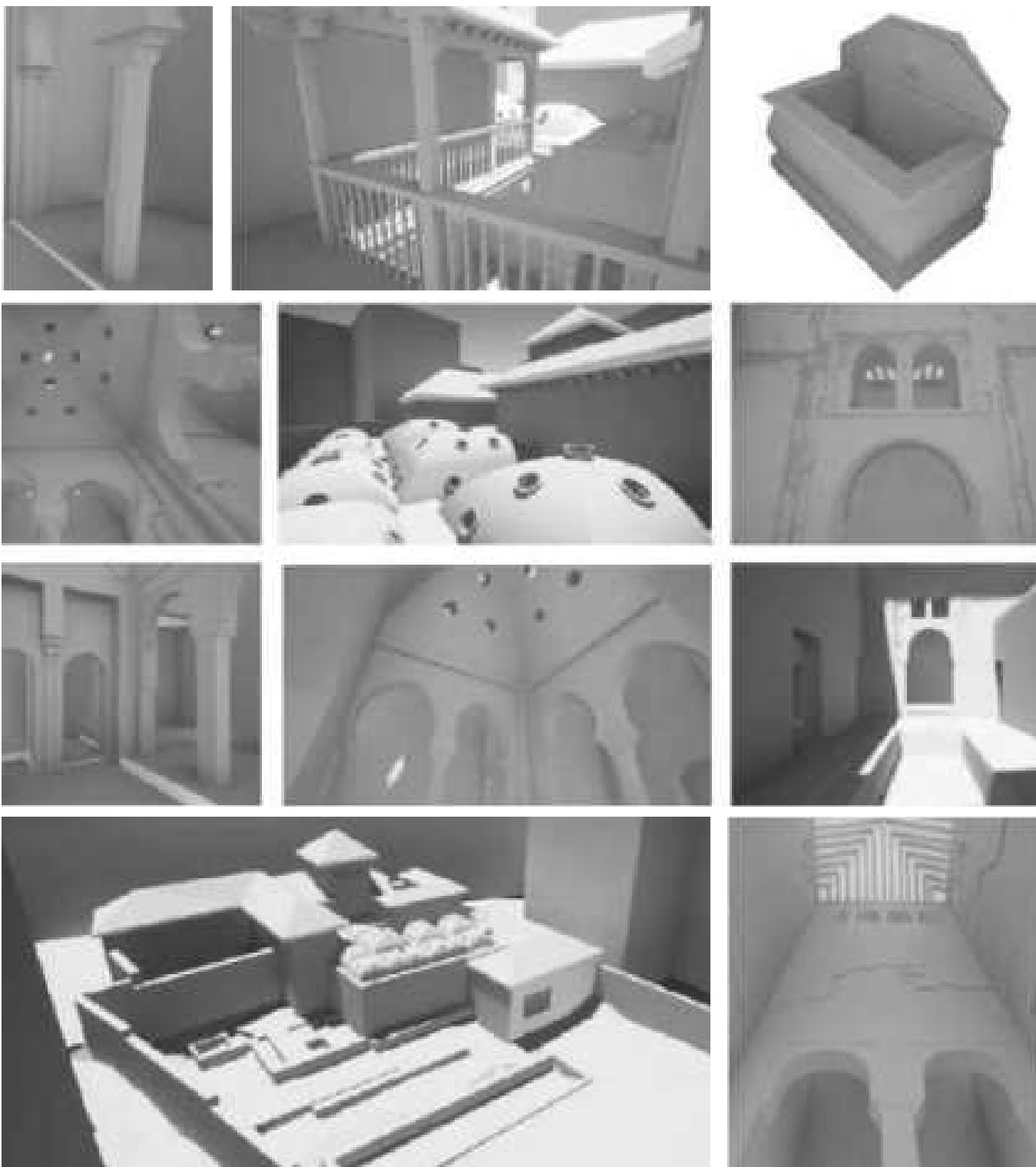


Fig.115 Vista di modello in ambiente Revit.

La sperimentazione di procedure di modellazione parametrica per i beni culturali.

Dal rilievo digitale al modello HBIM per la valorizzazione e gestione di alcuni esempi del patrimonio storico architettonico.

Anna Dell'Amico

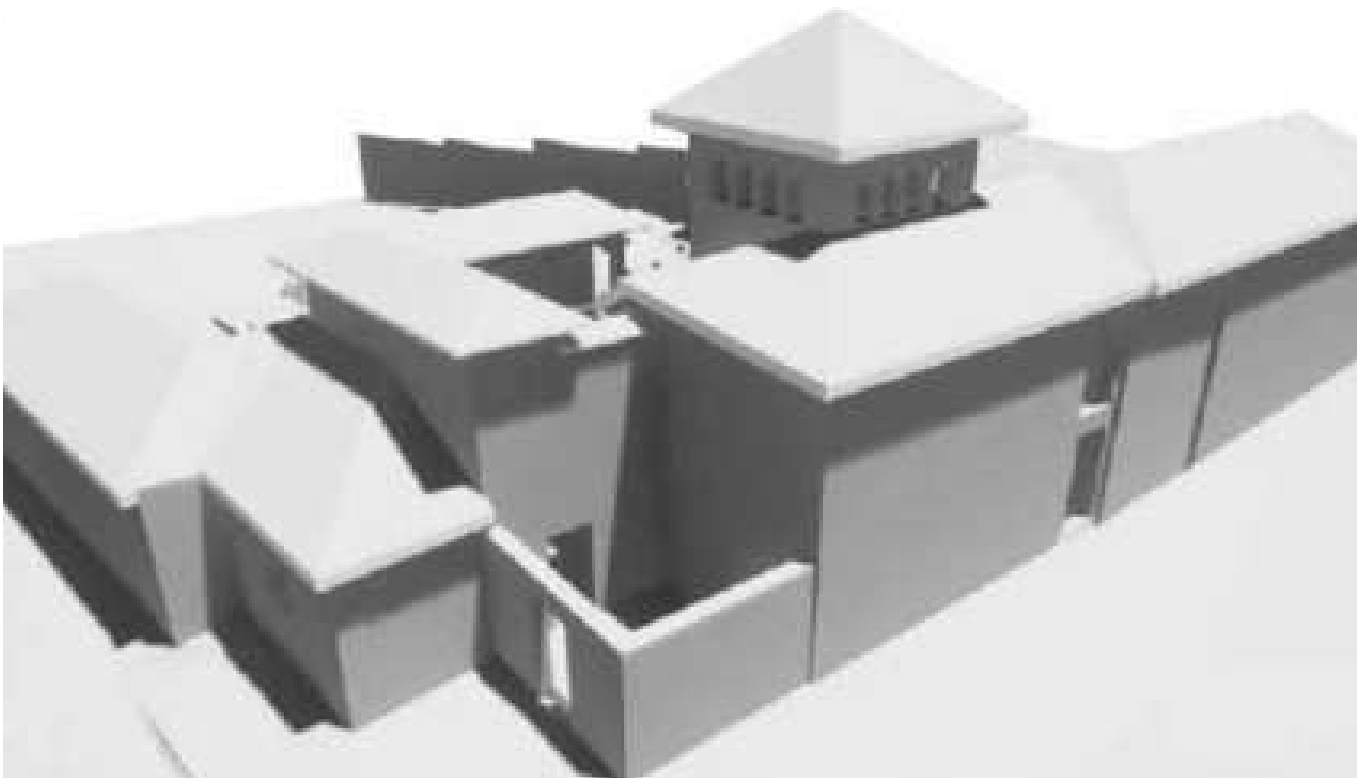


Covid-19 che ha visto la promozione e la diffusione in maniera esponenziale di metodi cloud sharing e lavoro smart a distanza, come misura cautelare per la prevenzione sociale.

In entrambi i casi è emersa la problematica relativa alla limitazione dovuta alle possibilità degli strumenti di

modellazioni proposti dalla piattaforma oltre all'assenza di standard di modellazione comune che possa rendere questi modelli, e le relative librerie di oggetti realizzati conformi e riutilizzabili in nuovi scenari di modello.

Fig.116 Il modello è stato importato all'interno del motore di renderizzazione Twinmotion tramite l'utilizzo di plugin diretto da Revit, non è stato texturizzato poi il lavoro di ricerca è stato finalizzato all'indagine sulla possibilità di strutturare una metodologia di lavoro condivisa. Alcune viste degli ambienti interni ed esterni del modello finale.



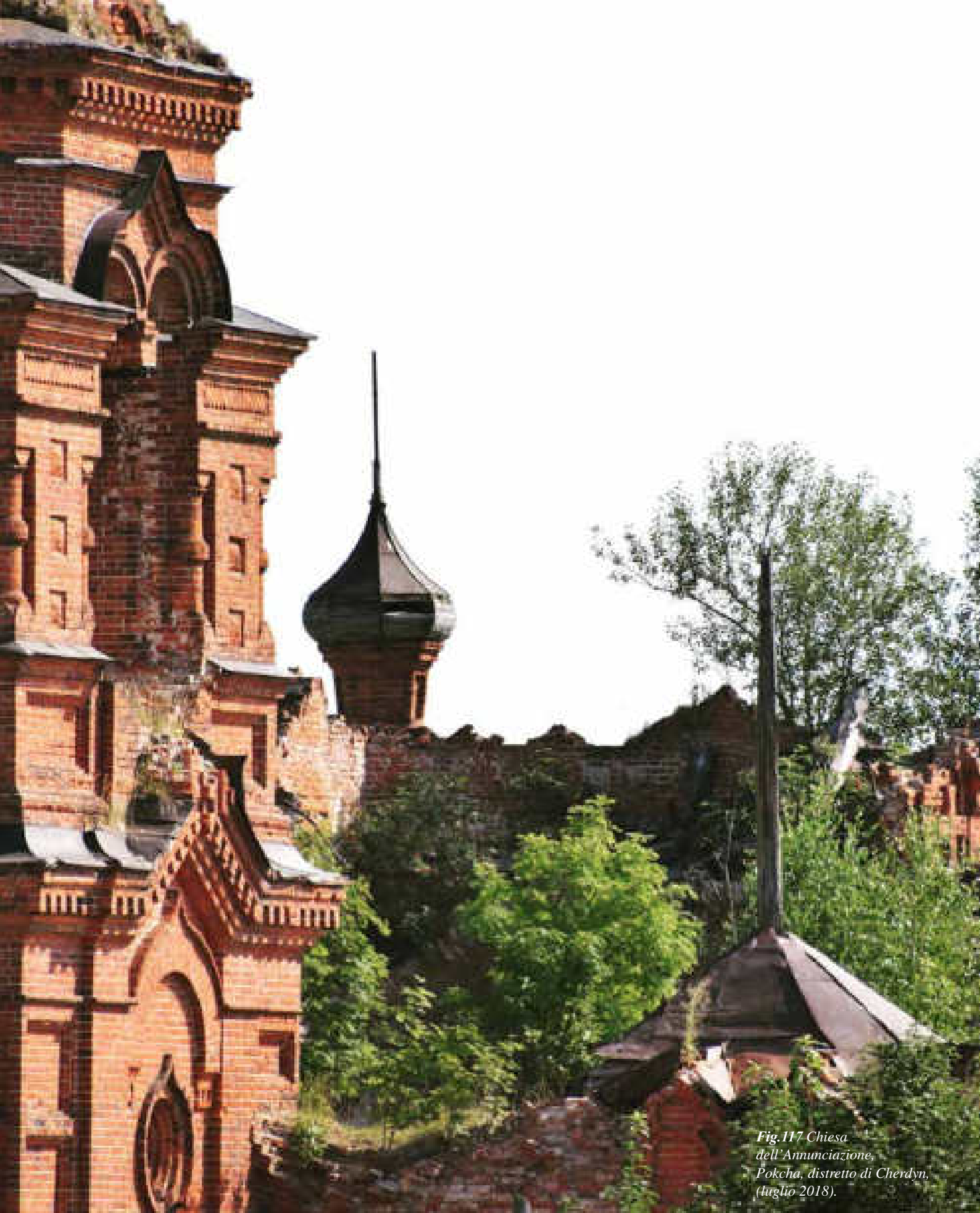


Fig. 117 Chiesa dell'Annunciazione, Pokcha, distretto di Cherdyn, (luglio 2018).

5.5 UN SISTEMA MULTISCALARE DALL'EDIFICIO AL TERRITORIO, PROMETHEUS H2020 E LE ROVINE DELL'UPPER KAMA IN RUSSIA

Lo studio delle connessioni tra patrimonio costruito e territorio si fonda sull'analisi dell'impronta culturale di reciproca influenza tra sito e rete paesaggistica di appartenenza⁴⁸.

I caratteri riscontrati sono al tempo stesso tangibili, materialmente rappresentati dalle testimonianze costruttive ed infrastrutturali, ed intangibili, nella memoria di tracciati e reti socioeconomiche non più esistenti ma ancora influenzanti la localizzazione di monumenti e rotte.

Tra flussi insediativi e stilistici improntati sulle connessioni 'di bacino', è riconosciuta con sempre maggiore enfasi una classificazione di immagini ed informazioni sul 'patrimonio diffuso'⁴⁹ generato dall'intreccio di crocevia geografici e culturali, dove la forma dell'intervento antropico sul paesaggio lascia ancora emergere una più profonda relazione tra siti e monumenti appartenente alla scala del territorio.

Il riconoscimento di reti estese di contaminazione tra tradizioni cosmopolite e territori locali, in particolare tra l'Europa e i continenti limitrofi, classifica scenari in grado di affermare e mantenere specifici caratteri identitari. La comprensione e strutturazione di tali caratteri si pone necessaria per operare una gestione e valorizzazione degli stessi, conformando il patrimonio locale tra memoria e pianificazione come specifico 'paesaggio culturale'⁵⁰.

Il riconoscimento delle 'rotte culturali'⁵¹, oggi al centro di programmi comunitari per la loro valorizzazione e gestione, ha sensibilizzato il patrimonio europeo condiviso sul dinamismo spaziale e temporale dei suoi 'bacini' architettonici, mettendo

in evidenza i fenomeni storici di scambio e dialogo tra popoli e regioni con i quadri contemporanei di pianificazione e gestione del territorio.

La continuità attraverso spazio e tempo diventa così la chiave di classificazione del Patrimonio Culturale lungo le Cultural Heritage Routes, definite come una categoria inclusiva tra patrimonio materiale e memoria territoriale in grado di comprendere valori tangibili ma dispersi dei processi insediativi.

Le qualità connettive testimoniate dai caratteri visuali e costruttivi dell'architettura e del luogo sono ricercate e classificate come valori parametrici di sintesi e comprensione della cultura territoriale, conformando dinamicamente i paesaggi culturali nel tempo.

Alla rappresentazione è affidato il riconoscimento di caratteristiche e valori di connessione tra siti fisicamente distanti ma culturalmente uniti, supportata da ordini spaziali, gerarchie e geometrie di forme a loro volta connesse in una diretta derivazione da tecnologie, materiali e stili come elementi tangibili di carattere fisico dei siti e di identificazione tipologica della rotta.

Pertanto, i confini geografici aiutano a visualizzare la Cultural Heritage Route, determinandone il percorso o lo sviluppo nel tempo, ma non possono contenerne il fenomeno culturale, assimilato dal metodo di conoscenza dei suoi caratteri ed esprimibile solamente con un processo di sintesi dei suoi contesti tipologici, quale quello operato attraverso il disegno. Il caso pilota dell'Upper Kama, già interessato da studi paesaggistici degli ultimi decenni⁵² e da un'esperienza di ricerca internazionale pluriennale sulla documentazione digitale di alcuni complessi storici⁵³, è stato individuato

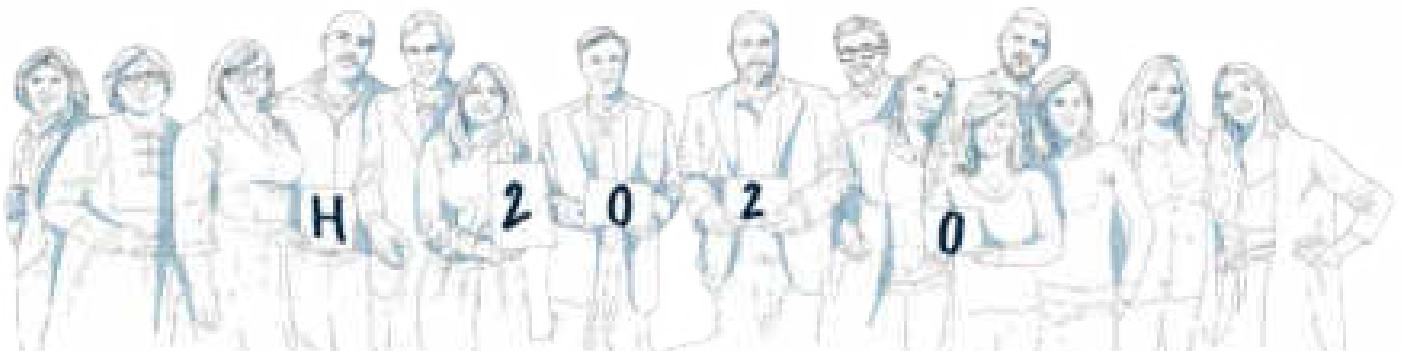


Fig. 118 Il progetto PROMETHEUS è finanziato dal programma UE Horizon 2020-R & I-RISE-Research & Innovation Staff Exchange Marie Skłodowska-Curie. Vede la collaborazione tra tre Università (Università degli studi di Pavia, Italia, Politecnico di Valencia, Spagna, Perm National Research Polytechnic University Perm National Polytechnic University Research, Russia) e due società (EBIME, Spagna, SISMA, Italia). Questo progetto ha ricevuto finanziamenti dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea nell'ambito del Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 82187.

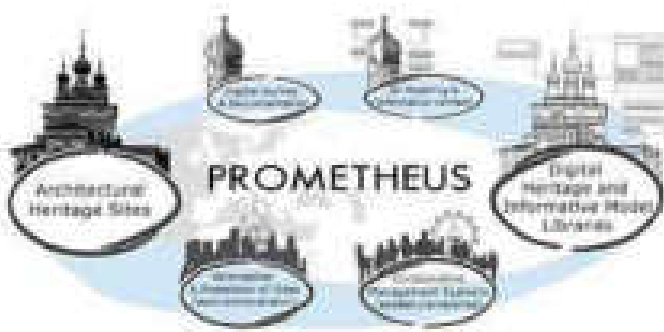
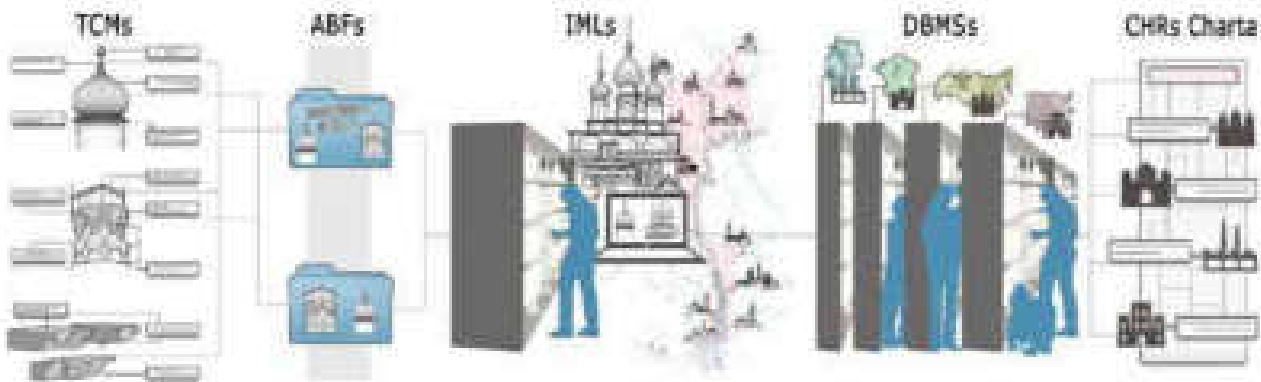


Fig.119 Quadro metodologico e d'azione del progetto H2020 RISE PROMETHEUS. Uno degli obiettivi del progetto PROMETHEUS è la creazione di mappe interattive a cui associare informazioni sui complessi monumentali religiosi.



COLLABORATION METHODOLOGY



RESEARCH PHASES



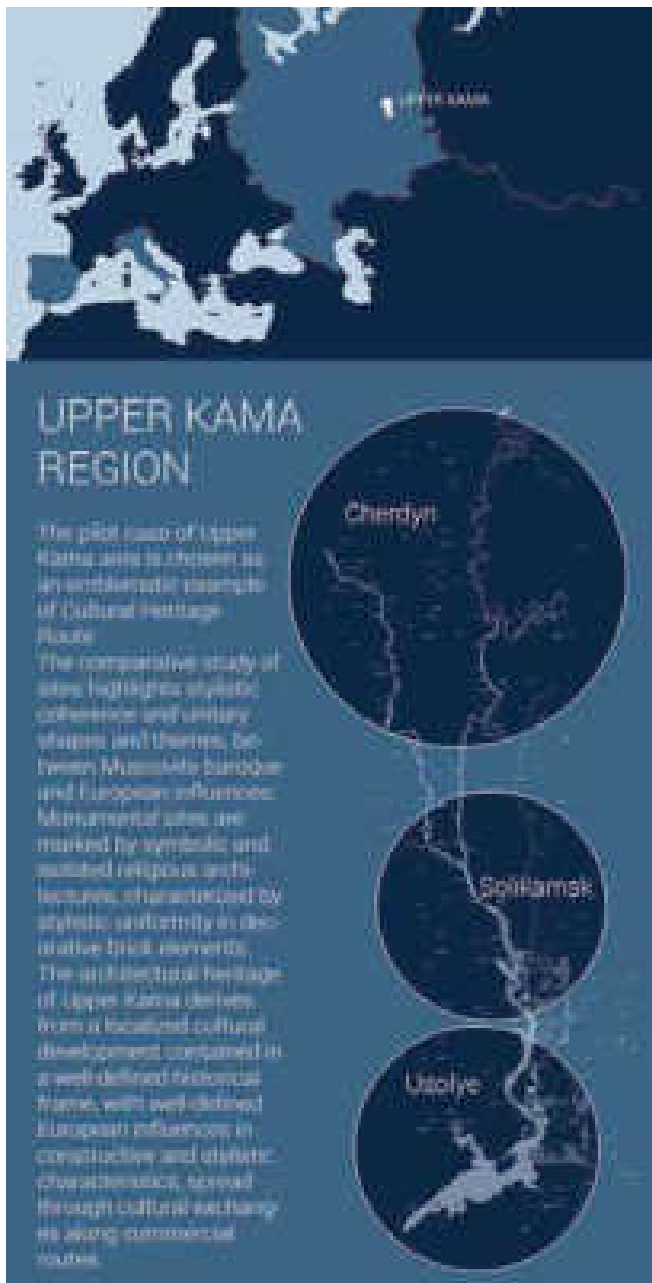


Fig.120 Il caso pilota scelto dal progetto si trova nella Regione del Perm Krai, (Upper Kama) Il mercato del sale, che dall'Europa raggiunge gli Urali per commerciare con la Cina, portò alla diffusione di numerosi centri urbani ed all'impronta dispersiva degli appartenenti siti monumentali, associati ai distretti di Solikamsk (1430), Cherdyn (1535) e Usolye (1606) e tutt'oggi assegnati ad una frammentata amministrazione territoriale convogliata al controllo centrale del Perm Krai.

come emblematica Cultural Heritage Route di convivenza tra architetture monumentali e criticità territoriali diffuse, riflettendo l'impronta stilistica e formale della cultura europea oltre i suoi confini politici. In tali termini, i suoi siti raccolgono un catalogo di caratteri architettonici, varietà stilistiche, soluzioni costruttive ed una molteplicità di materiali da costruzione, con relative patologie di degrado e conservazione, tali da caratterizzare l'identità del suo bacino e del corrispondente paesaggio culturale.

La regione dell'Upper Kama, sviluppata attorno al bacino del fiume Kama, si estende a nord del Krai di Perm per circa 7.000 kmq, a ovest dei monti Urali nella Russia europea. Le risorse minerarie e il ruolo di crocevia commerciale del periodo imperiale hanno portato l'Upper Kama ad un intenso sviluppo culturale ed architettonico tra il XV secolo, con i primi insediamenti industriali, e il XVIII secolo, fino al rapido declino con la Rivoluzione russa di ottobre (1917).

La scoperta delle saline locali da parte di famiglie mercantili, come gli Stroganov o i Golitsyns, ha decretato lo sviluppo di insediamenti urbani caratterizzati da monumentali complessi ortodossi, chiese, torri campanarie e cappelle familiari, richiamando architetti ed artisti continentali a definire un nuovo e dominante profilo architettonico nel paesaggio fluviale. Il mercato del sale, che dall'Europa raggiunge gli Urali per commerciare con la Cina, portò alla diffusione di numerosi centri urbani ed all'impronta dispersiva degli appartenenti siti monumentali, associati ai distretti di Solikamsk (1430), Cherdyn (1535) e Usolye (1606) e tutt'oggi assegnati ad una frammentata amministrazione territoriale convogliata al controllo centrale del Perm Krai⁵⁴.

L'impronta insediativa, più stabilizzata dalle esigenze commerciali rispetto ai villaggi della campagna russa, ha determinato un fenomeno culturale di trasformazione dalla tipica architettura lineare a soluzioni costruttive in muratura di laterizio e pietra, congiuntamente a temi stilistici unitari di forma e decoro derivati dal barocco moscovita e dalle influenze europee. I siti dell'Upper Kama sono caratterizzati da architetture religiose monumentali e spesso isolate, originariamente appartenenti a complessi più estesi di carattere cerimoniale o dedicati al pellegrinaggio verso reliquie. Tale aspetto ha influenzato la configurazione morfologica delle fabbriche, con il progetto di planimetrie a più navate suddivise tra corpi architettonici quali il nartece, con torre campanaria, il vestibolo e il corpo principale, con blocchi murari di aggregazione in corrispondenza di cappelle laterali ed espansioni. La configurazione dei complessi prevedeva anche un affiancamento del monumento principale con



Fig.121 In primo luogo è stato fatto un censimento dei i monumenti diffusi nel territorio dei tre distretti attraverso controlli su mappe satellitari e sopralluoghi diretti. Sono stati individuati: 34 monumenti nel Distretto di Cherdyn, 26 nel Distretto di Solikamsk, e 20 nel Distretto di Usolye. Nell'idea di progettare delle rotte culturali, ad ogni monumento è stato associato un numero identificativo, ed è stato inserito in base alle rispettive coordinate geografiche su una mappa interattiva. Cliccando sul numero si potrà accedere alla scheda informativa del monumento, completa del modello 3D. Tale sistema è in fase di sviluppo all'interno del sito web del progetto. <https://prometheush2020.eu>



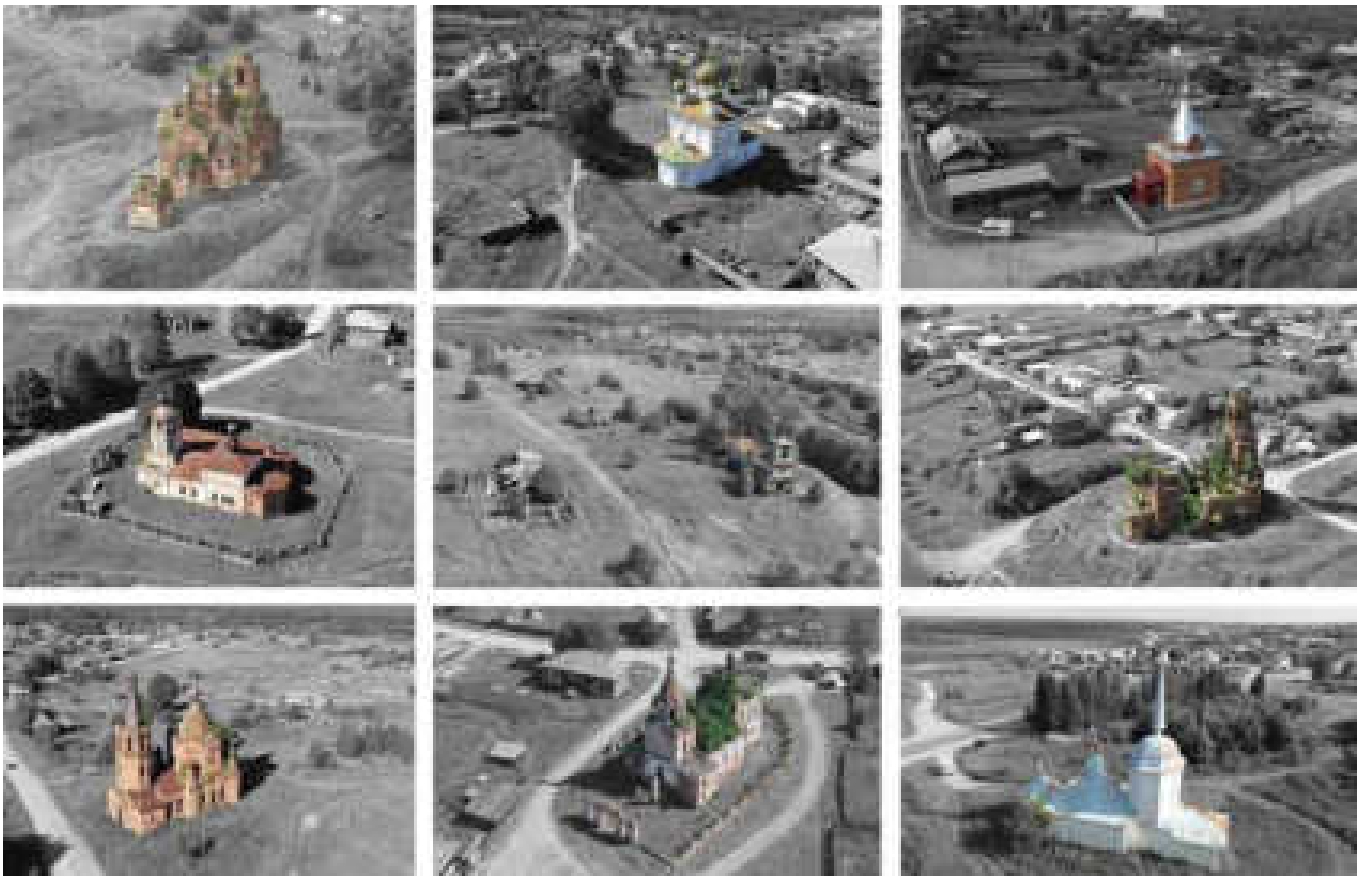


Fig.122 Alcuni dei siti monumentali dell'Upper Kama e relazione con il paesaggio: dall'alto da sinistra, Church of Saints Peter and Paul a Taman (1912), Church of St. Nicholas a Nyrob (1704), Chapel of Kazan Mother of God a Pokcha (1913), Church of Nativity a Iskor (1793), Church of St. Nicholas a Uzhginskay (1874), Church of Annunciation of the Blessed Virgin a Pokcha (1785), Church of Presentation of Blessed Virgin a Kamgort (1915), Church of the exaltation of the Holy Cross a Bondjug (1858), Church of All Saints a Cherdyn (1817).

un'eventuale chiesa invernale, a navata unica e più contenuta per permetterne il riscaldamento, e cappelle secondarie, cripte o mausolei a completamento del recinto religioso.

L'estensione dei complessi era inoltre legata al loro impatto sul paesaggio e sui flussi insediativi, spesso tale da relazionare il circostante impianto di sviluppo dei corrispondenti centri urbani.

Con il periodo sovietico, la richiesta di conversione del territorio a fini infrastrutturali e di produzione energetica o alimentare⁵⁵ ha definito un decadimento del ruolo esercitato da tali siti nel bacino culturale dell'Upper Kama. Il conseguente stravolgimento degli impianti costruttivi, forzatamente adeguati alle nuove esigenze, ha finito con il decretarne un prevalente abbandono, fino alle condizioni di rovina e collasso.

Per meglio comprendere il sistema territoriale del Perm Krai, è doveroso il riferimento alle politiche territoriali di gestione governativa dei beni culturali.

Le definizioni delle convenzioni europee (1995, 1985) hanno ritrovato il loro riscontro nella Legge Federale Russa.

La Legge va a definire le fonti di finanziamento, promozione e protezione governativa dei beni del patrimonio culturale.

Nel caso in cui l'esecuzione di lavori siano finalizzati alla conservazione del patrimonio, vengono stipulati i benefici.

Fatta eccezione per quella federale, sono presenti legge di regolamentazione del Perm Kray e diversi regolamenti e istituzioni come le autorità di controllo, Ispesioni regionali dello Stato e il Ministero della Cultura.

Oggi, quasi ogni regione ha le sue leggi speciali.

Le amministrazioni regionali possono approvare programmi

Anna Dell'Amico

Fig.123 Church
of St. Peter and Paul,
Taman (Usolye District).

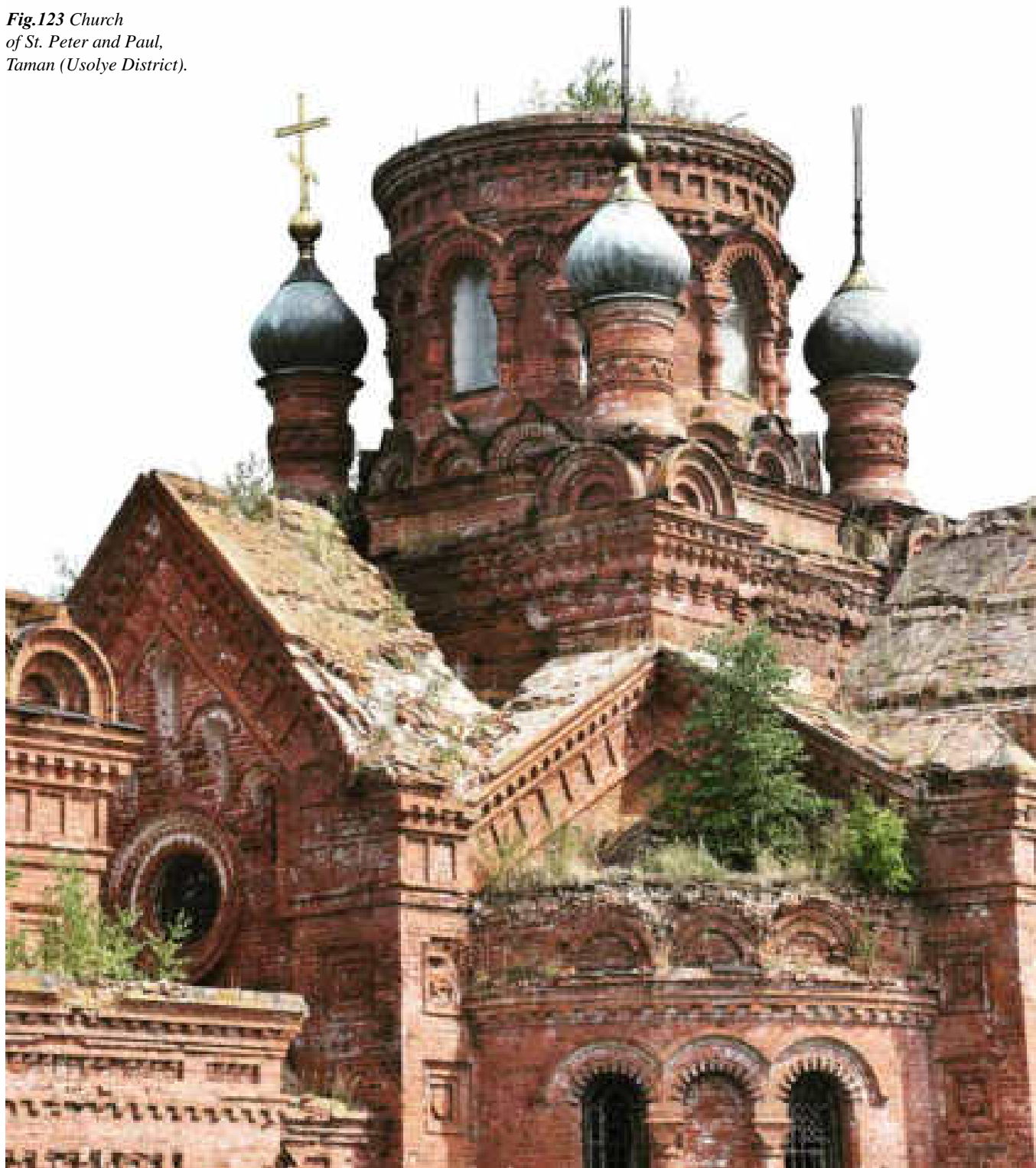




Fig.124 La chiesa di St. Peter and Paul a Taman in relazione con il contesto paesaggistico. Analizzando lo schema progettuale di tali tipologie di edifici ritroviamo la ripetizione di uno schema architettonico, riscontrabile in quasi tutti i casi analizzati. L'area in cui è stato costruito il monumento, attorno a questa è individuata una fascia di rispetto una buffer zone in cui è vietata la costruzione di nuovi edifici, al termine della buffer si individuano zone destinate alla costruzione edilizia e zone di salvaguardia del paesaggio naturale.

finanziari statali finalizzati alla conservazione, uso, promozione e protezione governativa dell'OCH.

La legge ha definito tre tipi di oggetti del patrimonio culturale: monumento, insieme e sito (luogo di interesse).

Il criterio della loro attribuzione all'una o all'altra categoria è il suo valore storico-architettonico.

Tutti gli oggetti sono suddivisi in tre categorie in base alla loro importanza: Federale, Regionale e Locale.

Il territorio dell'OCH è il territorio occupato con l'oggetto dato e ad esso connesso in aspetti storici o funzionali.

La principale fonte di informazioni sul patrimonio è The STATE Register (*kadastr*). Gli strumenti di gestione legacy nella legislazione sono due: registrazione nel Catasto (registro) e zonizzazione. Non appena un monumento è incluso nel registro, ha una zona protetta.

Sono state definite tre zone di protezione del monumento:

- zone di paesaggi naturali regolamentati;

- zone di conservazione (buffer zone);

- zone di sviluppo residenziale regolamentato.

La determinazione delle zone avviene in due modi ed è collegata all'esistenza di un Progetto avviato dalle autorità locali per la definizione delle zone di protezione. Se un oggetto del patrimonio culturale non ha un progetto approvato, ma è incluso nel registro, la zona di protezione è stabilita semplicemente dalla legge federale.

I limiti delle zone di protezione sono segnalati obbligatoriamente sulle mappe urbanistiche e vengono presi in considerazione al momento dell'elaborazione dei parametri urbanistici di sviluppo.

Le problematiche di conservazione, fruizione e tutela statale del patrimonio connesse all'uso del suolo e all'urbanistica sono disciplinate dal Codice dell'Architettura della RF (di seguito - AC RF).

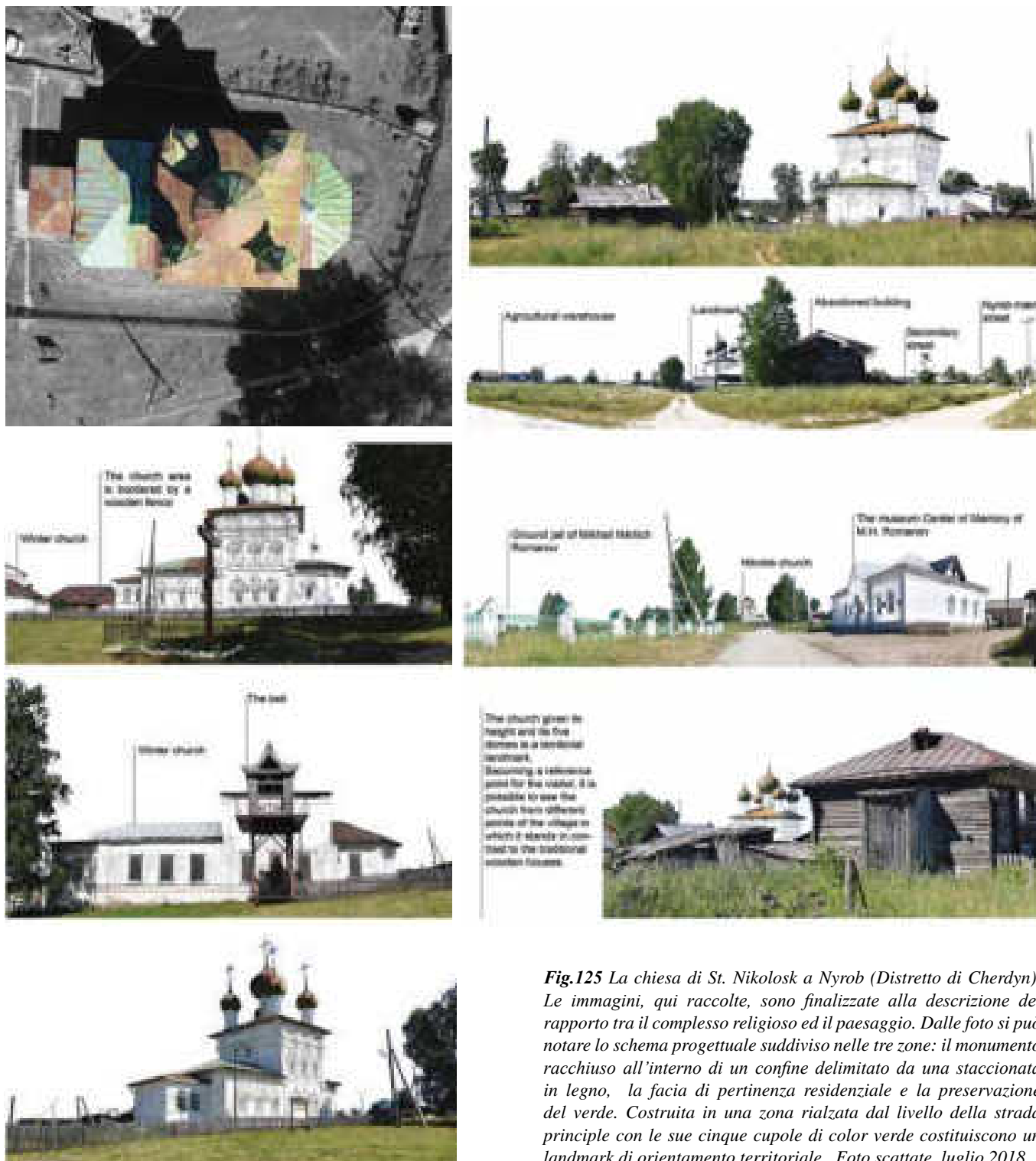


Fig.125 La chiesa di St. Nikolosk a Nyrob (Distretto di Cherdyn). Le immagini, qui raccolte, sono finalizzate alla descrizione del rapporto tra il complesso religioso ed il paesaggio. Dalle foto si può notare lo schema progettuale suddiviso nelle tre zone: il monumento racchiuso all'interno di un confine delimitato da una staccionata in legno, la fascia di pertinenza residenziale e la preservazione del verde. Costruita in una zona rialzata dal livello della strada principale con le sue cinque cupole di color verde costituiscono un landmark di orientamento territoriale. Foto scattate, luglio 2018.

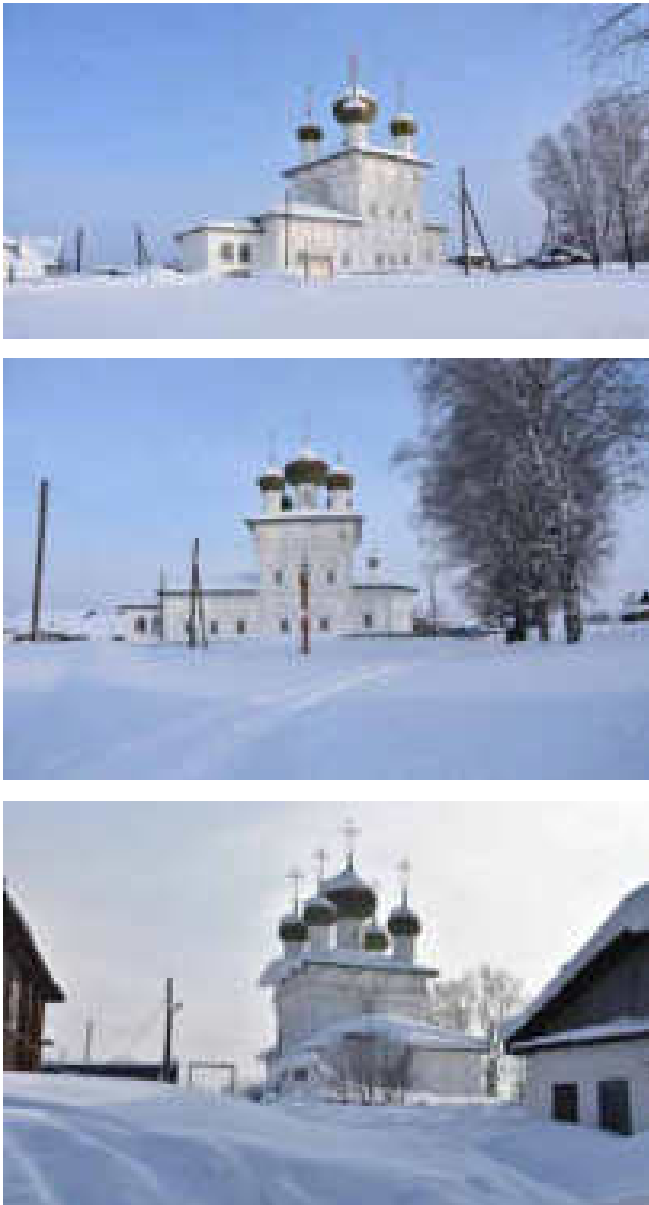


Fig.126 È durante l’inverno che si ha la percezione delle motivazioni che si celano dietro alle scelte costruttive dello stile architettonico Russo. Sottoposte a grandi carichi di neve, le chiese devono resistere alla rigidità climatica delle abbondanti nevicate. Le foto sono state scattate a marzo 2019, dopo otto mesi dal primo sopralluogo, riportato nella pagina a fronte. Dalle foto si nota come la neve celi quei simboli di orientamento che invece risultano ben visibili durante la stagione estiva, si perde la traccia della strada, del limite della staccionata, coprendo le case quasi al livello del tetto.

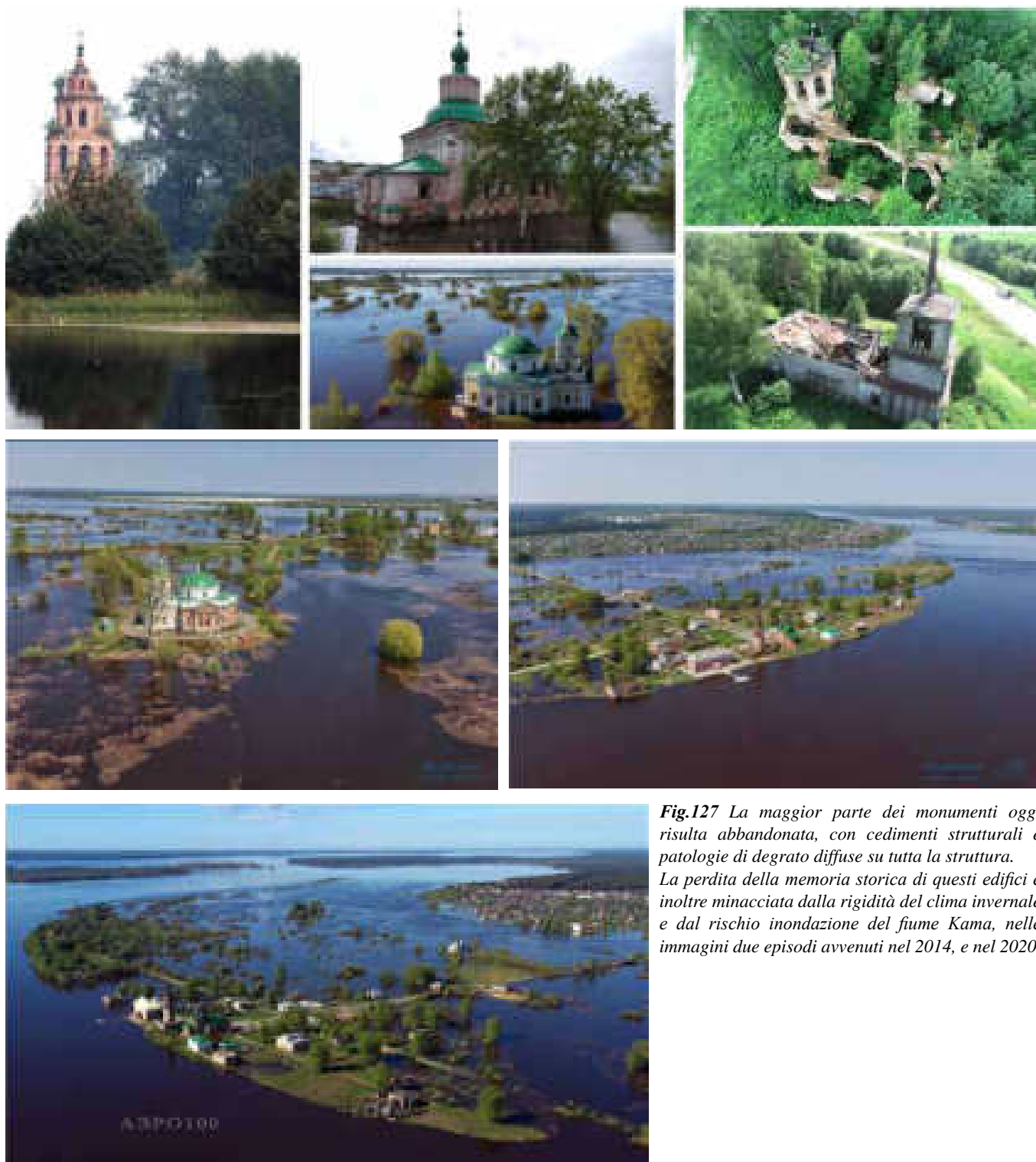


Fig.127 La maggior parte dei monumenti oggi risulta abbandonata, con cedimenti strutturali e patologie di degrato diffuse su tutta la struttura. La perdita della memoria storica di questi edifici è inoltre minacciata dalla rigidità del clima invernale e dal rischio inondazione del fiume Kama, nelle immagini due episodi avvenuti nel 2014, e nel 2020.

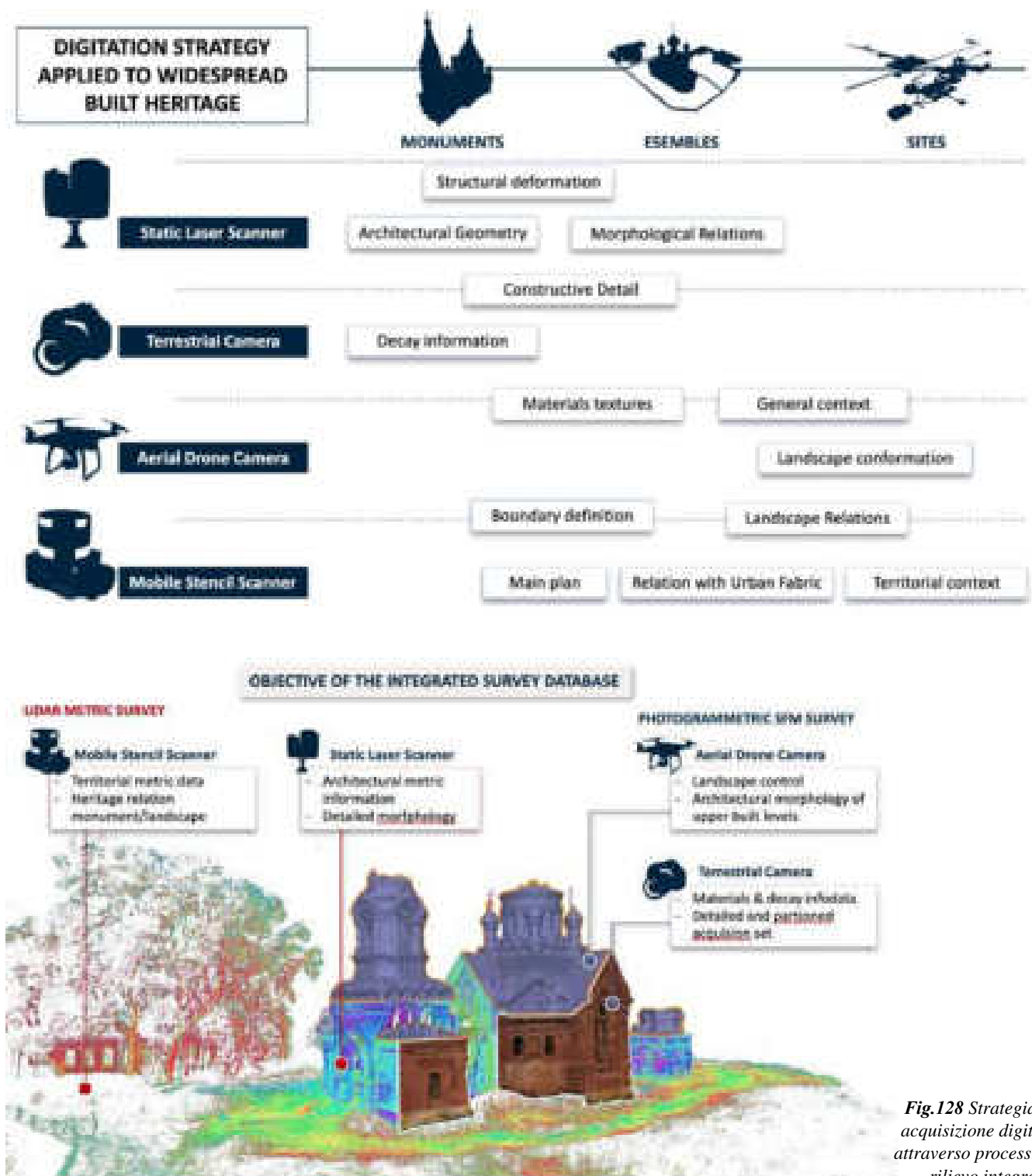


Fig.128 Strategia di acquisizione digitale attraverso processi di rilievo integrato.



Fig.129 Livelli di scomposizione dall'analisi territoriale allo studio del singolo monumento.

Secondo il Codice dell'Architettura, l'urbanistica qualifica la tutela del patrimonio come uno dei principi cardine dell'attività architettonica. Questa politica è integrata nella politica spaziale dei territori.

A fronte di tale contesto, l'azione di ricerca del progetto europeo H2020-RISE-PROMETHEUS è mossa a sviluppare un protocollo di documentazione e rappresentazione per le Cultural Heritage Route partendo dall'Upper Kama come caso pilota di elaborazione di un archivio di librerie di moduli e modelli architettonici rilevati nel bacino.

La digitalizzazione, archiviazione e gestione delle informazioni sui siti è avanzata attraverso una rappresentazione orientata all'unificazione dei linguaggi grafici, verso processi di riapplicazione ed interazione dei dati fino alla gestione collaborativa delle unità costruttive per l'implementazione alla scala territoriale.

Nell'immagine odierna dei monumenti dell'Upper Kama

i segni del tempo appaiono come una caratteristica forte e identificativa, per quanto questi comportino un lento deperimento delle strutture che convergerà inevitabilmente nella scomparsa del patrimonio. Mentre nelle città, l'insieme caotico dei flussi ha rimescolato le tipologie architettoniche creando nuove mescolanze ed ibridazioni, nei villaggi l'immagine del luogo rimane incontaminata. In entrambi i casi rimane chiaro il fulcro identitario che trova la sua immagine nell'architettura religiosa ortodossa, la quale mantiene la sua individualità come luogo centrale di aggregazione e simbolo identificativo all'interno di nuove espansioni territoriali. Individuato nella struttura della chiesa il carattere distintivo del luogo, il progetto ha sviluppato una prima analisi per la definizione di un protocollo di rappresentazione che permettesse di descrivere e lasciare inalterata nella memoria storica l'immagine del territorio dell'Upper Kama, restituendo attraverso la rappresentazione grafica la connessione che

intercorre tra territorio, città e architettura religiosa.

Tali connessioni vanno a definire un patrimonio diffuso, isolato all'interno delle singole realtà territoriali.

L'immagine del luogo è rappresentata a seguito di un processo di sintesi della memoria percettiva che compie il soggetto osservante l'atto che Simmel definirebbe come *Stimmung*⁵⁶, la rielaborazione delle immagini seriali che il soggetto registra osservando un determinato spazio fisico filtrando autonomamente i dati, condizionato dalle proprie esperienze, disegna all'interno della sua memoria una rappresentazione di un'immagine sintetica.

William Brumfield⁵⁷ come storico e fotografo fu uno dei pochi a studiare e documentare l'architettura vernacolare di questa regione creando un catalogo fotografico che potesse in qualche modo fermare in una diapositiva il ricordo dell'immagine storica. E' attraversando le campagne che ritrova negli edifici abbandonati i caratteri distintivi dell'eredità rimanente dell'architettura russa, dove lungo le strade rurali si ritrovano le visioni originali del costruttore. Racconta i luoghi e i paesaggi delle provincie russe attraverso l'inquadratura l'uso fotocamera medio formato Bronica o con una Nikon FE, motiva nei suoi scritti che una era usata per il bianco e nero e per inquadrare l'immagine del paesaggio e l'altra per descriverne il colore del decoro delle chiese tardo medioevali.

Le immagini diventano, così, delle forme documentali di natura soggettiva in grado di illustrare una riflessione critica della realtà non un muto ritratto di *lines et coloribus*, ma un intreccio risultato di un'azione di osservazioni e analisi condotte sul terreno, che consentono di distinguere quei caratteri tipologici che caratterizzano la dimensione verticale ed orizzontale del territorio.

Per la preservazione dell'immagine storico culturale del luogo appare necessaria l'individuazione e la definizione di quei elementi propri del sistema naturale e del sistema antropico che vanno a caratterizzarlo preservandone le sue peculiarità. L'analisi paesaggistica di un ampio territorio come l'area coperta dai tre distretti, oggetto del progetto, è stata fondata su percorso di conoscenza mirato all'individuazione di quei segni distinguibili all'interno del territorio volti a definire delle gerarchie definite tra macro e micro strutture territoriali. Attraverso la definizione di una grammatica di rappresentazione che permetta di descrivere e lasciare una traccia della lettura dell'immagine come memoria storica del territorio dell'Upper Kama, restituendo attraverso la rappresentazione grafica i rapporti di connessione che intercorrono tra territorio, città e luoghi di culto.



Fig.130 Classificazione preliminare degli Object of Cultural Heritage (OCH) per la gestione territoriale della Cultural Heritage Route dell'Upper Kama: Monumento (Monument), Complesso (Ensemble) e Sito (Site) definiscono livelli di interazione e sviluppo di descrittori architettonici, paesaggistici ed infrastrutturali per l'analisi dei poli monumentali dell'Upper Kama.

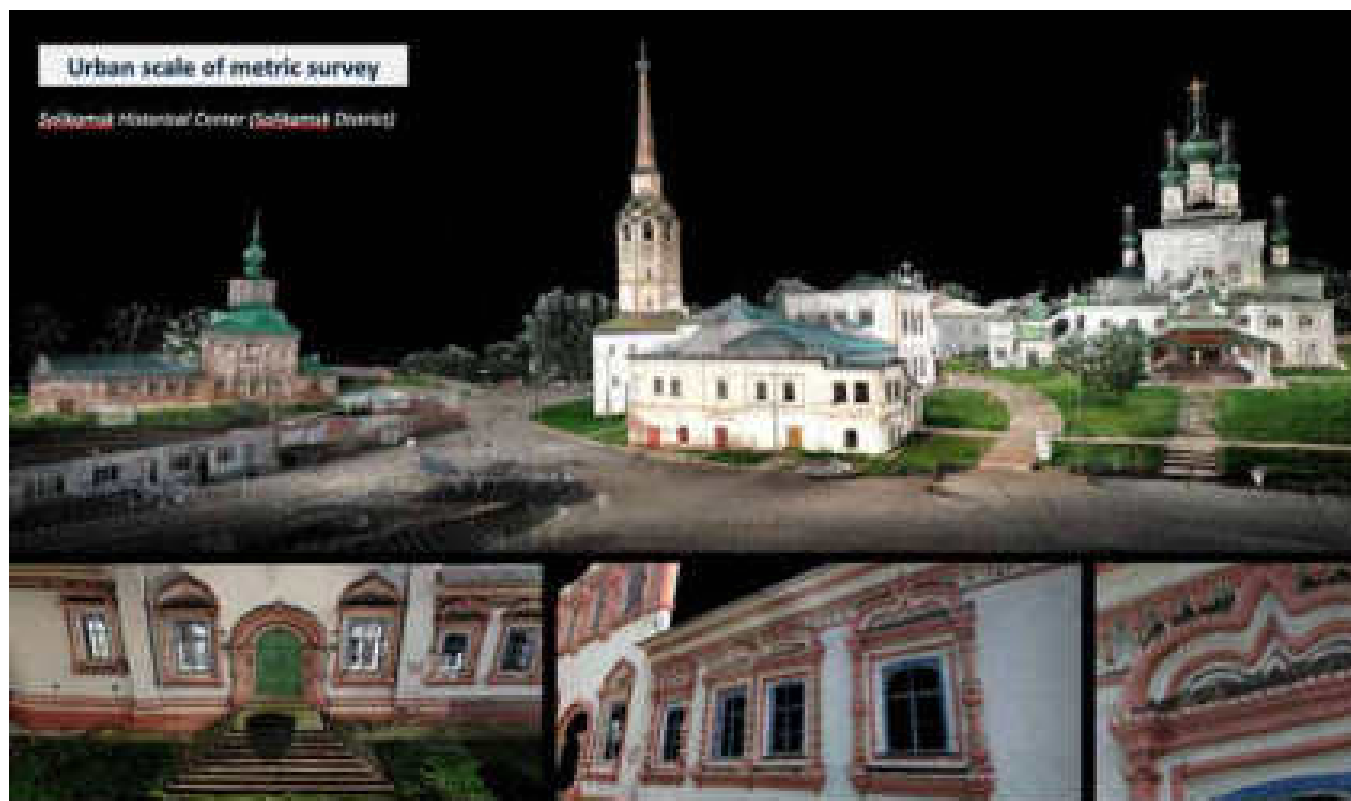


Fig.131 Database riunificato del centro storico di Solikamsk: la referenziazione dei monumenti e delle rotte di collegamento permette una migliore comprensione delle qualità di pianificazione e servizio del sistema territoriale, ma richiama moli estese di dati di complessa gestione e manipolazione per l'analisi.

A tal fine serve definire, come in un linguaggio, quelle regole grammaticali atte a descrivere il paesaggio attraverso l'individuazione della totalità degli elementi che direttamente o indirettamente influenzano la sua immagine⁵⁸.

La prima fase dell'indagine è stata mirata allo studio del rapporto che intercorre tra la rete delle chiese ortodosse presenti nella regione e i centri urbani che con il loro sviluppo hanno inglobato le strutture religiose, che sono così divenute punto focale della città.

Lo spazio è stato indagato a differenti livelli individuando all'interno del territorio dell'Upper Kama una specifica struttura composta da sistemi e sottosistemi.

L'analisi condotta ha individuato i connotati descrittori del territorio in una scala descrittiva che da un primo livello d'indagine a scala territoriale dell'immagine dei tre distretti fino a giungere al livello di studio del dettaglio dei diversi sistemi costruttivi e decorativi delle chiese ortodosse che

vanno a qualificare l'identità stessa del paesaggio. Il singolo edificio religioso diventa all'interno del nucleo urbano un carattere segnico determinante per l'immagine del luogo, nella struttura della chiesa, l'osservatore ritrova un punto di riferimento e sistema di orientamento territoriale funzionale il luogo viene letto e ricordato in base alla presenza o meno di una struttura religiosa, se presente questa inevitabilmente lo tipizza. Durante la lettura di tipo oggettivo del paesaggio sono stati individuati tutti gli elementi finiti che caratterizzano le molteplici dimensioni del sistema naturale e antropico: i confini amministrativi, le piantumazioni, la vegetazione spontanea, la rete dei percorsi, i fiumi, il sistema degli edifici costruiti e le diverse relazioni spaziali che intercorrono tra questi elementi. Tali elementi concorrono alla definizione dei limiti fisici, percettivi, oltre a limiti della visuale, che creano una discontinuità nella lettura del paesaggio.

I tre distretti, Cherdyn, Solikamsk e Usoleye sono stati

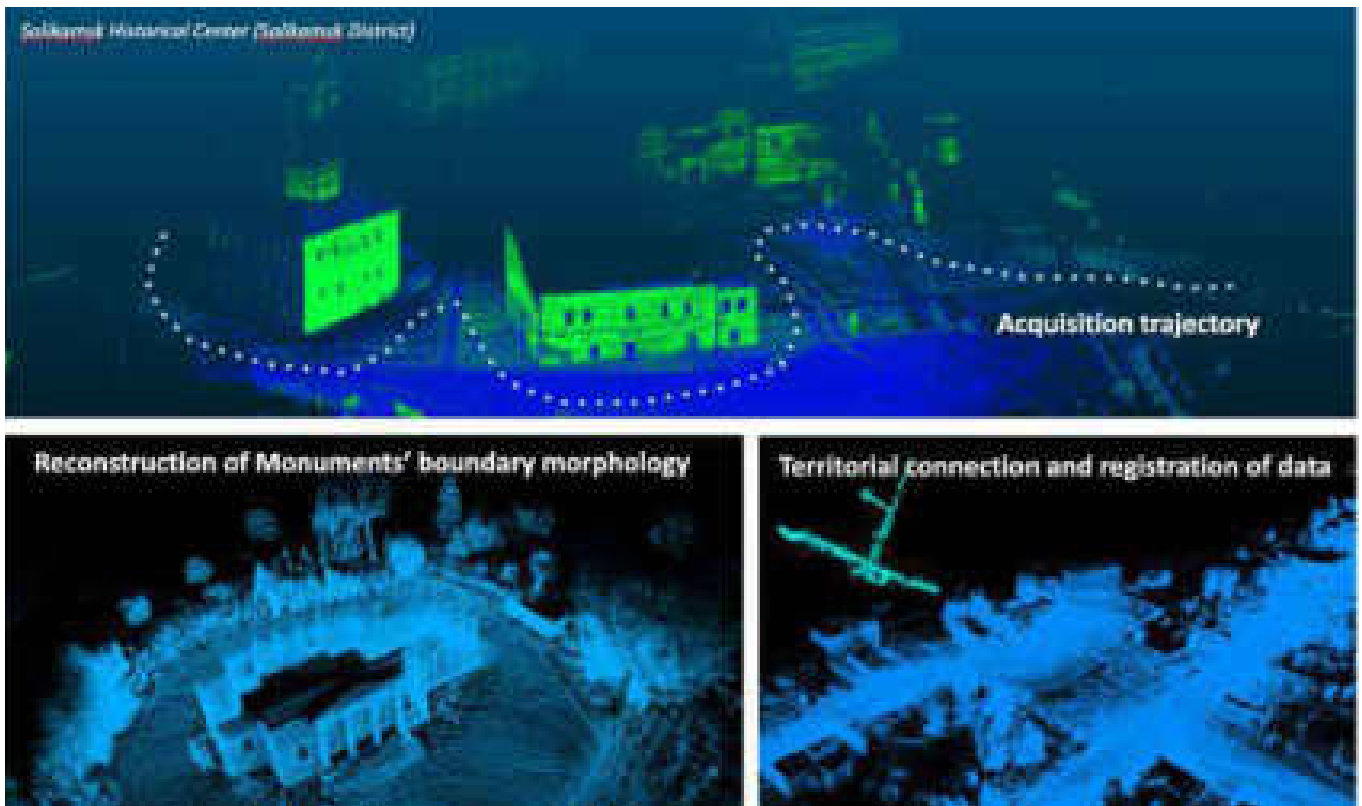


Fig.132 Strategie di rilevamento territoriale applicate alle Cultural Heritage Routes: rilevamento mobile tramite LiDAR KAARTA: il concetto di traiettoria di acquisizione e di autoreferenziazione nello spazio supporta la documentazione di sistemi estesi concentrando il rilievo sulla rotta di connessione oltre che sul monumento, contribuendo anche alla spedività delle operazioni sul campo.

analizzati partendo dall’individuazione dei reciproci limiti urbani all’interno dei quali sono stati individuati i luoghi di culto evidenziando, per ciascuno di essi, il rapporto ai termini di distanza dal centro cittadino. Per l’analisi del rapporto chiesa-sistema territorio è stata effettuata prima lungo i confini dello specifico distretto individuando le viste di pregio e i punti da cui si inizia ad avere la percezione della presenza della chiesa. Le chiese analizzate hanno infatti uno sviluppo verticale, teso alla ricerca del divino, là dove ancora integre è possibile osservare da diversi angoli del territorio i campanili e le tradizionali cupole a forma di cipolla che sovrastano la struttura della chiesa. Tali strutture verticali risultano dei landmark territoriali di fondamentale importanza per l’orientamento dell’osservatore che “perendosi” lungo i diversi percorsi ritrova nel punto noto un punto di riferimento su cui basare il proprio orientamento.

In secondo luogo sono stati analizzati i principali percorsi e

i punti di accesso al complesso religioso e i diversi servizi presenti lungo questi (fermate dell’autobus, punti di ristoro, musei, altri monumenti...), al fine di creare un catalogo dei diversi punti d’interesse e differenziare quei percorsi che risultano privilegiati rispetto ad altri. L’analisi è stata poi concentrata sull’area perimetrale che circonda la singola chiesa analizzando se la chiesa è protetta da recinzioni, da barriere vegetali o architettoniche, se è chiusa o ha il libero accesso, se intorno vi sono residenze o attività di altro tipo.

Per la rappresentazione dai dati di analisi è stato necessario definire i vettori di comunicazione e gli schemi funzionali per la rappresentazione dei dati raccolti sullo studio del paesaggio.

Il disegno e la fotografia sono risultati gli strumenti più idonei alla rappresentazione dell’immagine-paesaggio. In loco sono stati elaborati due tipologie di eidotipi di studio quelli volti alla descrizione della relazione che intercorre tra il singolo

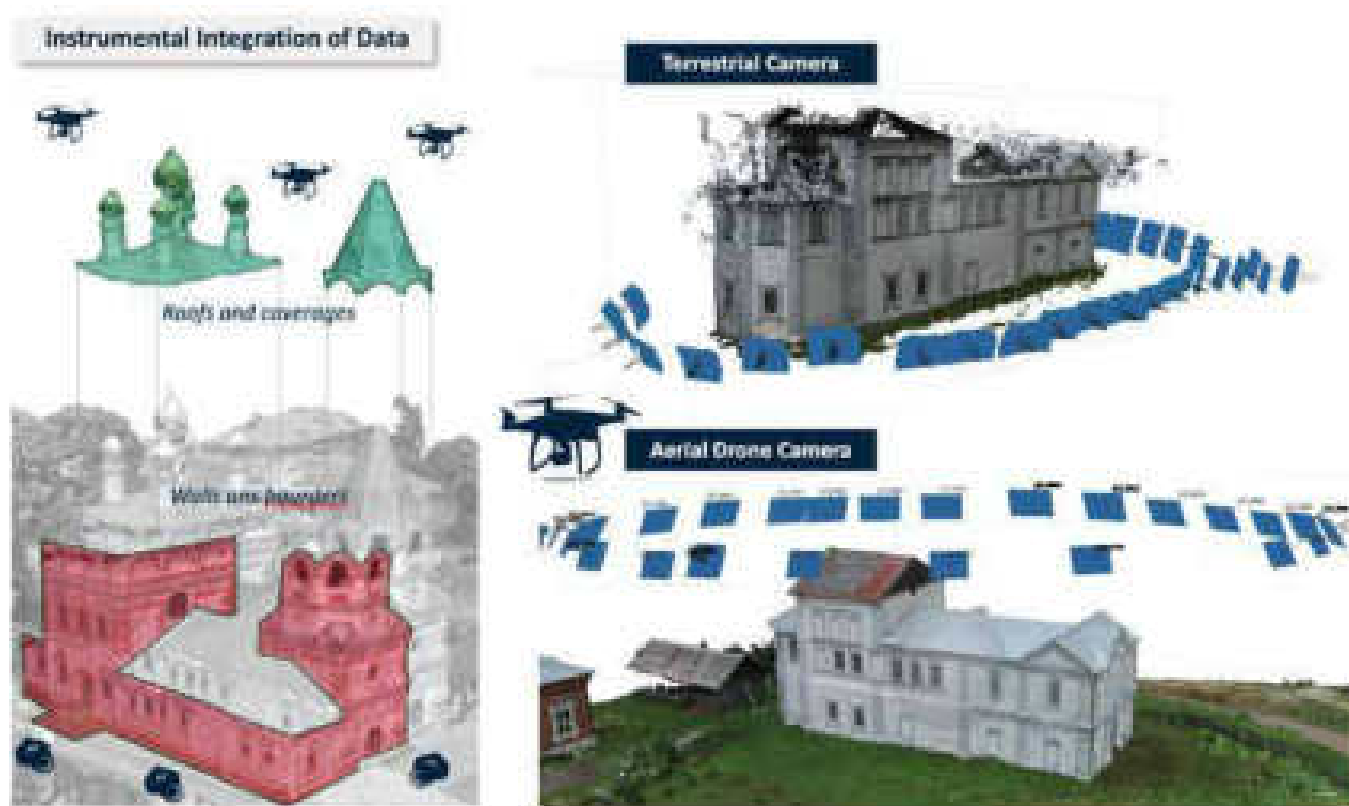


Fig.133 Azioni di integrazione del dato, per la restituzione completa della struttura monumentale.

complesso religioso e i limiti fisici e percettivi che vanno a delimitare l'area e quelli volti ad analizzare e categorizzare l'appartato decorativo della struttura architettonica. Parallelamente è stata strutturata una campagna fotografica volta sia all'acquisizione del macro sistema territoriale che alla descrizione del singolo complesso religioso sino a scendere all'analisi del dettaglio del singolo elemento costruttivo e decoro architettonico, al fine di creare una libreria di dati per la definizione e il censimento degli elementi caratterizzanti il luogo.

A tal fine è risultato particolarmente efficace per la descrizione delle viste di pregio lo sviluppo di foto panoramiche effettuate tramite scatto di fotogrammi in serie elaborati poi attraverso programmi specifici sulle quali sono state segnate le opportune osservazioni sulla percezione del sistema chiesa-territorio, sul colore, sulla presenza o meno di limiti. Durante il primo anno il progetto ha risposto l'obiettivo di documentare lo

stato di conservazione di tutte le strutture presenti lungo la rotta dell'Upper Kama attraverso il loro censimento.

Individuati e catalogati all'interno di un abaco categorizzato gli ottanta complessi religiosi dislocati tra Cherdyn, Usolye e Solikamsk sono iniziate le operazioni di un rilievo integrato sia del singolo complesso religioso che del sistema territoriale a contorno, tramite la differenziazione delle metodologie di acquisizione.

Per il sistema territoriale sono stati utilizzati strumenti per la copertura ad ampio raggio di ripresa, un laser scanner di tipo mobile per l'identificazione e la strutturazione dei percorsi di interconnessione territoriale e urbana, oltre alla strutturazione di piani di volo con sistemi UAVs per la restituzione di un modello fotogrammetrico territoriale ad integrazione dei dati metrici acquisiti.

Parallelamente è stata strutturata una campagna fotografica volta sia all'acquisizione del macrosistema territoriale



Fig.134 I dati acquisiti e raccolti sui singoli edifici verranno fatti confluire in un unico database informativo di gestione, dove sarà possibile leggere le informazioni secondo la scala di livello scelta.

che alla descrizione del singolo complesso religioso sino a scendere all'analisi del dettaglio del singolo elemento costruttivo. Infine è stata effettuata una campagna di disegno e fotografica mirata alla descrizione dello stato attuale dell'edificio, sono stati fotografati, là dove possibile tutti i fronti esterni e gli ambienti interni con foto generali da terra e aeree con l'utilizzo di sistemi UAV per l'ispezione delle coperture e degli elementi in quota, andando a fotografare in particolare il dettaglio dell'apparato decorativo e le tecniche costruttive in mattone tipiche del territorio per un censimento dettagliato dei materiali ancora leggibili in alcuni casi (pavimentazioni, resti di affreschi, intonacature) e un abaco di tutti i degradi presenti e decorativo architettonico, al fine di creare una libreria di dati per la definizione e il censimento degli elementi caratterizzanti l'edificio.

Il dato territoriale è stato integrato attraverso la strutturazione di campagne di rilievo laser scanner (FARO serie S150) per

la restituzione del dettaglio architettonico.

L'ottimizzazione e la raccolta dati per la strutturazione di librerie digitali è seguita dall'implementazione informativa con l'annessione delle conoscenze sulle tecnologie di costruzione e sugli archivi censuari relativi all'architettura, insieme alle pratiche di pianificazione storica e territoriale raccolti all'interno di schede tecniche compilative utilizzate come base per la definizione dei criteri descrittivi per la strutturazione di un linguaggio di modellazione digitale univoco.

L'insieme delle informazioni raccolte attraverso questa prima fase di indagine e di raccolta dati sul sistema territoriale dell'Upper Kama su cui poter porre le basi e delineare un primo quadro generale della condizione in cui vertono e diverse chiese, sul quale poter poi approfondire analisi più specifiche riguardanti il singolo caso specifico.

La visione odierna di patrimonio culturale è riflesso di un

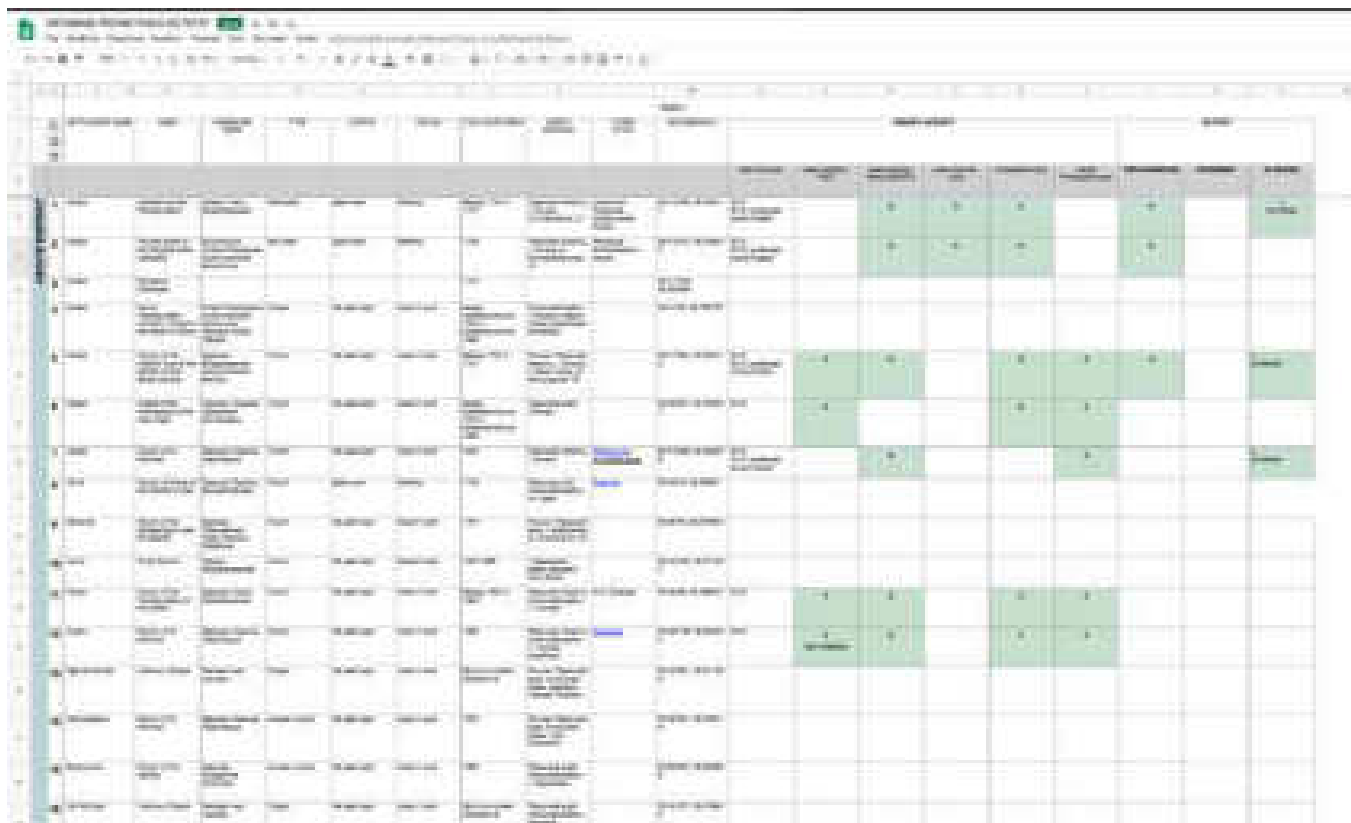
The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet. The spreadsheet is filled with a large number of rows and columns, representing a complex data table. The columns contain various types of data, including text, numbers, and some cells with green shading. The rows appear to be organized into sections, possibly representing different categories or stages of a project. The overall layout is dense and structured, typical of a large-scale data management system.

Fig.135 Per la gestione di una così grande quantità di dati è stato necessario strutturare un archivio digitale condiviso sulla base di codici di compilazione condivisi con i partner coinvolti nella ricerca. La raccolta di tutti i dati è monitorata all'interno di un abaco excel che tienetraccia delle azioni di censimento, acquisizione, e indagine su i casi studio individuati.

processo di espansione semantica che dalla dimensione del monumento ha raggiunto la dimensione del paesaggio.

Il paesaggio è stato identificato come sistema di fondamentale importanza come connettore ed elemento di integrazione tra monumento e sistema territoriale. Organismi internazionali come ICOMOS, UNESCO, IUCN e Consiglio Europeo hanno riconosciuto i paesaggi come simboli di rappresentazione dell'identità culturale del paese. A tal fine le politiche di gestione richiedono strumenti per una visione integrativa di inclusione del paesaggio nella pianificazione spaziale del territorio.

La definizione di un metodo efficace per la valutazione del paesaggio, in grado di stabilire una relazione tra le sue caratteristiche e il suo potenziale come risorsa attiva per la società in un quadro interdisciplinare e mediante tecniche quantitative e qualitative, rappresenta uno strumento di fondamentale importanza per lo scenario gestionale

patrimonio culturale territoriale.

Il concetto di paesaggio è da sempre stato legato all'idea di immagine, essendo un atto di interpretazione e rappresentazione critica dell'ambiente reale.

La traduzione del paesaggio nell'ambiente digitale in una nuova forma di rappresentazione del paesaggio, implica una trasposizione dell'immagine che non è più statica forma di simulazione e rappresentazione critica ma diviene modello tridimensionale strutturato da geometrie topologiche o parametriche, informazioni, ed interconnessioni dinamiche.

La rappresentazione digitale degli elementi che caratterizzano il paesaggio territoriale all'interno di una simulazione della complessità delle relazioni tra elementi artificiali e naturali dove sistema architettonico e territoriale vanno ad intrecciarsi all'interno di una rete dinamica di combinazioni e flussi, definisce un nuovo sistema di rappresentazione multidimensionale del paesaggio in cui non solo in cui il

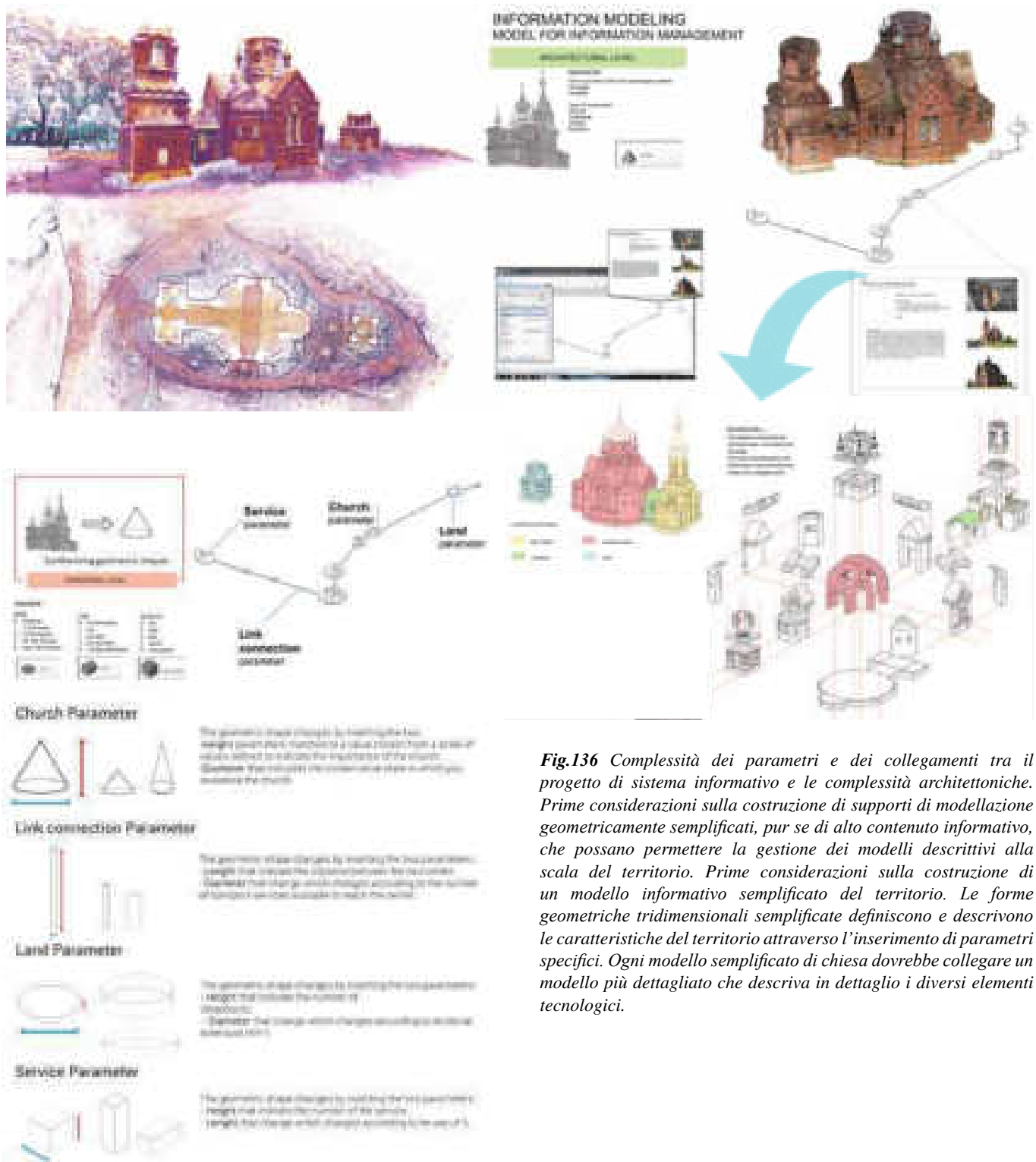


Fig.136 Complessità dei parametri e dei collegamenti tra il progetto di sistema informativo e le complessità architettoniche. Prime considerazioni sulla costruzione di supporti di modellazione geometricamente semplificati, pur se di alto contenuto informativo, che possano permettere la gestione dei modelli descrittivi alla scala del territorio. Prime considerazioni sulla costruzione di un modello informativo semplificato del territorio. Le forme geometriche tridimensionali semplificate definiscono e descrivono le caratteristiche del territorio attraverso l’inserimento di parametri specifici. Ogni modello semplificato di chiesa dovrebbe collegare un modello più dettagliato che descriva in dettaglio i diversi elementi tecnologici.

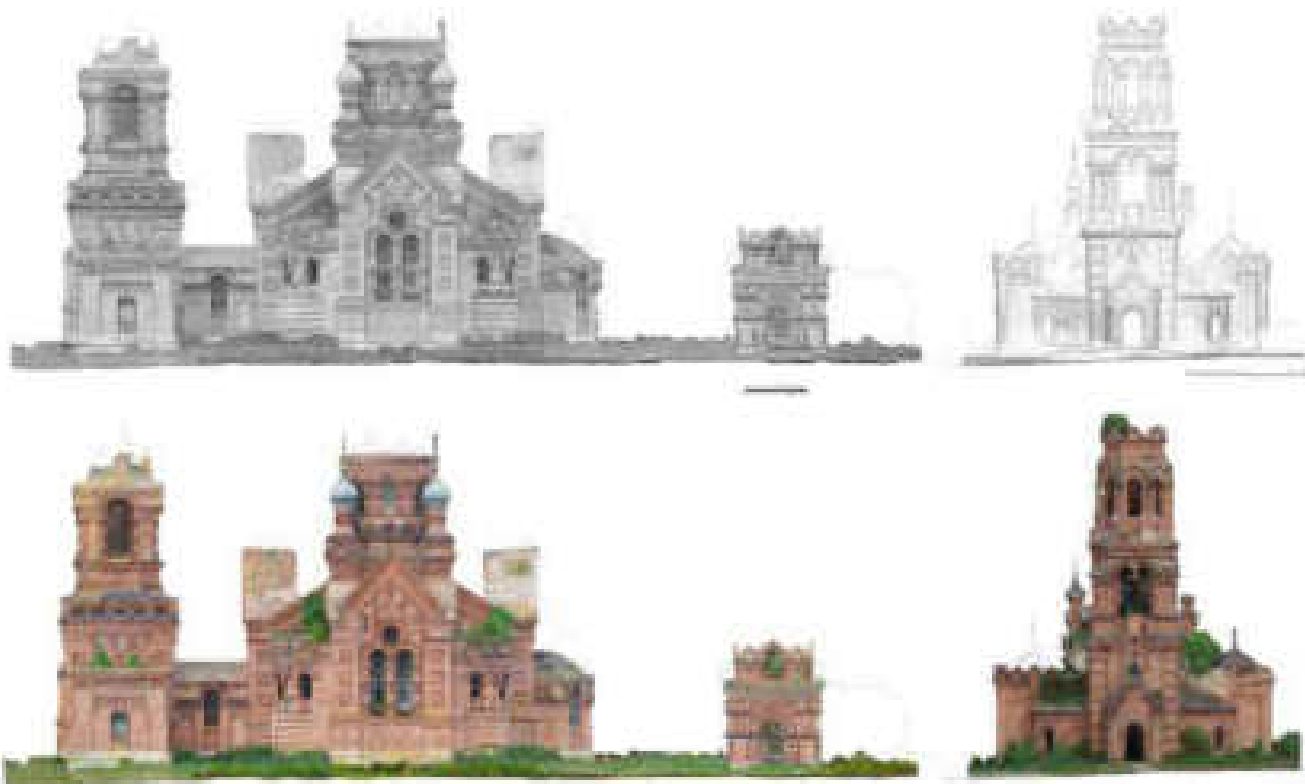


Fig.137 Elaborati bidimensionali finalizzati all'analisi del dettaglio architettonico e delle patologie di degrado. Chiesa di St. Peter and Paul Taman.

modello non è mera simulazione della forma dell'architettura ma diviene espressione della volontà di essere uno strumento di lettura e di rappresentazione di specifici aspetti.

Per strutturare tale sistema di indagine informativa è necessaria la definizione di struttura ambientale ed architettonica che non solo evocano le regole formative del paesaggio e della natura ma che propongano aspetti qualitativi capaci di interazione e modifica sulla base di parametri definiti.

In questo contesto l'architetto diventa progettista di spazi dell'informazione, spazi i cui confini si perdono all'interno di uno spazio fluido di ipertesti navigabile. L'architettura informatica si pone così come strumento di intelligenza collettiva all'interno della quale mediante la virtualizzazione di concetti condivisi ogni territorio, architettura, ambiente inderogabili attraverso link eterogenei che diventano dei filtri di lettura della realtà.

Nell'applicazione di tale filtro di rappresentazione il paesaggio

viene analizzato non solo nel suo scenario ma anche come prodotto sociale esito dei rapporti e delle interconnessioni tra gli utenti e i diversi elementi che lo compongono.

Le operazioni per compiere tale rappresentazione sintetica possono essere sintetizzate nelle azioni di conoscenza, individuazione delle variabili, strutturazione dei sistemi di interconnessione dinamici ed interattivi.

Tali riflessioni sono i concetti alla base della progettazione di un modello responsivo, capace di descrivere aspetti quantitativi e descrittivi del territorio dell'Upper Kama tramite la definizione di sub-modelli che qualificati nella forma di simbolo concettuale siano descrittori di specifici valori qualitativi.

Obiettivo del progetto è la strutturazione un piattaforma virtuale accessibile e interoperabile, strutturata su differenti livelli di dettaglio informativo.

La prima riflessione sulla strutturazione di un modello

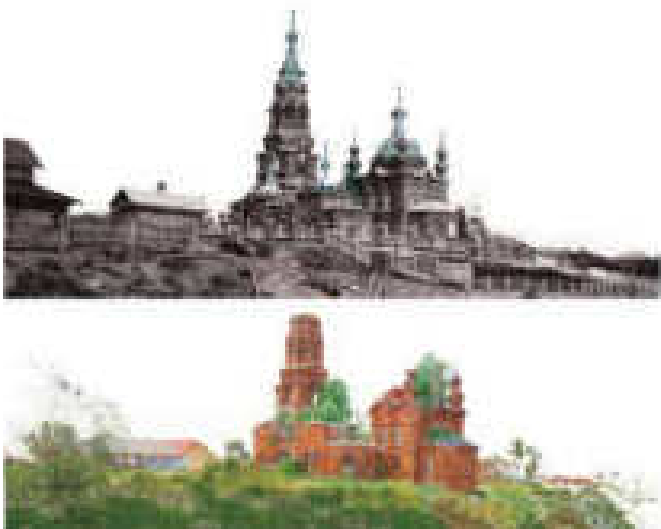
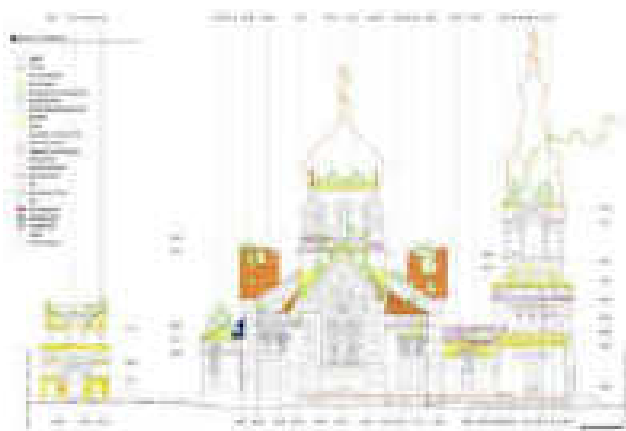


Fig.138 In alto una foto storica della chiesa dell’Annunciazione di Pocka, nel confronto con lo stato di fatto rilevato nel 2018. Si noti come sia cambiata l’immagine del monumento.



Roof

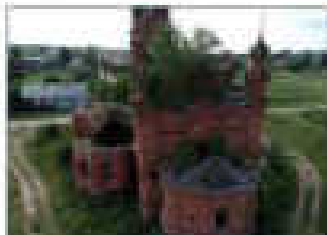
Particularly for the Russian construction is the use of the “cantilever”

The materials often used were wood for the support and bricks and metal for the covering



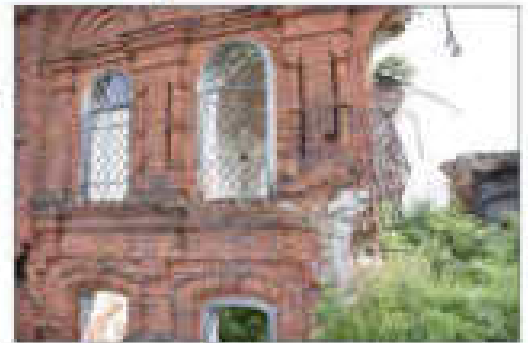
Particularities

The masonry work in this church is breathtaking, along with the intensity of its state of destruction



Carpentry

The carpentry is mostly missing, but some chaffing and skewed latticework is documented



Finishings

The church’s exterior is facing brick, but the interior seems to have plaster and fresco works

The floor masonry is still, but for the other, they are documented

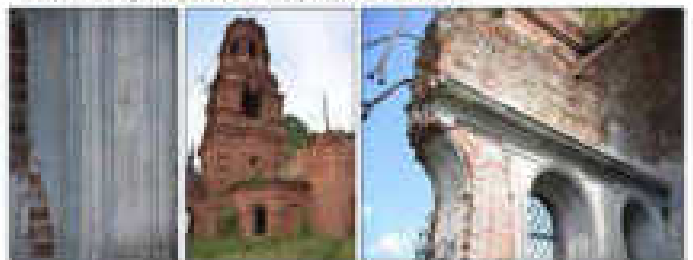


Fig.139 Analisi dei degradi e dei cedimenti costruttivi della Chiesa dell’Annunciazione, Pocka (Cherdyn).



Fig.140 Individuazione dell'apparato di scomposizione del monumento e del percorso all'interno delle schede di catalogazione censuaria, idonee a essere compilate in loco tramite app iOS. Tale strumento è stato progettato per il censimento delle informazioni che dovranno confluire all'interno del sistema informativo raccogliendo in un sistema di catalogazione strutturato i dati generali sul monumento, informazioni storiche, aspetti di accessibilità, analisi tecnologico costruttive, patologie di degrado, e rapporto tra monumento e sistema territoriale.

informativo di un patrimonio architettonico diffuso come il caso dei tre distretti presi in analisi sta nella definizione di una grammatica di linguaggio basato su specifiche tassonomie di rappresentazione. I caratteri territoriali vengono così gerarchizzati e tradotti in simboli specifici di rappresentazione.

A tal fine risulta necessario un processo di analisi ed identificazione di diversi livelli di lettura del territorio, caratterizzati da un tipo di analisi a imbuto che dalla narrazione del sistema territoriale va ad approfondire la scala di analisi dei caratteri urbani per arrivare ad un tipo di narrazione descrittiva più specifica comprensiva dei caratteri tecnologici dei singoli monumenti.

Sono stati definiti quattro livelli di lettura:

- *Livello Territoriale*: in cui sono identificati attraverso un modello di ipersemplicificazione geometrica i diversi centri presenti all’interno dei distretti, tale modello andrà a descrivere i caratteri di connessione e di accessibilità dei singoli monumenti, descrivendo i possibili percorsi di connessione tra i complessi religiosi.

- *Livello Urbano*: in tale modello saranno identificate tutte le diverse attività e servizi presenti all’interno del singolo centro.

- *Livello Area Monumentale*: all’interno del singolo centro urbano sarà approfondito il modello dell’area di pertinenza monumentale, al fine di identificare le differenti aree di salvaguardia del carattere storico dei singoli centri territoriali. A tal fine saranno descritti in un unico modello i caratteri paesaggistici dell’area individuata in relazione ai caratteri estetico monumentali all’interno della quale sarà possibile identificare i caratteri tipologici delle strutture monumentali presenti nell’area.

- *Livello Edificio Monumentale*: i diversi edifici presenti nelle aree monumentali, individuate dal livello di analisi precedente, saranno approfonditi in questo livello di indagine dove verranno descritti singolarmente attraverso la costruzione uno specifico modello informativo HBIM di approfondimento in cui saranno rappresentati i caratteri decorativi e tecnologici dell’intero edificio.

Il protocollo di modellazione, in fase di progettazione, diviene lo strumento di specificazione delle linee guida a supporto delle fasi di modellazione dei diversi livelli di indagine.

Al fine di delineare un protocollo condiviso tra i partner

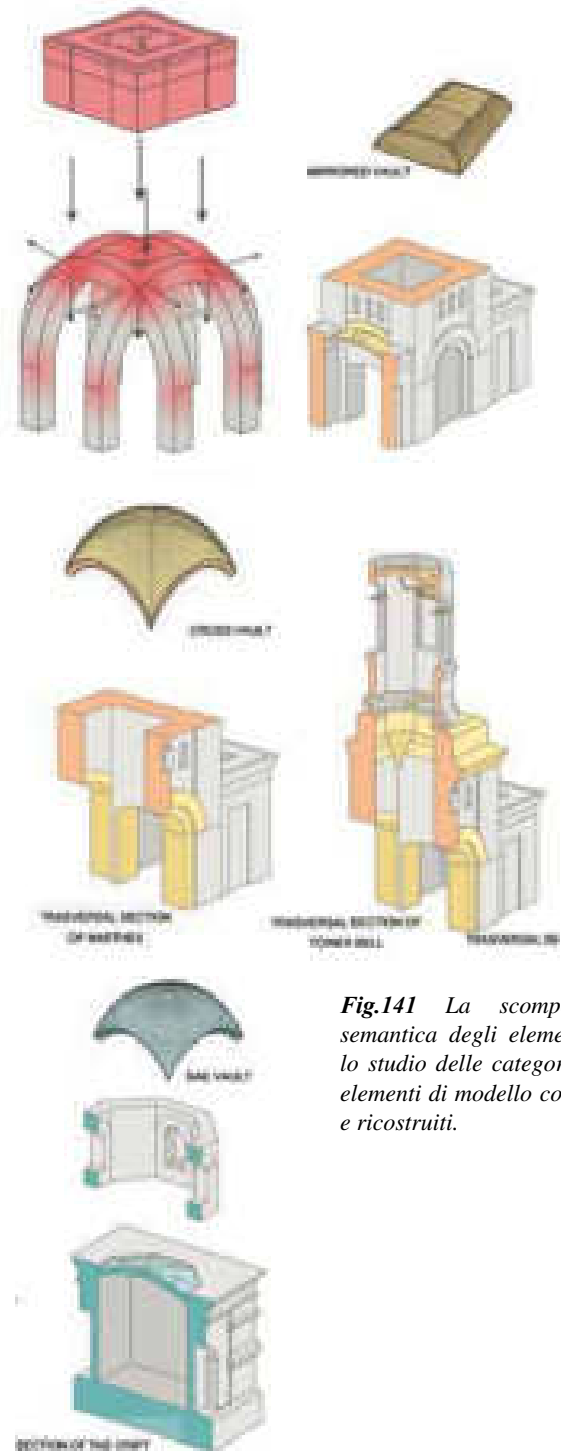


Fig.141 La scomposizione semantica degli elementi, per lo studio delle categorie degli elementi di modello conservati e ricostruiti.

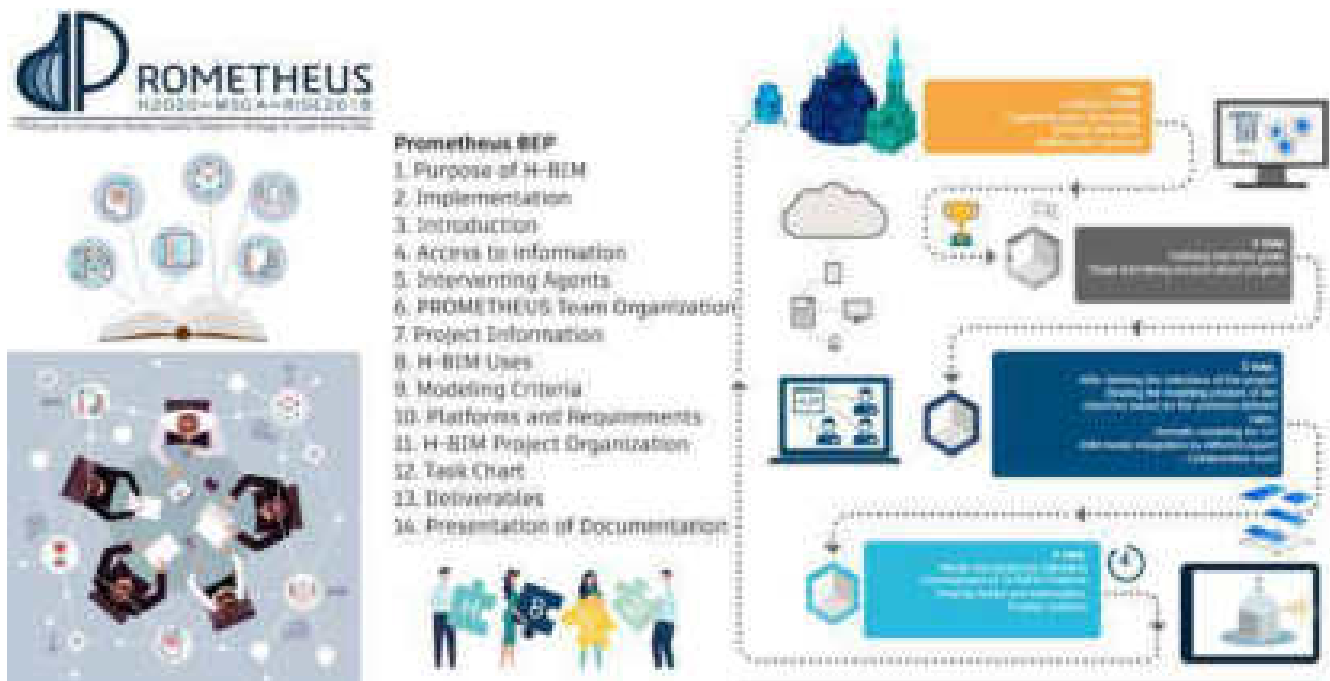


Fig.142 Come fase preliminare alle azioni di modellazione è stato strutturato un BEP (BIM Execution Plan) finalizzato a dettare le regole di coordinamento delle fasi di flusso di lavoro attraverso delle regole utili alla gestione delle fasi e dei file condivisi di modello, stabilite in accordo con i partner di progetto, consultabile all'interno del drive condiviso.

di progetto coinvolti è stato strutturato il documento (BIM Execution Plan) finalizzato a dettare le regole di coordinamento delle fasi di flusso di lavoro attraverso delle regole utili al coordinamento alla gestione dei criteri di modello, delle fasi di sviluppo e all'organizzazioni dei file condivisi di modello, stabilite in accordo con i partner di progetto, consultabile all'interno del drive condiviso.

Le strategie di modellazione tridimensionale del territorio dell'Upper Kama e dei suoi monumenti sono state basate su un approccio di modellazione basato sul dato metrico integrato. Il protocollo per la definizione dei criteri di modello prevede come prima azione la predisposizione di un abaco condiviso diversificato sulla base della definizione di differenti LOD (Level of detail) di rappresentazione del modello per la differenziazione dei diversi livelli di indagine attraverso la codifica di ogni elemento in specifiche categorie di modello. Il progetto, in accordo con i criteri di definizione LOD,

prevede una modellazione a un dettaglio LOD 100 per la descrizione dei livelli a carattere territoriale, paesaggistico e urbano, in cui i volumi e gli ingombri degli edifici saranno modellati in forma concettuale di massa utile al fine di definirne i caratteri dimensionali delle volumetrie di ingombro e dell'orientamento.

I caratteri tecnologici e decorativi delle chiese saranno poi approfondite in un secondo livello di modellazione basato sul criterio LOD 200. L'idea è quella di strutturare un sistema a scatole cinesi in cui i modelli sono collegati tra loro in una struttura ramificata nella quale ogni modello va a specificare determinati elementi individuati nel precedente sistema modellato. La prima sperimentazione di modello a livello territoriale è stata condotta sul distretto di Solikamsk, scelto per la tessitura urbana e per essere, dei tre il centro, più sviluppato a livello urbano.

A partire da un'analisi del contesto urbano tradotta in forme

6. PROMETHEUS Team organization

FUNCTION	ROLE	TEAM MEMBERS	TASKS	FUNCTION	ROLE	TEAM MEMBERS	TASKS
LEADER	Documentation for Construction 4D/5D	Service Partners	PROMETHEUS Scientific Coordinator	Data access, programming, tables, data cleaning, Point cloud and photogrammetry generation	BIM Coordinator	Roberto De Meo	<ul style="list-style-type: none"> Generate graphic documentation for modeling, as well as point clouds and photogrammetry that can be inserted into the model.
		Professional Offices	Walter Di Stefano			<ul style="list-style-type: none"> Organizing coordinates and monitoring the modeling procedure and phases. 	
		Software Engineers	Ph.D. Student			<ul style="list-style-type: none"> Monitoring and support BIM modeling projects Support Technical & Construction Analysis 	
BIM Manager	BIM Manager	Prof. Ass.	Supervisor - Technical & Construction Analysis	BIM Manager	Prof. Ass.	Luca M. Palmieri	<ul style="list-style-type: none"> Monitoring and support BIM modeling projects Support Technical & Construction Analysis
		Ph.D. Student	Supervisor - BIM Architecture Modeling			Federico De Gennaro	<ul style="list-style-type: none"> Monitoring and support BIM modeling projects Generate a prototype BIM and IFC protocol for the implementation in projects
BIM Modeler	Documentation	Ph.D. Student	Supervisor - BIM Architecture Modeling - Prepare and coordinate the selection, organization and compliance of the BIM Execution Plan (BEP)	BIM Modeler	Ph.D. Student	Andro Poreciro	<ul style="list-style-type: none"> Generate a prototype BIM and IFC protocol for the implementation in projects Architecture model according to the established BIM protocol - Churn - CH 11 Analyze and catalogue the building architectures in the model
		Ph.D. Student	Ph.D. Student			<ul style="list-style-type: none"> Architecture model according to the established BIM protocol - Churn - CH 11 Analyze and catalogue the building architectures in the model 	
		Ph.D. Student	Ph.D. Student			<ul style="list-style-type: none"> Architecture model according to the established BIM protocol - Churn - CH 11 Analyze and catalogue the building architectures in the model 	
BIM Modeler	BIM Coordinator	Ph.D. Student	Structural coordination analysis	BIM Modeler	Ph.D. Student	Luca Aveni	<ul style="list-style-type: none"> Architecture model according to the established BIM protocol - Churn - CH 11 Analyze and catalogue the building architectures in the model
		Architectural	BIM Structure Modeling			<ul style="list-style-type: none"> Architecture model according to the established BIM protocol - Churn - CH 11 Analyze and catalogue the building architectures in the model 	
BIM Modeler	BIM Coordinator	Ph.D. Student	BIM Architecture and MEP modeling	BIM Modeler	Ph.D. Student	Luca Aveni	<ul style="list-style-type: none"> Architecture model according to the established BIM protocol - Churn - CH 11 Analyze and catalogue the building architectures in the model
		Ph.D. Student	BIM Structure Modeling			<ul style="list-style-type: none"> Architecture model according to the established BIM protocol - Churn - CH 11 Analyze and catalogue the building architectures in the model 	

HBIM uses

LEVEL	FUNCTION	SOFTWARE
LEVEL 0	Document graphic tables (plans, sections, elevations, etc.)	AutoCAD, Revit, etc.
LEVEL 1	3D model (geometry, materials, etc.)	Revit, ArchiCAD, etc.
LEVEL 2	4D model (time, construction sequence, etc.)	Primavera, etc.
LEVEL 3	5D model (cost, etc.)	Primavera, etc.
LEVEL 4	6D model (energy, etc.)	EnergyPlus, etc.
LEVEL 5	7D model (maintenance, etc.)	AssetWise, etc.

According to the guide from the University of Pennsylvania, BIM use can be defined as "a method to apply BIM during the life cycle of the building to achieve one or more specific objectives" (Koschik & Meunier, 2013).

Modeling Criteria (LOD)

LEVEL OF DEVELOPMENT	COMMON BASIS			
	STRUCTURE	MEP	LOD	SI
ARCHITECTURE	FOUNDATION	200	100	100
	WALLS	200	100	100
	EXTERNAL INFLOWERS	200	100	100
	SLAB AND ELEMENTS	200	100	100
	PLUMBING	200	100	100
	ROOF	200	100	100
	MECHANICAL	200	100	100
	MECHANICAL	200	100	100
	MECHANICAL	200	100	100
	MECHANICAL	200	100	100

Strategies for three-dimensional modeling based on:

- Take data
- Point cloud
- Photogrammetry
- DWG format plans



LEVEL OF DEVELOPMENT	FUNCTION	SOFTWARE	LOD	SI
LEVEL 0	Document graphic tables (plans, sections, elevations, etc.)	AutoCAD, Revit, etc.	200	100
LEVEL 1	3D model (geometry, materials, etc.)	Revit, ArchiCAD, etc.	200	100
LEVEL 2	4D model (time, construction sequence, etc.)	Primavera, etc.	200	100
LEVEL 3	5D model (cost, etc.)	Primavera, etc.	200	100
LEVEL 4	6D model (energy, etc.)	EnergyPlus, etc.	200	100
LEVEL 5	7D model (maintenance, etc.)	AssetWise, etc.	200	100



Fig.143 Schematizzazione sintetica dell'organizzazione del Team di lavoro, delle finalità dei modelli e dei criteri di sviluppo dei modelli HBIM del progetto.



Fig.144 Il territorio nel Distretto di Solikamsk è stato scelto per la sperimentazione di una modellazione HBIM a livello territoriale. È stato sperimentato, in tal senso, l'utilizzo del software Infraworks per valutare la possibilità di connessione tra i modelli. Il software fornisce direttamente una conversione 3D della mappa di google maps, dall'analisi di questa sono state riscontrate alcune incongruenze con il rilievo effettuato, è stato preferibile procedere con la progettazione di famiglie edifici (caratterizzati a livello simbolico di ingombro volumetrico) modificabili attraverso parametri dimensionali.

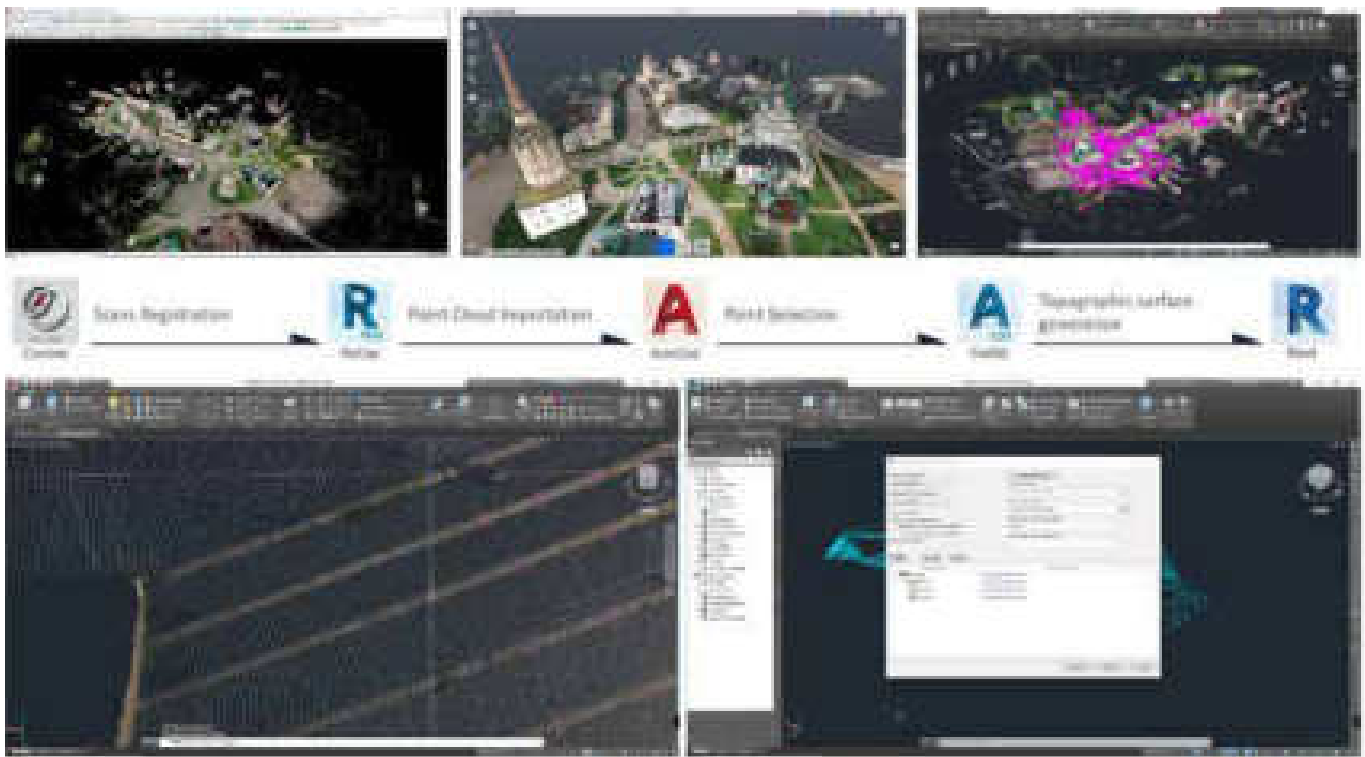


Fig.145 La superficie topografica del territorio visibile nel modello HBIM è stata generata attraverso una conversione del dato della nuvola di punti.

semplificate di modello, l'indagine sulla strutturazione di abachi tipologici di elementi, si è focalizzata sulla modellazione dei caratteri della chiesa dell'Epifania.

La scelta metodologica è stata operata con la consapevolezza di strutturare un sistema che possa essere di facile lettura, adattabile e descrittore dei differenti caratteri spaziali e morfologici dell'ampio catalogo. È in fase di sviluppo un catalogo di indicatori di modello risultato della combinazione dei dati dell'analisi paesaggistica e dei dati di acquisizione strumentale del rilievo metrico.

La strutturazione di un catalogo degli indicatori rappresenta un'azione fondamentale per la strutturazione rete informativa che andrà ad arricchire il modello virtuale di indagine territoriale.

All'interno del modello i dati saranno distinguibili attraverso una diversificazione tra componenti di modello e componenti informative. Le componenti di modello, saranno rappresentate da funzioni tangibili, aggiunte al modello come forma di linea-superficie-solido, in cui attraverso un simbolo

specifico verranno distinti i caratteri fisici naturali (morfologia territoriale, idrologia, vegetazione), antropogenico-naturali (aree agricole, piantumazioni), e antropogenici (insediamenti urbani, rete stradale, infrastrutture, beni culturali, edifici, arredo urbano). Tali componenti di modello forniscono un vettore di rappresentazione per la lettura dei diversi livelli informativi associati ad essi.

Le componenti informative che andranno a qualificare i modelli saranno l'esito delle indagini di analisi e acquisizione strumentale delle attività di rilievo e dell'azione di censimento strutturata tramite la compilazione di schede informative volte a raccogliere i dati in base a specifici indicatori a livello paesaggistico, urbano e architettonico - tecnologico. Tali indicatori saranno tradotti in categorie di modello compilabili per la strutturazione delle proprietà di modello dove poter archiviare dati alfanumerici, vettoriali, raster, rendendo possibili operazioni di interrogazione ed analisi delle componenti del sistema modellato.

L'analisi del sistema urbano e la compilazione del catalogo

Landscape level - LOD 100

Each model has been cataloged within a shared schedule where it is possible to read the characteristics of the element and find its storage position inside the drive.



Level	Category	Element	ID	Level	Element	Image	File name	Location	Store File
01	Building	BU_LR_01	101	Roof in Plane	101	BU_LR_01_Roof_ShapeRoofed	01	Building	Building
02	Building	BU_LR_02	102	Roof in Plane	102	BU_LR_02_Roof_ShapeRoofed	02	Building	Building
03	Building	BU_LR_03	103	Roof in Plane	103	BU_LR_03_Roof_ShapeRoofed	03	Building	Building
04	Building	BU_LR_04	104	Roof in Plane	104	BU_LR_04_Roof_ShapeRoofed	04	Building	Building
05	Building	BU_LR_05	105	Roof in Plane	105	BU_LR_05_Roof_ShapeRoofed	05	Building	Building
06	Building	BU_LR_06	106	Roof in Plane	106	BU_LR_06_Roof_ShapeRoofed	06	Building	Building
07	Building	BU_LR_07	107	Roof in Plane	107	BU_LR_07_Roof_ShapeRoofed	07	Building	Building
08	Building	BU_LR_08	108	Roof in Plane	108	BU_LR_08_Roof_ShapeRoofed	08	Building	Building
09	Building	BU_LR_09	109	Roof in Plane	109	BU_LR_09_Roof_ShapeRoofed	09	Building	Building
10	Building	BU_LR_10	110	Roof in Plane	110	BU_LR_10_Roof_ShapeRoofed	10	Building	Building
11	Building	BU_LR_11	111	Roof in Plane	111	BU_LR_11_Roof_ShapeRoofed	11	Building	Building
12	Building	BU_LR_12	112	Roof in Plane	112	BU_LR_12_Roof_ShapeRoofed	12	Building	Building
13	Building	BU_LR_13	113	Roof in Plane	113	BU_LR_13_Roof_ShapeRoofed	13	Building	Building
14	Building	BU_LR_14	114	Roof in Plane	114	BU_LR_14_Roof_ShapeRoofed	14	Building	Building
15	Building	BU_LR_15	115	Roof in Plane	115	BU_LR_15_Roof_ShapeRoofed	15	Building	Building
16	Building	BU_LR_16	116	Roof in Plane	116	BU_LR_16_Roof_ShapeRoofed	16	Building	Building
17	Building	BU_LR_17	117	Roof in Plane	117	BU_LR_17_Roof_ShapeRoofed	17	Building	Building
18	Building	BU_LR_18	118	Roof in Plane	118	BU_LR_18_Roof_ShapeRoofed	18	Building	Building
19	Building	BU_LR_19	119	Roof in Plane	119	BU_LR_19_Roof_ShapeRoofed	19	Building	Building
20	Building	BU_LR_20	120	Roof in Plane	120	BU_LR_20_Roof_ShapeRoofed	20	Building	Building

Fig.148 L'importanza di formalizzare un protocollo di modellazione comune per un risultato organico delle attività di progettazione del modello, in cui sono coinvolte diverse discipline, in cui vengono decisi gli aspetti applicativi del modello e le informazioni che questo deve contenere. Esempio di abaco strutturato utilizzando un codice identificativo, per il censimento a scala territoriale del distretto di Solikamsk (Upper Kama).

degli indicatori è il passo iniziale per evidenziare le possibilità di combinazione tra i diversi livelli di analisi di modello per il raggiungimento di una visione sistematica integrativa finalizzata a differenti utilità dalla gestione territoriale alla promozione dell'offerta turistica. Limitatamente alla porzione comprensiva dell'area monumentale sono stati analizzati gli edifici secondo i criteri compositivi: planimetria, numero di piani, tipologia di tetto.

L'indagine ha evidenziato cinque tipologie di edifici, che sono stati caratterizzati secondo un codice alfanumerico. Per ogni tipologia di edificio è stato realizzata un modello parametrico di famiglia che adatta la forma tipologica alla variabilità dimensionale dei diversi edifici costruiti.

Tali modelli sono volutamente privi di alcun ulteriore specificità di modello perchè finalizzati alla rappresentazione e al censimento tipologico degli edifici del territorio di Solikamsk. Tali sono stati strutturati con l'intenzione di

riscontrare nell'analisi dei caratteri del territorio dell'Upper le medesime tipologie di edificio, in maniera da poter riutilizzare i modelli per la descrizione di contesti differenti a quello specifico del Centro di Solikamsk.

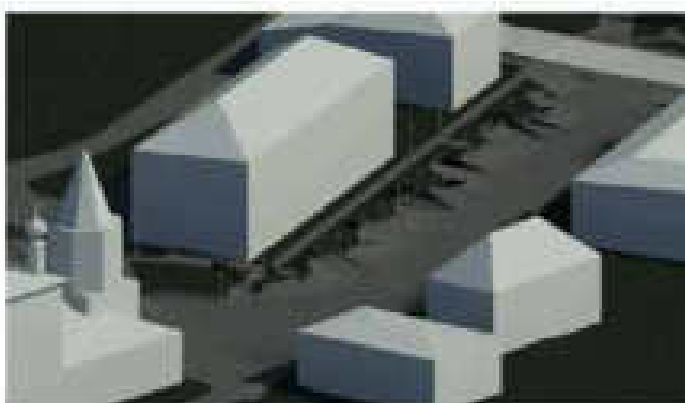
All'interno dell'abaco sono confluiti, oltre alle unità edilizie, anche l'arredo urbano e i modelli semplificati dei monumenti presenti nell'area monumentale di Solikamsk.

Per la modellazione dei lampioni stradali è stato preferito evitarne la parametrizzazione, questo perchè dell'elemento lampione è una tipologia standardizzata e perchè ai fini della ricerca non risulta fondamentale conoscere l'altezza esatta dei singoli lampioni. Risulta piuttosto interessante censirne la posizione per duplice finalità: per accertarsi che sia inserito correttamente all'interno del paesaggio monumentale, e per azioni finalizzate al monitoraggio e al funzionamento dell'illuminazione stradale.



Fig.149 Sono stati modellati anche gli elementi di arredo urbano, categorizzandoli in famiglie di elementi. Per tali tipologie di elementi si è preferito non parametrizzare il modello, ritenuto non necessario alle finalità descrittive del sistema territoriale.

ID	Nome	Classe	Gruppo	Descrizione	Coordinate	Altezza	Colori
01	Streetlight	LP_1	01	Streetlight	LP_1_1	01	0000000000000000
02	Streetlight	LP_2	02	Streetlight	LP_2_1	02	0000000000000000
03	Streetlight	LP_3	03	Streetlight	LP_3_1	03	0000000000000000
04	Streetlight	LP_4	04	Streetlight	LP_4_1	04	0000000000000000
05	Streetlight	LP_5	05	Streetlight	LP_5_1	05	0000000000000000



Nell’ottica di trasferire da un lato i dati di tipo gestionale territoriale all’interno del modello a scala semplificata e dall’altro di andare a descrivere all’interno di un unico modello i caratteri costruttivi e tecnologici dell’architettura tradizionale. Attraverso la strutturazione di un modello tridimensionale del territorio, centro storico e infine monumento si viene a costituire un’opportunità per avviare riflessioni sulla crescita e sullo sviluppo del patrimonio culturale tramite la messa in evidenza dei problemi dei sistemi di connessione tra i siti, delle condizioni in cui vertono.

Tale sistema di lettura multiscala attraverso il collegamento di strutture hyperlink, permette la descrizione di un paesaggio multidimensionale e offre risultati quantitativi tangibili attraverso la capacità fruizione facilitata attraverso i network di trasmissione dell’informazione. Le categorie di indicatori corrispondono ai valori del paesaggio fortemente legati alle loro interrelazioni spaziali e funzionali. Questo sistema strutturato di modelli offre una valida alternativa ai sistemi di catalogazione tradizionali che vedono i diversi aspetti disgiunti tra loro, senza tener conto di quelle caratteristiche o dinamiche proprie del territorio e del paesaggio che inevitabilmente influenzano i servizi e le caratteristiche che vanno a significare le qualità spaziali del luogo. Al fine di rendere una struttura di modello di facile lettura ciascuna caratteristica assume la forma di uno specifico livello di modellazione, creando così un insieme di valori per la valutazione del paesaggio come risorsa.

L’applicazione dell’approccio metodologico dell’Information Modeling al settore Cultural Heritage apre un potenziale ventaglio di applicazioni, dando la possibilità di trasmissione di differenti quantità di dati e la possibilità di gestione grazie la possibilità di integrazione di dati a una scala territoriale a quella del singolo edificio, estendendosi dall’ambito dell’analisi architettonica a quello della progettazione e programmazione urbana, territoriale, e soprattutto infrastrutturale, contesto in cui tale strategia può rappresentare un cambio di paradigma finalizzato a gestire in maniera più efficace la complessità della struttura territoriale.

Dalla modellazione di tipo simbolico progettata per la descrizione del livello territoriale, il progetto prevede per la realizzazione di modelli HBIM di alcuni specifici casi studi o scelti per la categorizzazione degli elementi tipologici che caratterizzano l’architettura di questi monumenti.

Attraverso il passaggio di scala di rappresentazione il livello di dettaglio sarà quello appartenente alla scala architettonica del monumento, in cui sarà possibile leggere le componenti e il decoro delle chiese.



Fig.150 Dalla modellazione a livello territoriale, quindi dal modello simbolico del monumento rappresentato come un involucro, una scatola bianca, il progetto prevede per alcuni casi studio scelti la qualificazione dei modelli dei monumenti scendendo ad una scala di rappresentazione a livello di dettaglio architettonico, in cui sarà possibile leggere le componenti e il decoro delle chiese. Ogni elemento modellato va a confluire all’interno di un abaco condiviso in modo da generare una libreria descrittiva dei caratteri architettonici dei monumenti dell’Upper Kama.

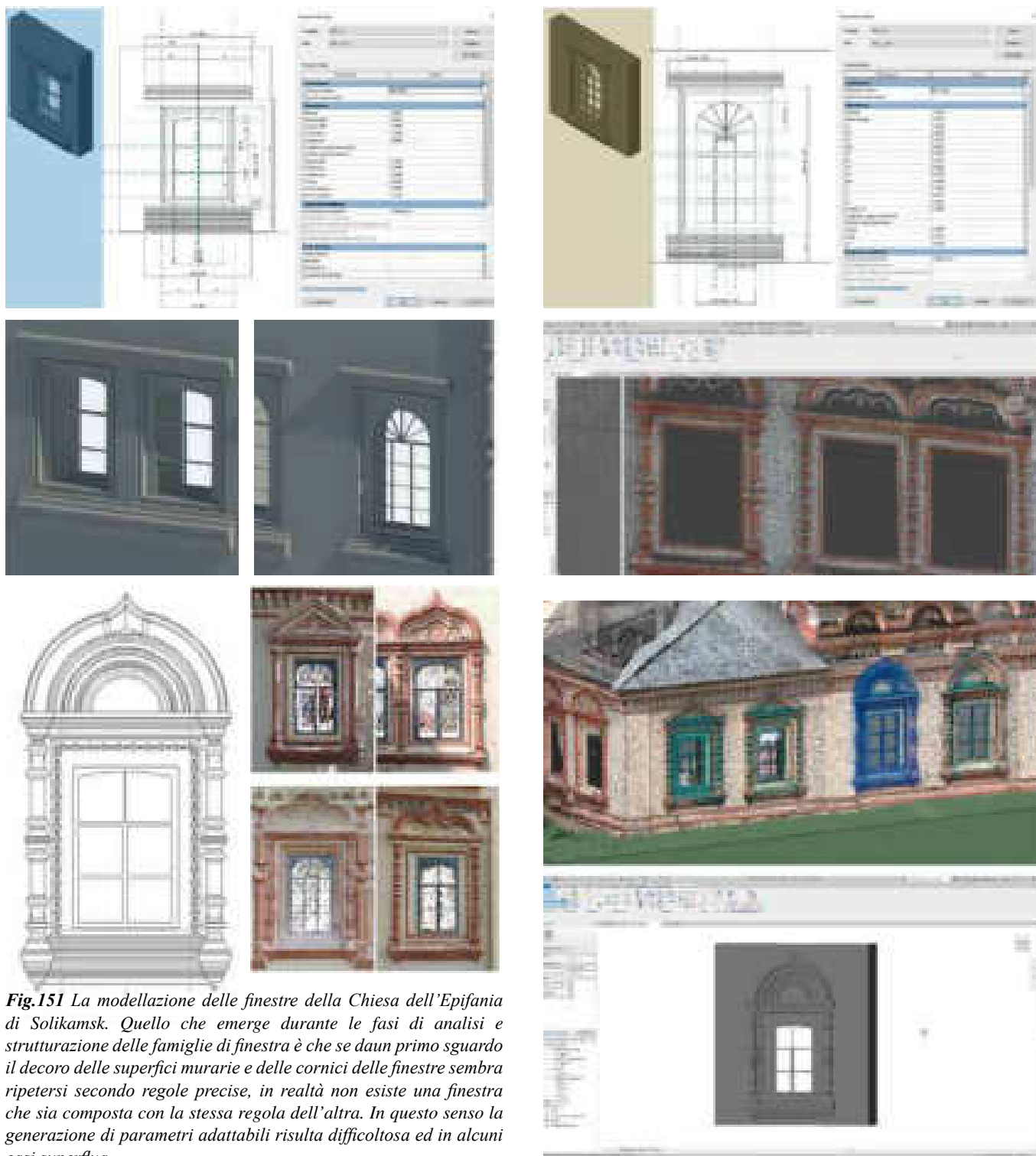


Fig.151 La modellazione delle finestre della Chiesa dell'Epifania di Solikamsk. Quello che emerge durante le fasi di analisi e strutturazione delle famiglie di finestra è che se da un primo sguardo il decoro delle superfici murarie e delle cornici delle finestre sembra ripetersi secondo regole precise, in realtà non esiste una finestra che sia composta con la stessa regola dell'altra. In questo senso la generazione di parametri adattabili risulta difficoltosa ed in alcuni casi superflua.



Fig.152 La progettazione del modello famiglia finestra e i relativi parametri di controllo.

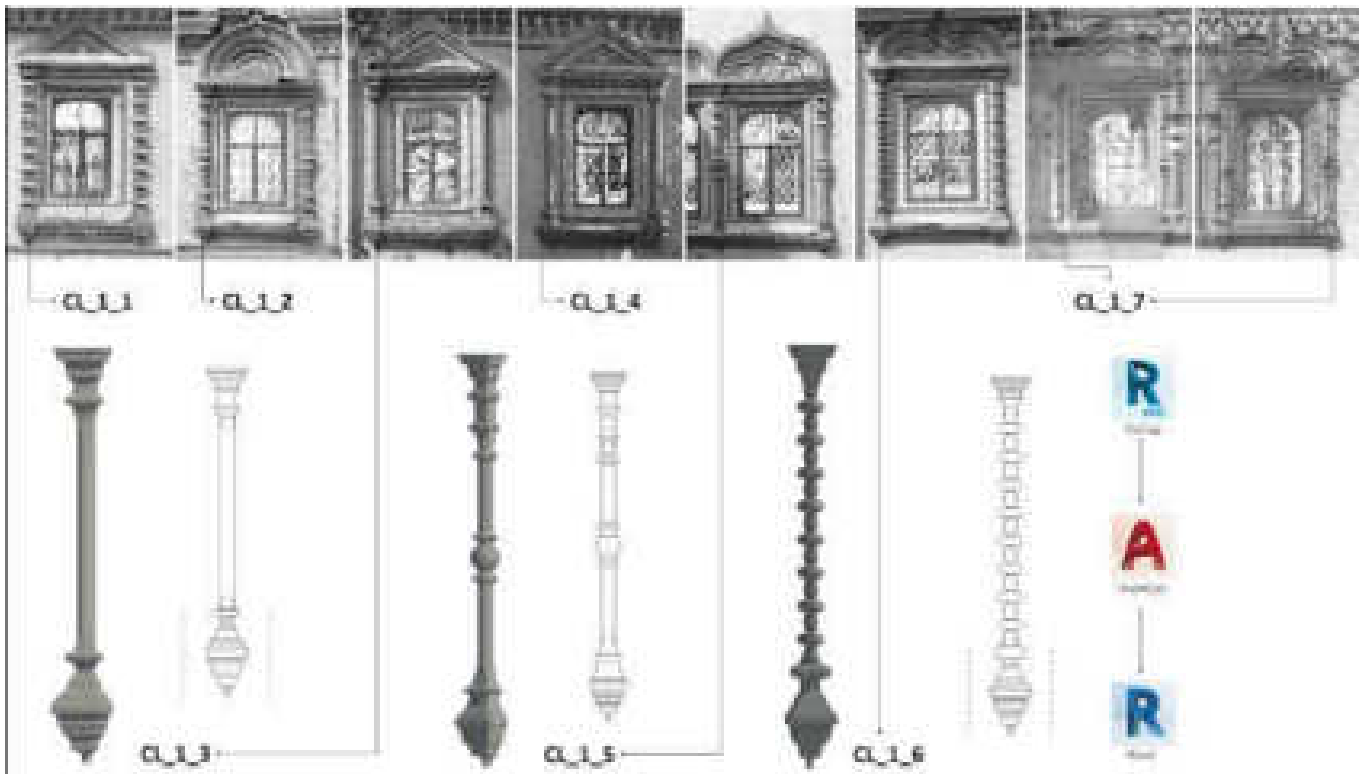


Fig.153 Come nel caso delle finestre è stato analizzato e creato un abaco delle lesene poste a cornice sulla superficie muraria. Per ciascuna tipologia è stato modellato un oggetto di famiglia.

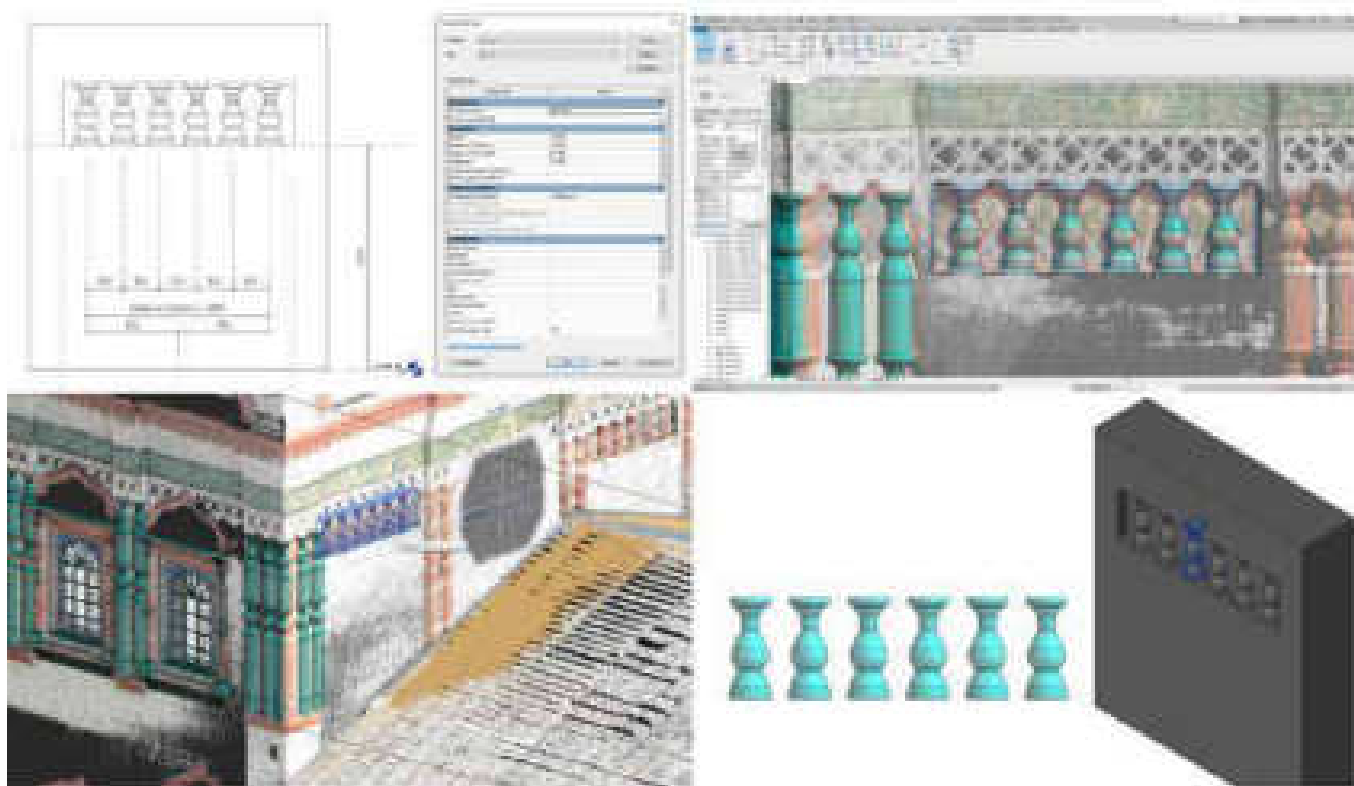


Fig.154 La progettazione del modello del decoro.



Fig.155 Il modello di finestra risulta così composto dall'unione di differenti famiglie di elementi. Schema della scomposizione semantica degli elementi del modello finestra.

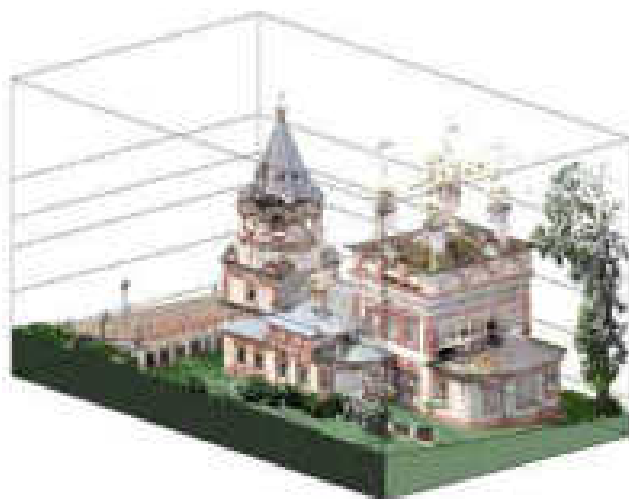


Fig.156 La corrispondenza del dato della nuvola di punti e la superficie topografica modellata.

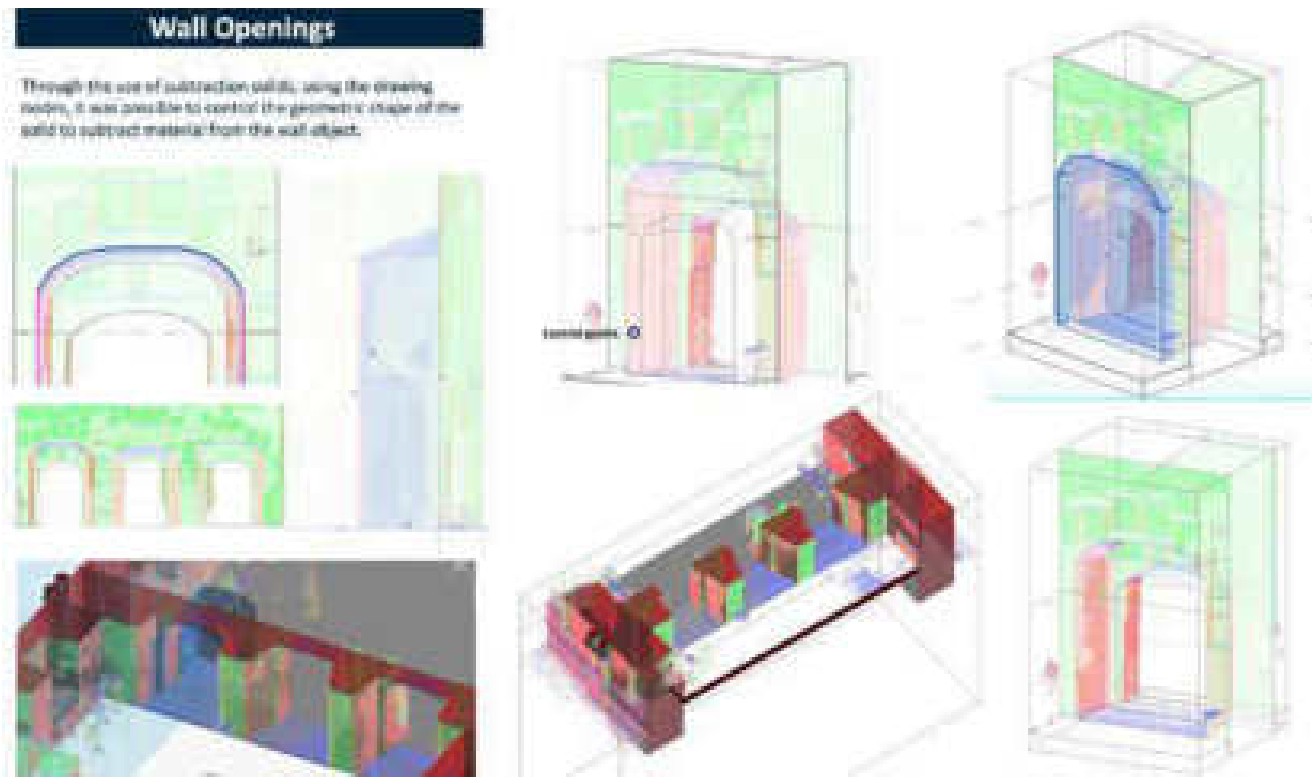


Fig.157 Il confronto diretto tra il dato della nuvola di punti e il modello permette di strutturare strategie di modellazione aderenti al dato acquisito. In particolare le aperture nei setti murari sono state modellate con dei vuoti di sistema nel modello in place tramite l'utilizzo di control point, proprio al fine di garantire una corrispondenza con il dato metrico.

Ogni elemento modellato, anche in questo caso, andrà a confluire all'interno di un abaco di categorizzazione degli elementi con l'obiettivo di costruire una prima libreria di elementi digitalizzati dei caratteri architettonici dei monumenti dell'Upper Kama.

La fase di modellazione dei monumenti è stata impostata sulle osservazioni riportate attraverso i casi studio precedentemente descritti. Anche in questo caso lo scontro tra software ed irregolarità geometrica delle strutture e dei decori, crea non poche difficoltà durante le fasi di modellazione.

Elementi che sembrano ripetersi con ritmo standardizzato lungo le facciate dei monumenti, e quindi suggeriscono l'applicazione di un modello di famiglia parametrizzata, in realtà dopo un'attenta osservazione, gli elementi risultano tutti differenti, con seppur piccole differenze, che se tenute di conto in fase di modellazione dei parametri, richiederebbero un impiego di tempo maggiore, senza aver la garanzia del buon esito e del riutilizzo dell'elemento o nello stesso contesto o ancora più difficilmente in contesti differenti.

In fase di modellazione spesso risulta piuttosto conveniente la realizzazione di un modello di famiglia che anche se non parametrizzato può avere la possibilità di associazione della componente informativa, e rientrare a far parte del catalogo di elementi di caratterizzazione architettonica.

La complessità dell'apparato decorativo che avvolge le superfici murarie implica l'impostazione di un modello basato sulla lettura critica degli elementi.

In tal senso il progetto sta andando nella direzione di utilizzo di criteri di scomposizione semantica sulla base di esplosi di modello, in da poter scomporre al massimo l'elemento nell'ottica di aumentare le possibilità di individuare lo stesso tipo di elemento con la stessa conformazione geometrica-utizzando dei criteri di scomposizione degli elementi attraverso le visualizzazione di viste in esploso, utile a percepire le differenti gerarchie di modello che devono essere rappresentate anche dal modello fisico.

Le fasi di indagine finora svolte sono mirate alla rappresentazione di tale livello di dettaglio cercando di

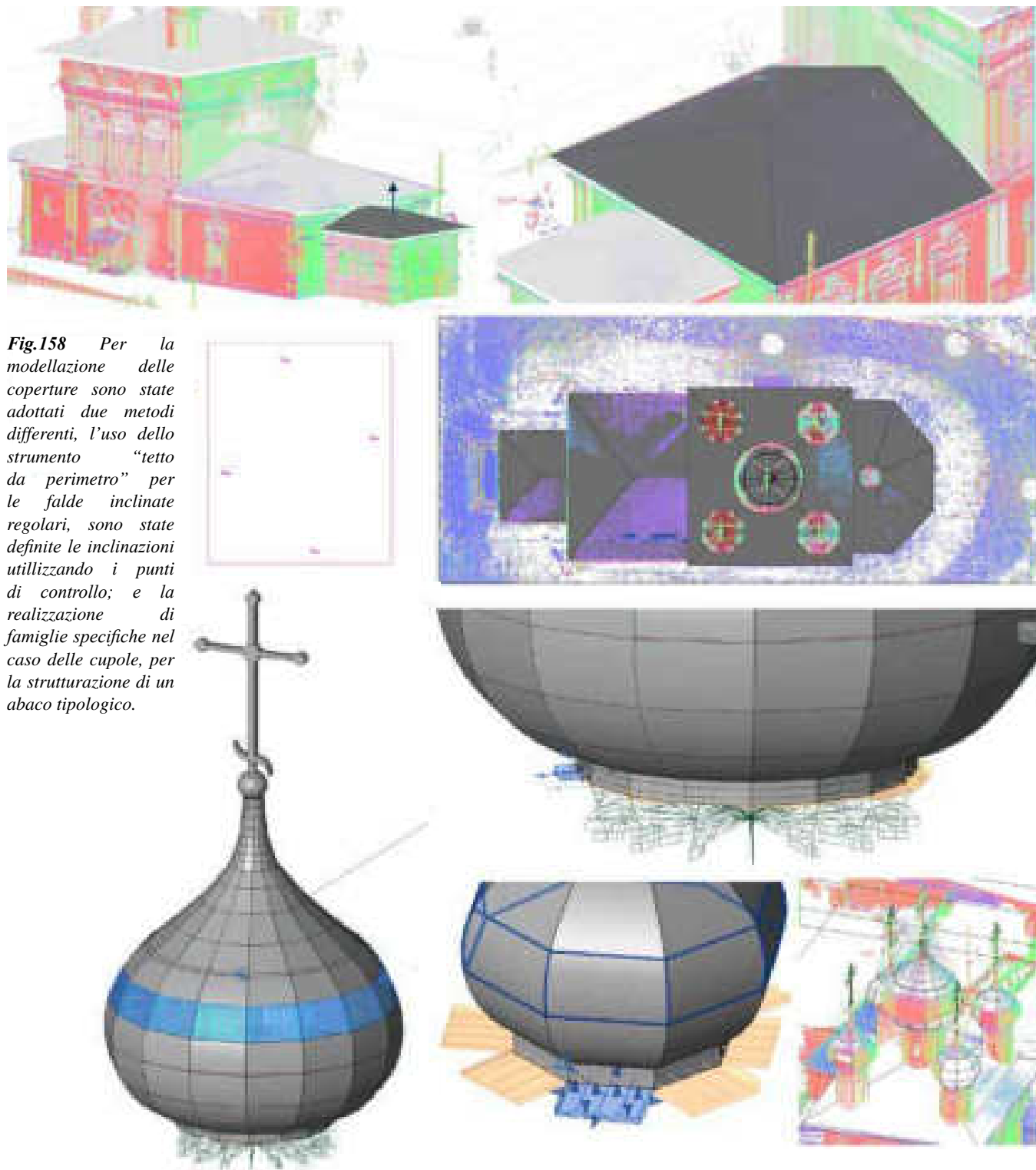


Fig.158 Per la modellazione delle coperture sono state adottati due metodi differenti, l'uso dello strumento "tetto da perimetro" per le falde inclinate regolari, sono state definite le inclinazioni utilizzando i punti di controllo; e la realizzazione di famiglie specifiche nel caso delle cupole, per la strutturazione di un abaco tipologico.

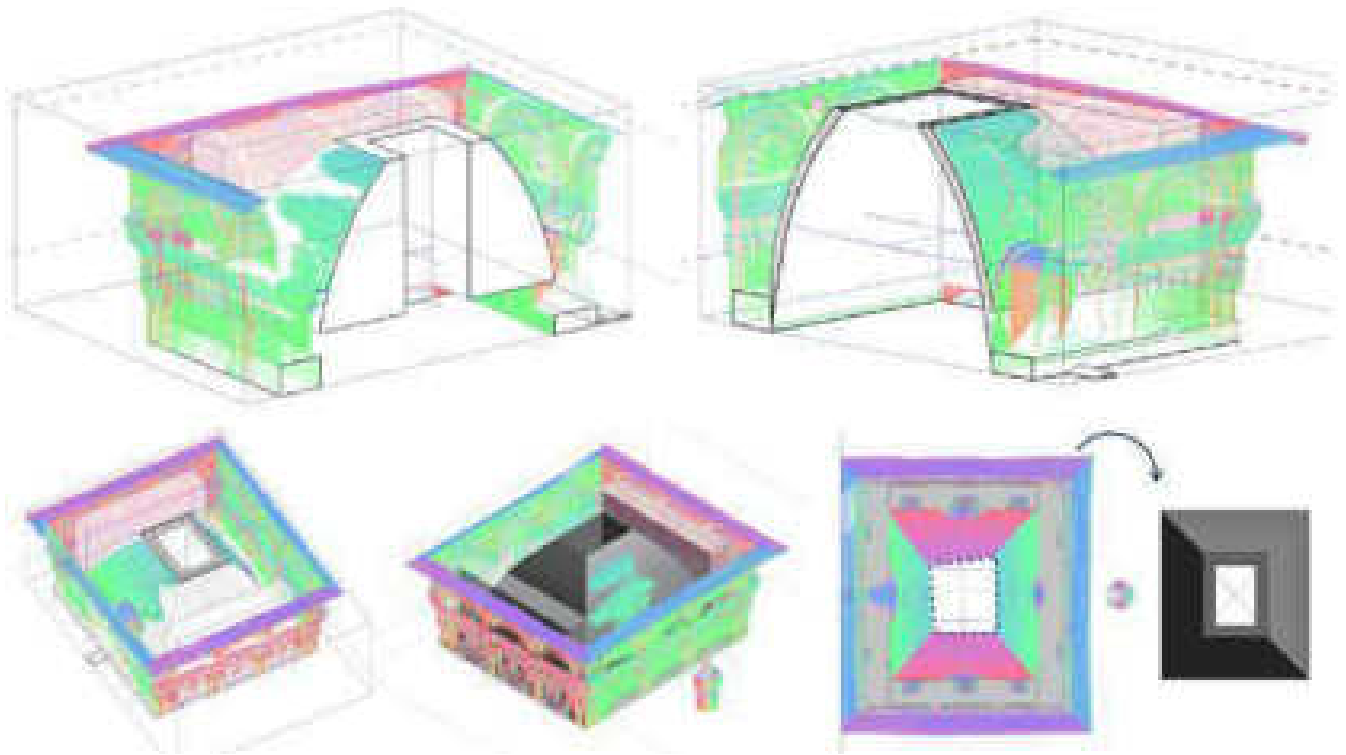


Fig.159 Anche in questo caso, come precedentemente osservato la rigidità del sistema non lascia spazio all’irregolarità della sezione geomprica della superficie volta, della chiesa di Nyrob, se in certi punti di sezione l’aderenza tra modello e nuvola di punti risulta accettabile in altri si riscontra un andamento irregolare che le geometrie del modello non riescono a seguire.

prediligere l’affidabilità metrica garantita dal dato generato dalle operazione di rilievo integrato al modello simbolico territoriale. Questo per la strutturazione di protocolli di gestione, non più frammentati ma estesi a intere aree culturali, che consentano di validare la collaborazione tra i partner, gli output ottenuti e di ottimizzare il metodo in funzione del contesto, delle nuove tecnologie e di un aggiornamento della relativa applicazione agli itinerari culturali. In questo modo, i risultati di PROMETHEUS sosterranno il riconoscimento e l’istituzione di aree “protette”, complessi architettonici e paesaggistici all’interno di questi percorsi, contribuendo allo sviluppo e il progresso della conservazione architettonica e culturale all’interno del patrimonio europeo e mondiale.



Fig.160 La rappresentazione del decoro “zjuchkoviy” (Ж - Жучковъый орнамент) che si ritrova come motivo ricorrente nelle superfici murarie viene realizzato attraverso l’impostzione di vuoti e quindi unoperazione di sottrazione del materiale alla famiglia di muro.

NOTE

¹ Cfr. Francesca Fatta (2020). BIM e HBIM. La rappresentazione del modello tra sperimentazione e formazione. In *Dn, Building Information Modeling, Data & Semantics* n 6/2020, pp. 8-13.

² Munari B. (1981) *Da cosa nasce cosa* editori Laterza: Bari p. 44

³ Cfr. Sandro Parrinello, Francesca Picchio, Anna Dell'Amico (2019). *When the Future Is the Past. Digital Databases for the Virtualization of Museum Collection*. In: (a cura di): Alessandro Lugini, *Proceedings of the 1st International and Interdisciplinary Conference on Digital Environments for Education, Arts and Heritage*. p. 212-222, Springer, ISBN: 978-3-030-12239-3, Bressanone, 5-6 luglio 2018.

⁴ *L'ubiquitous learning* è definito come un ambiente di apprendimento quotidiano supportato dall'uso del computer e ha lo scopo di fornire agli studenti contenuti e interazione sempre e ovunque. Il processo di apprendimento avviene attraverso il mezzo virtuale. L'accesso diretto alle informazioni sempre, in qualunque luogo e con qualunque tipologia di dispositivo è l'elemento caratterizzante di una nuova generazione di sistemi informativi identificati con il termine *Ubiquitous Computing*. Nel 1988 Mark Weiser ha coniato questo termine, immaginando computer posti nei muri e in qualsiasi altro oggetto di uso quotidiano. Cfr. Hwang G-J, Tsai C-C, Yang SJH (2008) *Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning*. *Educ Technol Soc* 11(2):81-91.

⁵ Il *discovery based learning*, è una tecnica di apprendimento esperienziale del 21 ° secolo basata sullo studio dei teorici e psicologi Jean Piaget, Jerome Bruner e Seymour Papert. Cfr. Mayer R (2004) *Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? the case for guided methods of instruction*. *Am Psychol* 59(1):14-19.

⁶ *ibidem*.

⁷ Il progetto di ricerca, di cui è responsabile il Prof. Sandro Parrinello, rientra nelle attività condotte dal Laboratorio Sperimentale Didattica e Ricerca DAdA-LAB. del Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università degli studi di Pavia. In particolare si concentra su alcune attività che negli ultimi anni il laboratorio sta mettendo a punto sulle collezioni museali. Al lato di questa sperimentazione rientra un progetto di ricerca per la valorizzazione di un elefante "impagliato" nel Museo di Storia Naturale dell'Università degli studi di Pavia e un percorso di valorizzazione della collezione di strumenti musicali storici, attraverso la produzione di modelli 3D, della collezione del Dipartimento di Musicologia di Cremona.

⁸ Gli oggetti a cui si fa riferimento appartengono alla collezione privata di Sergio Susani, esperto della cultura e dell'arte dei manufatturieri dei nativi americani. Il copricapo è una replica museale di un *War Bonnet*, un'acconciatura da guerra del 1870 composta da calotta in pelle di alce e bisonte, penne di Aquila Reale (coda), tessuto rosso di scambio (*trade cloth*), applicazioni di pelliccia di ermellino e fascia in pelle decorata con conterie Veneziane perline di vetro prodotte a Murano cucite a mano con tendine di cervo. Lo strumento musicale è una replica museale di un sonaglio utilizzato per i rituali del 1860 in pelle grezza conciata al cervello cucito con tendine, de-

corato con crini di cavallo, penne di picchio e piccoli sassi. I calzari sono dei *Mocassini Lakota Sioux* originali del 1870, composti da soles in pelle grezza non conciata e tomaia in pelle di bisonte interamente ricoperta da perline di murano cucine a tendine direttamente sullo spessore della pelle stessa.

⁹ Il modello Spider si basa su tecnologia *blue light* e dispone di 5 camere di ripresa (1.3 megapixel 24 bits 7,5 frame al secondo) e per questo ha una risoluzione del dato 3D molto accurata dallo 0.1 a 0.05 mm. Il campo visivo lineare di ripresa risulta invece limitato, copre un'area lineare che va da i 180 mm ai 140 mm.

¹⁰ Artec Eva, a differenza del modello Spider utilizza una luce bianca e possiede un'unica camera di ripresa (1.3 megapixel 24 bits 16 frame al secondo), durante ogni scansione vengono raccolti 2 milioni di punti al secondo con una precisione che va da un range compreso tra 0.5 a 0.1 mm; rispetto al modello Spider permette di scannerizzare oggetti più voluminosi avendo una copertura d'area lineare maggiore da un minimo di 214 x 148 mm a un massimo di 536 x 371 mm.

¹¹ Lo strumento DAVID 3D a differenza dei precedenti è composto da una telecamera monocromatica sensore CMOS risoluzione 1280x960 Px 1,3 Mpx con possibilità di cattura di 25 frame al secondo e da un video proiettore dotato di lampada LED da 600 Lumens modificato con lente a fuoco corto ed ampia focale. Lo scanner è montato su di un supporto, un semplice treppiede con testa snodata a sfera, dotato di meccanismo a slitta per le traslazioni orizzontali e di un goniometro per la calibrazione dell'angolo di ripresa della camera.

¹² Il modello Spider si basa su tecnologia *blue light* e dispone di 5 camere di ripresa (1.3 megapixel 24 bits 7,5 frame al secondo) e per questo ha una risoluzione del dato 3D molto accurata dallo 0.1 a 0.05 mm. Il campo visivo lineare di ripresa risulta invece limitato, copre un'area lineare che va da i 180 mm ai 140 mm. Artec Eva, a differenza del modello Spider utilizza una luce bianca e possiede un'unica camera di ripresa (1.3 megapixel 24 bits 16 frame al secondo), durante ogni scansione vengono raccolti 2 milioni di punti al secondo con una precisione che va da un range compreso tra 0.5 a 0.1 mm; rispetto al modello Spider permette di scannerizzare oggetti più voluminosi avendo una copertura d'area lineare maggiore da un minimo di 214 x 148 mm a un massimo di 536 x 371 mm.

¹³ Lo strumento DAVID 3D a differenza dei precedenti è composto da una telecamera monocromatica sensore CMOS risoluzione 1280x960 Px 1,3 Mpx con possibilità di cattura di 25 frame al secondo e da un video proiettore dotato di lampada LED da 600 Lumens modificato con lente a fuoco corto ed ampia focale. Lo scanner è montato su di un supporto, un semplice treppiede con testa snodata a sfera, dotato di meccanismo a slitta per le traslazioni orizzontali e di un goniometro per la calibrazione dell'angolo di ripresa della camera

¹⁴ Gli strumenti Artec utilizzano il software *Artec studio* che permette operazioni di: *auto-align*, *hole filling*, *mesh smoothing*, *filtration*, *edge smoothing*, e di *editing 3D*. Lo scanner DAVID-3D invece è supportato dal software *HP-SCAN 5* che permette la creazione del

modello 3d dai dati scansione attraverso processi di allineamento e fusione tra scansioni migliorando la qualità del dato della scansione attraverso operazioni di correzione mesh, strumenti di gestione texture.

¹⁵ In particolare il modello prodotto riporta un'affidabilità metrica dell'ordine di 0,5 mm per un modello costituito da 3,595,437 facce e 1,860,709 vertici.

¹⁶ I modelli dei calzari ottenuti tramite rilievo fotogrammetrico SfM sono caratterizzati da 532,429 facce e 267,419 vertici e 2. 432,878 facce e 219,171 vertici.

¹⁷ L'utilizzo di David-3D ha consentito di ottenere un modello completo di tutte le sue parti che conta di una maglia poligonale di alta qualità definita da 9,667,234 facce e 4,979,337 vertici.

¹⁸ In particolare sono stati utilizzati come punti in comune noti i disegni incisi sulle superfici dei manufatti.

¹⁹ Grazie ad esempio ad allestimenti tra i quali, in Italia, ricordiamo quelli di Carlo Scarpa che nel 1944 ristruttura le sale delle Gallerie dell'Accademia a Venezia, e i padiglioni che realizza per la Biennale di Venezia come Il Padiglione del libro d'arte (1950), Il Giardino delle Sculture realizzato all'interno del Padiglione Italia (1951-52), il PAC (Padiglione di arte contemporanea) di Gardella (1950-53) sul sito delle ex scuderie dell'ex Villa Reale di Milano, il padiglione modulare permanente INA, progettato da Albini in occasione della fiera campionaria di Milano del 1953 e il progetto di ristrutturazione del Castello Sforzesco del gruppo BBPR (1954). Sono numerosi i modelli italiani che hanno influenzato la concezione degli spazi espositivi che poi è stata diffusa in tutta Europa

²⁰ Cfr. G. Leoncini, “La Certosa di Firenze nei suoi rapporti con l'architettura certosina”, Anacleto Cartusia- na: Salzburg, 1980.

²¹ Cfr. F. Picchio, F. Betto (2020) Il progetto di documentazione della certosa del Galluzzo. Indagini conoscitive e analisi preliminari. In Architettura eremitica. Sistemi progettuali e paesaggi culturali. Atti del quinto Convegno internazionale di studi. Firenze: Edifir

²² Verdiani G., Donato V., Pianigiani L. & Marsugli F. (2018). Patrimonio costruito e BIM: il palazzo di Francesco de' Medici nella Fortezza Vecchia di Livorno fa un secondo passo nell'epoca digitale. In: Marotta A., Spallone R. (a cura di). Defensive Architecture of the Mediterranean, Vol IX Proceedings of the International Conference on Modern Age Fortification of the Mediterranean Coast Fortmed 2018 Torino, 18th, 19th, 20th October 2018, pp. 1117-1124.

²³ Scandurra S. (2020), La modellazione informativa del patrimonio architettonico. Sperimentazioni e processi cloud to hbim, Aracne editore.

²⁴ Cfr. M. Morandotti, D. Besana, E. Zamperini, V. Cinieri, “La gestione sostenibile del patrimonio immobiliare tra riuso e valorizzazione”, in La strategia della conservazione programmata. Dalla progettazione alle attività degli impatti. Nardini Editore, Vol 1, pp. 131-140, 2014.

²⁵ Cfr. Morandotti M., Parrinello S., Picchio F., De Marco R., Becherini P., Dell'Amico A., Doria E., Galasso F., & Malusardi C. (2019). L'Università degli studi di Pavia, i cortili e gli ambienti monumen-

tali. Un progetto di documentazione digitale e sviluppo di sistemi di gestione per la manutenzione programmata. In: ReUSO Matera. Patrimonio in divenire. Conoscere Valorizzare Abitare. p. 863-874, Gangemi Editore, ISBN: 978-88-492-3800-6, Matera, 23-26 ottobre 2019.

²⁶ In termini di sviluppo software con object oriented si intende nell'uso di elementi predefiniti all'interno di applicazioni software, non necessariamente si riferisce a oggetti fisici ma a concetti. Nel contesto BIM object oriente si riferisce alla capacità del software di riconoscere gli elementi specifici di costruzione come singole entità o oggetti.

²⁷ Cfr. BALWIN, Mark, (2019), The BIM-Manager: A practical guide for BIM project Management, Beuth Verga GmbH, Berlin

²⁸ Cfr. Morandotti, Marco et al., (2019), L'Università degli studi di Pavia, i cortili e gli ambienti monumentali. Un progetto di documentazione digitale e lo sviluppo di sistemi di gestione per la manutenzione programmata, in conference Patrimonio in divenire Conoscere, Valorizzare, Abitare (eds) Conte A, Guida A, Reuso VII International Conference 23-26 Ottobre, Gangemi editore, Matera

²⁹ Cfr. Jordan-Palomar I, Tzortzopoulos P, García-Valdecabres J, Pellicer E (2018) Protocol to Manage Heritage-Building Interventions Using Heritage Building Information Modelling (HBIM), Sustainability, MDPI, Open Access Journal, vol. 10(4), pages 1-19, March.

³⁰ Cfr. Dore C, Murphy M. (2017) : CURRENT STATE OF THE ART HISTORIC BUILDING INFORMATION MODELLING, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W5, 185-192, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-185-2017>.

³¹ Cfr. Li D, Wang X, Bai C, and Wu C (2019) Discussion on the problem of regularized reconstruction in HBIM, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W15, 657-662, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-657-2019>.

³² Cfr. BARAZZETTI, Luigi, BANFI, Fabrizio, Brumana, Raffaella, Previtali, Mattia, (2015), Creation of parametric BIM objects from point clouds using nurbs, in The Photogrammetric Record 30(152): 339-362

³³ Cfr. Parrinello, Sandro, Picchio, Francesca, (2017), Databases and complexity. Remote use of the data in the virtual space of reliable 3D models, in ARCHITECTURE AND ENGINEERING, vol. 2, p. 27-36, ISSN: 2500-0055, doi: 10.23968/2500-0055-2017-2-27-36

³⁴ Cfr. LO TURCO, Massimiliano, MATTONE, Manuela, RINAUDO, Fulvio, (2017), Dal rilievo metrico all'HIM per l'analisi dello stato di conservazione della fabbrica, in Ananke Speciale GeoRes 2017, (a cura di). Grazia Tucci e Erica Isabella Parisi, Altralinea edizioni, Firenze

³⁵ Cfr. Themistocleous, Kyriacos, Ioannides Marinos, Agapiou, Athos, Hadjimitsis Diofantos, (2015), The methodology of documenting cultural heritage sites using photogrammetry, UAV, and 3D printing techniques: the case study of Asinou Church in Cyprus, in Proc. SPIE 9535, Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2015), 953510

³⁶ Hammām (in arabo: حمّام) letteralmente significa “fonte di calore” nella cultura islamica con questo termine viene indicato il complesso architettonico termale in cui i musulmani effettuano il ghuṣl, o lavacro maggiore, o il wuḍūʿ, o lavacro minore, per conseguire la ṭahāra, o purità rituale, indispensabile per poter poi adempiere all’obbligo canonico della ṣalāt giornaliera.

³⁷ Cfr. G. Crespi, “Gli arabi in Europa”, Jaca book: Milano, 1979.

³⁸ *Apodyterion* (dal greco antico ἀποδυτήριον, “camera per spogliarsi”) era il vestibolo principale da cui i frequentatori delle terme potevano fare ingresso alla struttura termale, preparandosi nello spogliatoio dove vi erano scaffali di legno o in muratura, e talvolta semplici nicchie nelle pareti.

³⁹ L’*iwan* (in arabo anche *īwān*) è un elemento architettonico di origine iraniana (Mesopotamia intorno al III secolo d.C.) che trova la sua diffusione nella tradizione dell’architettura islamica. Posizionato all’estremità di un’architettura pubblica palaziale, in genere un moschea, una mandrasa. Formato da una sala o uno spazio rettangolare, di solito voltato, murato su tre lati, con un’estremità completamente aperta. La porta formale per l’*iwan* è chiamata *pishtaq*, un termine persiano per un portale che sporge dalla facciata di un edificio, solitamente decorato con fasce di calligrafia, piastrelle smaltate e disegni geometrici.

⁴⁰ Nella religione islamica non è ammesso il bagno a conca perchè indice di scarsa pulizia. I lavaggi dovevano avvenire attraverso l’acqua corrente poichè le prescrizioni coraniche prevedevano che le abluzioni avvenissero per aspersione e non per immersione. Cfr. De Miranda A. (2004). Dalle terme all’*hammam*. In: Mecca S. (a cura di) 1st International Research Seminar on Architectural Heritage and Sustainable Development of Small and Medium Cities in South Mediterranean Regions. Pisa: Edizioni ETS, pp. 343-354.

⁴¹ Il *laconicum* era la stanza contigua al *caldarium*. Il *laconicum* era di solito una stanza circolare con nicchie poste in corrispondenza degli assi diagonali ed era coperto da un tetto conico con un’apertura circolare nella parte superiore, secondo Vitruvio (v. 10), da cui uno scudo di rame è sospeso da catene, capace di essere così abbassato e alzato da regolare la temperatura. Le pareti del *laconicum* erano intonacate con stucchi di marmo e dipinte di blu con stelle dorate.

⁴² Cfr. M. Bahtiyar Karatosun, T. Nur Baz, “Sustainability by Protecting of Traditional Heating Systems in Turkish Baths”, in *Architecture Research* 2017, 7(2): 41-48, The Architecture Journal, DOI: 10.5923/j.arch.20170702.02, 2017.

⁴³ Cfr. B. Pavón Maldonado, “Tratado de arquitectura hispanomusulmana”, vol 1, Agua, Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Madrid, 1990.

⁴⁴ Cfr. B. Pavón Maldonado, “Estudios sobre la Alhambra”, vol. 1, Patronato de la Alhambra y Generalife, Granada, 1975.

⁴⁵ Il lavoro di ricerca rientra all’interno di un progetto più ampio, nato nel 2017 dalla collaborazione tra il Patronato de la Alhambra y Generalife, il Laboratorio DAda-LAB dell’Università degli studi di Pavia (responsabile prof. Sandro Parrinello), e il Laboratorio SMIlab dell’Università di Granada (responsabile prof. Antonio Gómez-

Blanco). La prima fase del progetto ha visto la documentazione digitale attraverso l’utilizzo di sistemi laser scanner e fotogrammetria SfM della porzione del Palazzo del Generalife. Tale documentazione ha permesso la realizzazione di un modello tridimensionale del complesso utilizzato per la strutturazione di un sistema immersivo, tramite visore oculus Rift, di visita museale.

⁴⁶ Cfr. S. Parrinello, A. Gomez Blanco & F. Picchio (2017) “El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión”, Pavia University Press: Pavia.

⁴⁷ Cfr. L. Torres Balbas, “La mezquita real de la Alhambra y el baño frontero”. *Al-Andalus*, vol. X, n° XVI, pp. 196-214, 1945.

⁴⁸ Cfr. Brumfield William Craft (1993). *A history of Russian architecture*. Cambridge: University press, pp. 664.

⁴⁹ L’idea di ‘diffusività’ del patrimonio culturale è oggi richiamata in merito alle crescenti esigenze di sua ‘accessibilità’, ma deve essere intesa non solo in termini propriamente fisici del sito specifico ma più in generale nella mappatura e controllo di dati dispersi in un quadro unificato di conoscenza, monitoraggio e pianificazione culturale. A tal riguardo, l’uso di archivi di informazioni e contenitori di referenziazione è crescentemente richiesto, espandendo l’influenza delle metodologie visuali di rappresentazione e aggiornandone i prodotti grafici in termini di digitalizzazione e network di metadata [Parrinello, Dell’Amico 2019, pp. 1032-1044].

⁵⁰ Cfr. “Pensare oggi al tema dei Paesaggi culturali [...] rende necessari sguardi locali e visioni globali del mondo contemporaneo”. Dal momento che nel processo di globalizzazione economica e culturale, il riconoscimento dell’identità (e della alterità) di un bacino culturale si presenta come un problema cruciale, la questione della rappresentazione dei paesaggi culturali si lega a quella dello spazio ed ai suoi processi di simbolizzazione. “In ogni paesaggio coesistono dunque l’oggetto, la sua estensione fisica, il suo spazio e le rappresentazioni mentali di una comunità, nella loro reciproca articolazione problematica.” Il paesaggio culturale quindi “non è solo pura estensione fisica da fruire in senso tecnico/economico ma luogo in cui avviene una “mediazione culturale” che conferisce forma allo spazio.” Ne consegue così “l’importanza decisiva della sua rappresentazione, non solo quella mentale anche delle sue forme concrete”, sempre più incoraggiate ad una connessione intertestuale capace di riconoscere dimensioni tecnico-pratiche di tangibilità rappresentativa ed estensione geografica per l’identificazione degli apparati corrispondenti sul territorio [Salerno, Casonato 2008, pp. 12-16].

⁵¹ Il riconoscimento deriva dal report dell’incontro di esperti del World Heritage Committee WHC-94/CONF.003/INF.13, “Routes as a part of our Cultural Heritage” (Madrid, Spagna, Novembre 1994), successivamente implementato dall’ICOMOS nella “Charter on Cultural Routes”, 2008. È centrale il riconoscimento del patrimonio delle rotte come “sum of elements referring to a whole [...] within a joint system which enhances their significance” portando a una “dynamic conformation of cultural landscape”. La recente inclusione di gran parte di queste rotte (a titolo di esempio, l’Hansa 1991, El Legado andalusí 1997, il patrimonio industriale della Valle del Reno

2002, la Rotta dei Pirenei 2003, i Siti cluniacensi 2005, la Transromanica 2007, le Abbazie cistercensi 2010, le Città termali storiche 2010, le Fortezze di Carlo V 2015, le città fortificate della Grande Région 2016) i loro programmi di documentazione circa le condizioni storiche e fisiche, il valore architettonico ed i programmi operativi di intervento per la gestione territoriale risultano ancora scarsi. I progetti esistenti si concentrano principalmente su un approccio turistico, educativo e formativo (progetti HECTOR e CERTESS, dell'Istituto europeo di percorsi culturali), mancando di un protocollo dedicato per la gestione territoriale unificata dei siti.

⁵² Le ricerche di A.S. Teryohin, G. D. Kantorovich, I. V. Makovetskiy e V. A. Tsyushtanov hanno fornito un fondamentale contributo alla conoscenza del patrimonio dell'Upper Kama nella loro opera del 1970. Nel 1988 la monografia di Kostochkin ha integrato le precedenti ricerche, oltre all'archivio del Perm Scientific Restoration Atelier che dal 1986 fornisce dati affidabili sui monumenti esistenti per lo sviluppo di progetti di conservazione e restauro. Lo studio più recente sull'architettura dell'Upper Kama è condotto da W. Brumfield nella forma di report fotografico del 2012.

⁵³ La documentazione del patrimonio costruito dell'Upper Kama è parte di un programma di attività sviluppato dal 2013 dal Professor Sandro Parrinello dell'Università degli Studi di Pavia e dalla prof. Svetlana V. Maximova della Perm National Research Polytechnic University. Tre summer schools sono state organizzate nel 2015, 2016 e 2018 coinvolgendo professori, ricercatori e studenti di università internazionali, e supportate dal contributo del Russian Academy of Painting, Sculpture and Architecture, Stroganov Chambers Historic Architectural Museum di Usolye e dall'amministrazione di Usolye.

⁵⁴ Il Perm Krai Center for Monuments Protection si occupa oggi del patrimonio dell'Upper Kama per la sua preservazione e lo sviluppo di progetti di intervento e protezione, come il caso della Protecting Zone per il centro storico di Usolye.

⁵⁵ A seguito dell'ascesa sovietica, numerosi complessi furono abbandonati o videro una riconversione dei loro spazi per altre funzioni, prevalentemente di produzione energetica (come la Church of the Annunciation of the Blessed Virgin di Pokcha convertita in centrale elettrica nel 1940, il caso della Church of the Exaltation of the Holy Cross a Solikamsk, abbandonata nel 1929 e successivamente trasformata in un birrifico, e la Church of the Epiphany a Cherdyn, oggi sede di un panificio). L'evento centrale è rappresentato dalla costruzione della stazione elettrica sulla Kama nel 1954, con l'esondazione del fiume e la variazione del rapporto idrogeologico territoriale tra i livelli di falda ed i siti di fondazione dei complessi, causa di evidenti dissesti e condizioni di instabilità che ne contraddistinguono oggi la condizione di patrimonio in emergenza.

⁵⁶ Il paesaggio, diciamo, si costituisce quando i vari elementi naturali distesi uno vicino all'altro sul suolo terrestre si riuniscono in una unità di genere molto particolare, differente rispetto a quella intravista dallo scienziato con il suo pensiero causale, dall'adoratore della natura con il suo sentimento religioso, dal contadino o stratega

con il loro approccio teologico.” Simmel definisce la Stimmung, una qualità del paesaggio come sentimento proprio umano. Senza tale sentimento il paesaggio sarebbe solo una somma di elementi naturali. Questo però non lo è dal momento che l'uomo contemplandolo ha un atteggiamento di elaborazione, nel senso che percepisce gli elementi della natura e li unifica. Facendoli propri, assorbe la sostanza data dalla natura e la rielabora attraverso l'atto della contemplazione [Simmel 1985]

⁵⁷ William Craft Brumfield storico contemporaneo dell'architettura russa, ha vissuto in Russia per quindici anni svolgendo attività di ricerca presso l'Università statale di Mosca e di San Pietroburgo, viaggiando nella parte settentrionale della regione per documentare e ricercare l'architettura vernacolare russa. L'opera fotografica di Brumfield è raccolta presso il Department of Images Collections della National Gallery of Art, di Washington conta 12500 stampe fotografiche in bianco e nero, 40000 negativi e oltre 89000 file digitali.

⁵⁸ Si fa riferimento al concetto di discorso del paesaggio dove con il termine discorso si prende a riferimento l'accezione Foucaultiana. Cfr. Michael Jakob, *Il paesaggio*, Bologna: Il mulino, 2009, p. 15.

CAPITOLO VI

CONCLUSIONI

GESTIONE DEI MODELLI E FRUIZIONE

INTERATTIVA DEI CONTENUTI

6.1 LA LETTURA DELLE INFORMAZIONI ASSOCIATE AI MODELLI

Come asseriva Cesare Brandi: *“l’opera d’arte gode di una doppia storicità cioè quella che coincide con l’atto della creazione e fa capo dunque ad un artista, e a un tempo e un luogo e una seconda storicità che le proviene dal fatto di insistere nel presente di una coscienza, e dunque una storicità che ha riferimento al tempo e al luogo dove quel monumento si trova”*¹. La storicità del monumento è dunque caratteristica da preservare con azioni di valorizzazione che devono essere proposte tramite l’utilizzo di strumenti contemporanei per la fruizione del monumento storico.

Trasferire la complessità del reale in un modello digitale di natura HBIM implica definire archetipi fondati su un processo di astrazione logica delle forme.

La scomposizione semantica del costruito, l’attribuzione di valori alle diverse categorie di elementi e la costruzione progressiva di modelli digitali che ne indagano le forme, le geometrie e le complessità, sostiene una metodologia che governa la scienza del disegno e che in queste esperienze di ricerca può trovare nuove declinazioni.

La trasposizione digitale del patrimonio architettonico richiede continuamente nuove espressioni, configurazioni e sistemi di visualizzazione dei dati, in risposta alla crescente digitalizzazione di risorse e ad una sempre più evoluta educazione all’immagine digitale.

Parlando di educazione al digitale e di alfabetizzazione informatica, riguardo al patrimonio storico architettonico risulta chiara l’esigenza di reindirizzare i mezzi di comunicazione della conoscenza attraverso nuove tipologie di canali telematici, dando luogo a nuove forme di promozione della cultura. La produzione di modelli digitali innesca un meccanismo a catena che alimenta a sua volta la produzione di altri modelli e altri materiali digitali. In questo senso l’esponentiale incremento delle opere digitali sembra favorire un meccanismo di inclusione di diverse funzioni nei modelli e nei sistemi informativi per contenere l’espansione e l’evolversi di questa spirale.

Il tentativo di fare ordine richiede però la costruzione di protocolli metodologici e di standard utili alla qualificazione di banche dati il più possibile aperte e implementabili.

La connessione di tali banche dati con sistemi di VR e AR va nella direzione di condividere e comunicare con la società; di educare al digitale e di promuovere la spirale attraverso i canali di diffusione basati su sistemi di fruizione e condivisione open access o attraverso piattaforme di social networking.

Inquadrare oggetti mediante smartphone o tablet e visualizzare contenuti tridimensionali che possono essere implementati con informazioni tecniche apre molteplici possibilità di approfondimenti tematici.

In questa prospettiva, strutturare le caratteristiche analizzate e trasformare l’output dei rilievi e delle rappresentazioni in database 3D ottimizzati promuove quella multidimensione digitale che nel rilievo architettonico può caratterizzare strumenti di gestione, di controllo e di promozione del patrimonio.

Come la comunicazione sociale si muove verso un dialogo strutturato nel digitale, analogamente la comunicazione tecnica può trovare risposta in piattaforme di connessione che rispondano ai requisiti dinamici, di interazione con il manufatto, e di standard, intesi come criteri di affidabilità, in risposta alle direttive imposte dall’agenda digitale della commissione europea.

I dati raccolti sulla piattaforma di fruizione dei modelli possono diventare uno strumento di comunicazione per diversi utenti, dove ciascuno può trovare la propria narrazione in risposta ad una complessità culturale. Disegni, simboli, geometrie, immagini, suoni ed elementi multimediali, con le loro peculiarità e dignità informative, convergono in un sistema ordinato che esplicita specificità del reale in risposta ad uno scopo conoscitivo specifico.

Davanti ad un panorama in continua evoluzione in cui gli strumenti di rappresentazione e di fruizione degli elementi variano e sono diversificati, la ricerca è stata volutamente direzionata verso un processo di valutazione del potenziale dei diversi scenari che i modelli HBIM possono offrire per la valorizzazione degli ambienti storici.

L’adozione di modelli strutturati sulla base di ontologie BIM per la rappresentazione degli edifici storici ha come principio fondante la costruzione di un modello multidimensionale e multidisciplinare, in cui la rappresentazione delle forme geometriche è arricchita da informazioni utili alla visualizzazione di dati e alla gestione delle diverse complessità del patrimonio storico, per questo risulta fondamentale la

strutturazione di un'azione di ricerca e di sperimentazione volta alla definizione di una metodologia di modellazione che a partire dall'analisi del dato di acquisizione 3D tramite tecnologia no contact, permetta, attraverso la disamina delle potenzialità e criticità, una rappresentazione critica e consapevole del modello costruito.

Grazie allo sviluppo di differenti casi studio è stato possibile valutare la versatilità dei modelli strutturati secondo l'applicazione di un protocollo di rappresentazione BIM.

A tal fine la ricerca è stata finalizzata all'indagine di metodologie sia per quanto riguarda l'acquisizione del dato metrico, sia l'utilizzo di tale strumento informativo per la realizzazione di modelli di tipo HBIM basati su criteri di modellazione che riflettano gli aspetti qualitativi e le caratterizzazioni di tipo formale degli elementi architettonici. Nell'ambito del lavoro di ricerca, è stato evidenziata la difficoltà di riutilizzo e replica degli oggetti e dei processi di modellazione per la casistica del costruito storico.

Le critiche in relazione ai protocolli BIM spesso sono concentrate su questioni percepite come barriere e ostacoli di implementazione e l'utilizzo di un tipo di modellazione parametrica ed informativa. Essendo uno strumento per la rappresentazione, giocano ruolo chiave nelle azioni di modellazione da una parte l'offerta proposta delle palette strumentali che le case di produzione dei software propongono, dall'altra l'assenza di standard e di codici condivisi a livello nazionale ed internazionale.

Comparando le diverse esperienze di ricerca su casistiche differenti è stato possibile riscontrare come, seppur ogni progetto abbia avuto un iter metodologico di base strutturato sulla stessa linea di intervento, per il singolo caso studio è stato necessario adeguare i protocolli di modellazione in base alle informazioni disponibili, riscontrando la necessità di definire nella fase preliminare gli obiettivi e le finalità del modello.

La fase di modellazione richiede la creazione di oggetti BIM che vanno a qualificare e rappresentare le componenti dell'architettura dell'edificio sulla base di informazioni precedentemente acquisite.

I metodi di acquisizione, elaborazione e riconoscimento dei dati influenzano la qualità e le possibilità di rappresentazione attraverso l'utilizzo di tecniche integrate implementate ed il LoD definito in fase di progettazione. Per poter confrontare i diversi approcci con i modelli realizzati, è necessario fare una valutazione sulla base dei criteri di modellazione e dei livelli di dettaglio stabiliti all'interno dello specifico progetto.

Ciò sottolinea la difficoltà di compatibilità tra le librerie di componenti per un interscambio e un riuso dei modelli realizzati per casi studio tra loro affini.

In un'ottica di interscambio di componenti di modello è stata valutata all'interno del caso studio della Certosa di Firenze e all'interno del progetto PROMETHEUS la compatibilità tra oggetti di modello proprietari Revit e Archicad utilizzando il formato di esportazione IFC. Tale interoperabilità, se da un lato rende possibile lo scambio delle geometrie di modello, permettendo un dialogo tra differenti tipologie di modelli di rappresentazione, nella sua applicazione ha evidenziato alcune criticità. In primo luogo la necessità di un'attenta gestione delle informazioni in fase di conversione ed esportazione del modello in formato IFC che richiede la traduzione della componente informativa secondo la suddivisione in classi e tipi di *Building Smart*. Si evidenzia, inoltre, una delle maggiori criticità riscontrate che riguarda in fase di conversione, la perdita della gestione parametrizzata del modello geometrico, possono essere apportate modifiche all'oggetto apportando modifiche in fase di esportazione attraverso il linguaggio base di un IFC, che permette la caratterizzazione delle informazioni e delle qualità di modello da esportare e rendere compatibili secondo lo schema IFC.

6.2 PIATTAFORME DI FRUIZIONE VIRTUALE

Affrontando il caso studio della modellazione della Sala della Crociera del museo archeologico di Pavia è stato possibile valutare la versatilità dei modelli strutturati secondo l'applicazione di un protocollo di rappresentazione BIM. È stato realizzato un modello HBIM descrittivo di tutto il complesso monumentale, attraverso il quale sono state messe a confronto tre differenti possibilità di fruizione: una vista VR, la lettura tramite applicazione AR e la stampa tridimensionale. Ciò ha confermato che un modello progettato tramite protocollo BIM può offrire: non un modello meramente finalizzato a un pubblico tecnico ma un sistema, strutturato sulla base tecnica del protocollo BIM, aperto ad un bacino di utenza più ampio. Un risultato, che incoraggia l'utilizzo della modellazione parametrica in materia del Cultural Heritage dimostrando il ventaglio di possibilità che i protocolli BIM negli ultimi anni stanno proponendo al settore delle costruzioni. Quello che emerge è che il settore della virtualizzazione e della compatibilità tra Revit e piattaforme di fruizione si trova ancora tutto in fase di sviluppo i *plug-in* e gli sviluppatori cambiano in breve tempo con aggiornamenti di sistema e presentano nuove opportunità.

Lo evidenziano gli stessi *plug-in* in continuo sviluppo ed aggiornamento: la nuova versione Revit 2020 non presenta più le possibilità precedenti perché sostituite da nuove possibilità di *plug-in* come Unity Reflects nato dalla collaborazione tra Unity e Revit. Il prodotto permette, con un dialogo tra la piattaforma Revit ed il sistema di virtualizzazione Unity, l'impostazione di un modello BIM abilitando la possibilità di strutturare esperienze di fruizione interattiva dei modelli costruiti. Tale innovazione ha riscosso particolare interesse tra gli stakeholder del settore AEC che vedono nell'utilizzo di un sistema di tipo real time uno strumento valido non solo per la visualizzazione del prodotto finito ma anche per valutazione di eventuali errori attraverso la simulazione virtuale degli spazi. Questo fatto, è sintomo di come la tecnologia sia in fase di sviluppo e della necessità che i protocolli di gestione debbano essere continuamente monitorati e tenuti sotto controllo anche in base alle possibilità fornite dai diversi sviluppatori, adattandosi in qualche modo ai tempi di sviluppo dei software di gestione.

6.3 PIATTAFORME PER LA MODELLAZIONE CONDIVISA

Nell'ambito del progetto di ricerca che ha visto la strutturazione di un progetto condiviso per la modellazione degli spazi architettonici dei bagni dell'Alhambra, e la gestione delle attività di modellazione e di ricerca a distanza del gruppo di ricerca PROMETHEUS si è evidenziata la potenzialità della strutturazione di una tipologia di modello condiviso di dati, regolamentato dalla definizione protocollo HBIM. La condivisione del dato tramite piattaforme sia di *sharing* che di *building* ha permesso una continuità e un monitoraggio costante del lavoro di costruzione del sistema modellato. Tale utilità ha avuto un riscontro particolare durante il periodo di emergenza sanitaria, in cui il *worksharing*, e lo *smart working* hanno raggiunto il loro massimo utilizzo, diventando strumento utile, anche in ambito accademico per garantire agli studenti un'esperienza applicativa a supporto della condizione di didattica a distanza dovuta all'emergenza sanitaria, che ha costretto la rimodulazione dell'offerta formativa per l'anno scolastico 2019-2020. Confermando in tal senso la potenzialità dei protocolli di gestione condivisa il cui utilizzo, è ad oggi, diffuso maggiormente tra gli studi professionali di progettazione *ex-novo* ed evidenziando anche alcune criticità dovute a questioni tecniche ancora irrisolte. Tra le diverse critiche in relazione al BIM in fase di *sharing* è stata evidenziata la limitazione della condivisione del modello tramite protocollo *open source* e non attraverso l'utilizzo di

un server a pagamento, e l'assenza di *standard* comuni e strumenti di modellazione che si adattino e risultino meglio conformi alle esigenze di una rappresentazione di geometrie di modello irregolari. Sono problematiche spesso citate in letteratura, tali critiche affrontano gli aspetti tecnici e culturali del BIM e suggeriscono che l'applicazione metodologica del BIM come agente di cambiamento può essere mal riposta. E' chiaro che il settore della rappresentazione abbia ancora delle sfide irrisolte nella digitalizzazione tramite l'applicazione dello standard BIM senza dare per scontata la struttura e la retorica dei protocolli ma analizzandole restituendo una maggiore comprensione sia in termini tecnici che teorici.

Sono stati riscontrati dei problemi nella gestione delle fasi di modellazione a causa delle limitazioni dovute dalla scelta di un iter metodologico *open source* e non tramite servizi a pagamento offerti dalle *software house*.

Tale limitazione ha riscontrato problemi in fase di gestione della modellazione condivisa limitando il numero degli utenti coinvolti al fine di aver un maggior controllo in fase di sincronizzazione del dato. La strutturazione di un modello all'interno di un sistema *on cloud*, come *dropbox*, ha inoltre posto un ulteriore limite basato sulla disponibilità di spazio di utilizzo per l'archiviazione del dato limitato a 2 GB per ciascun utente. Risulta evidente che tale limitazione va a ridurre le possibilità di modellazione se non supportate da un investimento di risorse economiche per l'utilizzo di sistemi più performanti.

Le diverse criticità sono state affrontate tramite uno stretto coordinamento tra gli utenti, utilizzando durante le fasi di modellazione piattaforme di comunicazione e messaggistica istantanea per evitare sincronizzazioni simultanee del modello centrale, che avrebbero causato il rischio di una sovrascrittura erronea del file di gestione centrale e la conseguente perdita dei dati. Il protocollo di modellazione condivisa ha confermato le potenzialità come strumento di gestione di modello a distanza, risultato efficace in particolar modo durante il periodo di chiusura dovuto alla pandemia Covid-19 che ha visto la promozione e la diffusione in maniera esponenziale di metodi *cloud sharing* e lavoro smart a distanza, come misura cautelare per la prevenzione sociale. In entrambi i casi è emersa la problematica relativa alla limitazione dovuta alle possibilità degli strumenti di modellazione proposti dalla piattaforma oltre all'assenza di standard comune che possa meglio adattarsi alle esigenze della rappresentazione di opere costruite.

6.4 CONSIDERAZIONI SUL RUOLO DELL'HBIM PER LA VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE

Nella valutazione dei vantaggi che sta dimostrando l'applicazione del protocollo BIM per la gestione dei beni culturali, rimangono alcune questioni aperte che sono tematica delle attività di ricerca per lo più in ambito accademico. Analizzando le dimensioni standardizzate dei protocolli BIM e applicandole al settore del Cultural Heritage, è possibile notare che la fase di digitalizzazione del dato non è naturalmente implicata tra i processi del protocollo del *life cycle* dell'edificio, questo perché sostanzialmente il protocollo è strutturato sulla base di standard di progettazione *ex novo* e deve ancora essere definito in maniera dettagliata, per le applicazioni di digitalizzazione del costruito.

La ricerca aspira a continuare l'indagine sulla strutturazione di protocolli replicabile su casistiche differenti attraverso la strutturazione di abachi volti a definire possibili standard di lettura e a migliorare, attraverso l'esperienza, sia i protocolli di modellazione condivisa sia le differenti possibilità di fruizione dei modelli realizzati, cercando di ottimizzare la qualità delle geometrie di modello e i prodotti della stampa tridimensionale in termini di costi e di tempo.

L'analisi dei protocolli di modellazione applicati a differenti casi studio ha riscontrato che a fronte della diversità dei metodi costruttivi architettonici appartenenti a differenti culture, risulta difficoltoso l'utilizzo di un linguaggio di rappresentazione a carattere universale.

Passando da diversi stili architettonici dalla Russia alla Spagna, all'architettura monastica Certosina, è evidente come ogni cultura ritrova espressione in un proprio linguaggio che trova forma nella costruzione e nei diversi stili architettonici. Si ritorna all'origine del problema, ovvero la rappresentazione critica che necessita di un'azione di studio e scomposizione semantica degli elementi per la rappresentazione delle componenti oggetto. Tali modelli ponderati nascono con l'aspirazione di poter essere riutilizzati ma finiscono per essere adatti ad una sola tipologia di progetto confluendo in librerie digitali limitate ai singoli casi studio poiché esito di un processo interpretativo strutturato sul singolo progetto.

Il modello, comporta delle necessarie approssimazioni sulla base di criteri oggettivi, se definiti da progetto e soggettivi in base alla volontà di rappresentazione del modellatore. Quello che emerge da questo lavoro di ricerca è che nell'applicazione di un iter metodologico di rappresentazione è il ruolo cardine è rappresentato dalla figura dell'architetto che in quanto modellatore applica in fase di rappresentazione un criterio

di categorizzazione e scomposizione dei diversi elementi restituendo la realtà costruita in una configurazione di modello secondo una propria definizione di criteri e linee di disegno.

Tale scomposizione e rappresentazione da un lato è influenzata dal criterio soggettivo di chi va a comporre e disegnare il modello, dall'altro lato dal confronto tra loro di elementi appartenenti alla medesima categoria, e al medesimo stile architettonico che risultano tra loro differenti a causa dell'irregolarità costruttiva.

È chiaro che partendo da un concetto di BIM per il quale l'obiettivo è la realizzazione di librerie parametriche universali e condivise, nel contesto applicativo al Cultural Heritage ci si trova di fronte a un caso ipotetico che porta alla determinazione di un assurdo causato proprio dalla natura irregolare degli elementi costruiti.

Le librerie di oggetti costruite *ad hoc* per i singoli casi studio finiscono per rimanere circoscritte a tali casistiche e non aperte e adattabili a progetti differenti. Ma non solo l'incongruenza è riscontrata tra le librerie appartenenti a differenti progetti, analizzando gli elementi modellati all'interno dello stesso progetto spesso, gli stessi, risultano incongruenti e necessitano di operazioni specifiche di adeguamento delle linee di modello: intervenendo nell'introduzione di parametri di modifica o realizzando modelli specifici aderenti all'andamento irregolare delle geometrie dell'elemento.

Questo è stato riscontrato in particolar modo analizzando la struttura degli infissi delle chiese ortodosse russe che hanno evidenziato come ogni finestra pur essendo appartenente alla stessa chiesa, non risulti corrispondente con la finestra adiacente, o nel caso del colonnato dell'Università Centrale di Pavia ogni colonna non risulta mai uguale a quella precedente o alla successiva, irregolarità riscontrate sia nelle differenti eccentricità degli assi delle colonne che nelle irregolarità dettate dal degrado dei basamenti e dei capitelli. In questo caso entrano in gioco le finalità della costruzione del modello se deve essere un modello descrittivo e metricamente affidabile e quindi, aderente in perfetta corrispondenza tra geometria modellata e geometria acquisita, allora ogni elemento deve essere trattato e rappresentato per raggiungere l'obiettivo di precisione ed affidabilità metrica; o se rappresentare la tipologia dell'elemento finalizzata alla descrizione delle qualità formali che caratterizzano e qualificano lo spazio architettonico oltre alle geometrie degli attributi collegati agli oggetti ed al modello. Tutti gli attributi che si vanno a collegare al progetto di modello finiscono nella maggior parte dei casi per essere archiviati in un database e difficilmente riutilizzati ai casi studio successivi.

Risulta quindi necessaria, per un possibile sviluppo della ricerca, porre una riflessione sulle librerie e le modalità di costruzione di queste nell'idea di rendere le categorie di oggetti condivisibili.

A tal scopo andrebbero progettate come un glossario di elementi categorizzati sulla base di lemmi di condivisione, in cui i differenti elementi modellati possono aspirare ad esser riutilizzati per progetti successivi se tipologicamente archiviati ed inseriti all'interno di un archivio di condivisione strutturato sulla base di tematismi stilistici.

La ricerca, è stata focalizzata sulla possibilità di adeguamento, dal punto di vista tecnico, degli strumenti BIM a un tipo di rappresentazione del patrimonio esistente HBIM, attraverso la progettazione e l'applicazione di un protocollo metodologico di acquisizione e rappresentazioni finalizzato alla definizione delle azioni che dalle fasi del rilievo e della raccolta dati necessari per la costruzione di un modello tridimensionale informativo che non sia l'esito di processi automatici di modellazione, ma sia l'esito di una lettura critica delle forme ed degli elementi di modello che possano esser di supporto attraverso la loro catalogazione e rappresentazione alla diffusione culturale della conoscenza e la possibilità di gestione di interventi a scopo conservativo.

Prospettive della ricerca

Nell'ambito della ricerca, è stato fatto riferimento a differenti scale di dettaglio per porre una distinzione tra le tipologie di modellazione e rappresentazione eseguibili nello sviluppo graduale dei livelli di lettura proponendo una differenziazione negli esiti in base al livello di approfondimento richiesto dal progetto.

Altro tema che è stato indagato, è l'adattabilità che modelli così strutturati, possono avere per essere utilizzati non solo dal punto di vista gestionale, ma anche per scopi divulgativi, e quindi la versatilità che dimostrano tali modelli e come questi possano essere resi appetibili e "aperti" a un pubblico di utenza differenziato. In questo senso, se non attraverso l'uso di specifici *plug-in* messi a disposizione dalle *software house*, tali modelli sono risultati versatili tramite l'esportazione e la successiva importazione della scatola modello all'interno di software per la progettazione di sistemi di fruizione virtuale e di gestione di stampa digitale. Tali processi però riscontrano il limite della perdita della componente informativa del modello associata tramite parametri impostati sul software di modellazione Revit.

Questo lavoro di ricerca vuole inserirsi come un'indagine utile e una riflessione sulle diverse possibilità che lo strumento BIM può offrire alle metodologie di rappresentazione finalizzate alla documentazione e la valorizzazione del patrimonio storico.

La ricerca, rimane una tematica in continua evoluzione e aperta a critiche e nuovi sviluppi, risulta evidente il necessario rapporto tra dato acquisito tramite tecnologie *reality based* e la natura contraddittoria tra carattere identitario ed unicità degli elementi appartenenti al patrimonio storico e la ricerca di un catalogo standardizzato di elementi propria del concetto di modellazione BIM.

Il modello HBIM se impostato senza una riflessione critica basata su la rielaborazione dei dati di affidabilità metrica, esito della messa in opera di un adeguato progetto di acquisizione di rilievo e su un'analisi critica degli elementi basata sull'individuazione semantica delle componenti che danno forma e struttura al modello e che si desiderano rappresentare, rischia di diventare una replica anonima e acritica degli spazi, generando forme non congruenti al costruito che si rivelano poco utili nei diversi settori di utilizzo.

Per la strutturazione di modelli digitali che possano essere di carattere "universale" per l'organizzazione di un database, che aspira a poter essere abaco di elementi condivisi, al per la preservazione della memoria storica in database di oggetti appartenenti a stili e culture differenti di un dizionario di

modelli a servizio del sistema culturale è necessaria una futura riflessione sulla problematica della progettazione dei contenuti associati alle categorie di modello.

L'aspirazione della ricerca è la strutturazione di un database di oggetti, appartenenti a stili e culture differenti, che possa essere dizionario digitale confluendo in un catalogo a servizio del sistema di gestione culturale.

A tal scopo si evidenzia la necessità di strutturare in maniera ordinata le specifiche dei modelli indicizzandone le categorie di elementi.

La scelta dei contenuti e dei parametri di associazione di un elemento che deve confluire in una specifica libreria open source deve prevedere voci strutturate su delle suddivisioni tematiche che devono risultare come in un diagramma ad albero implementabili specificando caratteristiche dettagliate secondo le diverse esigenze applicative.

In una futura ricerca che vede la progettazione di lemmi e codici applicabili in modo da potere archiviare i modelli secondo una metodologia e un dizionario condiviso e standardizzato per la definizione di un linguaggio comune di modello, seguendo l'ottica utopica di possibilità di utilizzo degli elementi tipologici di modello dei manufatti architettonici.

NOTE

¹ Cfr. Brandi C. (2000). *Teoria del Restauro*. Torino: Einaudi p. 40.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- Abate D., Ciavarella R., Furini G., Guarnieri G., Migliori S. & Pierattini S. (2011). *3D Modeling and Remote Rendering Technique of a High Definition Cultural Heritage Artefact*. In: *Procedia Computer Science* 3, pp. 848–852.
- Abeti M. (2018). *Architettura della libertà. Avanguardie e rivoluzione bolscevica*. Avellino: Delta 3 edizioni, Avellino.
- Agustín L., Quintilla M. (2019). *Virtual reconstruction in BIM technology and digital inventories of heritage*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W15, 25–31, 27th CIPA International Symposium “Documenting the past for a better future”, Avila, Spain, 1-5 September 2019.
- Antonopoulou S., Bryan P. (2017). *BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model*. Swindon: Historic England.
- Apollonio F. I. (2012). *Strutture semantiche di modelli digitali 3D di opere Palladiane*. In: *Palladio Lab. Architetture palladiane indagate con tecnologie digitali*. pp. 28-26.
- Apollonio, F. I., Gaiani, M. & Sun Z. (2012). *BIM-based Modeling and Data Enrichment of Classical Architectural Buildings*. SCIRES-IT - SCientific RESearch and Information Technology, 2 (2), 41–62.
- Apollonio F., Gaiani M. & Remondino F. (2010). *Una pipeline per l'acquisizione di dati in 3D*. In: Benedetti B., Gaiani M., Remondino F. (a cura di). *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*. Pisa: Edizioni della Normale.
- Art_23__Livelli_della_progettazione_per_gli_appalti,_per_le_concessioni_di_lavori_nonché_per_i_servizi/8390
- Aterini B. (2015). *Geometria e misura nella torre campanaria di Pietrasanta: una conferma dal rilievo tridimensionale*. In: *Disegnarecon volume 8/n.15*, luglio 2015.
- Aterini B., Nocentini A. (2020). *La dimora storica Villa Celeste a Settignano: documentazione digitale per la valorizzazione e la conservazione sostenibile del patrimonio*. In: *Firenze Architettura (Quaderni, 2020)*. Firenze: didapress, pp. 90-95.
- Attenni M. (2018). *La struttura dei processi HBIM tra rilievo e modello. Scomposizione e ri-costruzione del patrimonio architettonico*. Tesi di Dottorato in Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura - Sezione B. Ciclo XXXI (2015-18). Coordinatore prof.ssa Donatella Fiorani, Responsabile prof.ssa Laura Carnevali, Tutor Prof. Carlo Bianchini, prof. Alfonso Ippolito.
- Bahtiyar Karatosun M., Nur Baz T. (2017). *Sustainability by Protecting of Traditional Heating Systems in Turkish Baths*, In *Architecture Research* 2017, 7(2) pp. 41-48, The Architecture Journal.
- Ballabeni A., Apollonio F., Gaiani M. & Remondino F. (2015). *Advances in image pre-processing to improve automated 3D reconstruction*. In: *The international Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W4*, In *Proceedings of 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures 25-27 febbraio 2015*, Avila, Spagna. pp. 315-323.
- Balwin M. (2019). *The BIM-Manager: A practical guide for BIM project Management*. Berlin: Beuth Verga GmbH.
- Bambini G. (2020). *Un modello HBIM per la gestione e la valorizzazione del complesso monumentale della Certosa del Galluzzo*. Università degli Studi di Firenze, Italia. Relatore: Prof. Stefano Bertocci, correlatrice: Ph.DS Anna Dell'Amico.
- Barazzetti L., Banfi F., Brumana R., Previtali M. (2015). *Creation of parametric BIM objects from point clouds using nurbs*. In: *The Photogrammetric Record* 30(152): 339-362
- Barba S., Barbato D., di Filippo A., Napoletano R., Ribera F., & Guida G. (2020). *BIM-Oriented Modelling and Management of Structured Information for Cultural Heritage*. 10.13140/RG.2.2.20077.41447.
- Bee-Hua G. (2007). *E-Government for Construction: The Case of Singapore's CORNET Project*. In: *Research and practical issues of enterprise information systems II*, p. 327.
- Bercigli M. (2019). *Sistemi di fruizione virtuale e serious game per la valorizzazione e la divulgazione del Patrimonio*. Dottorato di Ricerca in Architettura, curriculum di Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente Ciclo XXXI. Coordinatore Prof. Giuseppe De Luca, Tutor: Stefano Bertocci.
- Bertocci S., La Placa S. & Ricciarini M. (2019). *Architectural language, between narration and architectural representation*. In: *Cicalò E. (a cura di). IMG 2019 Proceedings of the 2nd International and Interdisciplinary Conference on image and Imagination*. Cham: Springer. pp. 726-738.
- Bertocci S., Parrinello S. (2007). *Rilievo e Piano di Gestione per il Centro storico di Montepulciano*. In: *Clini P, Lancioni N, Quattrini R, (a cura di). atti del convegno EARCOM 07 Sistemi Informativi per l'Architettura*, Firenze: Alinea editore, pp. 108-113.

- Bertocci S., Parrinello S. (2013). (a cura di). *Architettura eremitica. Sistemi progettuali e paesaggi culturali*. Atti del quarto Convegno internazionale di studi (La Verna, 20-22 settembre 2013). Firenze: Edifir.
- Betto F. (2017). *La documentazione della Certosa del Galluzzo: rilievo digitale per la conoscenza e la valorizzazione del complesso architettonico*. (Tesi di Laurea Magistrale in Architettura, A.A. 2015/2016.) Università degli Studi di Firenze. Italia. Relatore Prof. Stefano Bertocci, Correlatori Prof. Sandro Parrinello, Dott. Francesca Picchio.
- Biagini C. (2020). *Oltre la modellazione informativa: "componibilità come composizione"*. In: Firenze Architettura (Quaderni, 2020). Firenze: didapress. pp. 96-101.
- Bianchini C., Inglese C., Ippolito A., Maiorino D. & Senatore L.J. (2016). *Building Information Modeling (BIM): Great Misunderstanding or Potential Opportunities for the Design Disciplines?* In: Ippolito A., Cigola M. (a cura di). Handbook of Research on Emerging Technologies for Digital Preservation and Information Modeling. Hershey (PA): IGI Global. pp. 67-90.
- Bianchini C., Potestà G. (2021). *BIM for Built Cultural Heritage: Semantic Segmentation, Architectural Stratification and LOD of the Baptistery of San Giovanni in Florence*. In: Bolognesi C., Villa A. (a cura di). From Building Information Modelling to Mixed Reality, Cham: Springer. pp. 1-17.
- Bolognesi C., Pavan A. (2017). *Rappresentare per costruire. Il modello BIM cardine di una rivoluzione*. In: Di Luggo A. et al. (a cura di). Territori e frontiere della rappresentazione nella evoluzione delle professioni. Atti di convegno UID 2017, Roma: Gangemi editore.
- Bonavoglia A. (2003). La corsa digitale di Achille. Risorsa online: <https://www.apogeeonline.com/articoli/la-corsa-digitale-di-achille-andrea-bonavoglia/>
- Bonfiglioli S. (1990). *L'architettura del tempo. La città multimediale*. Napoli: Liguori Editore, 1990.
- Bonsma P. et al. (2018). IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 364 012041.
- Borrmann A., Berkhahn V. (2018). *Principles of Geometric Modeling*. In: Borrmann A., König M., Koch C., & Beetz J. (2018). (a cura di). Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice. Cham: Springer. pp. 27-41.
- Borrmann A., König M., Koch C. & Beetz J. (2018). *Building Information Modeling: Why? What? How? 1.4 State of BIM Adoption*. In: André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (a cura di). Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice, Cham: Springer.
- Borrmann A., König M., Koch C. & Beetz J. (2018). (a cura di). *Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice*. Cham: Springer.
- Botequilha Leitao A., Miller J., Ahern J., & McGarigal K. (2006). *Measuring Landscapes: A Planner's Handbook*. Washington, DC: Island Press, 2006.
- Brandi C. (2000). *Teoria del Restauro*. Torino: Einaudi.
- Bratton H. B. (2003). *La premessa di un'architettura ricombinante: parte prima*. In: Sacchi L., Unali M., (a cura di). Architettura e cultura digitale, Milano: Skira, pp.108-121.
- Brumfield W.C. (1993). *A history of russian architecture*. Cambridge: Cambridge University press.
- Brumfield W.C. (2008). *The Architectural Heritage of Solikamsk and the Northern Districts of Perm Province*. «Cahiers slaves», n. 10, Routes et chemins slaves, 2008, pp. 317-355.
- Brumfield W.C. (2011). *Usolye: Stroganov outpost in the Urals. Russia and India Report (2011)*. In: [http://Brumfield, W.C. \(1995\). Lost Russia. Durham: Duke University press](http://Brumfield, W.C. (1995). Lost Russia. Durham: Duke University press).
- Brusaporci S. (2011). *Modelli digitali per la rappresentazione dell'architettura*. In Disegnarecon, Tecnologie per la comunicazione del patrimonio culturale, pp.107-115.
- Cairo A. (2016). *The Truthful Art: Data, Charts and Maps for Communicatio*. San Francisco: New Riders.
- Calvano M. (2019). *Disegno digitale esplicito. Rappresentazioni responsive dell'architettura e della città*. Roma: Aracne editrice.

- Calvano M. (2019). *Disegno digitale esplicito*. Roma: Aracne editrice.
- Calvino I. (1972). *Le città invisibili*. Torino: Giulio Einaudi.
- Calvino I. (1997). *La memoria del mondo e le altre cosmicomiche*. Milano: Mondadori.
- Candura A. R, De Paoli O. (2017). *Modello, linguaggio, stereotipo*. In: Pagani R. Chiesa G., (a cura di). *Urban data. Tecnologie e metodi per la città algoritmi*. Milano: Franco Angeli edizioni digitali.
- Cardaci A., Versaci A. & Indelicato D. (2013). *La Villa Romana Del Casale di Piazza Armerina. Il ruolo del rilievo nell'evoluzione dei processi di conoscenza e comunicazione di un sito culturale di eccezione*. In: Conte A., Filippa M. (a cura di). *Patrimoni e Siti UNESCO: Memoria, Misura e Armonia*. Roma: Gangemi editore.
- Carta per la conservazione del patrimonio digitale. Adottata dalla 32esima sessione della Conferenza Generale dell'UNESCO, 17 ottobre 2003.
- Centofanti M. (2010). *Dellanatura del modello architettonico*. In: Brusaporci S. (a cura di). *Sistemi Informativi Integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*. Roma: Gangemi editore, pp. 47-52.
- Cera V. (2019). *La significazione digitale dell'elemento architettonico. Dal rilievo alla strutturazione semantica dell'architettura*. Roma: editori paparo.
- Chopine A. (2011). *3D Art Essential. The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing and Animation*. Oxon: Focal Press, Taylor & Francis Group.
- Christiane M. Herr, Fischer T. (2019). *BIM adoption across the Chinese AEC industries: An extended BIM adoption model*. *Journal of Computational Design and Engineering*, Volume 6, Issue 2, 2019, pp. 173-178.
- Cianci M.G. (2008). *La rappresentazione del Paesaggio, Metodi, strumenti e procedure per l'analisi e la rappresentazione*. Firenze: Alinea.
- Codice dell'amministrazione digitale - Riproduzione e conservazione dei documenti.
- Colarossi P., Lange J. (1997). (a cura di). *Tutte le isole di Pietra*. Roma: Gangemi Editore.
- Cos-Gayón López F., Cerdón Llcer J., Sfeir L., De la Rosa M., Endy Linaresauéz Y., Rojasuispe C. & Colomer Culvi Ana. I. (2018). *Trabajo colaborativo BIM con Dropbox. Caso edificio ETSIE IC UPV*. In: EUBIM 2018 - BIM International Conference / 7o Encuentro de Usuarios BIM València, 17,18 y 19 de mayo 2018. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación Universitat Politècnica de València.
- Cos-Gayón López F., Cerdón Llcer, J. (2017). *Worksharing en la nube. una solución económica y abierta para la colaboración deslocalizada entre diferentes usuarios bim*. In: EUBIM 2017 Congreso Internacional BIM / 6o Encuentro de Usuarios BIM, BIM International Conference Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación Universitat Politècnica de València, Valencia, 19 y 20 de mayo 2017.
- Crespi G. (1979). *Gli arabi in Europa*. Jacka book: Milano, 1979.
- Cullen G. (1976). *Il paesaggio Urbano*. Bologna: Coldeni. (edizione originale: *The concise Townscape*. New York: The Architectural Press.
- Danelli D. *La realtà alleggerita. Sull'immagine digitale*. Risorsa online: <http://www.kainos.it/Pages/articolo%20rice06.html>
- D'Angelo P. (2020). (a cura di). *Eстетica e paesaggio*. Milano: Il mulino.
- De Luca L., Lo Buglio D. (2014). *Geometry vs Semantics: Open Issues on 3D Reconstruction of Architectural Elements*.
- De Marco R., Dell'Amico A. (2020). *Connettere il territorio tra patrimonio e informazione: banche dati e modelli per le Cultural Heritage Routes*. In: 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione Congresso della Unione Italiana per il Disegno Reggio Calabria- Messina 17-18-19 settembre 2020.
- Del Signore M., Riether G. (2018). *Urban Machines. Public Space in Digital Culture*. Trento: LISt Lab.
- Dell'Amico A. (2020). *The application of fast survey technologies for urban surveying: the documentation of the historic center of Santa Cruz de Mompox*. In: Barba S.,

- Parrinello S., Limongiello M., & Dell'Amico A. (a cura di). *D-SITE Drones - Systems of Information on cultural Heritage*. For a spatial and social investigation. Pavia: Pavia University Press, pp. 132-141.
- Dell'Amico A. (2019). *Fast survey: methods of smart representation for the monitoring and management of the churches hit by the earthquake in the province of Teramo*. In: Belardi P. (a cura di). *UID 2019 Riflessioni Reflections l'arte del disegno/ il disegno dell'arte*. Roma: Gangemi editore, pp. 1533-1542.
- Dell'Amico A., Del Carmen Vilchez Lara M. (2019). *Il rilievo digitale per conoscere il passato: il complesso monumentale dei bagni della moschea reale di Granada*. In: Guida A., Conte A. (a cura di). *ReUso Matera Patrimonio in Divenire conoscere valorizzare abitare*. Roma: Gangemi Editore, pp. 535-546.
- Dell'Amico A., Fideli L. (2020). *Modelli digitali per la valorizzazione del complesso della Certosa di Firenze*. In: Bertocci S., Parrinello S. (a cura di). *Architettura Eremitica Sistemi Progettuali e Paesaggi culturali Atti del V convegno Internazionale di Studi Certosa di Firenze 2020*, Firenze: Edifir.
- Dell'Amico A., Fu H. (2020). *HBIM per la stampa 3D e la valorizzazione del museo archeologico dell'Università degli studi di Pavia*. In: Empler T., Caldarone A., Fusinetti A. (a cura di). *3D Modeling & BIM. Data modeling and management for AECO industry*, Roma: Dei editore.
- De Miranda A. (2004). *Dalle terme all'hammam*. In: Mecca S. (a cura di) *1st International Research Seminar on Architectural Heritage and Sustainable Development of Small and Medium Cities in South Mediterranean Regions*. Pisa: Edizioni ETS, pp. 343-354.
- Diodato R. (2005). *Eстетica del virtuale*. Milano: Bruno Mondadori.
- Directive 2014/24/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on public procurement and repealing Directive 2004/18/EC. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32014L0024>
- Docci M. (2004). *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la realizzazione di modelli virtuali dell'architettura della città*. Roma: Gangemi editore.
- Donato V., Biagini C., Bertini G. & Marsugli F. (2017). *Challenges and opportunities for the implementation of HBIM with regards to historical infrastructures: a case study of the ponte Giorgini in castiglione della pescaia (Grosseto – Italy)*. In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-5/W1, 2017 GEOMATICS & RESTORATION – Conservation of Cultural Heritage in the Digital Era, 22–24 May 2017, Florence, Italy*, pp 253-260.
- Dore C., Murphy M. (2017). *Current state of the art historic building information modelling*. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W5, pp. 185–192.
- Eastman C. (1974). *An outline of the building description system, Research Report*. Institute of Physical Planning, 1974, 50, Carnegie -Mellon University, Pittsburg.
- Eastman C., Fisher D., Lafue G., Lividini J., Stoker D. & Yessios C. (1974). *An outline of the building description System*. Research Report No.50, September, 1974.
- Eastman C., Teicholz P., Sacks R. & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. 2nd Edition. Wiley, NJ.
- Eco U. (2008). *La struttura assente. La ricerca semiotica e il metodo strutturale*. Bologna: Art Servizi Editoriali.
- Empler T., Caldarone A. & Maria Laura Rossi (2021). *“BIM Survey”. Critical Reflections on the Built Heritage’s Survey*. In: Bolognesi C., Villa A. (a cura di). *From Building Information Modelling to Mixed Reality*. Cham: Springer.
- Europeana Data Model – Mapping Guidelines v2.4 <http://pro.europeana.eu/edm-documentation>
- Erba, L., Bellasia, F., Benzi, R. (2001). *Alma ticinensis universitas*. Pavia: Silvana.
- Falcinelli R. (2020). *Critica portatile al visual design. Da Gutenberg ai social network*. Verona: Einaudi.
- Fatta F. (2020). *BIM e HBIM. La rappresentazione del modello tra sperimentazione e formazione*. In: *Building Information Modeling, Data & Semantics Dn 6/2020*. Roma: Dei Tipografia del Genio Civile.

Fideli L. (2020). *Rilievo della cripta Acciaiuoli proposta di un tour virtuale per la valorizzazione del complesso della Certosa di Firenze*. (Tesi di Laurea Magistrale in Architettura, A.A. 2018/2019.) Università degli Studi di Firenze. Italia. Relatore Prof. Stefano Bertocci, Correlatore Dott. Francesca Picchio.

Foster H., Krauss R., Bois Y. & H.D. Buchloh B. (2004). *Art since 1900. Modernism, Antimodernism, Postmodernism*. London: Thames & Hudson. Trad ita. (a cura di). Grazioli E., in collaborazione con Eva Fabbris e Lucia Tozzi. Arte dal 1900. Modernismo Antimodernismo, Postmodernismo. Singapore: Zanichelli.

Angulo Fornos R., Castellano Román M. & Pinto Puerto F. (2019). *Pilot experience of HBIM modelling on the Renaissance quadrant façade of the Cathedral of Seville to support its preventive conservation*. In: (edited by) Pilar Ortiz Calderón, et. al, Science and Digital Technology for Cultural Heritage - Interdisciplinary Approach to Diagnosis, Vulnerability, Risk Assessment and Graphic Information Models Proceedings of the 4th International Congress Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage (TechnoHeritage 2019), March 26-30, 2019, Sevilla, Spain.

Gaiani M. (2006). *Un viaggio attraverso gli strumenti e i metodi di produzione del progetto di disegno industriale nell'epoca della progettazione digitale totale*. In: Gaiani M., (a cura di). "La rappresentazione riconfigurata", Milano: Poli. design.

Gaiani M. (2008). *Architectorum delineamenta instrumenta ovvero le interfacce di lavoro dell'architetto*. In: Unali M., (a cura di). *Abitare virtuale significa rappresentare*, Roma: Kappa, p.77.

Garagnai S. (2012). *"Scatole cinesi" Modelli digitali d'architettura tra CAAD e BIM*. Bologna: Simone Garagnani.

Garagnani S., Manfredini A.M. (2011). *Digital fruition of archeological finds. The experience at the Archeological Museum of Bologna*. In: *DisegnareCon* Vol.4(8), 01 Dicembre 2011, pp. 80-89.

Gasparini C. (2005). *CAD Tutor 3D. Corso interattivo di Autocad 3d*. Milano: Gasparini Editore.

Georgopoulos A. (2017). *Data Acquisition fot geometric Documentation of Cultural Heritage*. In: Ioannides M, Magnenat-Thalman N. (a cura di). *Mixed Reality and*

Gamification for Cultural Heritage, Cham Switzerland :Papaginnakis G. Springer, pp. 29-73.

Giana P.E., Paleari F., Schievano M. & Seghezzi E. (2019). *Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa*. (a cura di Giuseppe Martino di Giuda). Bologna: Società editrice Esculapio s.r.l.

Giedion S. (2016). *Spazio, tempo architettura*. Milano: Hoepli Editore.

Goodrich M.T. (1990). *An Improved Ray Shooting Method for Constructive Solid Geometry Models via Tree Contraction*. In: *Applying Parallel Processing Techniques to Classification Problems in Constructive Solid Geometry Proc. 1st ACM-SIAM Symp. on Discrete Algorithms*, 1990, 118/128.

Guidi G., Russo M. & Beraldin J.A. (2010). *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*. Milano: McGraw-Hill.

Harwood J. (2003). *The White Room: Eliot Noyes and the Logic of the Information Age Interior*. In: *Grey Room* 2003 NO. 12, 5-31.

Hichri N., Stefani C., De Luca L. & Veron P. (2013). *Review of the "as-buit BIM" approaches*. In: 3D-ARCH International Conference, Italie, 2013 - Proceedings of the 3D-ARCH International Conference - 2013.

Hichri N., Stefani C., De Luca L., Veron P. & Hamon G. (2013). *From Point Cloud To Bim: a Survey of Existing Approaches*. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-5/W2, 343-348.

Howe N., Strauss W. (1991). *Generations: The History of America's Future, 1584 to 2069*. New York: William Morrow & Company.

Iadanza E., Maietti F., Ziri A.E., Di Giulio R., Medici M., Ferrari F., Bonsma P., & Turillazzi B. (2019). *Semantic web technologies meet bim for accessing and understanding cultural heritage*. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W9, 2019, 8th Intl. Workshop 3D-ARCH "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures", 6-8 February 2019, Bergamo, Italy.

Inzerillo L., Lo Turco M., Parrinello S., Santagati C. & Valenti G. (2016). *BIM and architectural heritage: towards*

- an operational methodology for the knowledge and the management of Cultural Heritage*. In: Disegnarecon 9 (16), 16-1-16.9.
- Ippolito A. (2007). *Dalla nuvola di punti alla superficie. Analisi e problematiche*. In: Chiavoni E., Paolini P. (a cura di). *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la costruzione e fruizione di modelli virtuali 3D dell'architettura e della città*. Ricerca Cofin 2004, coordinatore nazionale Mario Docci. Roma: Gangemi Editore. pp. 32-43.
- Jakob M. (2009). *Il paesaggio*. Bologna: il Mulino.
- Jordan I., Tzortzopoulos P., García-Valdecabres J. & Pellicer E., (2018). *Protocol to Manage Heritage-Building Interventions Using Heritage Building Information Modelling (HBIM)*. Sustainability. 10. 908. 10.3390/su10040908.
- Kandinsky W. (1968). *Punto linea superficie*. Milano: Adelphi Edizioni.
- Kirilova Kirova T., Mezzino D. (2014). *L'utilizzo del rilievo tridimensionale in architettura: dal modello 3D al progetto di restauro*. In: Vernizzi C., Giandebaggi P. (a cura di). *Italian survey & international experience*. Roma: Gangemi Editore. pp. 351-358.
- Kiser K. *Blur Building*. Risorsa online: <https://dac.dk/en/knowledgebase/architecture/blur-building/>
- Koutamanis A. (2020). *Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions?* In: *Automation in Construction*, Volume 114, 2020.
- Kuzminsky S. C., Gardiner M. S. (2012). *Three-Dimensional Laser Scanning: Potential Uses for Museum Conservation and Scientific Research*. In: *Journal of Archaeological Science* 39, pp. 2744–2751.
- Leoncini G. (1980). *La Certosa di Firenze nei suoi rapporti con l'architettura certosina*. Anacleto Cartusiana: Salzburg,
- Li D., Wang X., Bai C., & Wu C. (2019). *Discussion on the problem of regularized reconstruction in HBIM*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W15, 657–662, 7th CIPA International Symposium "Documenting the past for a better future", Avila, Spain, 1-5 September 2019.
- Lo Turco M. (2015). *Il Bim e la rappresentazione infografica nel processo edilizio*. Roma: Aracne.
- Lo Turco M., Calvano M., Giovannini C. & Tomalini A. (2021). *AIM! Algorithmic Information Modeling: New Strategies for a Fully Integrated Approach in the Field of Cultural Heritage*. In: Bolognesi C., Villa A. (a cura di). *From Building Information Modelling to Mixed Reality*. Cham: Springer.
- Lo Turco M., Mattone M. & Rinaudo F. (2017). *Dal rilievo metrico all'HBIM per l'analisi dello stato di conservazione della fabbrica*. In: *Ananke Speciale GeoRes 2017*, G. Tucci, E. I. Parisi (a cura di). Firenze: Altralinea edizioni.
- Luscombe D., Thomas H. & Hobhouse N. (2019). *Architecture through Drawing*. London: Lund Humphries, pp.196-219.
- Lynch K. (1960). *The Image of the City, Massachusetts Institute of Technology and the President and Fellows of Harvard College. 1960* (edizione italiana Lynch K., L'immagine della città, (trad.: Guarda G. C.) Marsilio Editori, Venezia, 2006).
- Lèvy P. (1997). *Il virtuale*. Milano: Raffaello Cortina editore.
- López J., Barrera-Vera J. (2020). *Evaluación de los Sistemas de Mapeo Móvil (MMS) en la documentación gráfica del tholo de El Romeral (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)*. Arqueología de la Arquitectura. 095. 10.3989/arq.arqt.2020.004.
- Maggi M. (2007). *Musei alla frontiera. Continuità, divergenza, evoluzione nei territori della cultura*. Milano: Jaca Book.
- Maietti F., Ferrari F. & Medici M. (2018). *An inclusive approach to Digital Heritage for knowledge and conservation of European assets: the INCEPTION project*. In: *Le vie dei mercanti XVI International forum world heritage and knowledge*, Napoli 14, Capri 15-16 giugno 2018 pp.446-455.
- Maldonado T. (2015). *Reale e virtuale*. Bergamo: Feltrinelli editore.
- Mandelli E., Merlo A. (2019). *The Cultural, Geometric, Virtual Models for the Representation of a Survey*. In: Marcos L.C. (a cura di). *Graphic Imprints. The influence of Representation and Ideation Tools in Architecture*. Proceedings of the International Congress of Graphic Design in Architecture, EGA 2018, held in Alicante, Spain, May 30-June 1, 2018. Cham: Springer.
- Marotta A. (2005). *Diller+Scofidio. Il teatro della dissolvenza*. Roma: EdilStampa.

Martellucci S. (2007). *L'idea paesaggio. Caratteri interattivi del progetto architettonico e urbano*. Firenze: Alinea.

Merlo A. (2020). *Non disegnata ma modellata. Il rilievo della chiesa dell'Autostrada di Giovanni Michelucci*. Firenze: didapress.

Merlo A., Troiano D. & Zucconi M. (2007). *Sistemi e mezzi informatici per il rilievo, la catalogazione e la gestione del patrimonio edilizio*. In: Clini P., Lancioni N., Quattrini R. (a cura di). *Sistemi informativi per l'architettura*. Atti di Convegno earcom. Firenze: Alinea Editrice.

Merlo A., Venderell-Vidal E., Fantini F. & Sánchez-Belenguer C. (2012). *The Mayan mascarón from Chilonché (Petén, Guatemala): New technologies for cultural heritage dissemination*. In: Proceedings of the 17th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2012 (CHNT 17, 2012) Vienna 2013.

Mezenina K. (2018). *Study of the Phenomenon of Upper Kama Architecture: Rehabilitation of Usolye Historic Site*. In: Amoroso G. (a cura di). *Putting Tradition into Practice: Heritage, Place and Design*. INTBAU 2017. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 3. Cham: Springer.

Miceli A., Morandotti M. & Parrinello S. (2020). 3D Survey and semantic analysis for the documentation of built heritage. The case study of Palazzo Centrale of Pavia University. *VITRUVIO*, vol. 5, pp. 65-80.

Migliari R. (2008). (a cura di). *Prospettiva dinamica interattiva*. Roma: Kappa, pp. 6-17.

Migliari R. (2009). *Metodi/tecniche della rappresentazione digitale*. In: Unali M., (a cura di). "New linea-menta", Roma: Kappa.

Mindeguà F.M. (2010). *Limiti e potenzialità del disegno*. In: *Disegnare, idee, immagini* n 40/2010, Roma: Università degli studi di Roma La Sapienza.

Mingucci R., Garagnani S. & Cinti Luciani S. (2012). *CAD versus BIM: evoluzione di acronimi o rivoluzione nel mondo della progettazione?* In: *Disegnare idee immagini* n° 44/2012, Roma: Gangemi editore.

Mirarchi C., Lucky M.N., Ciuffreda S., Signorini M., Lupica Spagnolo S., Bolognesi C., Daniotti B. & Pavan A. (2020). *An*

approach for standardization of semantic models for building renovation processes. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIII-B4-2020, 2020 XXIV ISPRS Congress (2020 edition).

Morandotti M., Besana D., Zamperini E. & Cinieri V. (2014). *La gestione sostenibile del patrimonio immobiliare tra riuso e valorizzazione*. In: *La strategia della conservazione programmata. Dalla progettazione alle attività degli impatti*. Nardini Editore, Vol 1, pp. 131-140.

Morandotti M., Parrinello S., Picchio F., De Marco R., Becherini P., Dell'Amico A., Doria E., Galasso F., & Malusardi C. (2019). *L'Università degli studi di Pavia, i cortili e gli ambienti monumentali. Un progetto di documentazione digitale e sviluppo di sistemi di gestione per la manutenzione programmata*. In: Guida A., Conte A. (a cura di). *ReUsO Matera Patrimonio in Divenire conoscere valorizzare abitare*. Roma: Gangemi Editore. pp. 863-874.

Murphy M. (2012). *Historic Building Information Modelling (HBIM) For Recording and Documenting Classical Architecture in Dublin 1700 to 1830*. Maurice Murphy Mphil, MBEng, Department of Civil, Structural & Environmental Engineering School of Engineering Trinity College Dublin. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, April 2012.

Murphy, M., McGovern, E. & Pavia, S. (2009). *Historic building information modelling (HBIM). Structural Survey*, 27 (4), pp. 311–327.

Orwell G. (1989). *1984*. Milano: oscar mondadori.

Osello A. (2012). *Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.

Osello A., Ugliotti F.M. (2017). (a cura di). *BIM: verso il catasto del futuro. Conoscere, digitalizzare, condividere. Il caso studio della Città di Torino*. Roma: Gangemi Editore.

Palomar J. I, Tzortzopoulos P., García-Valdecabres J. & Pellicer E. (2018). *Protocol to Manage Heritage-Building Interventions Using Heritage Building Information Modelling (HBIM)*. Sustainability, MDPI, Open Access Journal, vol. 10(4), pp. 1-19.

- Pancani G., Bigongiari M. (2019). *L'espressività del rilievo digitale - possibilità di rappresentazione grafica*. In: Caccia Gherardini S., Pretelli M. (a cura di). RA Memories on John Ruskin unto this last xxvii. pp. 198-203.
- Parisi P., Lo Turco M., & E. C. Giovannini (2019). *The value of knowledge through HBIM models: historic documentation with a semantic approach*. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W9, 2019 8th Intl. Workshop 3D-ARCH "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures", 6-8 February 2019, Bergamo, Italy, pp. 581-588.
- Parrinello S., Picchio F. (2017). *Databases and complexity. Remote use of the data in the virtual space of reliable 3D models*. Archit Eng 2:27-36.
- Parrinello S. (2012). *Il disegno dell'imperfetto. Esigenze descrittive per l'analisi architettonica*. In Conference: APEGA_Asociación de profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. Investigación Gráfica Expresión Arquitectónica, La Imprenta CG.: Valencia.
- Parrinello S. (2013). *Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi*. Firenze: Edifir.
- Parrinello S. (2019). *Digital and Real: Parallel processes of documentation and project*. In: Parrinello S. (a cura di). Digital & Documentation. Databases and Models for the enhancement of Heritage. Pavia: Pavia University Press.
- Parrinello S. (2019). *Preserving memory through image. Landscaper and digital databases for documentation*. In: (a cura di). Parrinello S., Digital & Documentation. Databases and Models for the enhancement of Heritage. Pavia University Press, Pavia.
- Parrinello S., Cioli F. (2018). *Un progetto di recupero per il complesso monumentale di Usolye nella regione della Kama Superiore*. In: Restauro Archeologico, vol. 1/2018, Firenze University Press: Firenze, pp. 92-111.
- Parrinello S., De Marco R. & Galasso F. (2020). *Un protocollo di modellazione urbana mediante abachi e modulo tecnologici. Dal rilievo digitale al sistema informativo 3D per il centro storico di Betlemme*. In: DN, vol. 6, pp. 52-69.
- Parrinello S., Dell'Amico A. (2018). *The traditional crafts of the native Americans Procedures of survey and documentation for the creation of informative systems 3D*. In: Proceedings of the Conference 3D modelling and BIM. Nuove frontiere. (pp-394-409). Roma: DEI Tipografia del genio civile.
- Parrinello S., Dell'Amico A. (2019). *Experience of Documentation for the Accessibility of Widespread Cultural Heritage*. Heritage, 2, pp. 1032-1044.
- Parrinello S., Dell'Amico A. (2021). *From Survey to Parametric Models: HBIM Systems for Enrichment of Cultural Heritage Management*. In: Bolognesi C., Villa D. (a cura di). From Building Information Modelling to Mixed Reality. Springer Tracts in Civil Engineering. Cham: Springer.
- Parrinello S., Gomez-Blanco A. & Picchio F. (2017). *El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia: Pavia University Press.
- Parrinello S., Gomez-Blanco Pontes A., Picchio F. & Rodríguez M., Concepción, Rivas López E. (2019). *An Integrated system for documentation, analysis and management of the architectural heritage: the general and the parts of Generalife palace*. In: EGA. REVISTA DE EXPRESIÓN GRÁFICA ARQUITECTÓNICA, vol. 35, p. 140-151, ISSN: 1133-6137, doi: 10.4995/ega.2019.9527.
- Parrinello S., Picchio F. (2017). *Databases and complexity. Remote use of the data in the virtual space of reliable 3D models*. In: Architecture and engineering, vol. 2: pp. 27-36.
- Parrinello S., Picchio F., De Marco R. & Dell'Amico A. (2019). *Documenting the Cultural Heritage Routes. The creation of informative models of historical Russian churches on Upper Kama Region*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W15, 2019, pp. 887-894.
- Parrinello S., Picchio F. & Dell'Amico A. (2019). *When the Future Is the Past. Digital Databases for the Virtualization of Museum Collections*. In: Luigini A. (a cura di). Proceedings of the 1st International and Interdisciplinary Conference on Digital Environments for Education, Arts and Heritage. Cham: Springer. pp. 212-222.
- Parrinello S., Picchio F., Becherini P. & De Marco R. (2017). *Evoluzione metodologica e protocolli rappresentativi per i complessi delle Certose*. In: Territori e Frontiere della rappresentazione. In: Di Luggo A., Giordano P., Florio R.,

Papa L.M., Rossi A., Zerlenga O., Barba S., Campi M., Cirafici A. (a cura di). UID 2017 - Territori e frontiere della Rappresentazione/Territories and frontiers of Representation. XIV Congresso UID – Napoli, 14/16 settembre 2017. Roma: Gangemi Editore.

Pavan A. (2017). Norma UNI 11337 per le costruzioni. In Lit, laterizi d'Italia 04/17, pp. 24-29.

Pavan A., Cavallo D., Mirarchi C., & Rizzarda C.C. (2020). *La PAS 1192-2, il Livello 2 ed i LOD non esistono più: diamoci pace*. p. 9. 02-07-2020. Risorsa online: <https://www.ingenio-web.it/27243-la-pas-1192-2-il-livello-2-ed-i-lod-non-esistono-piu-diamoci-pace>.

Pavan A., Mirarchi C. & Giani M. (2017). *BIM: Metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*. Milano: Tecniche nuove.

Pavan A., Mirarchi C., Cavallo D. & de Gregorio M. (2020). *Standard BIM, il mondo dopo la ISO 19650*. Risorsa online <https://www.ingenio-web.it/26765-standard-bim-il-mondo-dopo-la-iso-19650>.

Pavan A., Mirarchi C. & Giani M. (2017). *BIM: Metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*. Milano: Tecniche nuove.

Pavón Maldonado B. (1990). *Tratado de arquitectura hispanomusulmana*, vol 1, Agua, Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Madrid, 1990.

Pavón Maldonado B. (1975). *Estudios sobre la Alhambra*. vol. 1, Patronato de la Alhambra y Generalife, Granada, 1975.

Picchio F. (2015). *Scomporre e riconfigurare il paesaggio urbano. Ambienti virtuali e modelli di analisi per la costituzione di sistemi gestionali*. Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Architettura DIDA, Dottorato di Ricerca in Architettura, indirizzo in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente Settore disciplinare ICAR 17, Tesi di Dottorato di Ricerca D.P.R. 11/7/1980 - Ciclo XXVIII - Novembre 2015.

Picchio F. (2020). *Acquisition protocols for UAV photogrammetric data. Comparison in methodological SfM procedures from architectural till urban scale*. In: Barba S., Parrinello S., Limongiello M., & Dell'Amico A. (a cura di). D-SITE Drones - Systems of Information on Cultural hEritage. For a spatial and social investigation. Pavia: Pavia University Press pp. 70-79.

Picchio F., Betto F. (2020). *Il progetto di documentazione della Certosa del Galluzzo. Indagini conoscitive e analisi preliminari*. In: Bertocci S., Parrinello S. (a cura di). Architettura Eremitica Sistemi Progettuali e Paesaggi culturali Atti del V convegno Internazionale di Studi Certosa di Firenze 2020, Firenze: Edifir.

Picchio F., Cioli F., & Volzone R. (2018). *Il rilievo della Certosa di Firenze. Catalogazione ed analisi delle celle del chiostro grande per la gestione e la valorizzazione del complesso certosino*. In: Minutoli Fabio (a cura di). Reuso 2018, VI convegno internazionale sulla documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e sulla tutela paesaggistica. Messina 11- 12-13 ottobre 2018.

Picchio F., De Marco R., Dell'Amico A., Doria E., Galasso F., La Placa S., Miceli A. & Parrinello S. (2020). *Procedure di analisi e modellazione urbana per la gestione dei centri storici. Betlemme, Solikamsk, Cattaro e Santo Domingo*. In: Paesaggio Urbano vol 2-2020, pp. 102-115.

Piccininno M. (2013). *Il progetto Linked Heritage*. In: SCIRES-IT Vol 3, Issue 1, pp.1-12.

Picon A. (2010). *Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions*. Basel: Birkhauser GmbH.

Pocobelli D.P., Boehm J., Bryan P. et al (2018). *BIM for heritage science: a review*. Herit Sci 6:30.

Pozzoli S., Bonazza M., & Villa W.S. (2017). *Autodesk Revit per l'Architettura. Guida completa alla progettazione BIM*. Bergamo: Tecniche nuove.

Preidel C., Borrmann A. (2018). *BIM-Based Code Compliance Checking*. In: Borrmann A., König M., Koch C., Beetz J. (2018). (a cura di). Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice. Cham: Springer. pp. 367-381.

Premessa nazionale alla versione italiana della ISO 19650. Norma europea EN ISO 19650-1 (edizione dicembre 2018).

Previtali M., Brumana R., Stanga C. & Banfi F. (2020). *An Ontology-Based Representation of Vaulted System for HBIM*. In: Appl. Sci. 2020, 10, 1377.

Principe S. (2017). *Cartesio e il fondamento empirico della conoscenza*. Campobasso: Diogene Edizioni.

Purini F. (2003). *Digital Divide*. In: Sacchi L., Unali M., (a

- cura di). *Architettura e cultura digitale*, Milano: Skira, pp. 90-91.
- Purini F. (2010). *Un quadrato ideale*. In: *Disegnare, idee, immagini* vol. n 40/2010 pp. 12-25.
- Queau, P. (1993). *Le virtuel: Vertus et vertige*. Ceyzérieu: Champ Vallon Editions.
- Ratti C. (2014). *Architettura Open Source. Verso una progettazione aperta*. Torino: Giulio Einaudi editore.
- Ratti C. (2017). *La città di domani: come le reti stiano cambiando il futuro urbano*. Torino: Einaudi.
- Ratti R., Claudel M. (2017). *La città del domani*. Torino: Passaggi Einaudi.
- Regen S., Wiedemann J. (2019). *History of information graphics*. Milano: Tashen.
- Rossi D. (2010). *Rappresentare le informazioni: interpretare visualizzare, pubblicare i dati geografici*. In: Brusaporci S. (a cura di). *Sistemi Informativi Integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*. Roma: Gangemi editore, pp.252-259.
- Russo M., Manferdini A.M. (2015). *Integrated multi-scalar approach for 3D cultural heritage acquisitions*. In: *Handbook of Research in Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling and Representation*, S. Brusaporci. Pennsylvania: Ed., IGI Global, Hershey.
- Russo M., Remondino F. & Guidi G. (2011). *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico* *Archeologia e Calcolatori*. 22, 2011, 169-198.
- Sabharwal A. (2015). *Digital Curation in the Digital Humanities. Preserving and Promoting Archival and Special Collections*. Kidlington: Chandos Publishing.
- Saggio A. (2010). *Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica*. Roma: Carocci.
- Santagati C., Lo Turco M. (2017). *From structure from motion to historical building information modeling: populating a semantic-aware library of architectural elements*. In: *J. Electronic Imaging* Vol. 26. mith, J., & Jones, S. (1994). New York, NY: Publisher.
- Scandurra S. (2020). *La modellazione informativa del patrimonio architettonico. Sperimentazioni e processi cloud to hbim*, Aracne editore.
- Schmitt G. (1996). *Information Architetture. Basi e futuro del CAAD*. Torino: Testo & Immagine.
- Scianna A., Gristina S. (2016). *Tecnologie innovative per la conservazione e la fruizione del patrimonio culturale: una applicazione sperimentale GIS 3D sul Castello di Maredolce a Palermo*. In: Prescia R., Trapani F. (a cura di). *Rigenerazione urbana, innovazione sociale e cultura del progetto*. Milano: FrancoAngeli edizioni.
- Shultz C.N. (1979). *Genius Loci*. Milano: Mondadori Electa, Milano. (edizione italiana Shultz C.N. (1979). *Genius Loci Paesaggio Ambiente Architettura* (trad.: Norberg- Schulz A.M.), Milano: Electa).
- Simmel G. (1985). *Philosophie der Landschaft*, in “Die Guldenkammer”, trad. it, *Filosofia del paesaggio*, in Id., *Il volto e il ritratto. Saggi sull’arte*, Bologna: il mulino.
- Sodini S. (2018). *I chiostrri della Certosa del Galluzzo. Un’esperienza di rilievo digitale per la conoscenza, la catalogazione e la valorizzazione del complesso*. (Tesi di laurea Magistrale in Architettura). Università degli Studi di Firenze, Italia (relatore: Prof. Stefano Bertocci, correlatrice: Prof.ssa Francesca Picchio).
- Stiny G. (1980). *Introduction to shape and shape grammars*. In: *Environment and Planning B*, 1980, volume 7, pp. 343-351.
- Themistocleous K., Ioannides M., Agapiou A. & Hadjimitsis D. (2015). *The methodology of documenting cultural heritage sites using photogrammetry, UAV, and 3D printing techniques: the case study of Asinou Church in Cyprus*. In: *Proc. SPIE 9535, Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2015)*, 953510.
- Tomassini L. (2015). *Vite connesse. La sfida del futuro nell’era digitale*. Milano: Franco Angeli.
- Torres Balbas L. (1945). *La mezquita real de la Alhambra y el baño frontero*. *Al-Andalus*, vol. X, n° XVI, pp. 196-214.
- Tosco C. (2019). *I beni culturali. Storia, tutela e valorizzazione*. Urbino: il Mulino.

UNI 1137-4:2017. Norma Italiana, Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti.

Unali M. (2003). *Spazio indicibile*. In: Sacchi, L., Unali, M., (a cura di). "Architettura e cultura digitale", Milano: Skira, pp. 219-241.

Unali M. (2014). *Atlante dell'abitare virtuale: Il Disegno della Città Virtuale, fra Ricerca e Didattica*. Roma: Gangemi Editore.

Vaccari P. (1957). *Storia dell'Università degli studi di Pavia*. Pavia: università pavia editrice.

Venneri V. (2005). *Sulla rivoluzione paradigmatica in Edgar Morin. Dalla semplificazione alla complessità*. Idee, North America, 59, jun. 2005. Risorsa online: <<http://sibaese.unisalento.it/index.php/idee/article/view/3433>>. 59/60 pp.161-162.

Venturi R., Scott Brown D. & Izenour S. (1972). *Learning from Las Vegas, the forgotten Symbolism of Architectural Form, The Massachusetts Institute of Technology*. (edizione italiana Venturi R., Scott Brown D. & Izenour S. (2010) *Imparare da Las Vegas. Il simbolismo dimenticato della forma architettonica*, (trad.: Sabini M.), Macerata: Quodlibet.

Verdiani G., Donato V., Pianigiani L. & Marsugli F. (2018). *Patrimonio costruito e BIM: il palazzo di Francesco de' Medici nella Fortezza Vecchia di Livorno fa un secondo passo nell'epoca digitale*. In: Marotta A., Spallone R. (a cura di). *Defensive Architecture of the Mediterranean*, Vol IX Proceedings of the International Conference on Modern Age Fortification of the Mediterranean Coast Fortmed 2018 Torino, 18th, 19th, 20th October 2018, pp. 1117-1124.

Volk R., Stengel J. & Schultmann, F. (2014). *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs*. Automation in Construction, 38, pp. 109–127.

Von Eding B. (1913). *Rostov Velikii*. Uglich.

Willis K.S., Aurigi A. (2018). *Digital and Smart Cities*. New York: Routledge.

Zevi B. (1948). *Saper Vedere l'architettura*. Torino: Einaudi.

SITOGRAFIA

<http://3dicons-project.eu/>
<http://www.cidoc-crm.org>
https://www.codiceappalti.it/dlgs_50_2016
<https://cordis.europa.eu/project/id/250445>
<https://cordis.europa.eu/project/id/270404>
<https://cordis.europa.eu/project/id/297194>
http://frontpoint.it/it/maeriali/white_paper.asp
<https://www.inception-project.eu/en/partners-stakeholders>
<https://www.inceptionspinoff.com>
<https://www.ingenio-web.it/26765-standard-bim-il-mondo-dopo-la-iso-19650>
<https://www.ingenio-web.it/27243>
<http://www.innovance.it/it/index.html>
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19650:-1:ed-1:v1:en>
<https://www.iso.org/standard/68080.html>
<https://www.iso.org/standard/74206.html>
<https://www.iso.org/standard/75109.html>
<https://www.iso.org/standard/78246.html>
<http://www.laiserin.com/features/bim/index.php>
<http://www.nationalbimstandard.org>
<https://www.nationalbimlibrary.com/en/what-is-nbs-national-bim-library/>
www.nationalbimlibrary.com/en/nbs-bim-object-standard/standardising-bim-objects
<https://pro.europeana.eu/page/search>
<https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-a-bim-execution-plan-bep>
<https://www.theaiatrust.com/whitepapers/bim/aia-digital-practice-documents-2013.php#nav>
www.v-must.net
www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/
<https://www.w3.org/RDF/>
in.rbth.com/articles/2011/08/11/usolye_stroganov_outpost_in_the_urals_12850.html

CREDITI AI PROGETTI DI RICERCA INERENTI AI CASI STUDIO AFFRONTATI

Sono riportati, di seguito, i crediti relativi ai progetti di ricerca relativi ai casi studio, analizzati e sperimentati nell'ambito di questa tesi di dottorato. Sono stati riportati, per ogni progetto, i nomi dei coordinatori scientifici e tecnici di progetto, del team di ricerca e dei laureandi o degli studenti che hanno partecipato.

IL RILIEVO DEL CENTRO STORICO DI SANTA CRUZ DE MOMPOX
Comitato Organizzatore: Massimo Leserri, Alvaro Castro Abuabara.
Comitato Scientifico: Stefano Bertocci, Antonio Conte, Riccardo Florio, Salvatore Barba, Sandro Parrinello, Gabriele Rossi, Francesca Picchio, Alfonso Morone, Valentina Castagnolo, Raffaele Catuogno, Ana Torres Barchino, Andrés Gaviaria Valenzuela, Victor Velasquez Hernandez, Patricia Schmitter Castellanos, Merwan Chaverra Suarez, Mariana Patino Osorio, Giovanni Rojas.

Coordinatore tecnico attività rilievo fast survey:

PhD.S. Anna Dell'Amico

Università degli studi di Firenze, Visiting Ph.D Unipv

Si deve l'acquisizione mobile laser scanner a:

PhD.S. Anna Dell'Amico

Università degli studi di Firenze, Visiting Ph.D Unipv

PhD.S. Silvia La Placa

Università degli studi di Pavia

Si deve l'acquisizione tramite sistemi a pilotaggio remoto a:

PhD.S. Anna Dell'Amico

Università degli studi di Firenze, Visiting Ph.D Unipv

Il seminario SiLepArq 2020 (16-21 Febbraio 2020) è stato organizzato da l'Università Poteficia Bolivariana di Monteria con il contributo del Ministero degli affari esteri e International Cooperation Italian Institute of Culture in Bogotà, Architecture & Engineering survey of enviroment and infrastrutture ICOMOS Colombia, Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat Politècnica de Valencia, Escuela Taller de Mompox, UID Unione Italiana Disegno. Durante il quale hanno lavorato alle fasi del rilievo favorendo l'interscambio culturale e disciplinare professori, studenti e dottorandi dell'Università degli studi di Salerno, Università degli studi di Napoli Federico II, Politecnico di Bari, Università degli studi di Firenze, Università degli studi di Pavia, Università degli studi della Basilicata.

STRATEGIE DI RILIEVO FAST SURVEY - TERAMO

Coordinatore Scientifico: Prof. Arch. Sandro Parrinello

Università degli studi di Pavia

Coordinatore tecnico: Prof.ssa Arch. Francesca Picchio

Università degli studi di Pavia

Partnership:

Università di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura DAda-LAB. - Laboratorio Sperimentale Università degli Studi di

Pavia Fondazione EUCENTRE, Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica.

In particolare il gruppo misto composto da tecnici del Laboratorio DAda-LAB e della Fondazione EUCENTRE è stato coordinato dal Prof. Sandro Parrinello ed era composto da: Francesca Picchio, per le riprese fotogrammetriche da Drone, PhD.S. Raffaella De Marco, per le riprese laser mediante Faro Focus S150, PhD.S. Pietro Becherini per le riprese con il Kaarta Stencil, PhD.S. Anna Dell'Amico per le riprese con 3D EYE e Richo.

Collaboratori: PhD.S. Raffaella De Marco, PhD.S. Pietro Becherini, PhD.S. Anna Dell'Amico, PhD. Ing. Chiara Casarotti, PhD. Ing. Ilaria Senaldi, Ing. Martina Mandirola, PhD. Ing. Emanuele Brunesi.

IL RILIEVO DEL CENTRO STORICO DI CATTARO

Coordinatore Scientifico: Prof. Arch. Sandro Parrinello

Università degli studi di Pavia

Coordinatore tecnico: Prof.ssa Arch. Francesca Picchio

Università degli studi di Pavia

Partnership:

Bando "Iniziative e attività culturali per la valorizzazione e la tutela della cultura veneta all'estero – ANNO 2019" DGR nr. 533 del 30 aprile 2019. Capofila del progetto: Università degli studi di Pavia – Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, laboratorio di Ricerca Sperimentale DAda-LAB, Prof. Sandro Parrinello.

Partners: Università di Verona – Dipartimento Culture e Civiltà, Prof. Arnaldo Soldani; Università di Bergamo - Scuola di Ingegneria, Prof. Alessio Cardaci; Università di Firenze – DIDA – Dipartimento di Architettura, prof. Stefano Bertocci; Università del Montenegro – Facoltà di Architettura, prof. Ilija Lalosevic; Comune di Verona.

Collaboratori: La campagna di rilievo, coordinata dal prof. Sandro Parrinello, è stata condotta da dott.ssa Francesca Picchio, PhD.S. Anna Dell'Amico, PhD.S. Silvia La Placa, Msc. Stud. Chiara Malusardi. Studenti Dante Certomà e Alberto Pettineo. Report fotografico, curato dal prof. Marco Morandotti, Università degli studi di Pavia.

LA DOCUMENTAZIONE DIGITALE DI VILLA ADRIANA

Coordinatore Scientifico: Prof. Arch. Stefano Bertocci,

Università degli studi di Firenze

Prof. Arch. Sandro Parrinello

Università degli studi di Pavia

Coordinatore tecnico: Prof.ssa Arch. Francesca Picchio

Università degli studi di Pavia

Partnership:

Università degli studi di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura DAda-LAB, PLAY - Laboratorio Sperimentale Università degli Studi di Pavia LS3D - Laboratorio congiunto (Università degli studi di Pavia - Università di Firenze).

Il progetto di documentazione per la rappresentazione dell'area archeologica di Villa Adriana rappresenta un programma pluriennale di indagine promosso dal Laboratorio Congiunto Università e

Impresa Inter Ateneo "Landscape Survey & Design" con l'obiettivo di fornire alla Soprintendenza una banca dati tridimensionale degli ambienti della Villa, capace di descrivere lo stato dei luoghi sia relativamente alle condizioni delle murature che delle relazioni tra architettura e paesaggio. Tecnico rilvatore a.a 2018-2019: PhD.S. Anna Dell'Amico, prof. Francesca Picchio, stud. Luca Frigerio, Stud. Flavia Greco.

LA DOCUMENTAZIONE DEL COMPLESSO MONUMENTALE DELLA MOSCHEA DI AL-JAZZAR IN ACRÌ, ISRAELE

Coordinatore Scientifico: Prof. Arch. Sandro Parrinello
Università degli studi di Pavia

Coordinatore tecnico: Prof.ssa Arch. Francesca Picchio
Università degli studi di Pavia

Partnership:

Università degli studi di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura DAda-LAB, PLAY - Laboratorio Sperimentale Università degli Studi di Pavia LS3D - Laboratorio congiunto (Università degli studi di Pavia - Università di Firenze) Welfar Association Tawoon.

La documentazione sul complesso monumentale della Moschea di Al Jazzar ad Acri, Israele" un progetto promosso da un accordo tra il DICAr - Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università degli studi di Pavia con il laboratorio congiunto LS3D, e il Welfar Association Tawoon (responsabile dell'Accordo Prof. Sandro Parrinello).

Collaboratori: PhD.S. Raffaella De Marco, PhD.S. Pietro Becherini, PhD.S. Monica Bercigli, PhD.S. Matteo Bigongiari, PhD.S. Anna Dell'Amico, PhD.S. Kseniia Mezenina, arch. Najati Fitiani, ing. Raif A. Touri, stud. Mariangela Canestrone.

LA DIGITALIZZAZIONE DELL'ARTIGIANATO TRAZIONALE DEI NATIVI AMERICANI

Coordinatore Scientifico: Prof. Arch. Sandro Parrinello
Università degli studi di Pavia

Coordinatore tecnico: PhD.S. Anna Dell'Amico
*Università degli studi di Firenze,
Visiting Ph.D Unipv*

Gli oggetti a cui si fa riferimento appartengono alla collezione privata di Sergio Susani, esperto della cultura e dell'arte dei manifatturieri dei nativi americani. Il progetto di ricerca, di cui è responsabile il Prof. Sandro Parrinello, rientra nelle attività condotte dal Laboratorio Sperimentale Didattica e Ricerca DAda-LAB. del Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università degli studi di Pavia. In particolare si concentra su alcune attività che negli ultimi anni il laboratorio sta mettendo a punto sulle collezioni museali. Al lato di questa sperimentazione rientra un progetto di ricerca per la valorizzazione di un elefante "impagliato"

nel Museo di Storia Naturale dell'Università degli studi di Pavia e un percorso di valorizzazione della collezione di strumenti musicali storici, attraverso la produzione di modelli 3D, della collezione del Dipartimento di Musicologia di Cremona. Sulla tematica è stata sviluppata una tesi di laurea magistrale della studentessa Stella Giannini. Relatore: prof. M. Pivetta Correlatore: prof. S.Parrinello.

LA DOCUMENTAZIONE DEGLI SPAZI DELLA CERTOSA DEL GALLUZZO

Coordinatore Scientifico: Prof. Arch. Stefano Bertocci,
Università degli studi di Firenze

Coordinatore tecnico: Prof.ssa Arch. Francesca Picchio
Università degli studi di Pavia

Collaboratori: PhD.S. Raffaella De Marco, PhD.S. Pietro Becherini, PhD.S. Federico Cioli, PhD.S. Rolando Volzone, PhD.S. Anna Dell'Amico. Studenti: Francesca Betto, Salomè Sodini, Laura Fideli, Giulia Casolari, Gianmarco Bambini.

Le attività di rilevamento digitale del complesso architettonico della Certosa di Firenze sono iniziate nel 2014 e sono tuttora in corso. Il progetto di documentazione e valorizzazione è promosso dal Dipartimento di Architettura di Firenze, coordinatore scientifico del progetto è il professor S. Bertocci, coordinatore tecnico è la ricercatrice F. Picchio. Alle attività di documentazione hanno partecipato studenti del corso di Rilievo del prof. Bertocci, dottori di ricerca Pietro Becherini, dottorandi Federico Cioli e Anna Dell'Amico.

In particolare sulla tematica sono state sviluppate tre tesi di laurea magistrale: Francesca Betto, Salomè Sodini, Laura Fideli, ed due tesi di laurea triennale: Giulia Casolari, Gianmarco Bambini.

Si deve la realizzazione del modello delle celle agli studenti del corso di rilievo del prof. S. Bertocci a.a.2018-2019. Responsabile del seminario: PhD.S. Anna Dell'Amico

Si deve la realizzazione del modello totale HBIM a Gianmarco Bambini sviluppato all'interno della tesi di laurea triennale Relatore Prof. S. Bertocci, Correatore: PhD.S. Anna Dell'Amico.

L'EDIFICIO DELL'UNIVERSITÀ CENTRALE DI PAVIA

Coordinatore Scientifico: Prof. Arch. Sandro Parrinello
Università degli studi di Pavia

Prof. Arch. Marco Morandotti
Università degli studi di Pavia
Coordinatore tecnico: Prof.ssa Arch. Francesca Picchio
Università degli studi di Pavia

La ricerca fa parte di un progetto commissionato dall'ufficio tecnico dell'Università di Pavia sulla documentazione digitale dell'intero complesso degli edifici della sede storica dell'Università Centrale. Le attività di rilievo sono iniziate nel dicembre 2018 alle quali hanno partecipato il personale qualificato dei Laboratori sperimentali

DAda-LAB e PLAY insieme a studenti del corso di rilievo dell'Università degli studi di Pavia. La ricerca sulla modellazione del complesso è stata concentrata su il cortile delle Statue e gli ambienti della Sala della Crociera dell'antico Ospedale San Matteo, oggi sede del Museo Archeologico universitario oggetto sul quale è stata discussa a marzo 2020 tesi di laurea dello studente Fu Hangjun. *Si deve la realizzazione del modello HBIM e del sistema di virtualizzazione e di stampa 3D della Sala della Crociera a Hangjun Fu sviluppato all'interno della tesi di laurea magistrale Relatore Prof. S. Parrinello, Correattore: Ph.D.S. Anna Dell'Amico.*

Collaboratori: Ph.D.S. Raffaella De Marco, Ph.D.S. Pietro Becherini, Ph.D.S. Anna Dell'Amico, Ph.D.S. Silvia La Placa, Ph.D.S. Francesca Galasso, Ph.D.S. Elisabetta Doria, Ing. Alessia Miceli, Ing. Chiara Malusardi, Fu Hangjun.

MODELLO HBIM DEI BAGNI DELLA MOSCHEA- ALHAMBRA

Coordinatore Scientifico: Prof. Arch. Sandro Parrinello
Università degli studi di Pavia

Coordinatore tecnico: Ph.D.S. Anna Dell'Amico
*Università degli studi di Firenze,
Visiting Ph.D Unipv*

Partnership:

Università degli studi di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura ETS_Escuela Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada DAda-LAB. - Laboratorio Sperimentale Università degli Studi di Pavia LS3D - Laboratorio congiunto (Università degli studi di Pavia - Università di Firenze), SMLab LAB (Survey and Modeling LAB of Architectural Heritage de la Universidad de Granada), Patronato de la Alhambra y Generalife, EBIME, BIM Consulting Services for Architecture and Engineering. Collaboratori: Ph.D.S. Raffaella De Marco, Prof. Francesca Picchio, Arch. José Pérez Garrido, Arch. Carlos Roda García, Ph.D. Juan Francisco Reinoso Gordo, Ph.D. Esteban Rivas López, Prof. Rafael García Quesada.

Il progetto di ricerca per la documentazione digitale del complesso dell'Alhambra a Granada ha visto, a partire dal 2017, la collaborazione tra il Patronato de la Alhambra y Generalife, il Laboratorio DAda-LAB dell'Università degli studi di Pavia (responsabile prof. Sandro Parrinello), e il laboratorio congiunto tra Università degli studi di Pavia e Università di Firenze di Landscape Survey & Design, il Laboratorio SMLab dell'Escuela Técnica Superior de Arquitectura (responsabile prof. Antonio Gómez-Blanco), e l'impresa EBIME. Nel novembre del 2018 si è svolta la seconda campagna di acquisizione nella porzione dei Bagni della Mezquita il progetto di digitalizzazione dei Bagni ha come coordinatore scientifico Sandro Parrinello, coordinatore tecnico Anna Dell'Amico, alle attività di rilievo hanno partecipato: Prof. Francesca Picchio e Dott. Ing. Raffaella De Marco, Le attività di modellazione sono state coordinate da Anna Dell'Amico all'interno del corso di rilievo dell'architettura del prof Sandro Parrinello

dell'a.a. 2019-2020, ha visto la partecipazione degli studenti: Hasan Ali, Andrea Gandini, Nicolò Girani, Tommaso Goldini, Martina Magatti, Jovana Asto Marin, Saad Awad Ibraim Etara.

EU HORIZON 2020-R&I-RISE-RESEARCH & INNOVATION STAFF EXCHANGE MARIE SKŁODOWSKA-CURIE PROGETTO EUROPEO "PROMETHEUS" (PROTOCOLS FOR INFORMATION MODELS LIBRARIES TESTED ON HERITAGE OF UPPER KAMA SITES). GRANT AGREEMENT NO 821870

Coordinatore Scientifico: Prof. Arch. Sandro Parrinello
Università degli studi di Pavia

Partnership:

Università degli Studi di Pavia, (Italia), Universitat Politècnica de Valencia, (Spagna) Perm National Polytechnic University Research, (Russia) SISMA, Sistemi Integrati di Monitoraggio Architettonico, (Firenze), EBIME, BIM Consulting Services for Architecture & Engineering, (Spagna).

Team di Ricerca:

UNIPV: Prof. Sandro Parrinello, Prof. Francesca Picchio, Ph.D. Raffaella De Marco, Ph.D.S. Anna Dell'Amico
UPV: Prof. Luis Manuel Palmero Iglesias, Prof. Fernando Cos-Gayón López, Prof. María Isabel Giner García
PNRPU: Prof. Svetlana Maximova, Ph.D. Anna Shamarina, Ph.D.S. Anastasia Semina, Ph.D.S. Julia Bushmakova
SISMA: Ph.D. Giovanni Minutoli, Ph.D. Andrea Arrighetti
EBIME: Esteban Jose Rivas Lopez, Elena Espana Estevez

Il progetto PROMETHEUS "PROTOCOLS FOR INFORMATION MODELS LIBRARIES TESTED ON HERITAGE OF UPPER KAMA SITES" raccoglie e sviluppa tali ricerche nell'ambito del programma di finanziamento europeo Horizon 2020-R&I-RISE- Research & Innovation Staff Exchange Marie Skłodowska-Curie. Il progetto (coordinato dal Prof. S. Parrinello dell'Università degli studi di Pavia) prevede la collaborazione tra tre università internazionali (Università degli studi di Pavia, Universitat Politècnica de Valencia, Perm National Polytechnic University) e due società (SISMA srl, EBIME sl.). Il progetto prevede la partecipazione di 11 Ricercatori esperti e 5 ricercatori Early-Stage, oltre a studenti ordinari e master in ingegneria e architettura delle università coinvolte. Questo progetto ha ricevuto finanziamenti dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione europea nell'ambito della convenzione di sovvenzione Marie Skłodowska-Curie n. 821870.

Abstract

La ricerca sviluppata all'interno della tesi di dottorato affronta la tematica legata all'introduzione di nuovi processi e strumenti BIM (*Building Information Modeling*) in materia di rappresentazione architettonica del patrimonio costruito. L'evoluzione dei protocolli del Building Information Modeling nel settore AEC sta nettamente cambiando le modalità di rappresentazione legate e un cambiamento della struttura dell'iter progettuale. L'approccio concettuale del *Building Information Modeling* ha avuto nel corso degli ultimi anni, un forte impatto sui tradizionali flussi di lavoro trasformando radicalmente protocolli e pratiche professionali tradizionali.

La comunicazione digitale informativa applicata al patrimonio culturale (HBIM, *Historical Building Information Modeling*) utilizza flussi di lavoro specifici di coordinamento dell'intero processo, dalla raccolta dei dati al modello interattivo finale, consentendo all'utente di interrogare gli elementi del modello sulla base di diversi livelli informativi strutturati. Tale tendenza è oggetto di critica e studio da parte del settore scientifico della rappresentazione che in questi anni sta indagando le possibilità di applicazione di tali metodologie al mondo della rappresentazione e gestione del patrimonio storico costruito. La ricerca è stata finalizzata all'indagine di protocolli metodologici HBIM e delle relazioni che intercorrono tra banche dati 3D e modelli BIM. La costruzione di un modello di rappresentazione multidimensionale e multidisciplinare in cui la rappresentazione degli elementi è il risultato della strutturazione del modello e di una lettura critica dello spazio reale digitalizzato.

Nell'ambito della ricerca, è stato fatto riferimento a differenti scale di dettaglio per porre una distinzione tra le tipologie di modello basate su finalità e scopi ben precisi per indagare le tipologie di modellazione e rappresentazione eseguibili nello sviluppo graduale dei livelli di lettura proponendo una differenziazione negli esiti in base al livello di approfondimento richiesto dal progetto. L'atto di trasposizione del patrimonio architettonico nel suo "doppio" virtuale implica una comparazione di esperienze e la valutazione approfondita delle metodologie di acquisizione digitale al fine di intraprendere delle scelte. Il mettere in opera significati nel contesto virtuale dell'espressione digitale implica concedere una seconda vita alla dimensione dei luoghi, una vita le cui leggi sono dettate dalle *computer science*.

L'indagine è strutturata in un sistema di casi studio scelti per la differenza di scale di dettaglio al fine di impostare un protocollo di ricerca di tipo granulare, a partire dalla micro scala dell'oggetto, alla scala architettonica dell'edificio, per arrivare alla rappresentazione del rapporto tra edificio e sistema territoriale ad un livello di macro scala.

L'analisi prevede una scomposizione del problema della rappresentazione, individuando dei protocolli che possano essere applicabili a differenti livelli e scale di lettura rivolte alla rappresentazione e discretizzazione di parti ed elementi legati tra loro in un rapporto di gerarchia o di interconnessione, delineandone criticità e potenzialità. Questo determina un processo di semplificazione della complessità dello spazio reale, tramite la costruzione dell'immagine, l'atto di trasposizione digitale replica in tutto e per tutto l'atto del disegnare e gli elaborati prodotti diventano strumenti dai quali desumere informazioni semplificate e criticamente interpretate. La ricerca propone una riflessione tra la relazione che esiste tra il rilievo digitale e lo sviluppo di banche dati 3D e la connessione di queste con le piattaforme di modellazione e i supporti di valorizzazione digitale analizzando quelli che sono i diversi passaggi di trasformazione del dato.

Dalla banca dati tridimensionale vengono elaborate informazioni con lo scopo di produrre disegni in grado di trasmettere e documentare il valore storico del manufatto. La raccolta di questi dati andrà a confluire all'interno di un modello di gestione HBIM, risultato di un processo critico e interpretativo del complesso architettonico.

Così configurato, tale sistema, si costituisce come valido contenitore di dati per la catalogazione e la qualificazione semantica degli elementi modellati che confluiscono nella strutturazione di abachi di elementi indicizzati.

La ricerca rimane una tematica aperta ed in continua evoluzione, oggetto di critiche e nuovi sviluppi.

Risulta evidente il necessario rapporto tra dato acquisito tramite tecnologie reality based e la natura contraddittoria tra carattere identitario ed unicità degli elementi appartenenti al patrimonio storico. La ricerca di un catalogo standardizzato di elementi propria del concetto di modellazione BIM ha l'obiettivo di portare un contributo utile alla comprensione in termini tecnici e teorici delle possibilità dello strumento BIM applicato al settore del Cultural Heritage.

Abstract

The research developed within the doctoral thesis addresses the issue related to the introduction of new BIM (*Building Information Modeling*) processes and tools in the architectural representation of built heritage. The evolution of Building Information Modeling protocols in the AEC sector changes the related representation methods and a change in the design process structure. Over the last few years, the conceptual approach of Building Information Modeling has had a substantial impact on traditional workflows, radically transforming standard professional protocols and practices.

Digital information communication applied to cultural heritage (HBIM, *Historical Building Information Modeling*) uses specific workflows for coordinating the entire process, from data collection to the final interactive model, the data to query the model elements based on different structured information levels. This trend is the object of criticism and study by the scientific sector of representation, investigating the possibilities of applying these methodologies to the world of representation and management of built historical heritage. The research was aimed at investigating HBIM methodological protocols and the relationships between 3D databases and BIM models.

The construction of a multidimensional and multidisciplinary representation model, in which the representation of the elements results from the model structuring and critical reading of the real digitized space.

As part of the research, reference was made to different scales of detail to distinguish between the types of models proposed for specific objectives and purposes to investigate the types of modeling and representation that can be performed in the reading levels' gradual development.

The act of transposing the architectural heritage into its virtual "double" implies a comparison of experiences and an in-depth evaluation of digital acquisition methodologies to make choices.

Implementing meanings in the virtual context of digital expression implies granting a second life to the dimension of places, a life whose laws are dictated by information technology.

The investigation is structured in a system of case studies chosen for the difference in detail scale to set up a granular research protocol, starting from the micro object scale to the architectural scale of the building, arriving at the

representation of the relationship between buildings and territorial system at a macro-scale level.

The analysis involves a breakdown of the representation problem, identifying protocols that can be applicable at different levels and scales of reading to represent and discretize parts and elements linked together in a hierarchical or interconnected relationship, outlining their criticality potential.

This determines a process of simplification of the complexity of the real space. Through the construction of the image, digital transposition replicates in all respects the act of drawing. The products produced become tools from which to derive simplified and critically interpreted information.

The research proposes a reflection between the relationship between digital survey and the development of 3D databases and the connection of these with modeling platforms and digital enhancement supported by analyzing the different data transformation steps.

Information is processed from the three-dimensional database to produce drawings capable of transmitting and documenting the artifact's historical value. The collection of this data will flow into an HBIM management model resulting from a critical and interpretative process of the architectural complex.

This system is adapted, constituting itself as a valid data container for the cataloging and semantic qualification of the modeled elements that flow into the structuring of schedules of indexed elements.

Research remains an open and constantly evolving topic, subject to criticism and developments.

The necessary relationship between data acquired through reality-based technologies and the contradictory nature between identity and uniqueness of the historical heritage elements is evident.

The search for a standardized catalog of elements typical of the BIM modeling concept aims to make a useful contribution to understanding technical and theoretical terms of the possibilities of the BIM tool applied to the Cultural Heritage sector.

