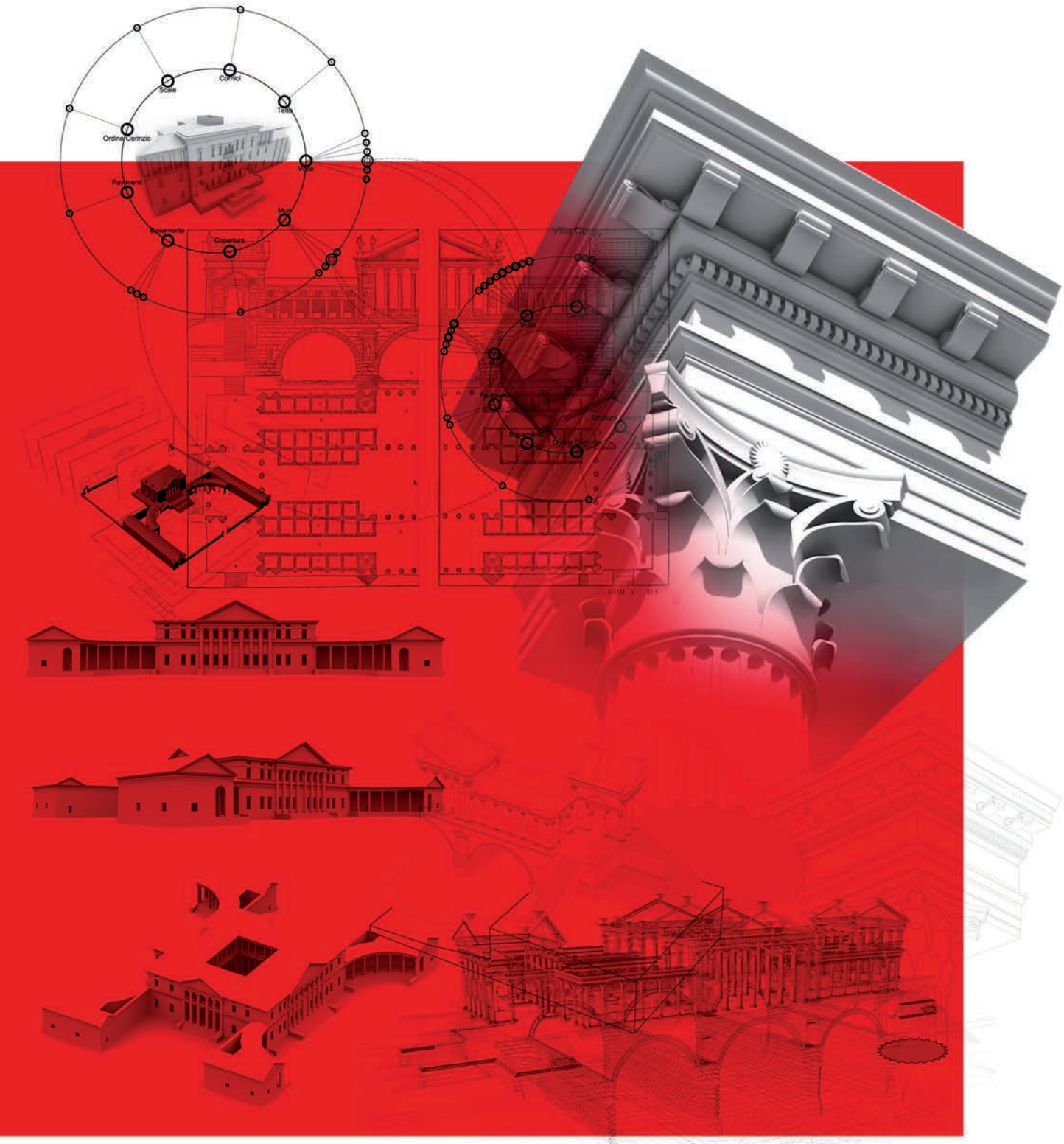
PALLADIO LAB

[Architetture palladiane indagate con tecnologie digitali]



QUADERNI DEL MUSEO PALLADIO 11

Iniziativa realizzata nell'ambito del progetto *PALLADIOLibrary mediateca e sistema comunicativo-informativo su Andrea Palladio, le sue opere e il suo territorio* realizzata con il contributo della Regione del Veneto e ARCUS S.p.A.

Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio

In collaborazione con le università
Dipartimento DICEA, Università Politecnica delle Marche
Dipartimento DAPT, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi G. d'Annunzio Chieti Pescara
Università IUAV di Venezia

I contributi della seconda sezione sono stati selezionati da un call for paper basato su peer review.

Comitato scientifico per il call for paper
Fabrizio Ivan Apollonio, Alma Mater Studiorum, Università di Bologna
Donata Battilotti, Università degli Studi di Udine
Guido Beltramini, CISA Andrea Palladio
Howad Burns, CISA Andrea Palladio
Paolo Clini, Università Politecnica delle Marche
Livio De Luca, MAP-Gamsau, UMR 3495 CNRS/MCC
Marco Gaiani, Alma Mater Studiorum, Università di Bologna
Livio Sacchi, Università degli Studi di Pescara
Camillo Trevisan, Università IUAV di Venezia
Vitale Zanchettin, Università IUAV di Venezia

CENTRO INTERNAZIONALE DI STUDI DI ARCHITETTURA ANDREA PALLADIO FONDAZIONE

Soci fondatori
Regione del Veneto
Provincia di Vicenza
Comune di Vicenza
Camera di Commercio Industria Artigianato Agricoltura di Vicenza
Accademia Olimpica

Soci sostenitori
Bovis Lend Lease
Confindustria Vicenza, Sezione Costruttori Edili
Dainese
Fiera di Vicenza
Gemmo
Impresa Costruzioni Giuseppe Maltauro
Marelli Motori
Palladio Finanziaria
Veneto Banca
Zambon Company

Presidente
Amalia Sartori

Consiglieri di amministrazione
Flavio Albanese, *vicepresidente*
Luigi Franco Bottio
Lino Dainese
Antonio Franzina

Revisori dei conti
Franco Cristiano, *presidente*
Giorgio Baschirotto
Massimo Barbiero

Consiglio scientifico
Howard Burns, *presidente*
James S. Ackerman
Nicholas Adams
Franco Barbieri
Donata Battilotti
Amedeo Belluzzi
Matteo Ceriana
Giorgio Ciucci
Jean Louis Cohen
Joseph Connors
Caroline Elam
Francesco Paolo Fiore
Kurt W. Forster
Christoph L. Frommel
Luisa Giordano
Pierre Gros
Jean Guillaume
Hubertus Günther
Deborah Howard
Elisabeth Kieven
Douglas Lewis
Fernando Marías
Paola Marini
Gülru Necipoğlu
Arnold Nesselrath
Alessandro Nova
Werner Oechslin
Pier Nicola Pagliara
Susanna Pasquali
Jean-Marie Pérouse de Montclos
Mario Piana
Fernando Rigon
Giandomenico Romanelli
Juergen Schulz
Dmitry O. Shvidkovsky
Christof Thoenes
Vitale Zanchettin

Direttore
Guido Beltramini

Segretario amministrativo
Nicoletta Dalla Riva

Segretario culturale
Ilaria Abbondandolo

Biblioteca
Daniela Tovo

Fototeca
Elisabetta Michelato
Simone Baldissini

Segreteria amministrativa
Sabrina Padrin
Sieva Carolo

Segreteria culturale
Elena Poli
Cinzia Menin

Gestione tecnica e logistica del palazzo
Simone Picco

Collaborazioni per l'anno 2012
Roberta Colla
Attilio Carta

© copyright 2012 Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio, Vicenza

REGIONE DEL VENETO

ARTE CULTURA SPETTACOLO
ARCUS

Centro Internazionale di
Studi di Architettura
Andrea Palladio

PALLADIO LAB

[Architetture palladiane indagate con tecnologie digitali]

a cura di Guido Beltramini e Marco Gaiani

Aver contribuito alla realizzazione di questo importante progetto che riguarda la vita e le opere di Andrea Palladio è motivo di particolare orgoglio per la Società Arcus.

La missione di Arcus, infatti, è quella di avviare e sostenere progetti riguardanti i beni e le attività culturali, talvolta restituendo agli specialisti e al pubblico patrimoni difficilmente fruibili che sono in grado di stimolare e attrarre ulteriori investimenti. Con questo intervento Arcus non solo ha contribuito a mettere a sistema un patrimonio documentale diffuso e variegato per dislocazione geografica e tipologia, ma ha anche investito in un progetto che può rappresentare un importante volano economico per il territorio veneto, con potenzialità di attrazione in termini di turismo culturale e auspicabili ricadute occupazionali sull'intera regione. Il progetto della Palladio Library, infatti, trasforma indirettamente Vicenza non solo nella città dove è possibile, sia per il grande pubblico che per quello specialistico, venire a conoscenza dell'intero lascito di Andrea Palladio, ma soprattutto nel punto di partenza ideale per la comprensione e la ricognizione di un articolato bacino culturale che abbraccia l'intero territorio regionale.

Il progetto ha anche permesso la fattiva collaborazione tra istituzioni di rilevante spessore scientifico, quali il Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio, l'Università di Bologna, lo IUAV di Venezia, l'Università Politecnica delle Marche e l'Università di Chieti, riunite intorno all'intento comune di realizzare un articolato e tecnologico sistema documentale che ha nel Palazzo Barbarano, oggi sede del Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio, il suo terminale di riferimento. L'augurio è che grazie allo sviluppo di una programmazione negoziata sul territorio, il progetto della Palladio Library possa rappresentare solo l'inizio di un percorso verso traguardi più ampi all'interno di una collaborazione tra istituzioni pubbliche e private.

ETTORE PIETRABISSA
Direttore Generale Arcus S.p.A.

Il 4 ottobre prossimo inaugurerà in palazzo Barbarano, sede del Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio a Vicenza, il Palladio Museum. *Il museo raccoglierà e presenterà in forma innovativa gli esiti delle mostre internazionali che il Centro ha realizzato a partire dal 2008 in collaborazione con prestigiosi musei europei e nordamericani. Sarà un laboratorio sperimentale dove ricerca e cultura incontreranno la valorizzazione di Andrea Palladio, delle sue opere e del suo territorio: un luogo fisico e una presenza in rete che opereranno su più livelli per un pubblico italiano e internazionale.*

Come luogo fisico, il Palladio Museum *sarà insediato in uno dei più bei palazzi di Palladio, l'unico che egli riuscì a vedere interamente realizzato sia nell'architettura che negli apparati decorativi. Tutti gli ambienti monumentali di palazzo Barbarano saranno aperti al pubblico, che potrà visitarli e comprenderne le vicende costruttive e figurative. Un percorso espositivo allestito in forma permanente al piano nobile permetterà di esplorare il Veneto palladiano attraverso i grandi modelli architettonici del Centro, apprezzati in tutto il mondo, disegni originali, dipinti rinascimentali, multimedia.*

Cuore del museo è la Palladio Library*, una banca dati informatizzata che riunisce e collega fra loro tutti i materiali indispensabili alla conoscenza e valorizzazione dell'opera di Andrea Palladio: i suoi disegni, la più grande fototeca esistente delle sue architetture, i rilievi frutto di oltre cinquant'anni di campagne di misurazione dei suoi edifici, i suoi libri, una serie di multimedia e modelli virtuali.*

Obiettivo della Palladio Library *è la valorizzazione, in termini di accessibilità fisica e conoscitiva, del patrimonio palladiano: oltre 54 siti fra ville, palazzi, chiese e ponti, di proprietà pubblica e privata, distribuiti sull'intero territorio del Veneto.*

Per la sua attuazione devo il mio caloroso ringraziamento alla Regione del Veneto e ad Arcus SpA, che con il loro contributo hanno finanziato tutte le fasi del progetto, e alle Università delle Marche, di Bologna, di Chieti e Pescara e di Venezia, che hanno reso disponibili le proprie conoscenze collaborando alla realizzazione dei materiali digitali.

AMALIA SARTORI
Presidente del CISA Andrea Palladio

In ricordo di William J. Mitchell (1944-2010)

L'11 giugno 2010 è morto William Mitchell, dal 2005 componente del Consiglio scientifico del CISA Andrea Palladio e dal 1995 anni impegnato nei progetti del Centro dedicati all'uso delle nuove tecnologie nello studio delle architetture di Andrea Palladio. Dal maggio 2012 la sua biblioteca personale (in particolare la sezione relativa agli studi palladiani e alle sue pubblicazioni) è entrata a far parte delle raccolte librarie del CISA Andrea Palladio, grazie alla generosità della moglie Jane Wolfson.

William Mitchell è stato uno dei pionieri dell'informatica applicata alla progettazione architettonica. I suoi studi trasformarono il modo in cui gli architetti affrontavano i loro progetti, avviando la progettazione architettonica assistita dal computer (CAAD). Negli anni in cui fu pubblicato *Computer-Aided Architectural Design* (1977) era ancora complicato disegnare una linea al computer, e Mitchell fu tra coloro che comprese il potenziale della progettazione elettronica, contribuendo a definirne la base teorica e mettendo in condizione gli architetti di utilizzare al meglio le nuove tecnologie. *The Logic of Architecture: Design, Computation and Cognition* (1990) fu il frutto maturo di quella esperienza teorica, che fu poi resa accessibile sul piano manualistico in *Digital Design Media: A Handbook for Architects and Design Professional* (con Malcom McCullough, 1991).

Originario di una piccola città australiana, Mitchell si diplomò in architettura alla *University of Melbourne* nel 1967 per poi ottenere lauree in progettazione ambientale a *Yale University* nel 1969 e in architettura a *Cambridge University* nel 1977. Nel 1970 cominciò a insegnare all'Università della California dove fu responsabile del corso di studi in architettura e urbanistica dal 1980 al 1986. Fu socio fondatore del *Computer-Aided Design Group* a Marina del Rey (California). Dopo aver insegnato alla *Graduate School of Design* di *Harvard University*, fu *Dean* della *School of Architecture and Planning* del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) fino al 2003, quando divenne *Head of the Program in Media Arts and Sciences* e responsabile del *Media Lab*. Come preside della *School of Architecture and Planning* del MIT, contribuì a un ambizioso rinnovamento del campus dell'Istituto affidandone la realizzazione ad architetti come Frank Gehry, Kevin Roche, Steven Holl, Charles Correa, Fumihiko Maki.

Architetto e teorico della città, William Mitchell immaginava la città del futuro come un organismo vivente, o un robot dotato di sistema nervoso, capace di reagire agli stimoli e di adattarsi alle trasformazioni nei bisogni dell'uomo. Con il suo gruppo di ricerca *Smart Cities* al *Media Lab* del MIT, Mitchell studiava le trasformazioni dei rapporti uomo-ambiente nell'era digitale, con l'idea di poter "riconfigurare" le città per migliorarne l'equilibrio e la sostenibilità. Dall'integrazione fra design e tecnologia nascevano prototipi per trasporti di nuova generazione, come la *CityCar*, un veicolo elettrico a due posti, leggero e impilabile come i carrelli del supermercato, il *RoboScooter*, anch'esso elettrico, pieghevole e componibile, e la *GreenWheel,* un accessorio per convertire una comune bicicletta in un veicolo elettrico. Autore prolifico, per mettere a punto le proprie idee Mitchell usò la carta stampata, in particolare *City of Bits: Space, Place, and the Infobahn* (1995), *E-topia. Urban Life, Jim – but Not as We Know It* (1999), *Me ++: The Cyborg Self and the Networked City* (2003) e *Placing Words: Symbols, Space, and the City* (2005). Con *The Reconfigured Eye: Visual Truth in the Post-Photographic Era* (1992), Mitchell affrontò con largo anticipo anche il tema della veridicità delle immagini digitali nell'era della loro manipolazione.

Nel 1978, su *Environment and Planning B: Planning and Design* (vol. 5, n. 1, 1978, pp. 5-18), con George Stiny Mitchell pubblicò il pionieristico articolo *The Palladian grammar*, che gli autori definirono "un primo tentativo di riformulare parti della grammatica architettonica di Palladio in una forma generatrice moderna. Vi sono precisate le regole di una 'grammatica di forme parametrica' che genera le piante delle ville. In molti casi tali regole sono trasposizioni dirette di espliciti canoni progettuali di Palladio; in altri sono basate su esempi di piante di villa tratti dai *Quattro Libri*. La grammatica così definita genera i principali caratteri della maggior parte delle piante di villa palladiane come presentate nei *Quattro Libri*. […] Si è studiata la geometria delle piante di villa di Palladio, anziché altri aspetti del suo sistema architettonico come ad esempio l'uso di motivi decorativi, perché essa caratterizza lo stile palladiano in un senso fondamentale".

Indice

9 Dalla grammatica palladiana alla Palladio Library: piccola storia del sistema comunicativo-informativo palladiano
Guido Beltramini, Marco Gaiani

18 Il sistema informativo del CISA Andrea Palladio
Simone Baldissini

28 Strutture semantiche di modelli digitali 3D di opere palladiane
Fabrizio I. Apollonio

37 Metodi integrati per un approccio monostrumentale lidar al rilievo dell'opera palladiana
Paolo Clini, Ramona Quattrini, Romina Nespeca

47 Rappresentare Palladio
Livio Sacchi

49 Una collezione di architetture digitali: i modelli tridimensionali delle chiese di Andrea Palladio a Venezia
Malvina Borgherini, Emanuele Garbin, Camillo Trevisan

Full papers

59 Criteri e metodi per un museo virtuale di architettura: una proposta per un museo palladiano
Salvatore Corso, Angelica Di Fabio, Francesca Gasperini

67 Il ponte di Rialto di Andrea Palladio. Ricostruzione digitale da un "Capriccio" di Canaletto
Diego Ersetig, Fiorenzo Bertan

75 Palladio in 3D
Alberto Sdegno

81 Un database per l'ordine architettonico: Palladio
Graziano Mario Valenti, Andrea Casale, Jessica Romor, Michele Calvano

Short papers

89 Il ponte di Bassano del Grappa. Analisi e rilievo tramite laser scanner
Lorenzo Duranti, Carla Micozzi

94 Il modello tridimensionale come organismo percettivo complesso: dispositivi in grado di conoscere e gestire l'architettura
Alessia Maiolatesi

99 Modellare dal disegno: esperienze di analisi e interpretazione del linguaggio grafico nei *Quattro libri dell'architettura* di Andrea Palladio
Ursula Zich, Ugo Comollo, Eugenia Comparetto

DALLA GRAMMATICA PALLADIANA ALLA PALLADIO LIBRARY: PICCOLA STORIA DEL SISTEMA COMUNICATIVO-INFORMATIVO PALLADIANO

[1] **Guido Beltramini**, [2] **Marco Gaiani**
[1] Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio - Vicenza, gb@cisapalladio.org
[2] Diaprtimento DAPT, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, marco.gaiani@unibo.it

1. Introduzione

Il titolo dello scritto di Howard Burns *La creazione di un'architettura sistematica e comunicabile* [1] spiega i motivi del grande interesse che ha suscitato l'architettura di Andrea Palladio nella prima età dell'informatica grafica e della digitalizzazione dell'informazione. Si tratta della sua capacità di essere facilmente ricompresa all'interno dello schema rigido iniziale della computergrafica in cui la logica binaria difficilmente lasciava spazio alla possibilità di codificare sistemi largamente non-lineari e spuri dal punto di vista documentale quali sono quelli architettonici. Da questo punto di vista l'architettura di Palladio si prestava splendidamente come dimostrazione delle potenzialità offerte dal nuovo mezzo e la direzione impressa agli studi palladiani da Rudolf Wittkover [2] è stata la materia prima da cui attingere per dare un *look* seducente a uno strumento che, piuttosto che offrire capacità introspettive, imponeva vincoli e limitate capacità di analisi.

Il famoso scritto di Bill Mitchell e George Stiny del 1978 *The Palladian grammar*, [3] spiega compiutamente questo passaggio: "In this paper a first attempt is made to recast parts of Palladio's architectural grammar in a modern, generative form. The rules of a parametric shape grammar … that generates villa ground plans are specified. In many cases these rules are direct translations of Palladio's explicit canons of design; in others they are based on examples of villa plans in the *Quattro Libri*. The grammar so defined generates the main features of most of Palladio's villa plans as drawn in the *Quattro Libri*." Lo stesso metodo di lavoro palladiano alimentava questo nuovo *processing*. Palladio, infatti, tende a disegnare ulteriori alternative piuttosto che rielaborare schizzi di cui non era soddisfatto [4]. Così è capace di generare rapidamente la maggior parte delle soluzioni che erano compatibili con il sito e con il suo sistema architettonico. Un evidente esempio di questo metodo è in uno dei pochi schizzi che ci sono rimasti: venti piante alternative probabilmente per la ricostruzione della casa di Camillo Volpe [5]. Il processo è essenzialmente semi-automatico. I disegni risultanti non sono essenzialmente nuovi progetti: essi traggono spunto fortemente dalla memoria e il momento reale dell''invenzione' è ben a monte dal momento apparente della composizione, si tratta quindi di un tipico problema rappresentativo più che compositivo, in cui il tipo di figurazione e tecnica rende possibile una logica strutturata e la restituzione in forma di sistema informativo.

La seconda generazione del *computing* e il passaggio progressivo da forme di elaborazione dell'informazione testuali a tecniche a base visuale hanno progressivamente reso possibile l'utilizzo del digitale come sistema di supporto alla conoscenza sia in quanto sistema documentativo che in quanto sistema interpretativo, e per questo, finalmente, l'utilizzo di metodiche a base digitale è divenuto finalmente ausilio allo studio dell'opera di Palladio e alla sua conservazione. Innumerevoli apporti sono stati forniti da vari studiosi sparsi in tutto il mondo tra cui cito tra gli altri, oltre ai lavori di uno degli scriventi [6] e naturalmente William Mitchell [7], anche quelli di Alberto Sdegno [8], Livio De Luca [9], Larry Sass [10]. La maggior parte degli sforzi, se ha certamente ripreso il filone aperto con i primi dei primi studi, ha ripreso una seconda proprietà del sistema progettuale e grafico palladiano: la capacità dei disegni di Palladio di proporsi come pensiero tridimensionale svolto su un mezzo 2D per cui i suoi disegni non sono altro se non schemi appiattiti di soluzioni spaziali. L'utilizzo di modelli digitali tridimensionali era la tecnica per eccellenza per avere uno straordinario sistema conoscitivo e interpretativo degli elaborati grafici di Andrea.

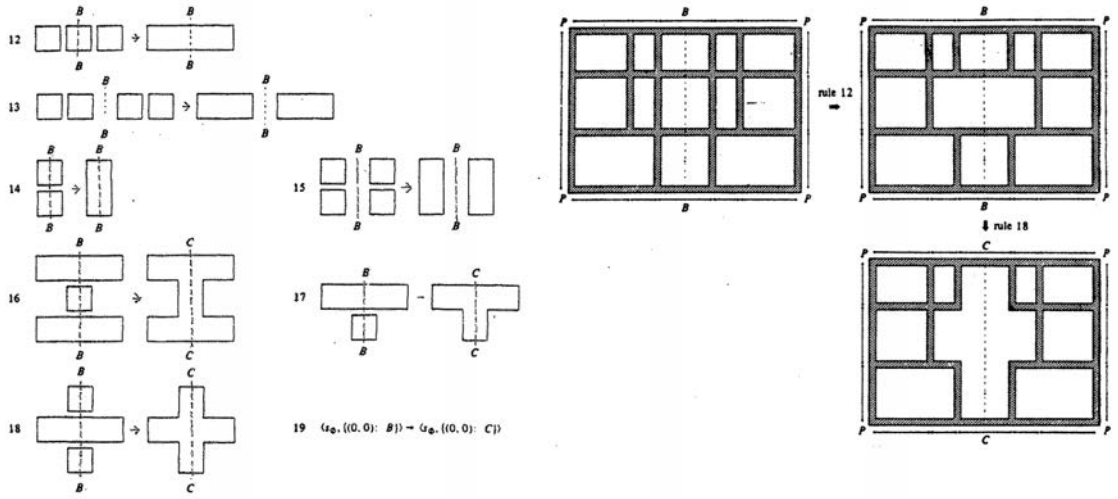


Fig. 1. G. Stiny, W.J. Mitchell, *The Palladian grammar*, 1979, regole per la disposizione delle stanze e loro applicazione alla Malcontenta.

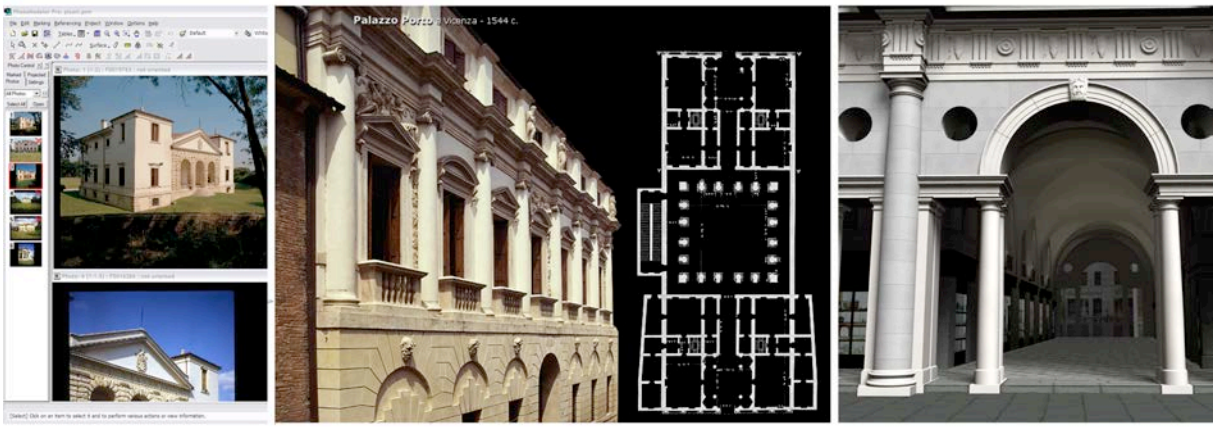


Fig. 2. Rilievo, data-base, restituzioni virtuali: elementi per una lettura digitale di Palladio; da sinistra a destra: rilievo fotogrammetrico di Villa Pisani a Bagnolo, (1997) interfaccia delle copertine del CD-Rom *Andrea Palladio. Il Veneto,* simulazione di un'ipotesi di restauro delle gallerie della Basilica di Vicenza secondo l'idea palladiana (ricostruzione di Patrizia Contini con la supervisione di Howard Burns, 1996).

I tanti esperimenti per mezzo dei modelli 3D hanno permesso così di svelare molte delle effettività delle soluzioni palladiane, osservando i pregi dei progetti realizzati, i difetti di quelli abbandonati, le complessità che hanno messo a repentaglio alcune realizzazioni, il senso vero delle rappresentazioni de *I Quattro libri*.

L'era del *visual computing* e dell'informazione *everywhere* ha poi portato a nuovi interessi verso Palladio e la sua opera, sfruttandone questa volta il carattere di sistema già costruito e solidamente riconoscibile e organizzabile e quindi di caso di studio straordinario per la formazione di sistemi conoscitivi architettonici.

Lo studio e la documentazione dell'opera di Andrea Palladio, del contesto in cui operava e del suo influsso – non solo nel Veneto ed in Italia, ma anche in Europa e nell'America del Nord - e la missione di costituire il baricentro degli studi palladiani, di realizzare campagne fotografiche e di rilievo delle opere e di acquisire sul mercato e conservare i testi antichi scritti da Palladio o frutto dell'esegesi palladiana sino alla fine del Settecento, insieme agli studi successivi, costituisce per il Centro Internazionale di studi di Architettura Andrea Palladio (CISAAP) un preciso impegno statutario perseguito sin dalla fondazione nel 1958 attraverso una articolata attività scientifica, didattica espositiva e di ricerca. Tale attività è da sempre indirizzata da un Consiglio Scientifico che riunisce i migliori specialisti europei e nordamericani nel campo della storia dell'architettura, garantendo all'Istituto una solida credibilità internazionale e saldi legami con Istituzioni e Musei italiani e stranieri che facilitano sinergie e progetti comuni. In oltre quarant'anni di attività il Centro ha avuto modo di raccogliere una fototeca specializzata sui temi palladiani di circa 16.000 fotografie, una biblioteca specializzata sui temi palladiani, una raccolta di rilievi di fabbriche palladiane (oltre 1200 fogli per 54 edifici).

Negli ultimi venti anni il CISAAP ha volto la sua attenzione verso applicazioni informatiche in grado di agevolare l'accesso e la ricerca da parte del pubblico al vasto patrimonio di documenti inerenti l'opera palladiana, e allo stesso tempo promuovere nuove e originali ricerche da parte degli studiosi. Dal 1995, infatti, grazie all'impulso dato dal Presidente del Consiglio Scientifico Howard Burns, il Centro ha messo in essere specifiche linee di ricerca relative alle possibilità offerte dalle nuove tecnologie informatiche come strumento di documentazione e rappresentazione dell'architettura.

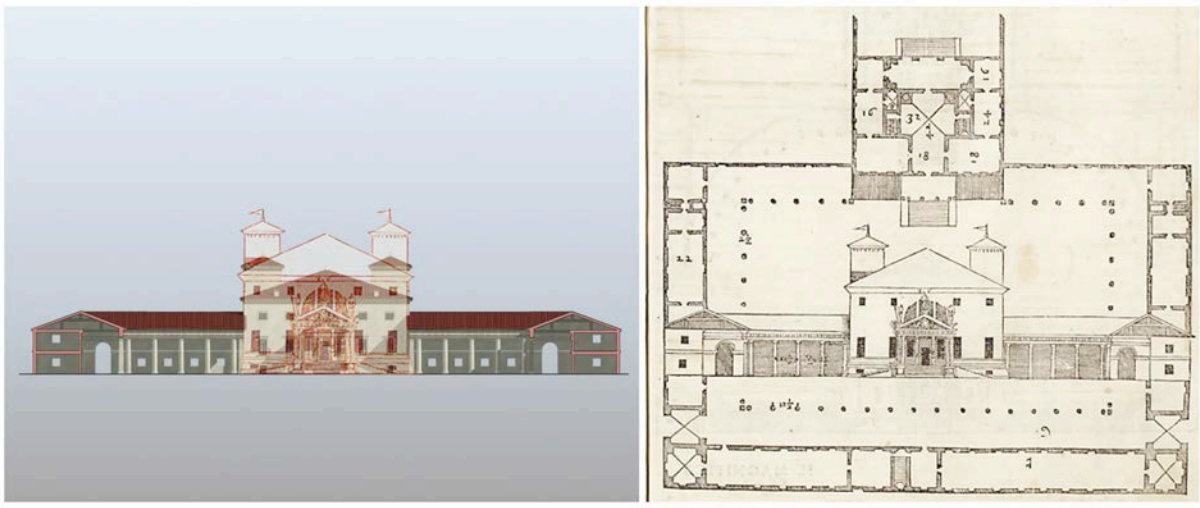


Fig. 3. Analisi di disegni de *I Quattro libri* servendosi di modelli digitali: ricostruzione del disegno di Villa Pisani a Bagnolo con evidenziate le proporzioni 'non costruibili' rispetto alla villa edificata realizzata secondo il sistema d proporzioni degli spazi proposte nel I libro.

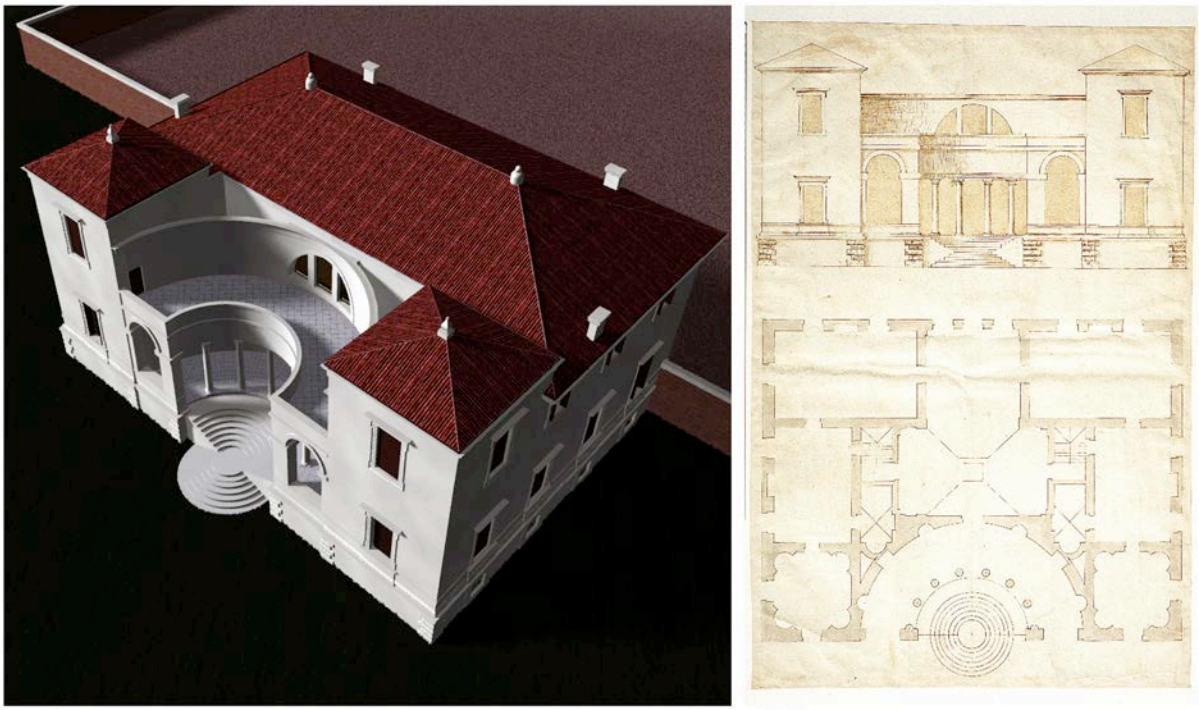


Fig. 4. Analisi di progetti non realizzati di Palladio servendosi di modelli digitali: ipotesi di ricostruzione a partire dal disegno RIBA XVI/8c, con evidenziato il giro d'angolo che non torna *(*modello di Piercarlo Ricci sotto la supervisione di Howard Burns).

Sono state esplorate compiutamente le possibilità insite nell'investigazione del sistema documentale sia sul versante della sistematizzazione dell'informazione (la grande banca dati digitale del CISA) sia sul versante della fruizione dell'informazione non solo come dato grezzo ma anche in forma di percorso guidato (i CD-ROM multimediali prodotti dal CISA stesso). Un primo tentativo di introdurre le tecnologie informatiche al fine di far compiere un salto di qualità agli studi palladiani è stata la pubblicazione di tre visual-multimedia database CD-ROM Andrea Palladio: le ville [11], Andrea Palladio e il Veneto [12]e Palladio e Vicenza [13], rispettivamente nel 1998, 2000 e 2002. Esse erano una prima risposta al tema della ricontestualizzazione delle espressioni culturali con le informazioni spaziali e architettoniche, e della costituzione di sistemi informativi capaci di raccogliere e rendere disponibili le più svariate informazioni combinando grandi quantità di dati e analisi relazionate.

Negli anni 2002-2004 è stato portato a termine il progetto Palladio Digitale che consiste nella raccolta, catalogazione in forma di database integrato e digitalizzazione dell'insieme delle fonti visive che documentano l'attività palladiana (fotografie, disegni, incisioni, rilievi, mappe, carte d'archivio) [14]. Il lavoro, in sostanza, è consistito nella costituzione di una Fototeca Virtuale Palladiana, ricomposizione in una base dati unitaria dei materiali fondamentali per lo studio e la valorizzazione dell'opera palladiana, oggi dispersi in più sedi: basti pensare agli oltre 540 disegni che compongono il corpus grafico di Palladio - oggi distribuiti in oltre una decina di musei europei e americani - oppure alle carte d'archivio conservate in vari istituti.

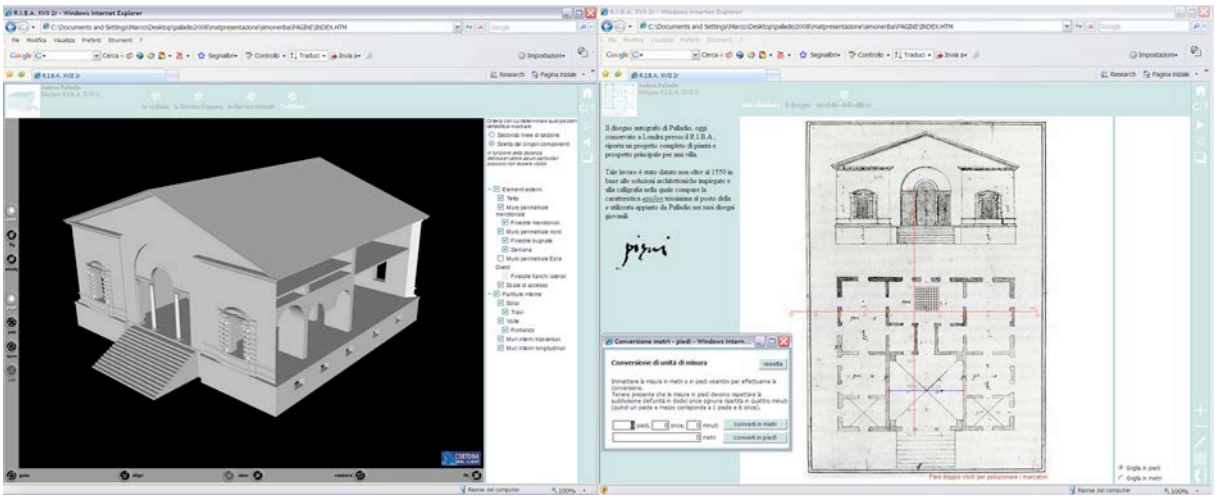


Fig. 5. Formazione di sistemi informativi basati su modelli 3D: soluzioni con modelli come mezzi esplicativi di sistemi a base testuale, il caso dell'applicazione illustrativa del disegno RIBA XVII 2r (realizzazione di Simone Baldissini sotto la supervisione di Howard Burns).

L'operazione poi ha costituito la base per i progetti editoriali, formativi, espositivi e di ricerca del Centro nell'ultimo decennio ed è stata una risposta al tema della necessità di accumulo strutturato e qualificato in forma analogica del sapere analogico.

In tempi recenti lo sviluppo di nuove e più efficaci tecnologie digitali come il *rendering real-time* di modelli 3D e il Web 3.0 (un termine cui corrispondono significati diversi volti a descrivere l'evoluzione dell'utilizzo del Web tra cui il web semantico; il Geospatial Web; il Web 3D) ha aperto la possibilità a nuovi scenari di lettura e interpretazione dell'architettura storica, di metodi di disseminazione e popolarizzazione dell'informazione a partire non più semplicemente da ricerche testuali, ma da metodi di navigazione geospaziale e spazio-temporale e da criteri di similarità visiva basati sulla percezione. La visione di sistemi geospaziali come GoogleEarth che inverte i ruoli di Web browser come applicazione e mappa come contenuto, risultando in un'esperienza in cui il pianeta in sé è il browser, permette un più semplice e intuitivo accesso all'informazione spaziale agli utenti che non solo hanno mostrato di tollerare questa inversione della tradizionale esperienza di Web browsing, ma ne sono colpiti favorevolmente, come dimostrano le oltre 400 milioni di attivazioni di GoogleEarth fino ad oggi [15]. Per le informazioni di architettura caratterizzate dall'essere prevalentemente di tipo visuale e manipolativo, si tratta di una vera e propria svolta epocale a cui si aggiunge quella legata all'espansione dell'archiviazione dei dati in forma digitale. Se negli anni Settanta del secolo scorso gli sforzi iniziali furono rivolti all'accesso remoto a intestazioni bibliografiche di artefatti appartenenti ai beni culturali, soprattutto tramite cataloghi di biblioteche e musei, tra il 1980 e il 1990, la ricerca si è ampliata per includere immagini dei contenuti, come versioni digitali di disegni, interi testi di manoscritti e libri, monumenti, siti e, in alcuni casi, anche intere città. L'enfasi iniziale era posta sulla digitalizzazione di manifestazioni della cultura intese come artefatti isolati, ma presto, al pari di quanto è avvenuto in altri ambiti disciplinari, la domanda è divenuta quella di ricontestualizzare questi oggetti, di relazionarli tra loro come risultato di diverse teorie estetiche, filosofiche, sociologiche e psicologiche. Per tale motivo un punto nodale è divenuto dall'inizio di questo millennio quello delle modalità di connessione delle informazioni strettamente connessa al riesame più sistematicamente dell'evidenza, al fine di rivalutare le complesse relazioni tra teoria e pratica. Strettamente connesse a queste ricerche è la ricontestualizzazione delle espressioni culturali con le informazioni spaziali e architettoniche, facilitate dal fatto che esse, nel frattempo, digitalmente, sono cresciute in padronanza e in qualità visiva.

Oggi un punto nodale è quindi costituito dalle modalità di connessione delle informazioni che richiede la soluzione di quattro problematiche puntuali:

a. la formazione di basi dati qualitativamente affidabili e capaci non solo di trasporre identicamente a se stesse l'originale, ma anche di fornire i caratteri dei modi di questa trasposizione;

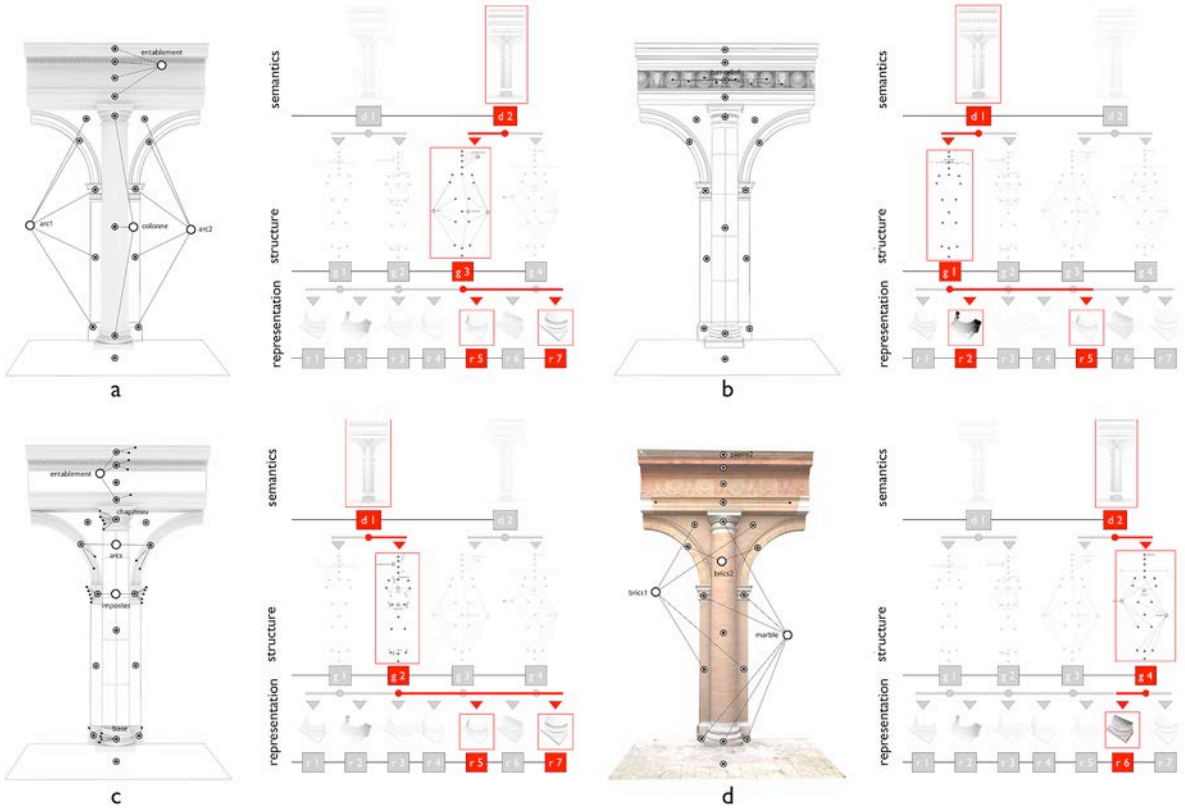


Fig. 6. Formazione di sistemi informativi basati su modelli semantici: quattro "punti di vista" su parti di fabbrica del Convento della Carità a Venezia elaborati a partire dallo stesso taglio morfologico. Analisi dell'ordine (a), analisi delle decorazioni (b), analisi delle cornici (c), analisi dei materiali (d) (Fonte: L. De Luca, *Methods, formalisms and tools for the semantic-based surveying and representation of architectural heritage*, 2011).

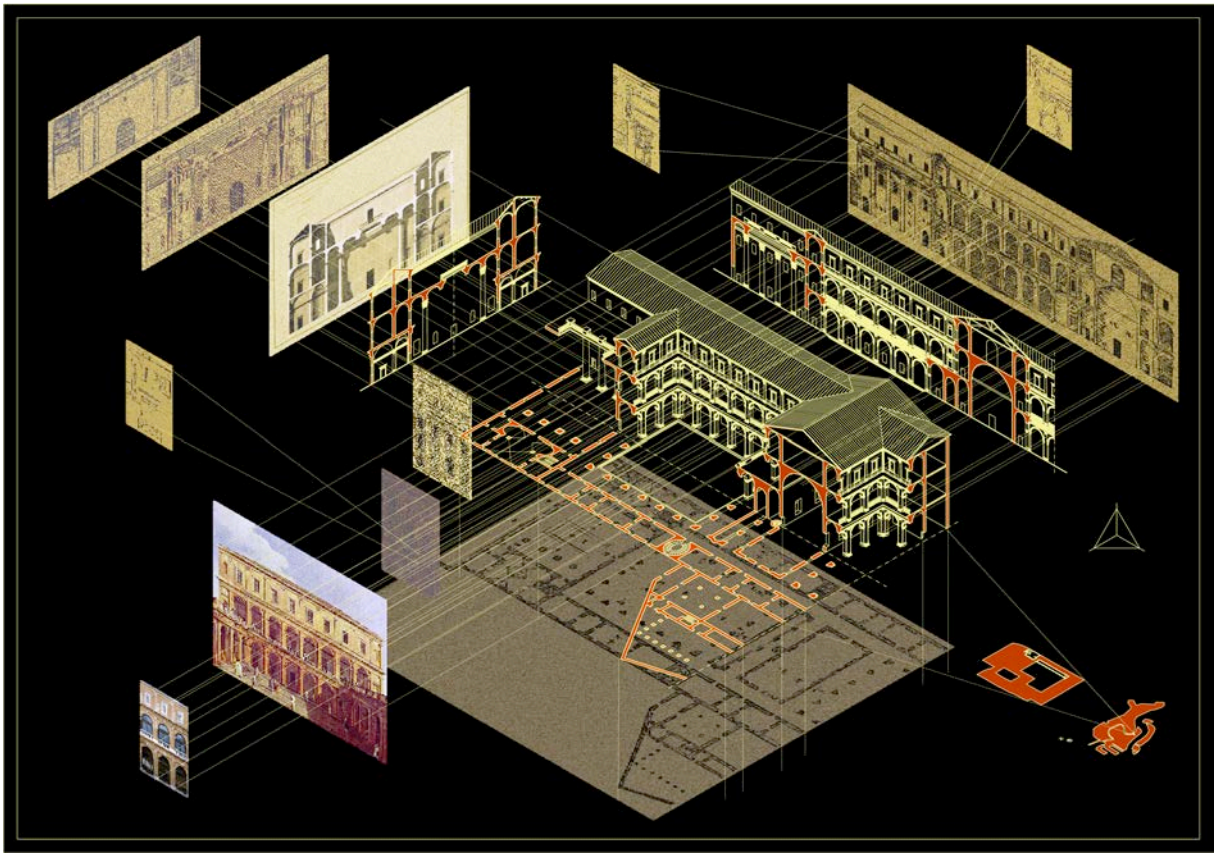


Fig. 7. A. Sdegno, Ricostruzione digitale del Convento della Carità di A. Palladio e fonti iconografiche.

b. la strutturazione delle forme di aggregazione dei dati in modo da poter restituire in modo analitico e coordinato la base dati originaria e la loro navigazione nello spazio e nel tempo;
c. la creazione di strumenti di restituzione in grado di favorire analisi interconnesse e comparative e sfruttare la dimensione digitale sia in forma qualitativa che quantitativa;
d. la creazione di forme di interpretazione dei dati in grado di fornire almeno la medesima qualità delle analisi realizzate da parte dello studioso o del gruppo di studiosi.

La loro soluzione, relativamente al campo dell'architettura, è al tempo stesso fondamentale e complessa vuoi per l'eterogeneità intrinseca dei sistemi di base, vuoi per l'evolvere dei sistemi informatici, che, seguendo una linea d'azione naturale, hanno privilegiato applicazioni solitamente basate su tecniche testuali, come quelle basate sulla rilevanza del *ranking*. Seppur in genere efficientissime, esse non rispondono però ai modi dell'architettura in cui la componente visiva e spaziale è centrale.

La possibilità di impiego di modelli digitali 3D renderizzati in tempo reale va poi al di là della semplice possibilità di sviluppare riproduzioni fotorealistiche di oggetti reali tridimensionali, piuttosto rende disponibili tutte le informazioni in un modo visivo ed integrato limitando l'errore dovuto alla granularità delle forme rappresentative tradizionali.

Il CISAAP ha risposto ai nuovi paradigmi di organizzazione dell'informazione e della sua restituzione servendosi di queste nuove tecnologie con il progetto *PALLADIOlibrary*.

2. Il progetto PALLADIOlibrary

Da quattro secoli Andrea Palladio è riconosciuto e considerato come il più universale degli architetti, tanto da venire identificato con l'architettura stessa. Dopo la morte nel 1580, i suoi edifici e il suo trattato *I Quattro Libri dell'Architettura* hanno continuato ad influire sulla cultura architettonica veneta, italiana e internazionale, dall'Olanda alla Russia, all'Inghilterra sino agli Stati Uniti. Palladio costituisce un punto di riferimento sicuro e durevole per tutto ciò che concerne la progettazione, il ruolo e la figura dell'architetto e l'importanza dell'architettura per la società civile. Egli opera nel mezzo di un arco cronologico di lungo periodo, che si snoda dall'inizio del Quattrocento all'inizio del Settecento, in cui l'architettura era riconosciuta di primaria importanza: non solo un'arte, ma un metodo intellettuale di pianificazione, di cosciente valutazione ed elaborazione delle alternative, di scelta della soluzione migliore. L'architettura veniva riconosciuta quale sostegno indispensabile per il prestigio e il benessere degli Stati, dei Principi, delle città e dei privati. Luigi XIV sarebbe stato meno solare, meno glorioso, senza la sua Versailles; la Serenissima meno imponente, meno ammirata senza la piazza San Marco trasformata da Sansovino; Vicenza meno rinomata, molto meno visitata (e il turismo culturale a Vicenza

era già presente prima della fine del Cinquecento) senza il teatro Olimpico e la Rotonda. Palladio è solo uno fra i numerosi grandi architetti del Rinascimento, ma fra tutti rimane il maestro, quello che incarna una visione sempre valida dell'architettura, albertiana e vitruviana, in cui *Firmitas*, *Utilitas* e *Venustas* sono gli indispensabili pilastri del progetto, strettamente connessi fra loro.

Esistono in Europa un certo numero di luoghi dedicati alla memoria di un grande artista. Devono la loro origine a lasciti dell'artista stesso, o alla volontà degli eredi di commemorare la figura di un grande antenato. Spesso sono frutto anche d'interventi civici o locali. Possiamo ricordare non solo il *Musée Rodin* e il *Musée Picasso* a Paris, ma anche la *Casa Buonarroti* a Firenze, il *Museo di Rubens* ad Anversa, la *Casa di John Soane* a Londra. Purtroppo l'eredità professionale di Palladio lasciò presto l'Italia: entro l'anno 1614 l'architetto inglese Inigo Jones aveva già comprato gran parte dei disegni del Palladio e li aveva portati in Inghilterra, dove sono oggi conservati.

PALLADIOlibrary è un progetto che, attraverso le tecnologie informatiche, mira a riunire e rendere comunicabili tutti i materiali indispensabili per la conoscenza e la valorizzazione dell'opera di Andrea Palladio: i suoi disegni, la più grande fototeca esistente dedicate alle realizzazioni palladiane (oltre 5.000 fotografie), circa 1.200 tavole di rilievo frutto di cinquant'anni di campagne di misurazioni accurate delle oltre cinquanta realizzazioni palladiane, i testi palladiani (per quasi 8.000 pagine scansionate) e una serie di multimedia e ricostruzioni virtuali, prodotti sotto la guida del CISA Andrea Palladio, che consentano al pubblico e agli specialisti di comprendere e conoscere il mondo di Andrea Palladio. Obiettivo del progetto è la valorizzazione in termini di accessibilità – fisica e intellettuale – del sistema rappresentato dal patrimonio palladiano: oltre 54 siti fra ville, palazzi edifici pubblici, chiese e ponti, di proprietà pubblica e privata, distribuiti sull'intero territorio del Veneto.

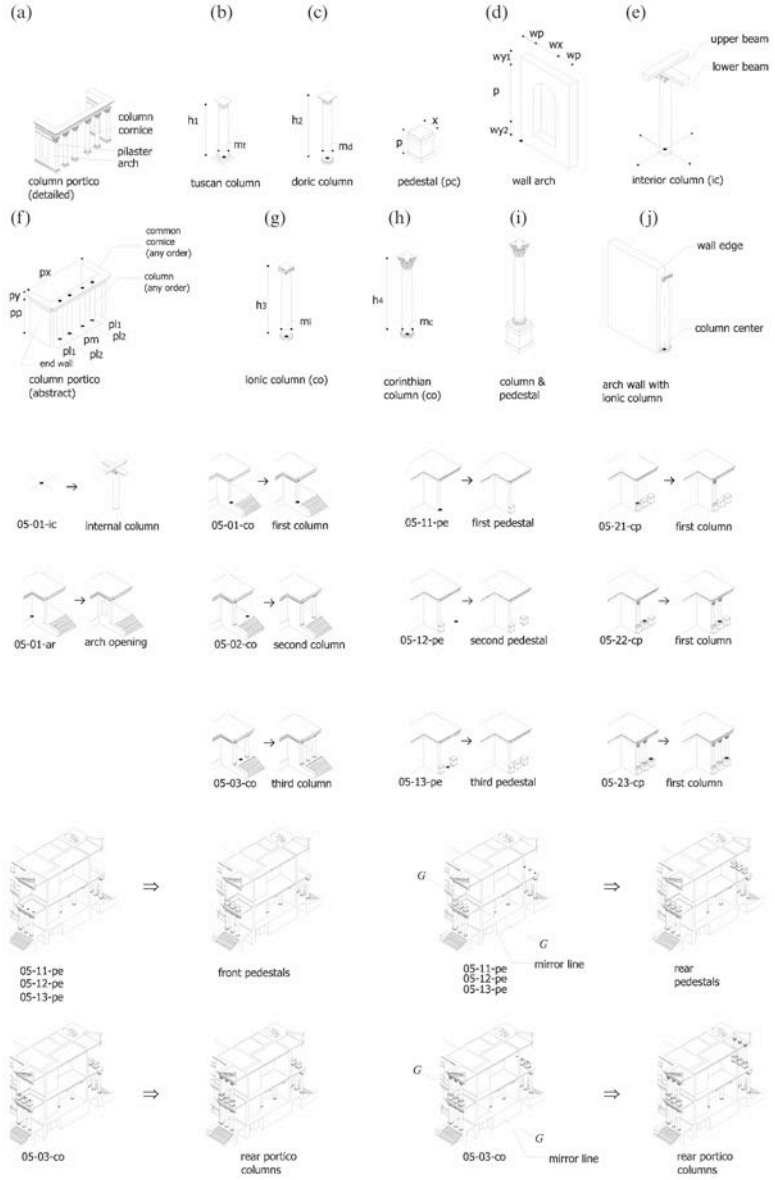


Fig. 8. L. Sass, *A Palladian construction grammar design reasoning with shape grammars and rapid prototyping*, 2007, grammatica descrittiva dei colonnati ai fini della loro costruibilità.

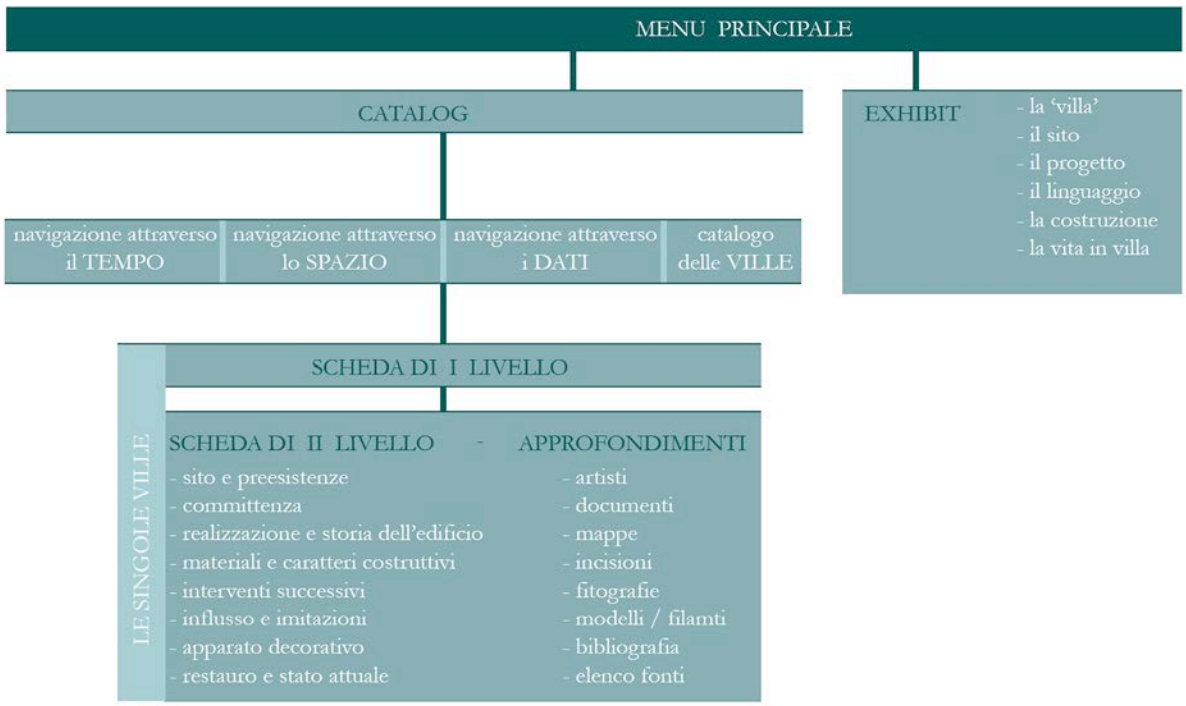


Fig. 9. Formazione di sistemi informativi basati su modelli 3D: *flow-chart* della struttura informativa di *Andrea Palladio – Le Ville* che mostra la compresenza sia di una dimensione documentale che di una narrativa.

Il progetto prende quindi avvio dalla costruzione di una piattaforma di conoscenza che elabori e metta in relazione tutte le informazioni scientifiche su Palladio e le sue opere. Esse saranno rese disponibili al mondo della ricerca per ulteriori implementazioni e trasferite ad un pubblico vasto come 'infrastrutture' del turismo culturale, accessibili nel baricentro del sistema, il palladiano palazzo Barbaran a Vicenza, sede del CISAAP, ed in rete.

A tutt'oggi manca in Veneto un baricentro per il turismo culturale palladiano: un luogo dove il visitatore possa approfondire la propria conoscenza dell'architetto prima di procedere nella visita delle opere, ma anche semplicemente informarsi sulla 'geografia' palladiana del Veneto e sull'accessibilità degli edifici.

La disponibilità di un baricentro unico volto alla raccolta, sviluppo, valorizzazione e divulgazione della conoscenza del patrimonio palladiano, non solo indirizzato a un pubblico specializzato, ma anche ai numerosi turisti che ogni anno visitano il Veneto, potrà certamente favorire e incentivare un turismo culturale le cui ripercussioni socioeconomiche sono evidenti.

La *PALLADIOlibrary* si occupa di tutto il contesto in cui Palladio operava, della storia delle città e del territorio veneto, delle arti figurative del suo tempo, degli architetti suoi contemporanei e successori, dei suoi committenti. Deve anche diffondere una conoscenza delle tecniche e dei materiali da costruzione dell'epoca palladiana, dei problemi del restauro e della conservazione, non solo di edifici isolati, ma d'interi tessuti urbani, e delle campagne che circondano le ville. Questa molteplicità di temi è stata affrontata da sempre nei corsi, nei seminari, nelle mostre e nelle pubblicazioni del Centro, che costituiscono la base scientifico-conoscitiva delle visualizzazioni. Fra le funzioni principali della *PALLADIOlibrary* vi è quella di accogliere e informare il visitatore, che proseguirà poi la visita alla città e agli edifici palladiani disseminati nel Veneto.

Non va trascurato un aspetto fondamentale dell'opera di Palladio: l'enorme interesse che la sua architettura ha avuto dal Cinquecento a oggi in tutte le latitudini. È straordinario pensare come l'ex muratore di Vicenza, che in tutta la sua vita ha probabilmente parlato sempre e solo nel suo dialetto locale, il veneto, sia riconosciuto e considerato come il più universale degli architetti, tanto da venire identificato con l'architettura stessa: il suo classicismo razionale - in gran parte trasmesso attraverso i suoi libri – è stato di fondamentale importanza per il classicismo del diciassettesimo e diciottesimo secolo, e ha preparato il terreno prima per il Neoclassicismo, e poi per Le Corbusier e il Movimento Moderno. La disponibilità dei materiali in forma digitale consente non solo la divulgazione delle conoscenze e il relativo accesso da qualunque parte al mondo, ma permette di riproporre parte di queste informazioni anche *in situ* presso le varie architetture palladiane (come nell'esempio di villa Poiana) favorendo così la costruzione di un museo palladiano diffuso su tutto il territorio veneto, coerente e omogeneo, il cui baricentro resta Palazzo Barbaran. All'opera direttamente creata dall'Architetto si aggiunge la sua enorme influenza nell'ambito del *Palladianesimo* del Nord Europa ed America, che è alla base del grande numero di turisti stranieri che annualmente vengono a visitare le sue architetture.

Nonostante decenni di studi, la conoscenza dell'opera palladiana è ancora lungi dall'essere definitiva, come provano i recenti ritrovamenti – in occasione delle iniziative di ricerca del Cinquecentenario palladiano – di disegni inediti che hanno consentito di identificare nel territorio nuove costruzioni di Palladio, sino ad oggi

sconosciute. Una delle ragioni delle complessità della ricerca sta nella estrema frammentazione dei materiali di studio conservati in luoghi diversi: i disegni autografi fra Londra, Oxford, Chatsworth, Vicenza, la documentazione d'archivio nel Veneto, le raccolte librarie a Vicenza, ma anche a Londra e così via.

Il ricorso al mezzo digitale diviene strategico in tale contesto, riuscendo da un lato a radunare in forma virtuale tutti i documenti e disegni sull'opera di Palladio ricostituendo un *corpus* completo sull'Architetto, e dall'altro a ricostruire tramite modelli 3D ad elevata immersività non solo le architetture costruite esistenti, ma anche e soprattutto quelle andate perdute o persino mai realizzate, permettendo la comprensione della documentazione grafica anche ad un pubblico non specialistico. In questo senso occorre ricordare come la comunicazione dell'architettura richieda, per sua natura, particolari accorgimenti che invece le altre forme di arte non necessitano: ad esempio è impossibile avere l'opera stessa in un'esposizione museale, se non per mezzo di rappresentazioni in scala. Al tempo stesso il visitatore medio non è a proprio agio di fronte al linguaggio dell'architettura, che si esprime attraverso disegni in scala e proiezioni ortogonali.

Se ciò è un problema per i musei d'architettura, va considerato che la valorizzazione di opere di architettura nel proprio contesto incentiva lo spostamento delle persone nel territorio, la visita presso i siti palladiani, la conoscenza delle singole realtà locali.

Affinché il turismo culturale palladiano possa realizzarsi è però necessario fornire ai possibili visitatori un sistema che li agevoli nella logica e che li informi delle possibilità e modalità di visita degli edifici, ma anche di come essi sono organizzati, la loro evoluzione progettuale e successiva alla costruzione, gli apparati decorativi, il rapporto che hanno avuto con la storia socio economica del territorio in cui sorgono. Le architetture, siano esse palazzi di città piuttosto che ville di campagna o edifici religiosi hanno fortemente condizionato lo sviluppo della cultura e della società nel loro intorno, risentendo a loro volta delle organizzazioni sociali circostanti. È possibile quindi ricostruire la storia politica, economica e religiosa del territorio a partire dai singoli episodi architettonici che lo connotano. Il mezzo digitale diviene in questo progetto un insostituibile strumento per l'analisi, la ricerca e la comprensione del complesso panorama documentale dell'architettura palladiana. Più in generale, la visualizzazione digitale rende attivabili tipi d'indagini finora assolutamente impensabili nei campi dell'archiviazione e della consultazione dati (disegni, fotografie, testi, modelli 3D, dati quantitativi), dell'analisi spaziale, della verifica di progetti non realizzati, cioè dei sistemi informativi, e del caso specifico. Inoltre fornisce la capacità di lettura integrata dei vari tipi di dati e, tramite Internet, la consultazione in tempo reale di differenti archivi a partire da un unico *desktop* sostituendo al movimento dello studioso e dell'architetto quello dell'informazione.

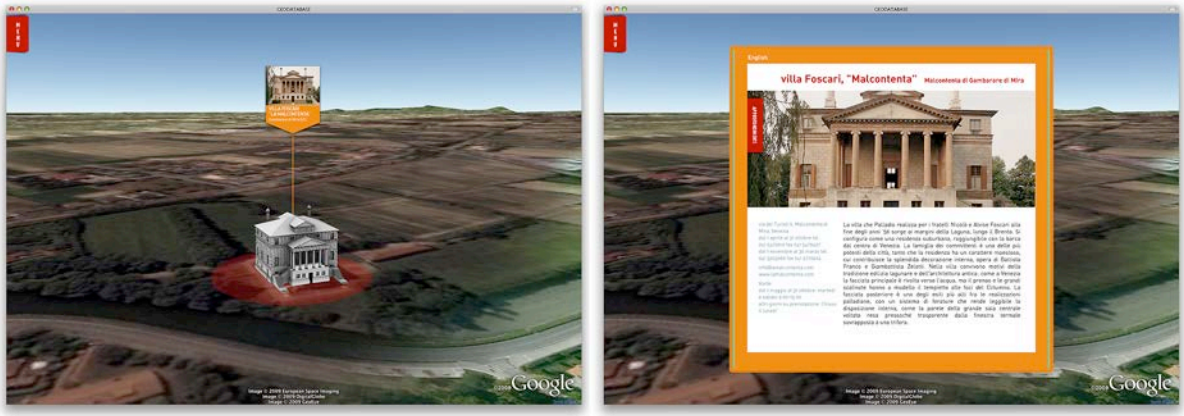


Fig. 10. Andrea Palladio 3D-Geodatabase: Villa Foscari, "Malcontenta".

3. Studiare e fruire Palladio attraverso metafore spaziali

Le conoscenze depositate nei sistemi informativi hanno valore soltanto se accompagnate da sistemi di recupero adeguati, che forniscono cioè accesso solamente a tutti quei documenti di una collezione che sono rilevanti per l'utente. In queste circostanze vi è un reale bisogno di descrizioni consistenti e sistematiche e di appropriate classificazioni, in particolar modo per i materiali visuali. I problemi che si pongono riguardano quindi:

- il sistema di rappresentazione di documenti spesso complessi, come i multimedia e i rich media (l'adozione di un vocabolario controllato e aggiornato, di alto livello di specificità terminologica e dotato di relazioni semantiche);
- il sistema di accesso ai documenti (e quindi il problema del richiamo e della precisione, ossia la capacità di recuperare interamente e soltanto la documentazione pertinente).

Negli ultimi vent'anni gli scriventi hanno sviluppato una serie di ricerche e sperimentazioni nel tentativo di fornire almeno una prima risposta a queste problematiche per il caso dell'architettura e della sua analisi, costruendo varie applicazioni.

Un primo pionieristico sistema è stato implementato in *Andrea Palladio – Le Ville* realizzato tra il 1996 e il 1997 con la collaborazione del gruppo del MIT coordinato da William J. Mitchell. L'opera considerava l'intera

produzione di Palladio in riguardo al tema, quindi i progetti per almeno quaranta ville ubicate in diverse località delle province venete che egli redige fra il 1537 e il 1573. Se la tecnologia di quest'applicazione è piano piano declinata, il suo impianto di restituzione dei dati è tuttavia ancora oggi *state-of-the-art* e un'evoluzione sostanziale è possibile solo applicando il concetto di Web 3D database. Per l'architetto il Web 3D database è un grande progresso: il passaggio dalla formazione di database testuali a quello di database visuali, con possibilità multimediali, permette di avere a disposizione strumenti capaci di riunire ed integrare una grande quantità di dati eterogenei e di renderli disponibili in forma intuitiva, oltreché logica [16].

Sfruttando questi nuovi concetti legati al 3D, è stata realizzata l'applicazione *Andrea Palladio - 3D geodatabase* [17] che, partendo dalla metodologia e dalla tipologia del CD Rom *Andrea Palladio – Le Ville,* la fa evolvere, dieci anni dopo, tramite la sostituzione del sistema di visualizzazione e interazione 3D con una nuova soluzione fondata su Google Earth. *Andrea Palladio 3D-Geodatabase* è dunque un completo geo-database tridimensionale su piattaforma web in cui i modelli 3D integrano un esteso Sistema Informativo palladiano. L'applicazione è stata creata con l'obiettivo di diventare l'interfaccia preferenziale attraverso il quale accedere alla *PALLADIOLibrary* che, gestito con immediatezza e con facilità, può fornire un accesso ai dati di archivio relativi ad ogni singolo edificio costruito da Palladio. L'aspetto più importante che caratterizza quest'applicazione è la possibilità di avere una rappresentazione completa di un'architettura la cui complessità difficilmente può essere restituita per mezzo di documenti testuali o iconografici. Il suo maggiore valore aggiuntivo rispetto ai dati grezzi o ad una organizzazione a base testuale è dato dall'inserimento degli edifici nel contesto in cui sorgono, offrendo, in questo modo, la possibilità di scoprire relazioni sconosciute tra le ville o i palazzi e il loro intorno e di accedere rapidamente ad un complesso sistema di informazioni raccolte attraverso numerose e vaste ricerche condotte nel corso di questi anni dal CISAAP. Nel suo complesso *Andrea Palladio - 3D geodatabase* rappresenta un articolato sistema cognitivo dell'opera di Palladio realizzato attraverso:

- modelli digitali 3D che rappresentano la realtà e, quali metafore degli oggetti osservati, permettono una conoscenza diretta e semantica dei dati [18];
- materiale 2D testuale e iconografico approvato e analizzato criticamente dal Comitato scientifico internazionale del CISAAP, composto dai più qualificati ricercatori dell'opera palladiana;
- lo sviluppo di una nuova architettura basata su piattaforma web che permette un accesso multiutente da differenti piattaforme e utilizzando specifici standard [19].

Nell'applicazione sono possibili due differenti tipologie di interrogazione: una prima tipologia è focalizzata sul reperimento di informazioni aggiuntive relative ad un oggetto selezionato; mentre una seconda tipologia di interrogazione lavora in modo opposto: l'utente ricerca i manufatti che soddisfano requisiti specifici. In questo caso, il risultato della *query* è un insieme di manufatti. In questo modo si ottengono due importanti strumenti d'interazione: l'utente può accedere agli ambienti e agli oggetti sempre all'interno dello stesso spazio 3D; GoogleEarth diventa uno strumento per selezionare una pagina contenente altri tipi di informazioni.

4. Bibliografia

[1] H. Burns, *Andrea Palladio (1508-1580): la creazione di un'architettura sistematica e comunicabile*, in G. Beltramini, P. Guidolotti, *Andrea Palladio: atlante delle architetture*, Marsilio, Venezia, 2000.

[2] R. Wittkover, *Architectural Principles in the Age of Humanism*, London, 1949.

[3] G. Stiny, W.J. Mitchell, *The Palladian grammar*, in "Environment and Planning B: Planning and Design", vol. 5, 1979.

[4] H. Burns, *Andrea Palladio, Venti piante alternative per la ricostruzione della casa di Camillo Volpe*, in G. Beltramini et al., *Palladio nel Nord europa Libri, viaggiatori architetti*, catalogo della mostra, Skira Milano, 1999, pp. 16-55.

[5] Londra, RIBA, The British Architectural Library, Drawings Collection, XI/22v, penna e inchiostro marrone chiaro, 315x392 mm, 1569 circa.

[6] M. Gaiani, *Translating the architecture of the real world into virtual reality and vice-versa: 7 years of experimentation with "conservation and representation" at OFF, Officina Infografica, Faculty of Architecture, University of Ferrara*, atti del convegno *Canada - Italia Workshop, Heritage Applications of 3D Digital Imaging,* NRC, Ottawa, 1999, CD-Rom proceedings pp. 16.

[7] W.J. Mitchell, *The Logic of Architecture - Design, Computation and Cognition*, Cambridge, 1990.

[8] A. Sdegno, *Digital Palladio*, Cà Foscarina, Venezia, 2005.

[9] L. De Luca, P. Véron, M. Florenzano, *A generic formalism for the semantic modeling and representation of architectural elements,* in "Visual Computer", n. 23, 2007, pp. 181 - 205.

[10] L. Sass, *A Palladian construction grammar - design reasoning with shape grammars and rapid prototyping*, in "Environment and Planning B: Planning and Design", vol. 34, 2007, pp. 87 - 106.

[11] M. Gaiani, G. Beltramini, H. Burns, *Andrea Palladio - Le ville*, CD-ROM, CISAAP, Vicenza, 1998.

[12] M. Gaiani, G. Beltramini, H. Burns, *Andrea Palladio. Il Veneto*, CD-ROM, CISAAP, Vicenza, 2000.

[13] M. Gaiani, G. Beltramini, H. Burns, *Palladio e Vicenza*, CD-ROM, CISAAP, Vicenza, 2002.

[14] G. Beltramini, M. Gaiani (a cura di), *Una metodologia per l'acquisizione e la restituzione dei giacimenti documentali dell'architettura. I materiali per lo studio di Andrea Palladio*, Edizioni POLI.design, Milano, 2003.

[15] M.T. Jones, *Google's Geospatial Organizing Principle*, in "Computer Graphics and Applications", vol. 27, n. 4, 2007, pp. 8-13.

[16] M. Gaiani, C. Alessandri, *The atrium of St. Mary Abbey in Pomposa: a hypermedial 3-D network database*, in *Eurographics'99 – Short papers and demo proceedings*, Eurographics Association, Milano, 1999, pp. 96-99.

[17] M. Gaiani, *Modelli di Palladio – modelli palladiani*, in AA.VV. (a cura di), *Palladio 1508-2008 – Il simposio del cinquecentenario*, Marsilio, Venezia, 2008, pp. 396-400.

[18] M. Gaiani, *Strategie di rappresentazione digitale: modelli per la conservazione e il restauro*, in "Quaderni 10 Centro di Ricerche Informatiche per i Beni Culturali", n. X, 2000, pp. 47-69.

[19] M. Gaiani, *Metodi per l'utilizzo di mondi virtuali per il supporto su Web al restauro architettonico e archeologico*, in M. Rossi, P. Salonia (a cura di), *Comunicazione multimediale per i Beni Culturali*, Milano, Addison-Wesley, 2003, pp. 283-324.

IL SISTEMA INFORMATIVO DEL CISA ANDREA PALLADIO

[1] **Simone Baldissini**
[1] Centro Internazionale di Studi di Architettura A. Palladio, fototeca@cisapalladio.org

1. Il giacimento documentale palladiano

Nel corso degli oltre cinquanta anni di attività il CISA, perseguendo le sue finalità di ricerca e diffusione della conoscenza sul patrimonio architettonico palladiano, ha raccolto e sviluppato un grande archivio documentario che solo in parte ha potuto trovare diffusione attraverso le pubblicazioni scientifiche, i cataloghi delle mostre e le esposizioni. Tale giacimento consiste in una grande ed eterogenea mole di materiali che comprendono documentazione fotografica, rilievi metrici e libri antichi oltre a riproduzioni di mappe, documenti d'archivio, disegni e più recentemente anche contenuti audiovisivi e multimediali.

Questa raccolta si è accresciuta e stratificata negli anni attraverso differenti modalità. Molti materiali sono stati rintracciati ed elaborati come strumenti di studio e ricerca finalizzati allo svolgimento di specifiche attività e quindi trattano volta per volta singole tematiche, è il caso della documentazione fotografica realizzata per i corsi sull'architettura palladiana oppure per determinate pubblicazioni o mostre. Altre fonti sono invece esito di campagne più sistematiche, come i rilievi delle fabbriche palladiane realizzati prevalentemente nel primo ventennio di vita del Centro per fornire uno strumento basilare per la conoscenza e conservazione dell'architettura. Altri documenti ancora sono invece frutto di donazioni o apposite acquisizioni come per la raccolta dei libri antichi.
In tutti questi anni i materiali sono continuamente cresciuti, sia per l'aggiunta di nuovi e sia attraverso la rielaborazione e studio di quelli esistenti in una continua operazione di manipolazione e revisione critica. Uno degli esempi più eclatanti sono certamente i modelli lignei delle fabbriche palladiane realizzati proprio sulla base dei rilievi dell'esistente e sullo studio dei disegni originari.

1.1 Le raccolte storiche del Centro

Le principali tipologie di materiali conservati presso il Centro sono:

- I **libri antichi** che costituiscono una raccolta facente parte della biblioteca del Centro. Questa collezione è andata nel tempo arricchendosi grazie a donazioni e ad acquisti librari nell'ambito della storia dell'architettura moderna e contemporanea per oltre 2.000 edizioni antiche, rare e di pregio, con in particolare i più importanti trattati di architettura dal Cinquecento all'Ottocento.
- Le **fotografie** comprendono immagini eseguite dal 1960 fino ai giorni nostri che forniscono un'ampia documentazione delle opere di Palladio. Tale raccolta testimonia in maniera approfondita lo stato di conservazione, a metà secolo scorso, delle costruzioni palladiane e documenta le fabbriche del palladianesimo esistenti nel mondo. Una sezione importante è dedicata agli edifici civili e religiosi di diversi autori e di tutti i periodi storici localizzati nel Veneto. La collezione fotografica, iniziata nel momento della fondazione del CISA Andrea Palladio risalente al 1958, è stata costantemente incrementata nel corso degli anni fino ad accogliere gli esiti della campagna fotografica sistematica realizzata grazie al sostegno della Regione Veneto e dell'Istituto Regionale Ville Venete nel 1998-2000 dal fotografo Pino Guidolotti. La fototeca del Centro comprende inoltre la riproduzione dei disegni palladiani originali conservati presso varie istituzioni internazionali (prevalentemente il RIBA di Londra), documenti d'archivio e mappe.
- I **rilievi** di 49 edifici di Andrea Palladio realizzati prevalentemente tra gli anni 1960 e 1970 grazie al sostegno del Consiglio Nazionale delle Ricerche ed eseguiti dagli architetti Andrej e Ewa Pereswet Soltan, D'Agaro, Tarlà, Pelzel, Carunchio, Tamburini, Mazzoleni, Moriando, Zocconi, Bouleau e dalla Royal Danish Academy of Fine Arts. Eseguiti generalmente in scala 1:50, in gran parte tali materiali risentono del momento storico in cui sono stati realizzati, e restituiscono soprattutto consistenza metrica dei fabbricati presi in esame, con particolare cura degli elementi del linguaggio architettonico.
- I **modelli fisici** della maggior parte delle architetture palladiane, prodotti dagli anni '60 in poi sulla base dei rilievi dell'esistente e sullo studio dei progetti come presentati nei Quattro libri.

Una tale mole di documentazione non è di facile consultazione non solo per la quantità, ma anche per l'eterogeneità dei materiali e della loro stratificazione che spesso segue criteri di natura pratica nel tenere assieme i documenti esito di una certa attività piuttosto che tendere ad un sistema integrato di organizzazione globale.
Essendo oggetti di natura "tradizionale" ciascun materiale o fondo contiene solamente una descrizione testuale. Le fotografie ad esempio sono applicate ad un cartoncino di sostegno che riporta battuto a macchina il nome dell'opera, talvolta con indicazioni sulle attribuzioni e le date salienti, e la descrizione del soggetto rappresentato. La stratificazione nel tempo e la catalogazione manuale ad opera di differenti persone nel corso degli anni hanno introdotto il problema della mancanza di omogeneità nella schedatura che riguarda sia i termini specifici (ad esempio l'uso intercambiabile di vocaboli ambivalenti come fronte, facciata oppure prospetto) che le denominazioni delle opere, specialmente le ville, che a seconda del periodo riportano come nome quello del proprietario più recente.

In questo panorama, la disponibilità dei mezzi digitali costituisce un'opportunità sia per dare un'organizzazione omogenea ai materiali che per realizzarne delle copie virtuali che permettano al contempo una libera consultazione integrata e accessibile alla più vasta platea di utenti preservando l'integrità degli originali.

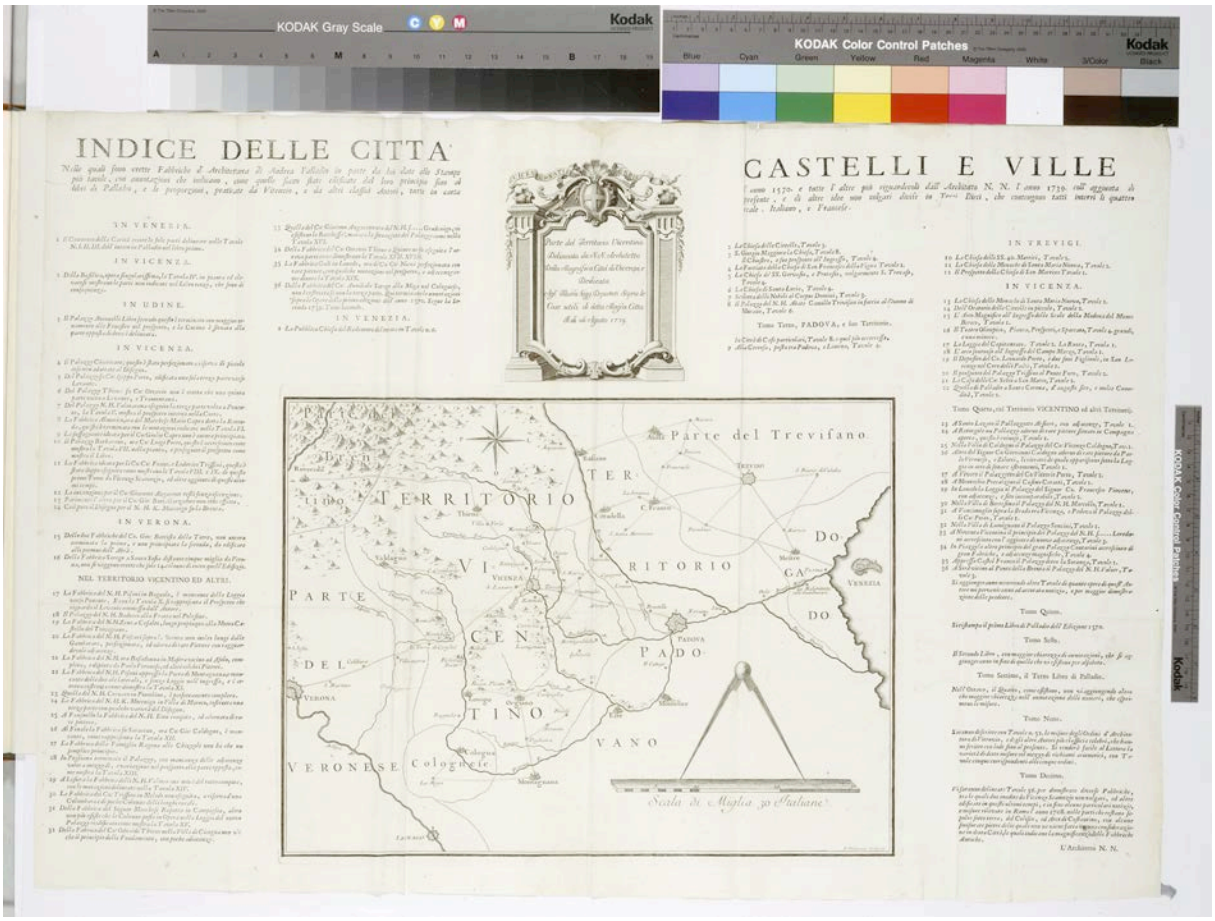
2. La conversione digitale

Nei primi anni del 2000 il Centro ha avviato, con finanziamento ministeriale, una campagna di digitalizzazione del proprio patrimonio documentario volta alla formazione di un archivio elettronico il più possibile completo ed esteso sull'opera di Palladio.

Nell'ambito di quel progetto, denominato *Palladio Digitale*, si è provveduto alla digitalizzazione dell'intera fototeca per un totale di oltre 16.000 fotografie, 1.200 tavole di rilievi e le principali edizioni antiche dei trattati palladiani per circa 7.000 pagine acquisite. Oltre a questo materiale direttamente disponibile al Centro, sono state digitalizzate altre fonti fondamentali allo studio quali i documenti d'archivio rintracciati presso l'Archivio di Stato di Vicenza e i disegni originali di Palladio sparsi tra diverse istituzioni internazionali.

Questa campagna è stata condotta ricorrendo all'uso di scanner piano professionale per le singole stampe fotografiche e le riproduzioni da fotocolor, mentre per i rimanenti materiali sono state eseguite delle riprese con dorso digitale.

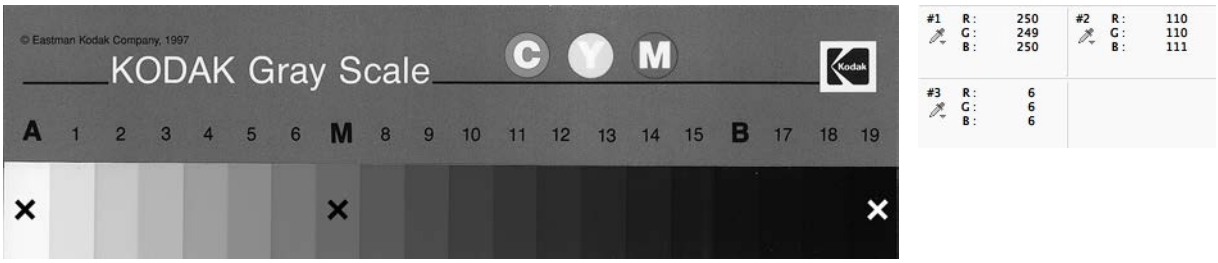
Lo scopo della riproduzione non è stato semplicemente una conversione elettronica fine a sé stessa, quanto piuttosto mirata a definire uno standard di acquisizione da adottare come modello che consentisse una restituzione il più fedele possibile all'originale [1]. Per tale ragione sono state compiute numerose sperimentazioni al fine di individuare le migliori tecnologie da adottare e stabilire la corretta metodologia con cui eseguire la digitalizzazione.



Esempio di digitalizzazione di una tavola piegata (540x780mm) tratta da Francesco Muttoni *Architettura di Andrea Palladio...*, Venezia 1760 con le scale metriche e cromatiche di riferimento per la calibrazione dello scanner e per la successiva validazione dei dati in fase di consultazione.

Ogni immagine ottenuta è l'esito di un lungo processo di studio e affinazione che garantisce la coerenza della riproduzione in confronto all'originale sia in termini geometrici che colorimetrici. Ciascun file ritrae, oltre all'originale, almeno una scala metrica di riferimento e le scale dei colori e dei grigi Kodak. Durante la digitalizzazione si ha avuto cura per ogni file di calibrare lo scanner in funzione dei valori RGB dei punti notevoli della scala dei grigi al fine di ottenere una fedeltà cromatica. La risoluzione adottata è stata fissata per mantenere il più alto grado di dettaglio consentito dall'attrezzatura, in modo che gli elementi più fini presenti nell'originale avessero nella versione riprodotta una dimensione superiore al pixel in modo di evitare interpolazioni e perdita di in-

formazione. La presenza dei target cromatici e dimensionali consente in qualsiasi momento dopo l'acquisizione di controllare la fedeltà della versione digitale, sia nella consultazione a schermo che nella riproduzione su stampa, garantendo quindi il suo valore documentario.



La Gray Scale Kodak con indicati i valori assegnati in fase di calibrazione dello scanner per alcuni punti notevoli con uno scarto ammissibile massimo di +/- 3.

I file sono stati archiviati in formato TIFF, uno dei formati da più tempo diffusi in campo professionale e apprezzato per la sua versatilità e nella capacità di memorizzare metadati supplementari alle informazioni raster dell'immagine. I file vengono compressi con algoritmo LWZ che riesce a ridurre l'occupazione di spazio su disco di almeno il 15-30% senza perdita di qualità. Mediamente ogni file ha una dimensione variabile tra i 10-15Mb per le immagini delle foto in bianco e nero, 30-50Mb per le pagine dei libri e fino a 200-400Mb per le riproduzioni dei disegni e degli originali di grande formato.
La mole di materiali digitali raccolti costituisce il presupposto base di partenza per la messa in rete dell'intero patrimonio documentario.

3. La nascita dei sistemi informativi digitali

La disponibilità dei documenti in formato elettronico ha naturalmente condotto il Centro, a partire dalla fine degli anni '90, allo sviluppo di una serie di sistemi informativi che permettessero la divulgazione della conoscenza raccolta. Per la prima volta veniva sperimentato lo strumento digitale come mezzo per produrre nuove modalità di divulgazione totalmente differenti dall'usuale prassi del libro stampato.

Tra i progetti più significativi certamente è da annoverare la trilogia dei CD ROM dedicati a tre differenti aspetti dell'opera di Palladio: le ville (1998) [2], il catalogo completo delle opere nel territorio Veneto (2000) [3] e l'operato a Vicenza (2002) [4].

In particolare il primo cd dedicato alle ville, prodotto nel 1998 in collaborazione con l'Università di Ferrara, rappresenta il punto di svolta al digitale delle attività del Centro con un progetto per l'epoca pionieristico.

L'interfaccia di consultazione del cd ville e una scheda di approfondimento su una mappa.

La soluzione tecnologia permise di fornire per la prima volta una grande mole di informazioni non solo di natura testuale ma soprattutto iconografica, in una quantità che normalmente non si può trovare su una versione a stampa. Il valore del cd non sta però semplicemente nella quantità di dati contenuti quanto piuttosto nel fatto che questi sono organizzati in un sistema informativo basato sulla classificazione tematica e tipologica delle opere palladiane e dei relativi materiali di documentazione, dotato di motore di ricerca interno e capace di fornire differenti gradi di dettaglio in un progressivo approfondimento dei singoli aspetti.

Una delle più importanti caratteristiche di questo CD-ROM era la possibilità di visualizzare ed esaminare la maggior parte dei documenti originali. Oltre questi erano stati introdotti innumerevoli strumenti per fornire risposte ai problemi esplicativo e interpretativo. L'informazione era organizzata secondo la duplice dimensione propria della descrizione dei sistemi architettonici individuata anche da James Ackerman nel saggio *Sulle origini della fotografia architettonica* [5]: documentativa e interpretativa. In questo modo da un lato era possibile la

fruizione del documento digitale con tutti i suoi attributi, dall'altro era lasciata la facoltà di sviluppare la trascrizione tramite le aggiunte che la tecnologia digitale può offrire all'introspezione dell'originale. L'applicazione partiva quindi dalla documentazione per creare un articolato sistema esplicativo strutturato in due sezioni:

- *Catalog* analitico con archiviazione in forma estesa e non strutturata dei materiali raccolti e predisposti da quattordici studiosi organizzati secondo schede storico-critiche che può essere scorso come un qualsiasi testo a stampa o consultato attraverso parole chiave, apparati di testo, apparati iconografici;
- *Exibit* descrittivo e interattivo, ossia un ambiente strutturato attraverso il quale compiere, in tempi relativamente brevi, una sorta di visita guidata che informa la fortunata risposta progettuale fornita da Palladio a ciò che nel Cinquecento si intendeva per "villa" sulla scorta di una sintesi proposta dal Presidente del Consiglio scientifico del CISAAP.

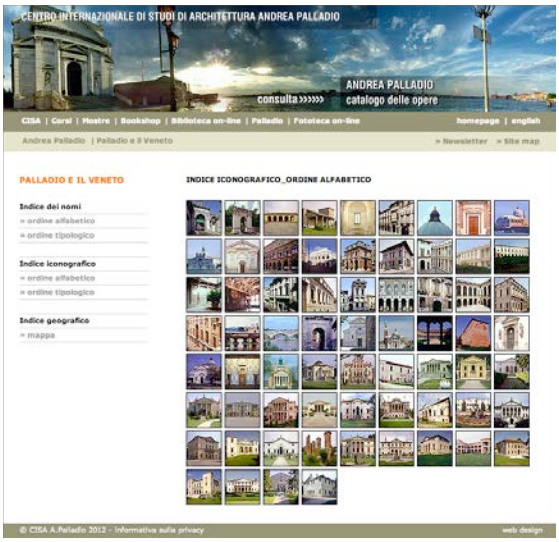
Tra gli strumenti di analisi guidata dei dati era prevista la navigazione nel tempo (un diagramma temporale forniva una panoramica dei diversi progetti, collegati fra loro mediante l'evidenziazione di eventi storici e biografici salienti), la navigazione nello spazio (una mappa geografica consentiva la visualizzazione degli edifici esistenti inseriti nel loro contesto, come ad esempio le città e le vie di comunicazione), l'accesso indicizzato a partire da classificazione tipologiche.
Il sistema, oltre a consentire un'interrogazione testuale tipo database utilizzando parole chiave, metteva a disposizione ulteriori strumenti di analisi:

- spaziale: dati da panorami sferici che permettono di esplorare lo spazio a 360 gradi, collegare diversi luoghi o differenti punti di osservazione dello stesso luogo, evidenziare particolari;
- comparativa: nelle immagini era possibile creare un segnalibro sull'immagine stessa in una finestra indipendente, fino a un massimo di quattro finestre esterne per operazioni di confronto fra diverse fonti.

Il CD *Palladio e il Veneto* ha esteso l'analisi a tutti gli edifici palladiani fornendo per ciascuno una sceda scientifica, una bibliografia approfondita e una serie di materiali iconografici di riferimento. A questi dati andava ad aggiungersi una timeline in cui gli eventi della vita e delle opere dell'Architetto erano messi in rapporto con altri eventi notevoli nel panorama artistico/culturale coevo.

Dalla sperimentazione su CD, con l'evolversi della tecnologia ed in particolare di Internet, si è passati in poco tempo allo sviluppo di banche dati *web based*.

Il catalogo delle opere contenuto nel CD *Palladio e il Veneto* ha trovato ad esempio nuova diffusione attraverso la versione on-line inserita all'interno del sito del Centro. Questa trasformazione non è semplicemente di natura tecnica, ma concettuale in quanto si è passati dalla distribuzione di supporti chiusi come il CD che come i libri non consentono un aggiornamento dinamico dei dati e ne ricalcano i canali di distribuzione, alla diffusione su web che potenzialmente è rivolta ad un bacino di utenti enormemente superiore mantenendo la possibilità di aggiornare in continuazione le informazioni.



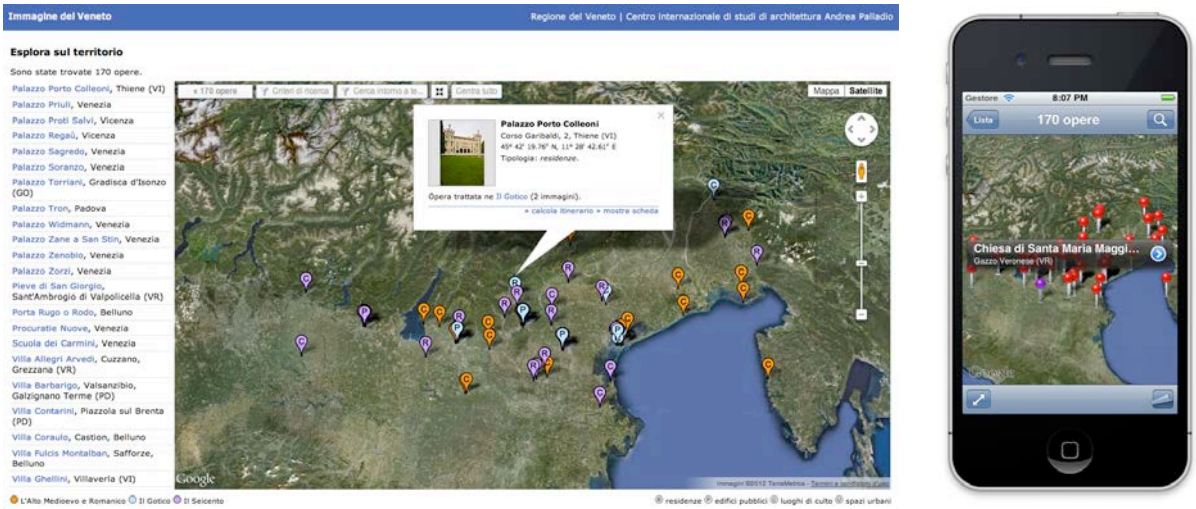
L'interfaccia web della banca dati dell'opera di Palladio nel sito del Centro.

Da questo momento in poi ogni attività del Centro è inscindibile dalla disponibilità di una banca dati di appoggio, sia essa rivolta per la ricerca e sviluppo interna finalizzata a determinate attività come mostre o pubblicazioni, oppure indirizzata direttamente all'utente finale.

Numerose sono state le sperimentazioni condotte in questo campo. Tra queste la Fototeca Carlo Scarpa del 2003 (http://fototeca.cisapalladio.org), la prima banca dati on-line del Centro dedicata alla documentazione di materiale fotografico catalogato sulla base della scheda F dell'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documen-

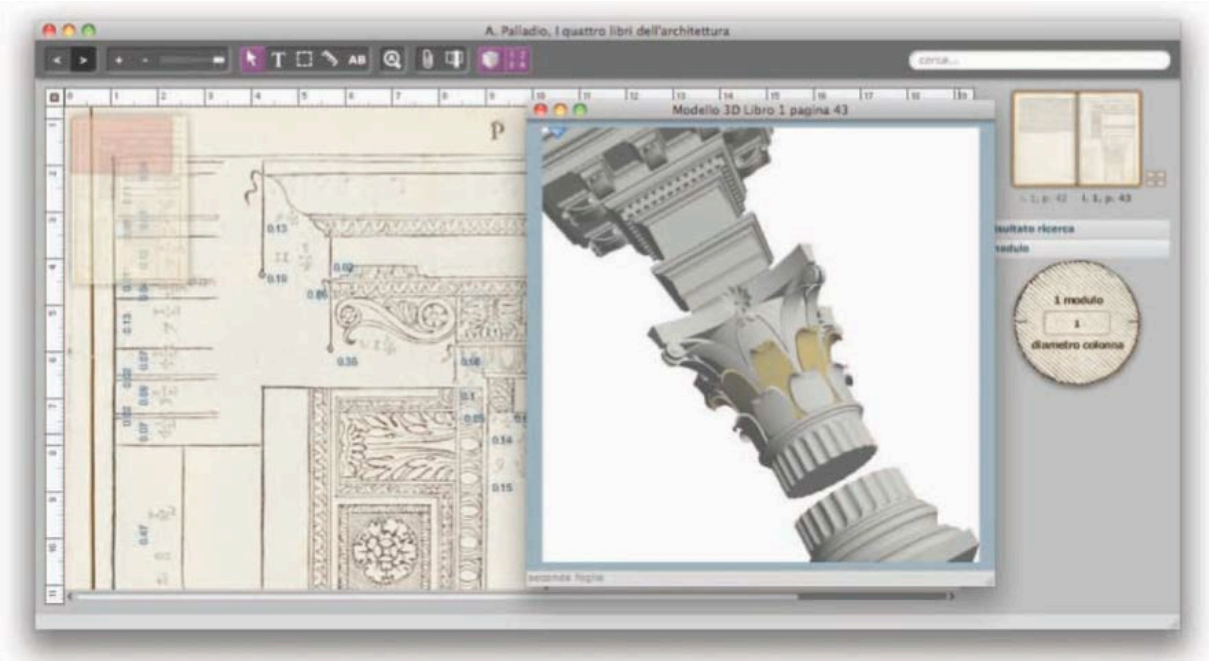
tazione (ICCD). La fototeca raccoglie oltre 6.000 fotografie d'autore interamente digitalizzate relative l'opera di Carlo Scarpa, uno tra i più importanti architetti veneti del Novecento.

Altro sistema informativo è la banca dati dell'Immagine del Veneto (http://veneto.cisapalladio.org), relativa alle campagne iconografiche condotte per documentare le eccellenze architettoniche del Veneto eseguite a corredo delle pubblicazioni annuali promosse dalla Regione del Veneto che vanno a documentare singoli periodi storici. Rispetto alla precedente introduce tra l'altro la georeferenziazione delle opere che vengono riferite alla loro posizione geografica nel territorio.



La banca dati dell'Immagine del Veneto nella sua veste on-line e nell'applicazione per dispositivi iOS.

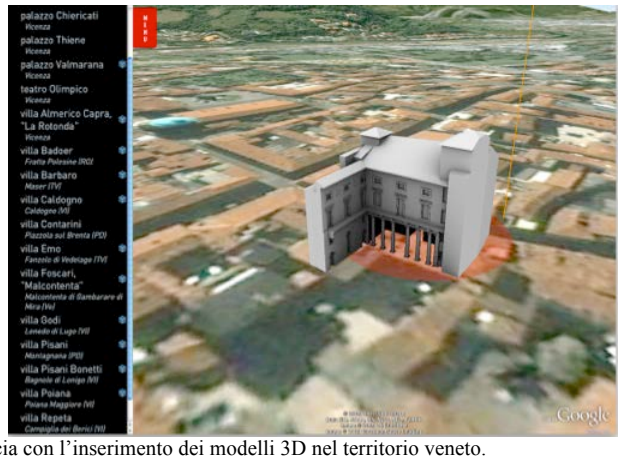
Nel 2009, con l'allestimento permanente di villa Poiana sono state compiute due importanti sperimentazioni: una versione digitale dei *Quattro libri dell'architettura* di Palladio e un prototipo di GeoDatabae per l'accesso al patrimonio documentario palladiano.



La versione digitale de *I quattro libri dell'architettura* di Palladio con attivo lo strumento di quota dinamica del disegno e la ricostruzione 3D della tavola.

La versione digitale del trattato palladiano si pone come trasfigurazione informatica dell'originale fondata essenzialmente sulla combinazione delle immagini originali ad alta risoluzione del trattato che ne garantiscono l'aderenza all'originale integrate ad un sistema informativo [6, 7, 8]. Questo mette a disposizione un motore di ricerca, collegamenti ipertestuali tra i contenuti interni del trattato ed altri esterni di approfondimento, sistemi di conversione delle misure e strumenti di rilievo virtuale direttamente sulla tavola disegnata da Palladio, modelli 3D dei disegni con sistemi di rimando ai testi in modo di rendere costantemente evidente il rapporto tra la raffigurazione e la descrizione.

Il Geodatabase [9, 10] realizzato in collaborazione con l'Università di Bologna, è invece una banca dati su base geografica che sfrutta Google Earth, l'applicazione grafica tridimensionale che genera immagini virtuali della terra utilizzando foto satellitari, aeree e dati topografici memorizzati in una piattaforma GIS, per referenziare le opere palladiane, ritratte attraverso dei modelli 3D. In questo prototipo, successivamente adottato come interfaccia principale della *PALLADIOLibrary*, i modelli 3D degli edifici sono collocati nel territorio veneto reso tridimensionalmente attraverso la piattaforma di Google.



Installazione del geodatabase in villa Poiana ed esempio dell'interfaccia con l'inserimento dei modelli 3D nel territorio veneto.

La disponibilità dei materiali in formato digitale ha quindi portato alla proliferazione di numerose banche dati che hanno consentito di indagare ed approfondire numerosi aspetti sull'opera di Palladio e sull'architettura in generale. Senza la riproduzione digitale tutte queste esperienze non sarebbero mai state possibili, l'attività di studio si sarebbe scontrata più sulla difficoltà di reperire i materiali e nel riuscire a metterli in rapporto, fosse anche sulla propria scrivania, piuttosto che sulla loro analisi. La capacità invece di poter avere tutto il patrimonio palladiano a portata di mano, addirittura nel proprio hard disk viste le crescenti capacità messe oggi a disposizione, ha permesso e incentivato studi fino ad ora impossibili come il confronto diretto tra i materiali, anche con tecniche grafiche come sovrapposizioni in trasparenza e cambi di scala.

È interessante constatare, a quindici anni dallo sviluppo dei primi CD, che sebbene il supporto tecnico informatico delle iniziali sperimentazioni oramai sia superato e talvolta nemmeno più compatibile con i computer oggi in commercio, il valore documentario non si è minimamente svalutato.

Raggiunta la maturità nella creazione delle banche dati il nuovo traguardo da raggiungere è lo sviluppo di un sistema informativo integrato che riunisca tutte le precedenti creazioni e che, attraverso interfacce dedicate, riesca a fornire differenti gradi di accesso a diversi aspetti dell'universo palladiano in funzione della funzionalità prefissata e dell'utenza a cui è indirizzato.

4. La *PALLADIOLibrary*

La *PALLADIOLibrary* si pone a conclusione del lungo processo di accumulo delle fonti e della loro conversione elettronica condotta negli anni, divenendo il nuovo punto di partenza per lo studio e la divulgazione dell'operato di Palladio e della sua eredità culturale tutt'ora viva e presente nel mondo.

Obiettivo della *PALLADIOLibrary* è la valorizzazione in termini di accessibilità fisica e intellettuale del sistema rappresentato dal patrimonio palladiano: oltre 54 siti fra ville, palazzi edifici pubblici, chiese e ponti di proprietà pubblica e privata distribuiti sull'intero territorio del Veneto.

Il progetto mira a riunire e rendere comunicabili tutti i materiali indispensabili per la conoscenza e la valorizzazione dell'opera di Andrea Palladio per mezzo delle tecnologie informatiche, consentendo al pubblico e agli specialisti di comprendere e conoscere il mondo dell'Architetto. Il mezzo digitale diviene in questo ambito un insostituibile strumento per l'analisi, la ricerca e la comprensione del complesso panorama documentale dell'architettura palladiana.

Lo sviluppo delle tecnologie, non solo dal punto di vista puramente tecnico, ma anche per quanto riguarda la disciplina e le modalità di approccio ai beni culturali e architettonici, ha raggiunto sufficienti livelli di maturità e scientificità per poter essere impiegate nel campo dello studio e divulgazione della conoscenza. Le nuove tecnologie offrono molto più che il semplice accesso digitale ad artefatti analogici esistenti e manifestazioni culturali di vario tipo, gli oggetti digitali possono rendere la storia visibile, far rivivere ambientazioni e mostrare processi. Mentre i mezzi analogici erano limitati a modelli conoscitivi statici e lineari (di tipo alfabetico, cronologico o geografico), il digitale permette approcci dinamici sincronici che possono generare tutte queste alternative a richiesta aprendo così nuove strade alla conoscenza e fornendo potenziali mezzi di riorganizzazione e conservazione del patrimonio culturale e per la comunicazione dell'architettura.

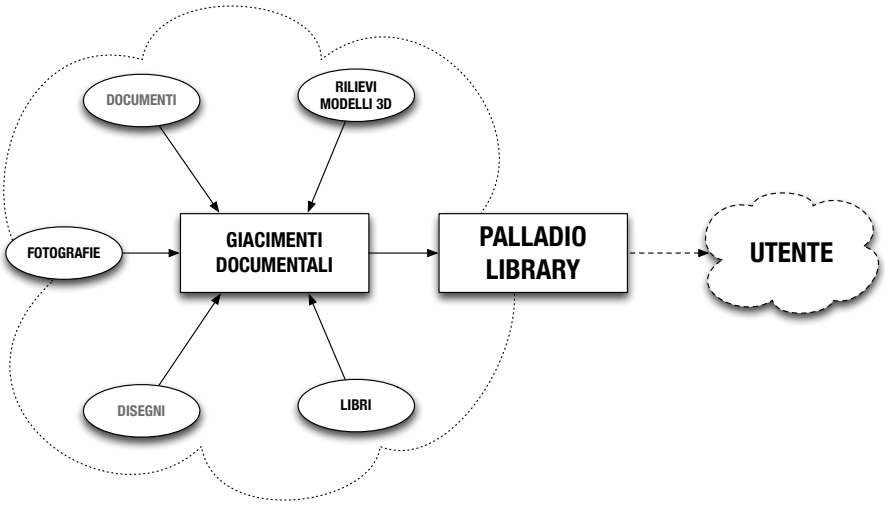
La sola disponibilità dei materiali in formato digitale non è tuttavia una condizione sufficiente a garantire una efficace consultazione. Senza un'organizzazione, interrelazione e uniformazione dei dati si otterrebbe uni-

camente ad una mole di informazioni disordinate in cui difficilmente sarebbe possibile rintracciare la notizia ricercata. Per tale ragione si è resa necessaria una fase di rielaborazione e strutturazione dei dati raccolti e la loro integrazione all'interno di una banca dati globale.

4.1 La banca dati

Uno degli aspetti cruciali nella definizione della banca dati alla base della *PALLADIOLibrary* è stata l'integrazione unitaria di un insieme di materiali eterogenei e, almeno nei documenti originali di partenza, con limitate correlazioni reciproche già esplicitate. Il concetto di collegamento incrociato, quello che nel web è detto link ipertestuale, non trova un efficace ed efficiente corrispettivo nell'organizzazione analogica dei materiali. Tali legami quindi, seppur evidenti per chi ha una conoscenza approfondita nelle tematiche palladiane, dovevano essere ricostruiti nella versione digitale al fine di offrire all'utente un ricco incrocio di informazioni utili a rendere con miglior dettaglio il complesso intreccio di rapporti tra le parti.

I vari serbatoi di informazioni quali la raccolta delle foto, i rilievi, i libri antichi e i rimanenti materiali vengono quindi ad essere integrati e fusi in un contenitore che, pur rispettando la tipicità delle singole tipologie di documenti, ne permette una consultazione omogenea.



Schema organizzativo della banca dati.

Sulla base dell'esperienza maturata negli anni è stato definito un database globale volto alla catalogazione di tutti i materiali collezionati. Al fine di rendere il più possibile interscambiabile e standardizzata l'organizzazione dei dati sono state adottate come modello le linee guida dettate dall'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD) [11] in particolare per quanto riguarda la scheda F per i materiali fotografici e la scheda A per le opere architettoniche.

Sulla traccia di queste norme di catalogazione è stata costruita a misura delle tipologie di materiali del Centro una banca dati accessibile tramite browser web nella quale sono stati riversati i dati precedentemente disponibili esito delle trascrizioni delle schede testuali originali.

Per la realizzazione del database si è fatto ricorso unicamente a software libero da diritti di utilizzo e di larghissima diffusione al fine di avere una soluzione software facilmente aggiornabile negli anni per tenerla al passo con gli sviluppi della tecnologia.

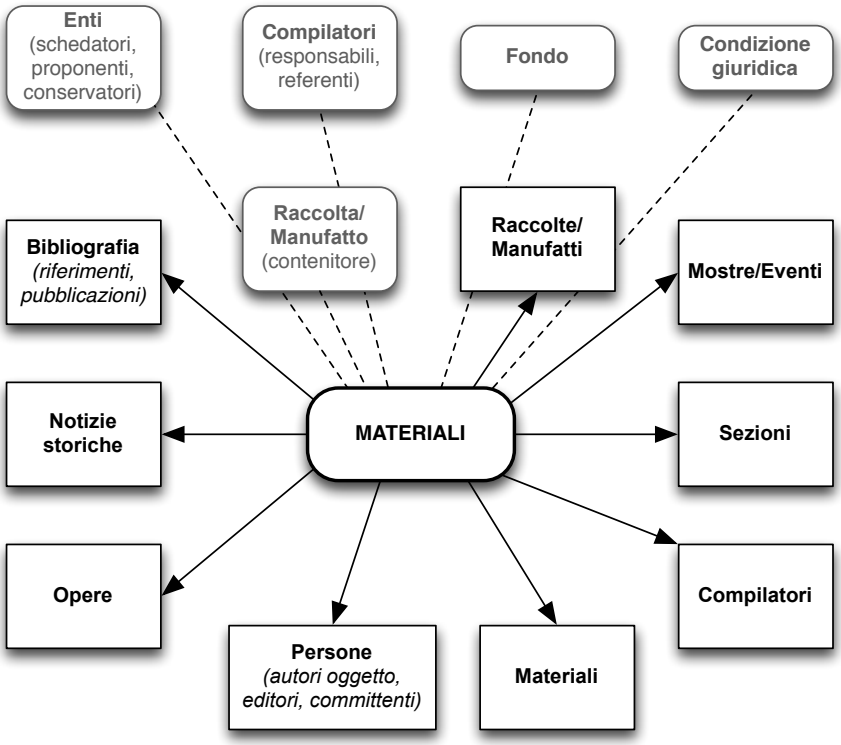
Il database è gestito internamente da un server relazionale MySql con tabelle memorizzate in formato UTF-8 al fine di consentire l'uso di tutti i possibili simboli alfabetici, anche di uso poco comune. L'interfaccia di accesso invece è sviluppata in linguaggio PHP 5 per quanto riguarda la componente server, mentre da lato client opera tramite HTML e Javascript.

Al suo interno la banca dati è organizzata secondo differenti repository interconnessi, i principali dei quali sono:

- **opere**: contengono la descrizione delle architetture palladiane, comprensive della loro denominazione, ubicazione geografico/amministrativa, georeferenziazione, scheda descrittiva;
- **mediateca**: contiene l'elenco di tutti i materiali iconografici (foto, rilievi, pagine di libro, disegni, multimedia, modelli 3D, ecc.) che sono descritti sia dal punto di vista delle caratteristiche oggettive dell'originale (materiale, tecnica, risoluzione dell'acquisizione, profondità colore, ecc.) che per quanto riguarda il soggetto ritratto;
- **raccolte e manufatti**: contengono l'elenco di oggetti (singoli e facenti parte di gruppi organizzati) quali i libri antichi o i modelli lignei con le relative descrizioni tecnico/scientifiche.

Ciascuna di queste aree, tra loro interconnesse, sono collegate ad altre di supporto come l'elenco delle persone (autori, fotografi, rilevatori, …), bibliografia, istituzioni (enti conservatori, catalogatori, detentori di diritti).

Questa continua serie di rimandi e connessioni arricchisce l'esperienza di consultazione oltre ad agevolare l'operazione di catalogazione in quanto determinate informazioni vengono immesse una volta sola e successivamente riutilizzate collegandole alle nuove che mano a mano si aggiungono.



Esemplificazioni dei collegamenti tra una scheda di materiale iconografico e le rimanenti schede del database. La linea continua indica un collegamento di tipo 1-n mentre la linea tratteggiata collegamenti 1-1.

I materiali esistenti sono stati reimportati nella nuova piattaforma attraverso un sistema semi automatizzato volto a ridurre al minimo la quantità di operazioni ripetitive e meccaniche svolte dal catalogatore. Il sistema infatti è stato progettato non solo per migrare i dati disponibili nelle precedenti banche dati qualora questi fossero ritenuti già validi e conformi allo standard catalografico adottato, ma anche ha la capacità di estrarre tutte le informazioni tecniche dei file master direttamente analizzando il file sorgente e i suoi tag exif quali ad esempio la data della ripresa, eventuali coordinate geografiche, le dimensioni e risoluzione, lo spazio colore, il software di fotoritocco, le caratteristiche della fotocamera, ecc. Il sistema inoltre ha la capacità di generare in maniera automatica o assistita le immagini derivate da mostrare in anteprima permettendo all'operatore di ritagliare eventuali porzioni di immagine ritenute superflue. Tutto questo è stato sviluppato al fine di semplificare il più possibile l'operazione di catalogazione in modo che l'operatore si potesse concentrare principalmente sugli aspetti scientifici dei dati immessi e delegando alla macchina la parte di lavoro meccanica e ripetitiva. L'interfaccia integrata, interamente disponibile nell'usuale browser di navigazione, riduce al minimo la curva di apprendimento ed evita di dover passare da un software all'altro per compiere le differenti fasi necessarie alla catalogazione di un materiale.

4.2 L'accesso ai dati

Nell'ambito della rappresentazione delle informazioni la tecnologia digitale consente categorie conoscitive di ordine superiore rispetto alla semplice descrizione testuale che può fornire solo una raffigurazione limitata e astratta della complessità di un oggetto, specie nel campo dell'architettura. La visualizzazione digitale rende attivabili tipi di indagini finora assolutamente impensabili nei campi dell'archiviazione e consultazione dati (disegni, fotografie, testi, modelli 3D, dati quantitativi), dell'analisi spaziale, della verifica di progetti non realizzati, specie per quanto concerne i sistemi informativi relativi ai beni culturali e all'architettura. Essa fornisce inoltre la capacità di lettura integrata dei vari tipi di dati e, tramite Internet, la consultazione in tempo reale di differenti archivi a partire da un'unica postazione sostituendo al movimento dello studioso e dell'architetto quello dell'informazione. Operazioni solitamente macchinose e/o che richiedono ampio spazio fisico, come ad esempio il tipico strumento dell'esperto in arti visive ossia l'analisi comparativa, diventano di più facile raggiungimento.
In definitiva, la visualizzazione digitale rappresenta potenzialmente un cambiamento fondamentale nel modello conoscitivo dei beni culturali e dell'architettura: nel modo di acquisire e visualizzare le immagini di libri, dipinti,

disegni; nel modo di archiviare questi artefatti; nel modo di illustrare la conoscenza. Essa cambia radicalmente il modo con cui navigare attraverso il corpus conoscitivo, insegnando non solo a riesaminare i fatti ma anche a riconoscere e creare nuove relazioni tra essi. Inoltre, apre una serie di questioni che costituiscono altrettanti possibilità di temi da sviluppare e da investigare.

La banca dati della Palladio Library, per la vastità di informazioni che conserva, si presta a differenti utilizzi per i quali devono essere predisposte diverse modalità di accesso che si conformino alle esigenze e competenze della particolare tipologia di utente alle quali si rivolgono.

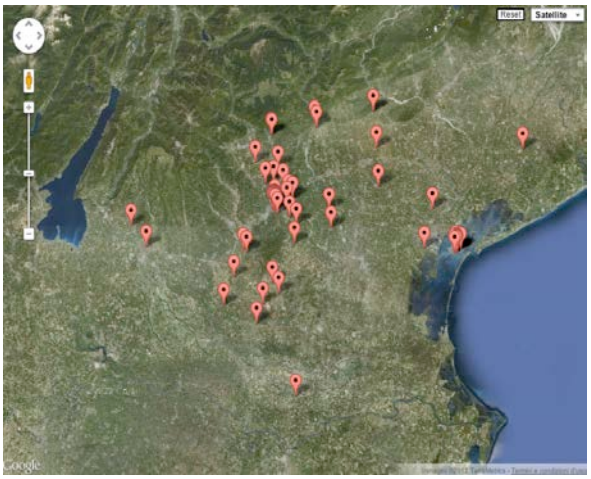
L'interesse per il mondo palladiano infatti è registrabile trasversalmente in varie tipologie di potenziali utenti quali ad esempio le scolaresche in visita, i singoli turisti desiderosi di approfondire qualche tema fino agli studiosi più esigenti e preparati. Ciascuna classe di utenza si rapporta con i dati con differenti approcci e si aspetta di ricevere dal sistema specifici output a seconda delle sue esigenze.

Lo studioso più competente ed avvezzo alla ricerca sarà quindi interessato ad accedere a tutto il patrimonio documentario, mentre un visitatore più superficiale dovrà poter visionare preferibilmente solo le informazioni base per evitare di sovraccaricarlo con dati non richiesti. Per tali ragioni è necessario pensare a differenti modalità di presentazione che si adattino alle esigenze degli utenti. Una problematica da affrontare è certamente la difficoltà di rendere le informazioni in una maniera facilmente comprensibile e dove il mezzo di comunicazione – il computer – non rappresenti una barriera all'utilizzo da parte di persone meno avvezze alla tecnologia. Anche la tipologia dei materiali rappresenta un possibile ostacolo, specie per quelli di natura tecnica o che richiedono determinate competenze per poter essere decifrati. La foto di uno scorcio di un edificio è direttamente comprensibile a tutti mentre la lettura di una sezione a china o di una pagina di testo nell'italiano del Cinquecento può costituire per certi utenti una sfida maggiore.

Se quindi l'interfaccia di consultazione per uno studioso esperto deve garantire efficaci sistemi di ricerca e consultazione, per un utente meno informato sarà necessario ideare una forma di accesso più accattivante e coinvolgente senza prescindere dalla scientificità della base dati sottostante.
I computer consentono una visualizzazione modificabile in tempo reale dietro sollecitazioni dell'osservatore. Le attuali potenze computazionali e grafiche permettono ad esempio di animare un modello 3D complesso, renderizzato in tempo reale anche fotorealisticamente o tematicamente. Questo permette non solo mutazioni sincroniche nell'osservazione dell'oggetto, ma anche variazioni diacroniche, muovendosi attraverso il modello e i suoi attributi, così da poter realizzare in ciascun istante ogni movimento e osservare un differente aspetto esteriore. La grafica in tempo reale consente il trasferimento dell'intera possibilità di restituzione non più ad una forma codificata e ai suoi attributi, ma ad un reale reso virtuale, trasformabile nello spazio e nel tempo, esplorabile in tutte le sue parti, modificabile facilmente in ogni modo.

Il tema architettonico difficilmente può essere slegato dal contesto urbanistico o paesaggistico nel quale si sviluppa. Qualsiasi restituzione che non tenga conto di questo legame necessariamente renderà una visione parziale della problematicità dell'architettura tanto più per le ville palladiane la cui funzione era intesa certamente come residenza estiva del proprietario, ma anche e soprattutto come azienda, prevalentemente agricola e tessile, per la quale i rapporti con gli appezzamenti di terreno, le vie di acqua e di terra costituiscono un elemento imprescindibile.

Da questa considerazione si è quindi cercato di trovare un mezzo digitale che permettesse di restituire il contesto geografico alle informazioni su un'opera palladiana. Essendo Google oramai diventato uno strumento di uso quotidiano non solo per la ricerca di contenuti testuali ma anche di natura multimediale, la decisione più ovvia è stata l'adozione del sistema di mappe satellitare che mette a disposizione.



Raffronto tra la visione bidimensionale offerta da Google Maps e quella a volo d'uccello di Google Earth.

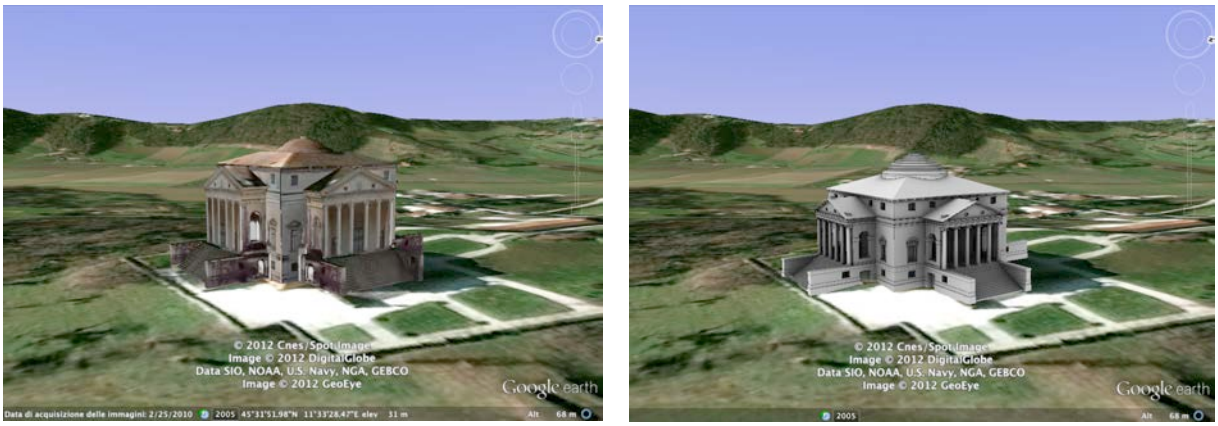
Disponendo di una grande quantità di materiali di origine bidimensionale ma riguardanti aspetti tridimensioni delle opere, quali ad esempio i rilievi ed anche le tavole dei trattati antichi, la semplice visualizzazione 2D

di Google Maps non è sufficientemente adeguata a rappresentare la complessità delle informazioni. Per questo la piattaforma adottata è stata Google Earth che, con la sua fedele rappresentazione tridimensionale del territorio, meglio si adatta a rappresentare in forma digitale lo spazio reale.

La visualizzazione aerea di scorcio, la cosiddetta vista a volo d'uccello, del resto è una metodologia in uso già nel Rinascimento e quindi, oltre a rientrare maggiormente nei nostri modi di concepire lo spazio, è perfettamente coerente con le forme di rappresentazione storiche. In particolare la visione prospettica permette di allungare la profondità di campo e quindi la quantità di territorio che si può cogliere con uno sguardo e al contempo mette in evidenza l'orografia con gli avvallamenti e rilievi del territorio veneto.

Google Earth inoltre permette non solo di visualizzare il territorio in 3D ma anche di inserirvi all'interno i modelli delle costruzioni. Questo permette di raggiungere così uno degli obiettivi primari prefissati, ossia ricondurre l'edificio al suo contesto geografico e utilizzare l'architettura stessa come punto di accesso per tutte le informazioni che la riguardano.

Google e i suoi utenti hanno già resi disponibili numerosi modelli del panorama architettonico italiano, costruiti prevalentemente a partire della fotografie dei prospetti e delle viste aeree attraverso la combinazione di solidi semplici.



Il modello della villa Rotonda fornito da Google costruito a partire da solidi semplici e fotografie delle facciate confrontato con quello realizzato a partire dai rilievi. Notare come, a parità di visualizzazione, le proporzioni del modello di Google siano considerevolmente differenti da quello reale.

Questa soluzione, se da una lato ben si presta ad esempio per ritrarre i volumi di un grattacielo, non è assolutamente adeguata a rappresentare un edificio nella sua complessità per via delle approssimazioni inaccettabili e della mancanza di ogni verifica metrica. Per questo motivo, al posto dei modelli semplificati talvolta disponibili sono stati inseriti quelli appositamente realizzati a partire dai rilievi metrici del reale.

In questa maniera viene a definirsi la più naturale interfaccia per la consultazione dei materiali di architettura. Il modello 3D è al contempo un documento di per sé stesso e anche punto di accesso dal quale ottenere a tutte le informazioni, rilievi, disegni, foto, video relative alle costruzione.

5. Bibliografia

[1] G. Beltramini, M. Gaiani (a cura di), *Una metodologia per l'acquisizione e la restituzione dei giacimenti documentali dell'architettura. I materiali per lo studio di Andrea Palladio*, Edizioni POLI.design, Milano, 2003

[2] M. Gaiani, G. Beltramini, H. Burns, *Andrea Palladio - Le ville*, CD-ROM, CISAAP, Vicenza, 1998.

[3] M. Gaiani, G. Beltramini, H. Burns,, *Andrea Palladio. Il Veneto*, CD-ROM, CISAAP, Vicenza, 2000.

[4] M. Gaiani, G. Beltramini, H. Burns, *Palladio e Vicenza*, CD-ROM, CISAAP, Vicenza, 2002.

[5] J.S. Ackemann, *Architettura e disegno. La rappresentazione da Vitruvio a Gehry*, Milano, Electa, 2003, (I ed. *Origins, Imitations, Conventions*, MIT Press, 2002), pp. 84-107.

[6] S. Baldissini, *Strumenti per una lettura digitale dei Quattro Libri*, in *Palladio 1508-2008 Il simposio del cinquecentenario*, Vicenza, Marsilio 2008, pp. 213-216 (atti di: Il simposio del cinquecentenario, Padova, Vicenza, Verona, Venezia, 5-10 maggio 2008).

[7] S. Baldissini, G. Beltramini, M. Gaiani, *Tools for a Digital Reading of Andrea Palladio's I Quattro Libri Dell'architettura* in *Digital Heritage Proceedings of the 14th International – Conference on Virtual Systems and Multimedia*, Limassol 2008, pp. 175-183 (atti di *VSMM 2008 - Conference on Virtual Systems and MultiMedia Dedicated to Digital Heritage*, Limassol, 20-25 ottobre)

[8] S. Baldissini, M. Gaiani, G. Beltramini, *The Andrea Palladio's the Four Books of Architecture as Rich Internet Application in Digital Media and its application in Cultural Heritage*, a cura di Jamal Al-Qawasmi, Michele A. Chiuini, Sabry El-Hakim, Petra, CSAAR Press, 2008, pp. 255-270 (atti di *DMACH 2008 International Conference on Digital Media and its Applications in Cultural Heritage*, Amman, 4-6 novembre 2008)

[9] F.I. Apollonio, C. Corsi, M. Gaiani, S. Baldissini, An Integrated 3D Geodatabase for Palladio's Work, in International Journal Of Architectural Computing, 2010, 8 / 2, pp. 107-129.

[10] F.I. Apollonio, M. Gaiani, S. Baldissini, *Construction, Management and Visualization of 3D Models for Cultural Heritage GIS Systems*, in *Digital Media and its Application in Cultural Heritage*, AMMAN, CSAAR Press, 2011, pp. 283-299 (atti di *DMACH 2011 The second International Conference on Digital Media and its Applications in Cultural Heritage*, Amman, 13- 15 marzo 2011).

[11] http://www.iccd.beniculturali.it/

STRUTTURE SEMANTICHE DI MODELLI DIGITALI 3D DI OPERE PALLADIANE

[1] **Fabrizio I. Apollonio**
[1] Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, DAPT, fabrizio.apollonio@unibo.it

Il Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio (CISAAP) ha avviato, fin dalla sua istituzione, una serie di iniziative, attività e ricerche che lo ha portato a diventare il più importante istituto di ricerche per gli studi palladiani. Negli ultimi anni il CISAAP, in particolare, ha volto la sua attenzione verso le applicazioni informatiche finalizzate alla gestione del ricco database che conserva con l'obiettivo di agevolare, da un lato, l'accesso e la ricerca da parte del pubblico al vasto patrimonio di documenti inerenti l'opera palladiana e, dall'altro, stimolare nuove e originali ricerche da parte degli studiosi.

A partire dal 1998 si sono succedute tre iniziative editoriali che, attraverso il ricorso alle tecnologie informatiche, hanno consentito di far compiere un salto di qualità agli studi sull'architetto vicentino, facendo nascere il progetto *Palladio Digitale* che ha portato alla pubblicazione di tre visual-multimedia database CD-ROM *Andrea Palladio: le ville* [1], *Andrea Palladio e il Veneto* [2]e *Palladio e Vicenza* [3].
Grazie allo sviluppo di nuove e più efficaci tecnologie digitali, come ad esempio il rendering real-time di modelli 3D [4], si aprono di fronte a noi nuovi scenari di lettura, analisi e interpretazione dell'architettura, ovviamente non solo storica. La disponibilità di modelli digitali 3D renderizzati in tempo reale, infatti, va al di là della semplice possibilità di sviluppare riproduzioni fotorealistiche di oggetti reali tridimensionali, rendendo disponibili tutte le informazioni in un modo visivo ed integrato limitando l'errore dovuto alla granularità delle forme rappresentative tradizionali.

Nel solco tracciato da quelle prime esperienze, nel 2009 è stata sviluppata l'applicazione *Andrea Palladio 3D-Geodatabase* [5], un completo geo-database tridimensionale su piattaforma web in cui i modelli 3D integrano un esteso Sistema Informativo palladiano. L'applicazione, creata con l'obiettivo di diventare l'interfaccia preferenziale attraverso la quale accedere al database che contiene i dati di archivio relativi ad ogni singolo edificio costruito da Palladio, permette, soprattutto di avere una rappresentazione completa di un'architettura la cui complessità difficilmente può essere restituita per mezzo di documenti testuali o iconografici.

Fig. 1. La struttura delle relazioni dei dati del *3D Geodatabase* e il modello come interfaccia di navigazione

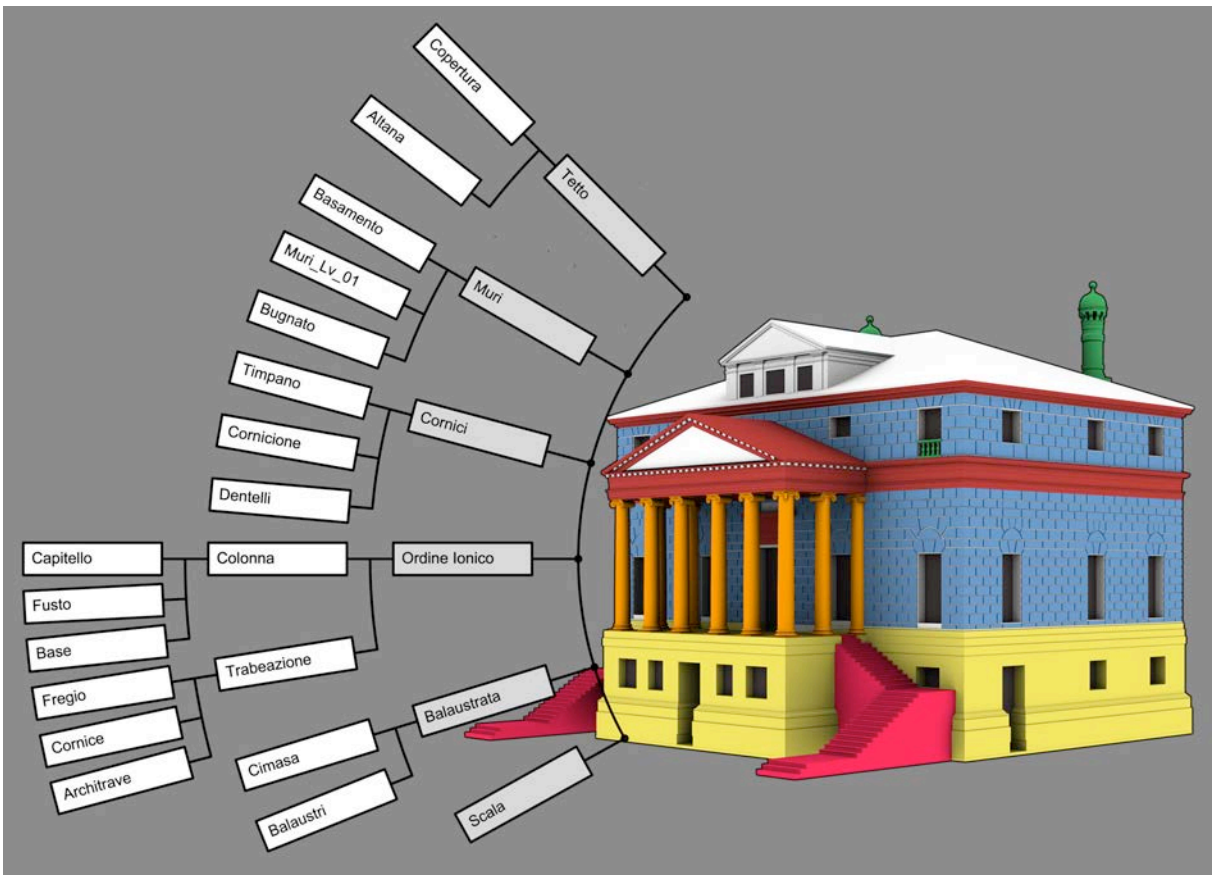


Fig. 2. Villa Foscari "La Malcontenta": Struttura semantica del modello 3D

Tra gli elementi che caratterizzano in chiave innovativa tale applicazione troviamo l'inserimento degli edifici nel contesto in cui sono stati costruiti da Palladio, la possibilità di indagare relazioni ed effettuare confronti tra le ville o i palazzi costruiti e i progetti pubblicati dallo stesso architetto nei suoi *I Quattro libri* [6], la possibilità di accedere rapidamente ad un complesso sistema di informazioni raccolte attraverso numerose e vaste ricerche condotte nel corso di questi anni dal CISAAP.
Andrea Palladio 3D-Geodatabase rappresenta un complesso sistema cognitivo dell'opera di Palladio realizzato attraverso:

- modelli digitali 3D che rappresentano la realtà e, quali metafore degli oggetti osservati, permettono una conoscenza diretta e semantica dei dati;
- materiale 2D testuale e iconografico approvato e analizzato criticamente dal Comitato scientifico internazionale del CISAAP, composto dai più qualificati ricercatori dell'opera palladiana;
- lo sviluppo di una nuova architettura basata su piattaforma web che permette un accesso multiutente da differenti piattaforme e utilizzando specifici standard.

1. L'organizzazione semantica dei modelli 3D e metadati associati

Alla base della realizzazione di un Sistema Informativo/Cognitivo 3D di opere architettoniche vi è la possibilità di avere a disposizione modelli digitali tridimensionali, strutturati semanticamente, che permettono di comprendere appieno l'architettura. Il Sistema Informativo/Cognitivo architettonico, infatti, è descrivibile come una raccolta di oggetti strutturati ed identificati attraverso un preciso vocabolario architettonico. Tale possibilità, infatti, permette di avere contenuti associati a geo-oggetti in un GIS 3D, di descrivere e rappresentare il grado di incertezza che caratterizza la ricostruzione digitale e un controllo topologico avanzato sul modello che, a sua volta, consente un approccio semantico al classico problema della creazione di modelli a differente livello di dettaglio, garantendone l'adeguato livello di accuratezza. Un sistema conoscitivo architettonico, data la similarità ed omologia tra gli edifici architettonici e la loro rappresentazione digitale 3D, è in tal modo capace di descrivere una serie di oggetti strutturati usando uno specifico lessico architettonico, analogamente a quanto fece lo stesso Andrea Palladio nella struttura e organizzazione del suo trattato.

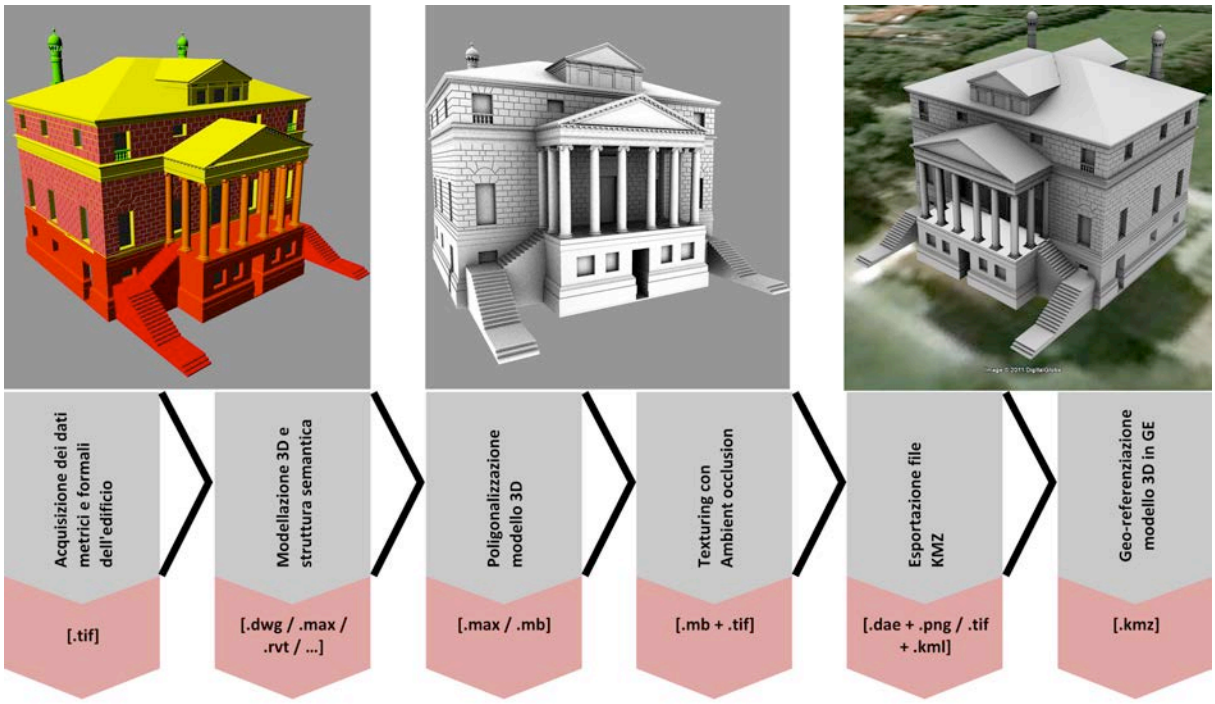


Fig. 3. Pipeline di costruzione di un modello 3D e formati grafici di output

Uno dei primi e più significativi esempi di metodi semantici applicati alla costruzione di modelli tridimensionali è rappresentato dalla 'shape grammar' descritta da Stiny [7], prima, e successivamente insieme a Mitchell [8]. Quintrand et al. [9] hanno stabilito che 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'analisi. De Luca et al. [10] hanno presentato un approccio metodologico alla descrizione semantica degli elementi architettonici basati sulla riflessione teorica e sull'esperienza.

La modellazione e la classificazione semantica sono inoltre state utilizzate nelle applicazioni per la modellazione delle città [11], così come, in tempi più recenti, come un pre-step per una successiva modellazione procedurale di architetture [12]. Ullrich et al. [13] hanno definito un metodo, in grado di descrivere la forma degli oggetti 3D che può essere classificata in due gruppi:

- metodi che definiscono l'approccio della composizione di primitive;
- descrizioni basate sulle rappresentazioni di forme procedurali.

Schmittwilken et al. [14] hanno dimostrato come il formalismo della grammatica dei contenuti possa essere usato come un linguaggio di modellazione 3D. Larry Sass [15] ha illustrato un metodo in cui le regole per una grammatica della forma dimostrano la necessità di informazioni addizionali e illustrazioni per le regole di costruzione. La grammatica della forma genera l'informazione per una costruzione fisica usando la prototipizzazione rapida con macchine a controllo numerico. Il metodo utilizzato nella nostra applicazione è simile a quello di Sass; la differenza maggiore consiste nel fatto che il nostro si riferisce agli oggetti realmente costruiti mentre il suo metodo si riferisce al progetto. Inoltre, nella nostra proposta non solo lo schema ma anche le regole costruttive possono essere identificate, evidenziate e discusse.

I modelli 3D oggi disponibili su GoogleEarth (come le recenti riproduzioni di Venezia e Vicenza) mirano a fornire una visione globale delle volumetrie urbane piuttosto che rendere con assoluta fedeltà e precisione i singoli volumi. L'obiettivo della nostra applicazione è stato quello di fornire una restituzione geometricamente fedele grazie alla ricostruzione tridimensionale a partire dai rilievi del costruito. Ogni parte è stata modellata nella sua corretta geometria cercando di conciliare la complessità del modello con le limitazioni imposte da GE, come ad esempio il numero di poligoni di ogni singolo elemento tridimensionale.

Il sistema di organizzazione dei modelli 3D utilizzato è basato sulla ormai consolidata convenzione dell'analisi architettonica in cui gli edifici sono descritti attraverso una serie di elementi strutturati secondo uno specifico lessico architettonico. A partire dalla 'shape grammars' adottata è stata definita la struttura ad albero che presiede alla modellazione degli edifici palladiani (v. Fig. 2). Tale struttura – ampliabile se necessario su più livelli gerarchici – permette inoltre di gestire, anche nelle fasi di editing successive, i modelli in maniera coerente secondo un sistema di sottoinsiemi gerarchicamente correlati.

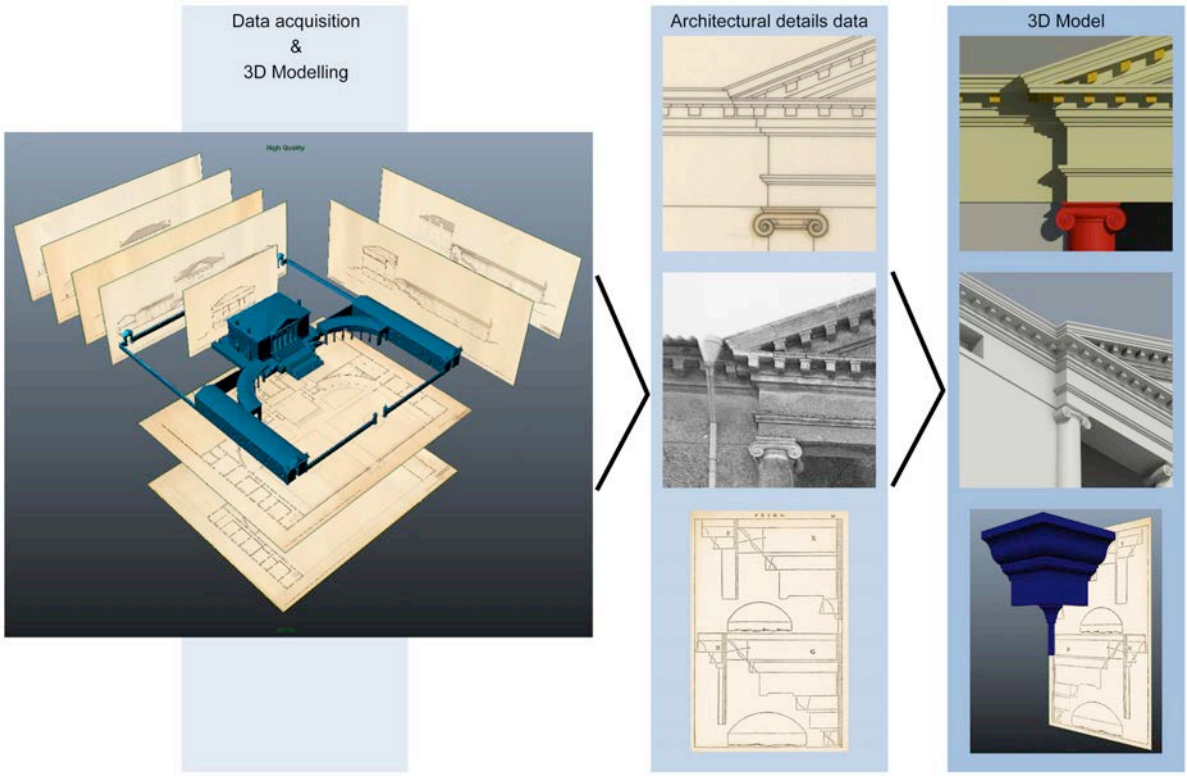


Fig. 4. Workflow della modellazione a partire dai dati geometrico dimensionali di archivio

I vantaggi che tale tipo di strutturazione dei dati secondo i criteri di organizzazione semantica consentono sono molteplici. Oltre a permette di conservare tale struttura anche dopo la fasi di poligonalizzazione e traduzione in formati di file grafici di interscambio, ottenendo, in questo modo, modelli semantici utilizzabili in un sistema conoscitivo, la struttura semantica consente di gestire i modelli 3D in multi-risoluzione e di suddividerli in sottoinsiemi gerarchicamente coerenti e composti da un numero definito di triangoli/poligoni in modo da poter essere inclusi e visualizzati in GE [16], di gestire, inoltre, in maniera efficiente i metadati collegati ai modelli stessi, e con essi la possibilità di visualizzare e rappresentare i dati relativi all'incertezza ricostruttiva, al livello di accuratezza/precisione garantito, così come il controllo delle diverse versioni dei modelli e agevolare l'analisi comparativa tra parti o insiemi di opere architettoniche.

Mentre i modelli geometrici relativi ai beni culturali costituiscono le strutture di informazione primaria ad essere archiviate nei repositories 3D che si vogliono indicizzare, l'obiettivo della qualificazione ed autenticazione dei prodotti della ricerca scientifica richiede che tali modelli siano implementati con i corrispondenti metadati testuali (catalogazione, commento e bibliografici) che permettano la trasparenza delle informazioni nei confronti degli utenti in maniera analoga a quanto avviene con le note, i commenti e l'apparato bibliografico nelle pubblicazioni tradizionali [17].

2. Visualizzazione dell'incertezza e delle ipotesi ricostruttive dei modelli 3D e strumenti di analisi comparativa dell'opera palladiana

Il recente incremento nell'uso di strumenti di visualizzazione digitale ha creato un crescente bisogno relativamente ai nuovi dati tecnici di visualizzazione in grado di comunicare chiaramente l'incertezza nei dati di cui costituiscono l'elaborazione e la raffigurazione dei fenomeni relativi al tempo, allo spazio e all'incertezza [18].

Molti modelli 3D riferiti ai beni culturali sono ricostruzioni di siti che non sono più esistenti o solo progettati, né documentati, e quindi tali ricostruzioni contengono un gran numero e varietà di elementi ipotetici caratterizzati da un loro specifico grado di incertezza. È di importanza vitale, quindi, che i sistemi informativi/cognitivi facilitino la valutazione della documentazione relativa alle incertezze insite nei modelli che possono essere relative a:

- architettonico/strutturale;
- dimensionale/geometrico;
- stilistico/formale;
- corrispondenza temporale;
- materiali da costruzione.

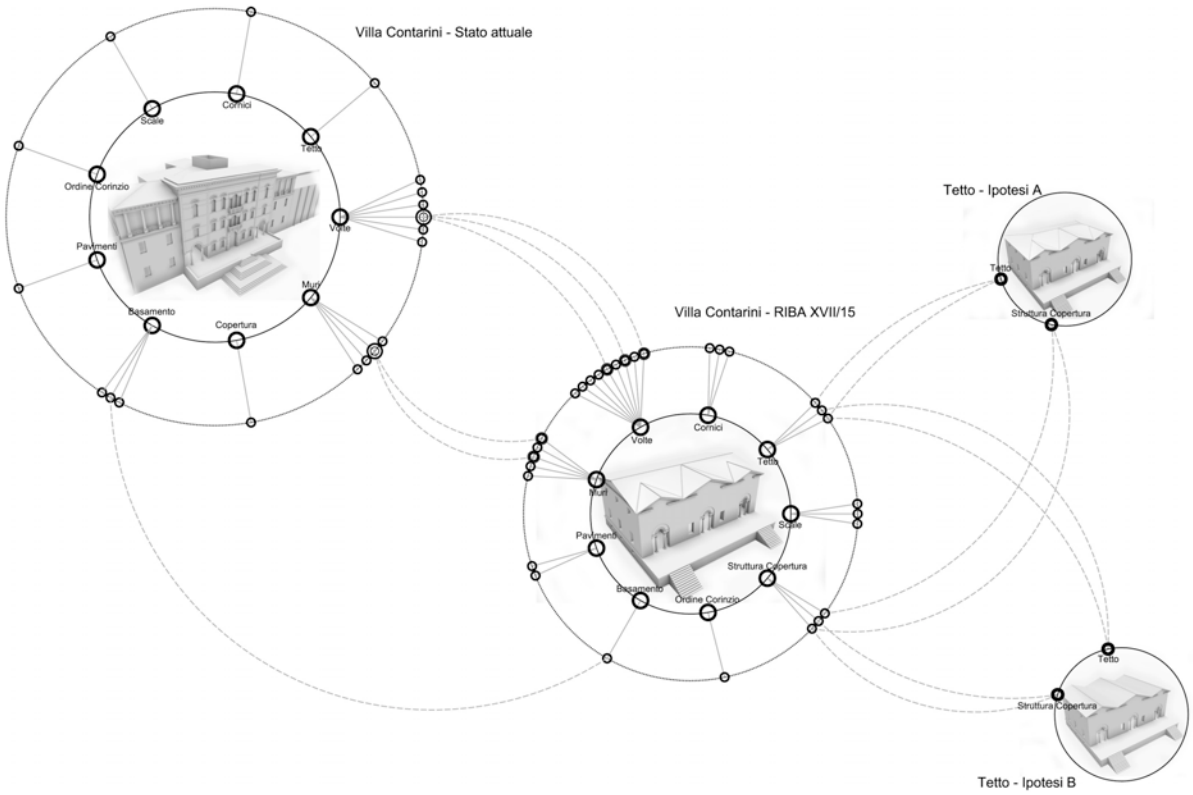


Fig. 5. Villa RIBA XVII/15r/Contarini: diagramma della struttura del modello 3D relativo alle differenti varianti

Tali tipo di informazione può essere veicolato attraverso (a) una nuova simbologia 3D (es. una serie di glifi 3D), (b) tecniche di animazione/visualizzazione, (c) tecniche di rendering o (d) una combinazione di metadati testuali e visualizzazione 3D [19].

Tali necessità sono particolarmente sentite nel caso dell'opera palladiana caratterizzata da un elevato numero di realizzazioni certe o attribuite, ma soprattutto da molti studi e progetti rimasti incompiuti [20] e dalla 'trascrizione' che lo stesso architetto fa delle sue opere più significative raccogliendole nel secondo libro del suo trattato, o ancora per comparare la fedeltà o meno tra gli assunti teorici, legati ad esempio alla conformazione e dimensionamento degli ordini architettonici, e gli elementi utilizzati nelle opere realizzate.

I modelli utilizzati nel *Andrea Palladio 3D-Geodatabase*, riferendosi agli edifici esistenti, sono stati costruiti a partire dai disegni che provengono dal cosiddetto *Corpus dei rilievi delle fabbriche palladiane* realizzati con il contributi del CNR sotto la direzione scientifica del CISAAP. I rilievi, che risalgono al periodo compreso tra il 1960 e il 1981, hanno restituito una serie di disegni a scale differenti per le rappresentazioni di insieme e per quelle di dettaglio, che, tenuto anche conto dei fattori di accuratezza intrinseci (precisione del rilievo e della restituzione grafica, deformazioni del supporto cartaceo, ecc.) ed estrinseci (incertezza introdotta dalla riproduzione digitale), permettono di realizzare modelli digitali 3D ottenuti da restituzioni di rilievi diretti in scala 1:100 che hanno una precisione pari a ±3,5 cm e quelli ottenuti da disegni in scala 1:50 una precisione pari a ±1,75cm.

Nei casi di opere non realizzate o solo parzialmente portate a termine o, addirittura, andate distrutte l'incertezza dovuta alla mancanza di dati può essere criticamente e parzialmente sopperita attingendo alle informazioni che Palladio raccoglie e sistematizza ne *I Quattro libri*, dove sono indicate le regole, le forme e le relazioni proporzionali dei dettagli degli ordini architettonici, delle cornici e delle trabeazioni, così come della tipologia e conformazione delle scale, del posizionamento e proporzionamento delle aperture. In tali casi, più che l'accuratezza geometrica, quello che deve essere garantito è il livello di attendibilità e la evidenza delle ipotesi ricostruttive, rendendo evidente, ove necessario, anche le ipotesi alternative e il confronto con l'esistente (v. Fig. 5).

3. I modelli a multirisoluzione / Semplificazione geometrica vs. semplificazione basata sulla semantica

Un modello digitale tridimensionale di un edificio architettonico può essere definito non solo dalle sue proprietà geometriche e di superficie, ma anche dalle sue proprietà semantiche che ne consento l'utilizzo come oggetto manipolabile per realizzare studi, analisi, operazioni di conservazione e programmare eventuali progetti di restauro. Per questo l'architettura del sistema studiata prevede metodologie di conservazione dell'informazione, di generazione di livelli di dettaglio differenti e di interazione coi restanti dati che definiscono il sistema conoscitivo architettonico in grado di conservare e restituire tutte le tipologie di dati acquisiti e generati.

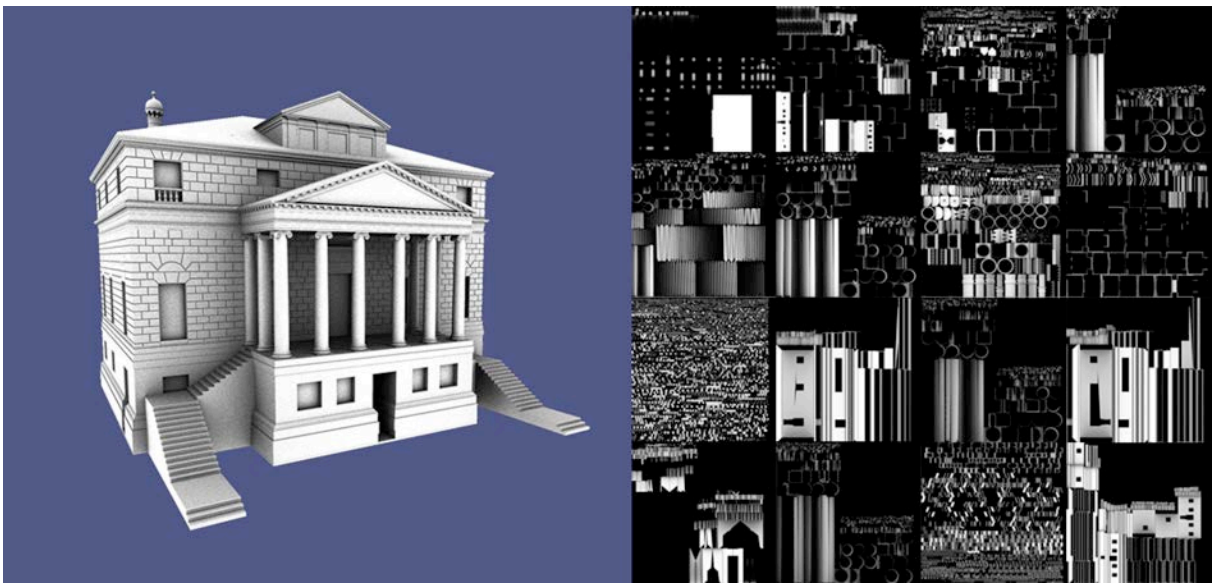


Fig. 6. Villa Foscari: il modello testurizzato in AO e le relative mappe

Il principale problema nella costruzione di modelli virtuali tridimensionali che mostrino la vita reale delle architetture è la gestione ed il trattamento delle grandi quantità di dati che vengono generati in funzione della loro visualizzazione e fruizione. Già nel 1976, Clark suggerì l'utilizzo di una geometria semplificata per rappresentare oggetti caratterizzati da un'importanza visuale inferiore rispetto agli altri, dovuta, ad esempio, alla loro lontananza dall'osservatore. Questo tipo di semplificazione fu denominato 'Livello di Dettaglio' (LoD) [21].

La semplificazione dei poligoni, spesso chiamata decimazione, è probabilmente il metodo più comune di implementazione di LoD visuali [22]. Lo scopo della semplificazione poligonale, usata per la generazione di livelli di dettaglio, è rimuovere parti di primitive da una mesh originale al fine di produrre modelli più semplici, ma che mantengano le caratteristiche visive salienti dell'oggetto originale. Idealmente, il risultato sarà una serie intera di semplificazioni, che possono essere utilizzate in varie condizioni. L'idea, al fine di mantenere un framerate costante, è cercare un appropriato bilanciamento tra la ricchezza dei modelli e il tempo che occorre a visualizzarli.

Gestire livelli di dettaglio differenti implica il decremento della complessità della rappresentazione di un oggetto 3D quando questo si allontana dall'osservatore o tenendo conto di altre proprietà misurabili come l'importanza dell'oggetto, la posizione all'interno dell'inquadratura, la velocità o la posizione dell'osservatore.

Quando realizziamo un modello digitale esiste dapprima un problema della definizione del livello di dettaglio per chi lo costruisce (in quanto il modello è sempre realizzato nello spazio oggetto, comunque in scala 1:1 rispetto alla accuratezza definita), ma soprattutto per chi lo osserva (ancora creatore o fruitore) perché la posizione della camera nella grafica 3D real-time è infinitamente variabile nel tempo e nello spazio e quindi non esiste più l'inerzialità dovuta alla forza di gravità e al punto di vista imposto a-priori (proprio o improprio che sia). Una tematica centrale degli studi della computergrafica sulla percezione, riguarda i tentativi di definire una semantica e una metodologia di costruzione di sistemi in grado di gestire la definizione del dettaglio degli oggetti osservati basandosi sulla percezione.

La riduzione dei poligoni di un oggetto architettonico richiede necessariamente la possibilità di riconoscere la forma originaria anche nel modello semplificato, così come avviene nel classico problema di rappresentazione alle differenti scale degli ordini e di tutti gli elementi architettonici. Invece di utilizzare metodi di compressione sui poligoni di una superficie in modo più o meno casuale e indifferenziato, un metodo che consente eccellenti risultati nel campo architettonico è quello di considerare gli elementi base che compongono una struttura e definire i livelli di dettaglio per ciascun elemento in modo da operare non semplicemente una riduzione del numero dei poligoni con una delle tecniche usuali (adaptive subdivision, geometry removal, sampling) ma una riduzione e semplificazione degli elementi conforme ai modi di codifica degli elementi architettonici e alla loro lettura secondo codici consolidati.

L'uso di un metodo semantico di costruzione dei modelli di lavoro ha permesso quindi un approccio semantico anche al classico problema della 'riduzione' di un modello a partire da una base-dati originale per la visualizzazione con mezzi interattivi su personal computer.

Seguendo la regola che vuole che una stima in difetto del rapporto di risoluzione fornisce perlomeno un cambio di risoluzione di 8:1, nel caso di elementi architettonici, assumendo un cambiamento di 2:1 per ogni livello di dettaglio in una gerarchia LoD e tenendo conto delle dimensioni degli edifici e degli elementi che li compongono e della distanza a cui l'osservatore può osservarli, sono stati individuati differenti livelli di dettaglio, uno per l'osservazione ravvicinata e altri per la vista distante. Nell'intento di costruirne i livelli di dettaglio inferiori si è scelta la strada della decimazione dei poligoni, a cui è stata affiancata una riduzione di risoluzione

della texture. Le semplificazioni adottate devono essere definite in maniera differente a seconda della complessità del modello ottenuto e quindi del numero complessivo di triangoli che lo caratterizza.

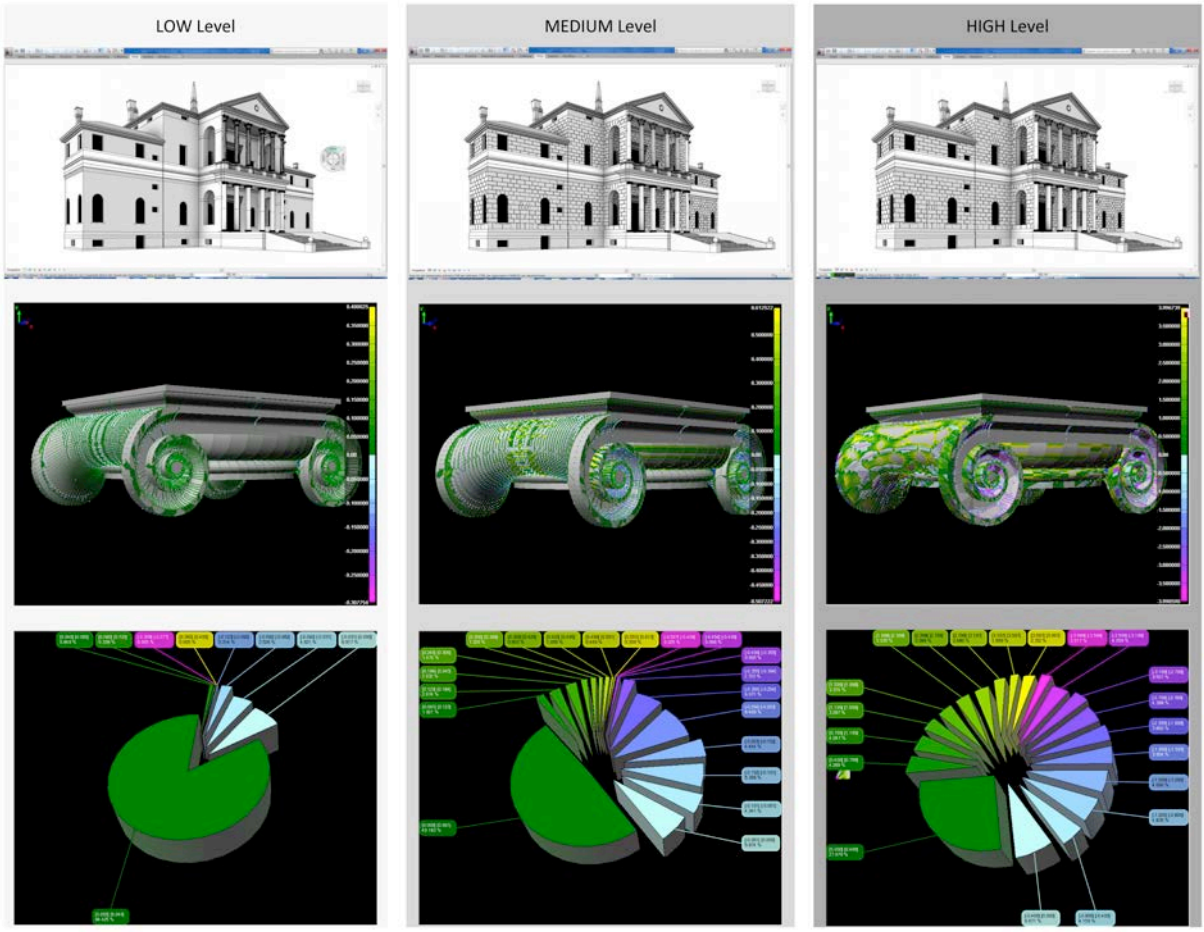


Fig. 7. Villa Cornaro, capitello ionico: mappe degli errori e i relativi diagrammi a torta della distribuzione dei punti relativi alla comparazione tra tre modelli di capitello ionico a differente livello di dettaglio (LoD)

4. Controllo della qualità e accuratezza geometrica

Nel caso di modelli ottenuti da disegni di rilievo o di progetto la semplificazione deve essere determinata in funzione della complessità e dimensione (bounding box) del modello; per strutture complesse ed ampie è opportuno definire dei LoD a livello dei singoli nodi o in base alla tipologia degli elementi che lo compongono. In questa maniera le porzioni del modello caratterizzate da un numero contenuto di poligoni - come ad esempio le superfici piane - potranno non essere semplificate mentre nel caso degli elementi architettonici complessi da un punto di vista geometrico si possono ottenere due o più livelli di riduzione.

La qualità dei modelli tridimensionali prodotti deve essere garantita lungo l'intera filiera di produzione, editing e processing degli stessi attraverso la valutazione delle prestazioni della tecnologia applicata e della conformità dei dati acquisiti ed elaborati con i parametri di precisione geometrica, accuratezza e delle soglie di tolleranza definite per quel determinato progetto. Ovviamente l'ordine di grandezza di tali parametri cambia in funzione della tecnologia utilizzata e degli obiettivi delle singole applicazioni.

La procedura sperimentata e messa a punto per la realizzazione dei modelli digitali 3D delle ville e dei palazzi di Andrea Palladio impiegati nel 3D-geodatabase ha cercato, da un lato, di verificare i limiti e le potenzialità di alcuni fra i più diffusi software [23] per la realizzazione di modelli 3D di edifici ai fini di un efficiente ed ottimizzato inserimento degli stessi in GE e dall'altro di garantire lungo l'intera filiera la qualità formale, geometrica e dimensionale dei modelli prodotti.

La pipeline definita nell'ambito del progetto (v. Fig. 3) si articola nelle seguenti fasi, mutuamente interrelate:

- acquisizione dei dati metrici e formali degli edifici costruiti o di quelli progettati o non più esistenti;
- modellazione 3D;
- poligonalizzazione dei modelli;
- semplificazione dei modelli e definizione dei LoD;
- mappatura in Ambient Occlusion;
- realizzazione dei file KMZ;

- posizionamento dei modelli 3D/KMZ in Google Earth.

All'interno di tale filiera il controllo della qualità della semplificazione così come dell'accuratezza geometrica può essere valutata attraverso il calcolo della deviazione standard tra il modello ad alta risoluzione e i modelli a livello di dettaglio inferiore. La Fig. 7 riporta le mappe degli errori e i relativi diagrammi a torta della distribuzione dei punti relative alla comparazione tra tre modelli di capitello ionico a differente livello di dettaglio della villa Cornaro di Andrea Palladio; la tabella 1 riporta i dati relativi alle medesime comparazioni dalle quali si evincono, tra gli altri, i valori relativi a:

- media dell'errore (Mean);
- deviazione standard (StdDev);
- scarto quadratico medio (RMS Error);
- minimo e massimo errore (Max/MinErr);
- numero di punti (vertici) al di fuori della tolleranza stabilita (#Pts Out of HiTol/#Pts Out of LoTol).

Table Type	**Data to Data (Data Point)**	**Data to Data (Data Point)**	**Data to Data (Data Point)**
Cmp Object(s)	Capitello_Jonico_High_LoD.obj	Capitello_Jonico_Med_LoD.obj	Capitello_Jonico_High_LoD.obj
Ref	Capitello_Jonico_Med_LoD.obj	Capitello_Jonico_Low_LoD.obj	Capitello_Jonico_L_LoD.obj
Cmp Dist	4,000000	4,000000	4,000000
Err Dir	Shortest Distance	Shortest Distance	Shortest Distance
#Points	40770	6161	24834
Mean	-0,034327	-0,068749	0,331888
StdDev	0,158425	0,521830	1,115304
RMS Error	0,162099	0,526298	1,163616
MaxErr +	0,612516	3,826340	3,999479
MaxErr -	-0,507217	-3,969809	-3,991123
Max Error	0,612516	3,826340	3,999479
Min Error	-0,507217	-3,969809	-3,991123
#Pts Out of HiTol	0 (0.000000%)	166 (2.694368%)	2648 (10.662801%)
#Pts Out of LoTol	0 (0.000000%)	289 (4.690797%)	5153 (20.749779%)

Tab. 1. Dati relativi alla comparazione metrica tra i modelli del capitello ionico di villa Cornaro a tre LoD differenti.

5. Conclusioni

Nell'ambito del progetto che ha portato alla realizzazione del 3D Geodatabase è stato messo a punto uno specifico metodo per la costruzione basata su una struttura semantica di modelli 3D da impiegare per la realizzazione dei sistemi informativi/cognitivi. La metodologia messa a punto è basata su tre punti, mutualmente connessi tra di loro (modellazione, segmentazione, visualizzazione) che permettono (a) di riprodurre modelli digitali tridimensionali ad alta definizione, (b) di classificare i modelli in livelli e (c) di assegnare ad ogni elemento architettonico informazioni addizionali oltre alle proprietà geometrico-dimensionali.

L'obiettivo è stato quello di permettere l'integrazione di differenti tipi di informazioni raccolti da operatori e ricercatori differenti in tempi e in luoghi diversi. Tali requisiti portano all'impiego di standard ampiamente condivisi, la definizione della qualità dell'informazione in funzione del livello di dettaglio di rappresentazione e il controllo continuo della corrispondenza dei dati alle specifiche tecniche richieste.

Gli sviluppi futuri riguardano la messa a punto di specifiche applicazioni in grado di rappresentare, ad esempio, l'evoluzione cronologica e delle trasformazioni subite dagli edifici oppure la messa in evidenza delle peculiarità architettoniche, storiche ed artistiche delle singole opere. Accanto a questo vi sono, tuttavia, limiti da superare o miglioramenti che possono ancora essere conseguiti anche a causa delle caratteristiche intrinseche della piattaforma di GoogleEarth:

- ottimizzazione del numero dei triangoli per ogni modello, o per le sue porzioni;
- soluzioni di mappatura o altre tecniche di shading che permettano di superare i limiti del motore di rendering di GE che non supporta le ombreggiature (es. bump mapping utile nella resa del bugnato, attraverso tecniche di rendering piuttosto che di modellazione geometrica);
- possibilità di navigare anche all'interno degli edifici, con l'introduzione del sistema di rilevamento delle collisioni con i modelli;
- implementazione di modelli più complessi ed articolati nel momento in cui la piattaforma potrà operare a 64bit, rendendo disponibili le risorse di calcolo che il progresso tecnologico rende oramai economicamente accessibili, garantendo di conseguenza una maggiore stabilità anche nel caos in cui siano caricati numerosi modelli simultaneamente.

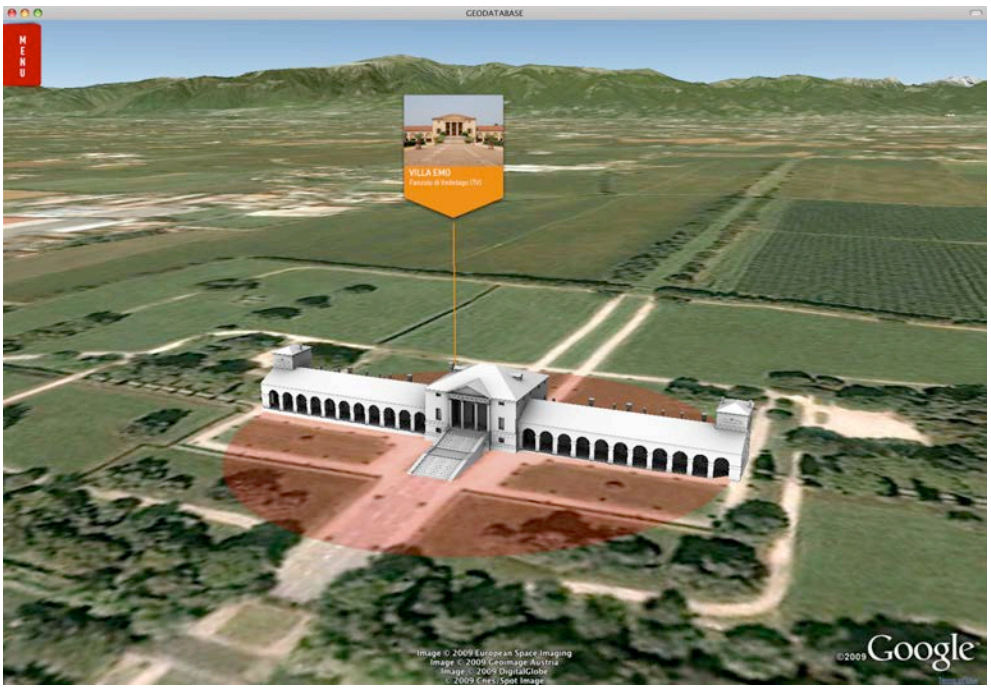


Fig. 8. Andrea Palladio 3D-Geodatabase: Villa Emo

6. Bibliografia

[1] M. Gaiani, G. Beltramini, H. Burns, *Andrea Palladio - Le ville*, CD-ROM, CISAAP, Vicenza, 1998.

[2] M. Gaiani, G. Beltramini, H. Burns, *Andrea Palladio. Il Veneto*, CD-ROM, CISAAP, Vicenza, 2000.

[3] M. Gaiani, G. Beltramini, H. Burns, *Palladio e Vicenza*, CD-ROM, CISAAP, Vicenza, 2002.

[4] F.I.Apollonio, G.Beltramini, G.Fabbi, M.Gaiani, *Villa Contarini a Piazzola sul Brenta: studi per un'ipotesi di attribuzione palladiana servendosi di modelli tridimensionali*, in Disegnare idee immagini. vol. 42, pp. 42 - 55.

[5] F. I. Apollonio, C. Corsi, M. Gaiani, S. Baldissini, *An Integrated 3D Geodatabase for Palladio's Work*, in International Journal of Architectural Computing. vol. 8 / 2, pp. 107 - 129.

[6] A. Palladio, *I quattro libri dell'architettura*, Venezia, 1570.

[7] G. Stiny, *Introduction to shape and shape grammars*, in Environment and Planning B: Planning and Design, n. 7, 1980, pp. 343-351.

[8] G. Stiny, W. J. Mitchell, *The Palladian grammar*, in Environment and Planning B: Planning and Design, n. 5, 1978, pp. 5-18.

[9] P. Quintrand, J. Autran, M. Florenzano, M.s Frégier, J. Zoller, *La CAO en architecture*, Hermes, Paris, 1985.

[10] L. De Luca, M. Florenzano, P. Veron, *A generic formalism for the semantic modeling and representation of architectural elements*, in Visual Computer, vol. 23, n. 3, 2007, pp. 181-205.

[11] L. Emgard, S. Zlatanova, *Design of an integrated 3D information model*, in S. Zlatanova, E. M. Fendel, (a cura di), Urban and regional data management: UDMS annual 2007, Taylor & Francis Group, London, 2008, pp. 143-156.

[12] P. Mueller, P. Wonka, S. Haegler, A. Ulmer, L. Van Gool, *Procedural modeling of buildings*, in John Finnegan, Julie Dorsey, (eds) Proceedings of 2006 Symposium on Interactive 3D Graphics, ACM Press, New York, 2006, pp. 614-623.

[13] T. Ullrich, V. Settgast, D. W. Fellner, *Semantic fitting and reconstruction*, in ACM Journal on Computing and Cultural Heritage, n. 1, vol. 2, 2008, pp. 1-20.

[14] J. Schmittwilken, D. Dörschlag, L. Plümer, *Attribute Grammar for 3D City Models*, in Proceedings of Urban Data Management Symposium (UDMS) 2009, Taylor & Francis, London, 2009, pp. 49-58.

[15] L. Sass, *A Palladian construction grammar - design reasoning with shape grammars and rapid prototyping*, in Environment and Planning B: Planning and Design, n. 34, 2007, pp. 87–106.

[16] KMZ Reference Guide, http://code.google.com/apis/kml/documentation/kmlreference.html

[17] D. Koller, B. Frischer, G. Humphreys, *Research Challenges for Digital Archives of 3D Cultural Heritage Models*, in ACM Journal on Computing and Cultural Heritage, Vol. 2, No. 3, Article 7, December 2009, pp. 7-17.

[18] C. Johnson e A. Sanderson, *A next step: Visualizing errors and uncertainty*, in IEEE Comput. Graph. Appl. 23, 5, 2003, pp. 6–10; ,A. M. Mac Eachren, A. Robinson, S. Hopper, S. Gardner, R. Murray, M. Gahegan, E. Andhetzler, *Visualizing geospatial uncertainty: What we know and what we need to know*, in Cart. Geogr. Infor. Sci. 32, 3, 2005, pp. 139–160; A. Pang, *Visualizing uncertainty in geospatial data,* in Proceedings of the Workshop on the Intersections Between Geospatial Information and Information Technology, 2001.

[19] L. De Luca, C. Busarayat, C. Stefani, N. Renaudin, M. Florenzano, P. Véron, *An Iconography-Based Modeling Approach for the Spatio-Temporal Analysis of Architectural Heritage*, in Shape Modeling International, 2010, pp. 78-89.

[20] G. Beltramini, *Andrea Palladio, Plan and elevation of a villa for two brothers (Villa Contrarini at Piazzola?)*, in C. Hind, I. Murray (eds), Palladio and His Legacy, A transatlantic Journey, Marsilio, Venezia 2010, pp. 75 - 76; T. Frizzale, *Palladio digitale. studio e ricostruzione di un progetto palladiano: villa Mocenigo*, Tesi di Laurea in Architettura, Università di Bologna, Facoltà di Architettura, AA. 2009-'10, Relatore F.I. Apollonio, Co-relatori M. Gaiani, G. Beltramini.

[21] J.H. Clark, *Hierarchical geometric models for visible surface algorithms*, in SIGGRAPH '76 Conference proceedings, ACM press, New York, 1976, pp. 547-554.

[22] M. Botsch, M. Pauly, L. Kobbelt, P. Alliez, B. Levy, S. Bischoff, C. Rössl, *Geometric Modeling Based on Polygonal Meshes*, in Eurographics 2008 Course Notes; C. Erickson, *Polygonal Simplification: An Overview*, in Technical Report TR96-016, Department of Computer Science, UNC-Chapel Hill, January, 1996; V. Surazhsky, C. Gotsman, *A Qualitative Comparison of Some Mesh Simplification Software Packages*, in Technical report, 2005

[23] Software utilizzati: Autodesk AutoCAD2010, Autodesk 3DS MaxDesign2010, Autodesk Maya2010, Maxon Cinema4D, Autodesk-Revit2010.

METODI INTEGRATI PER UN APPROCCIO MONOSTRUMENTALE LIDAR AL RILIEVO DELL'OPERA PALLADIANA

[1] Paolo Clini, [2] Ramona Quattrini, [3]Romina Nespeca
[1] Dicea, Università Politecnica delle Marche, Ancona, p.clini@univpm.it
[2] Dicea, Università Politecnica delle Marche, Ancona, r.quattrini@univpm.it
[3] Dicea, Università Politecnica delle Marche, Ancona, r.nespeca@univpm.it

1. Introduzione

La necessità di una documentazione validata e al tempo stesso sostenibile, in termini economici, del patrimonio architettonico, in relazione alla spesso lacunosa documentazione dei beni storici italiani e del loro precario stato di conservazione, invita alla ricerca di metodologie speditive per il rilievo e alla messa a punto di filiere di conoscenza, documentazione, controllo/monitoraggio e tutela/prevenzione. Il patrimonio di Andrea Palladio presenta caratteristiche peculiari consistenti in un grande numero di opere disseminate su un territorio geograficamente circoscritto, ma non ancora convenientemente documentate, come già emerso in occasione del Simposio Palladiano del 2008 [1], anche in relazione al carattere "privato" di molte di esse.

Tale aspetto dell'architettura palladiana, definita da Howard Burns un'"architettura sistematica e trasmissibile" [2], insieme alla datata gamma di rilievi, validati dal CISA A. Palladio, ma non sempre ricontrollabili e carenti dal punto della documentazione tridimensionale digitale e alla mancanza totale di documentazione di rilievo per 10 opere, aveva già indotto l'autore alla proposta di una metodologia di rilievo speditivo che funzionasse come sistema conoscitivo e come supporto ad eventuali azioni di conservazione e progetto. Nel 2008 in occasione del Symposium palladiano era stato proposto un sistema definito "a scatole cinesi" in cui il rilievo morfologico si incernierava sulla metodologia a panoramiche sferiche, applicata al caso di studio di Villa Pojana, che costituiva il cuore dell'approccio conoscitivo all'opera palladiana.

Recenti studi e approfondimenti ci hanno permesso di definire linee procedurali legate ad un nuovo concetto di speditività associato alla recente introduzione sul mercato di strumenti a scansione laser che integrano al loro interno la possibilità di integrare differenti sistemi di rilievo e per questo vengono definiti "all in one". Un unico strumento, quindi, in grado di garantire accuratezza metrica, qualità cromatica, versatilità e velocità nelle fasi di acquisizione e realizzazione degli output. Con evidenti conseguenze anche da un punto di vista economico. Tale metodica ha consolidato l'esperienza del nostro gruppo di lavoro potendo così sviluppare un approccio in cui permangano e si ottimizzino le procedure fotogrammetriche e di rappresentazione e modellazione solida per aggiornare una proposta di approccio peculiare all'opera palladiana. Ancora quattro anni addietro la fase Laser scanner era riservata a rilievi analitici da realizzare in occasione di interventi di restauro, mentre oggi proponiamo un approccio monostrumentale lidar (sintetizzato nello schema sotto riportato) che permette di ripensare integralmente al concetto di spedività.

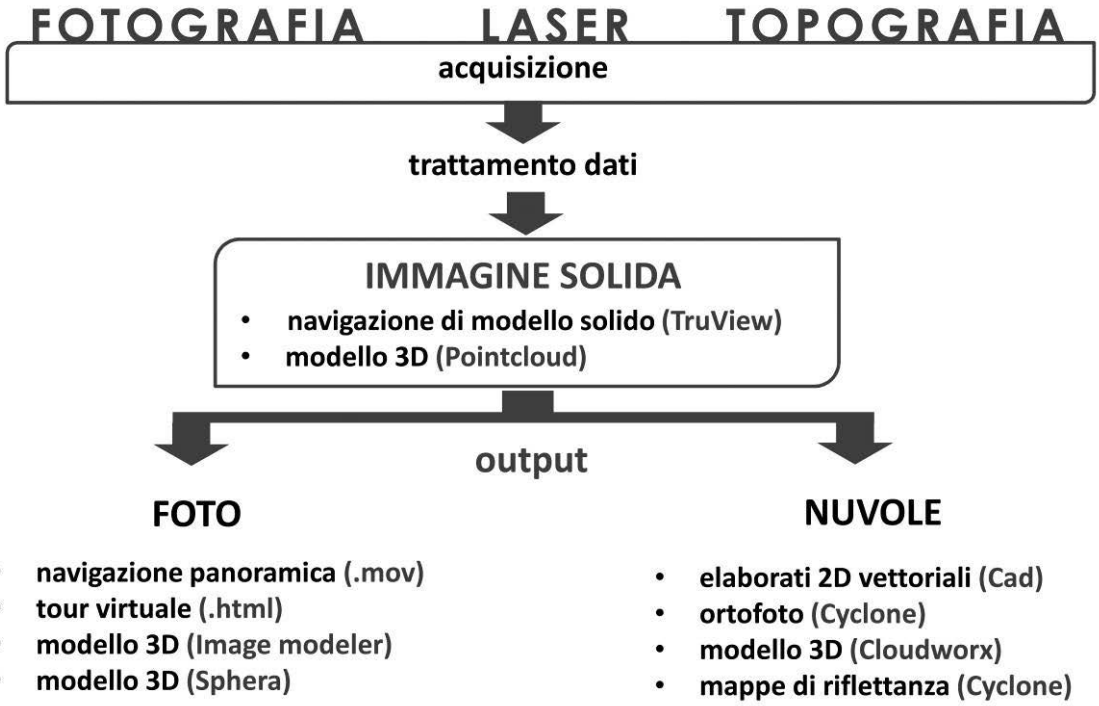


Fig. 1 Pipeline dell'approccio monostrumentale

2. Approccio monostrumentale al rilievo dell'opera Palladiana

La nostra ricerca si basa sull'utilizzo di uno strumento "all in one" (Leica C10) di recente tecnologia e tra i più performanti tra quelli disponibili sul mercato. Tale strumento è in grado di acquisire, in un'unica fase di presa, dati metrici, morfologici, fotografici e fotogrammetrici. Il laser scanner LEICA C10 TOF ha la possibilità di rilevare fino a 50.000 punti al secondo, una lunga portata, una fotocamera ad alta risoluzione integrata (5 mp) e la possibilità di creare poligonali topografiche, potendo operare di fatto come una vera e propria stazione totale. Un unico strumento, quindi, in grado di garantire accuratezza metrica, qualità cromatica, versatilità e velocità nelle fasi di acquisizione e realizzazione degli output.

In un'unica fase di presa è quindi possibile acquisire le seguenti tipologie di dati:

- LIDAR
- FOTOGRAFIA/PANORAMICA
- FOTOGRAMMETRIA
- TOPOGRAFIA

Il vantaggio sta dunque nello svincolare la fase di presa da specifiche esigenze di documentazione, attendendo risultati esaustivi e documentazione altamente manipolabile e trattabile alla luce di specifiche richieste di analisi, documentazione e scale/accuratezze degli elaborati.

La ricerca che qui documentiamo analizza la possibilità, a fronte della molteplicità dei dati acquisiti, di estrarre differenti output che, in un approccio tradizionale, richiederebbero utilizzo di differenti strumenti di presa e di complesse attività di integrazione dati in laboratorio. A valle della acquisizione e trattamento dei dati (allineamento, pulitura e decimazione), che costituiscono procedure standard, il focus è stato posto sull'interazione nuvola/panoramica da cui scaturisce l'immagine solida. Essa permette la creazione di scenari virtuali, che garantiscano misurabilità e immersività, e funge da base per la creazione del modello tridimensionale. Inoltre dalle foto è possibile creare navigazioni e tour virtuali in ambienti open source e attuare diversi metodi di modellazione, che sfruttino la fotogrammetria. Infine dalle nuvole sono estraibili gli elaborati standard e il modello 3d in ambiente cad. Altro vantaggioso output è quello costituito dalle mappe di riflettanza generabili dalla nuvola. Il punto acquisito possiede in sé la coordinata spaziale, il dato RGB e il valore di riflettanza, che distingue lo stato del materiale e la tipologia. Esso costituisce una preziosa fonte per indagini volte al restauro, come la diagnostica delle superfici degradate o l'analisi delle caratteristiche tessiturali dei materiali.

Con l'utilizzo di dispositivi all-in-one è quindi possibile ottenere anche evidenti vantaggi economici nelle procedure di acquisizione. Essi ci permettono, infatti, di snellire la dotazione strumentale, di limitare l'uso di personale e di avere una quantità di dati metricamente, morfologicamente e qualitativamente elevata.

Le operazioni di rilievo per i cinque manufatti oggetto di rilievo nell'ambito del progetto "Palladio Library", si sono svolte nella settimana dal 24 al 30 ottobre 2011. Per ogni manufatto si è resa necessaria, di media, una giornata di lavoro. Le condizioni metereologiche presentavano un cielo nuvoloso e sereno a tratti, che garantiva un'illuminazione diffusa, ideale per la fase di presa. Le stazioni predisposte per ogni manufatto oggetto di rilievo, unitamente alla massima griglia di scansione scelte, sono riportate in tabella.

Edificio	Numero stazioni	Numero scansioni	Numero operatori	Tempo	Griglia max acquisizione	Distanza media oggetto
VILLA VALMARANA	4	6	2	6 h	20 m/ 2 mm	20
VILLA TRISSINO	7	20	3	10 h	20 m/ 1 mm	15
BARCHESSA DI VILLA THIENE	2	6	2	2 h	100 m/ 10 mm	30
PONTE TESINA	7	15	2	6 h	100 m/ 10 mm	50
PONTE BASSANO	9	21	3	10 h	4,7 m/ 1 mm	50

Tab. 1. Resoconto della fase di campagna del rilievo dei cinque edifici palladiani .

L'allineamento delle nuvole dei singoli progetti è avvenuto in laboratorio, principalmente senza l'utilizzo della poligonale e per target; in alcuni casi integrando con l'allineamento per morfologia. Anche in questo caso la procedura garantisce velocità di trattamento e accuratezze elevate.

Edificio	Standard deviation	Numero punti totali
VILLA VALMARANA	0.003 m	15421743
VILLA TRISSINO	0.002 m	84073408
BARCHESSA DI VILLA THIENE	0.011 m	11310506
PONTE TESINA	0.010 m	15537601
PONTE BASSANO	0.004 m	122958242

Tab. 2. Errore di allineamento per le nuvole dei cinque edifici rilevati

2.1 Solid image per la conoscenza e la tutela dell'architettura

Gli output più significativi che lo strumento propone, da acquisizioni siffatte, sono quelli offerti dalla combinazione di nuvola e foto. In ambienti come il TruView di Leica, la navigazione sferica in modalità tour virtuale, si

arricchisce delle informazioni metriche della nuvola su cui l'immagine fotografica (perfettamente allineata alla nuvola) viene spalmata in perfetta aderenza metrica e geometrica offrendo così una piattaforma contemporaneamente rivolta agli addetti e ai non esperti. L'utente si trova così immerso in un ambiente a realtà aumentata, poiché è in grado di avere una percezione e un'interazione con lo spazio circostante (misura e visione) assolutamente più amplificata, precisa e dettagliata rispetto al luogo reale.

Dal modello denso DDEM è possibile estrarre dati metrici ma anche fotografici per applicazioni altamente suggestive, pur nell'ambito del low cost. La disseminazione dei dati è altresì insita nelle applicazioni proprietarie (TruView), che generano in automatico file html, open source lato utente.

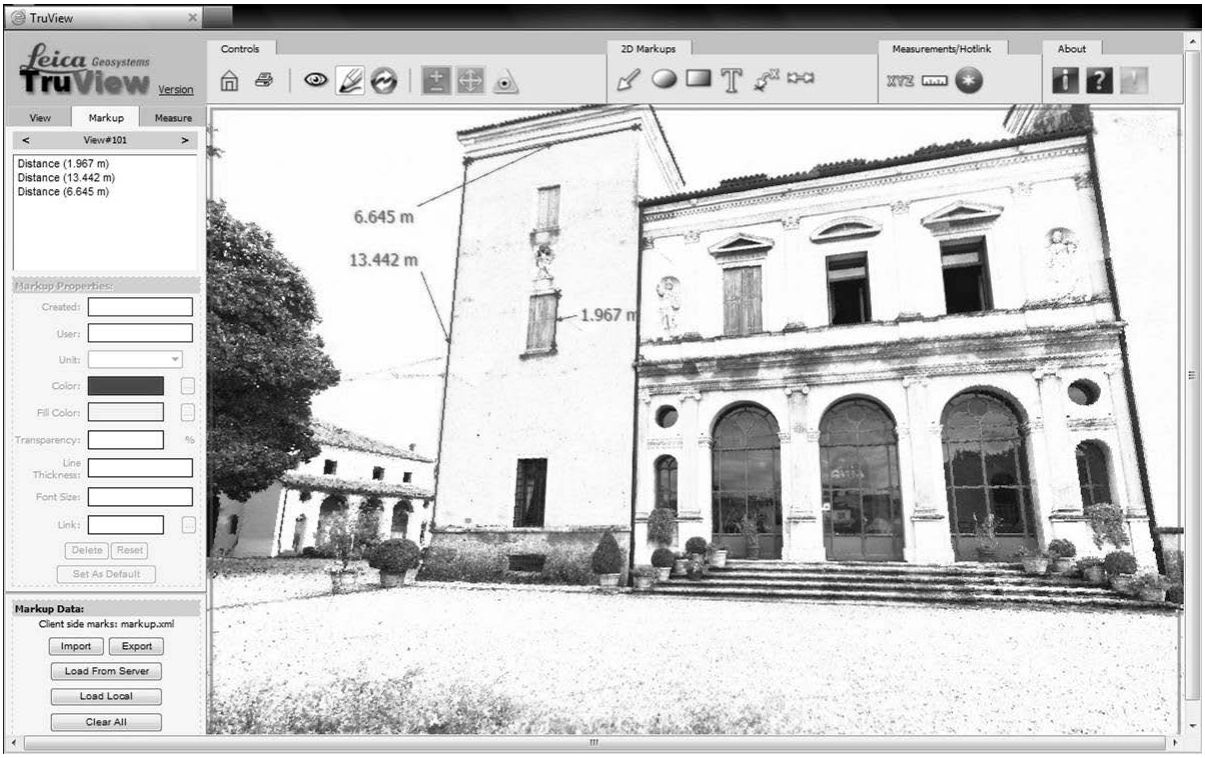


Fig. 2 Navigazione TruView di Villa Trissino Facchini

Inoltre, l'immagine solida, così definita da Bornaz-Dequal [3], in cui ad ogni pixel dell'immagine sono associate le coordinate spaziali del punto corrispondente nella nuvola, può divenire l'oggetto di rilevamento dei punti, analogamente a quanto già sperimentato ampiamente con la fotogrammetria sferica. Con l'uso di software diffusi come Pointcloud si può operare direttamente in restituzione 3D da immagine solida con la gestione della nuvola fuori da ambiente cad e un'ottima riconoscibilità delle geometrie e delle discontinuità sull'immagine ad alta risoluzione.

2.2 Realtà virtuale speditiva da panoramiche sferiche

Come già documentato dal nostro lavoro di ricerca, grazie all'importazione delle singole panoramiche (sempre generate dallo strumento Laser) all'interno di particolari software (es.: Tourweaver), di uso piuttosto immediato e flessibile, è possibile ricreare un modello navigabile assemblando le viste con planimetrie o disegni, ma anche inserire testi e finestre po-up di dialogo. Questo permette la costruzione di un modello virtuale interattivo low cost, che dà la possibilità di percorrere e percepire gli spazi senza l'onere di creare il vero e proprio modello tridimensionale.

Integrando poi diversi applicativi si può aggiungere completezza all'informazione, pur mantenendo i progetti facilmente divulgabili on line: ad esempio con l'uso di tassellatori (Zoomify) è possibile restituire immagini ad alta risoluzione solo se richiesto dall'utente, superando così i limiti imposti dalla risoluzione scelta per la panoramica. Questo garantisce la rappresentazione dei dati sugli edifici studiati, con la massima usabilità tramite sistemi user centered. La speditività di applicazioni come quelle proposte, viene ora potenziata dalla possibilità di acquisire nella fase di rilevamento anche una documentazione fotografica a panoramiche esaustiva dei manufatti. Per la navigazione e la realizzazione di scenari virtuali in DL web based, il formato esportabile mov o equirettangolare ha una risoluzione sufficiente (8192x4096 pix). Invece per la restituzione da panoramiche si è rivelata assolutamente insufficiente richiedendo l'elaborazione di una procedura appositamente messa a punto. Per poter sfruttare al massimo il dettaglio delle singole foto è stato necessario esportarle singolarmente e di conseguenza gestire manualmente il processo di stitching. Il panorama sferico così ottenuto ha una risoluzione 5 volte superiore a quello prodotto dagli automatismi dello strumento, con lo svantaggio della perdita degli stessi, ma limitando al massimo la permanenza in sito.

Dai panorami così ottenuti (ris. max 41580 x 20790 pix) si procede all'orientamento del modello attraverso uno specifico software (Sphera). La successiva restituzione per intersezione di rette proiettive dei punti e dei segmenti avviene in ambiente 3D creando file di output in dxf e, quindi, potendo pervenire direttamente ad un modello dwg in scala con l'utilizzo di un comune software Autocad. Per questa operazione è necessaria la collimazione di punti omologhi in almeno due panoramiche. La restituzione da panorami può essere fatta con comuni softwares commerciali (es. ImageModeler di Autodesk), tuttavia l'utilizzo di applicativi sviluppati appositamente hanno dimostrato di raggiungere precisioni tipiche dei sistemi monoscopici, cioè comprese tra 1/1000 e 1/500 della distanza oggetto fotocamera. Il modello speditivo BIM è stato ritenuto invece carente per la rappresentazione delle architetture palladiane, preferendo, come si vedrà, l'utilizzo della nuvola di punti e degli elaborati da essi derivabili.

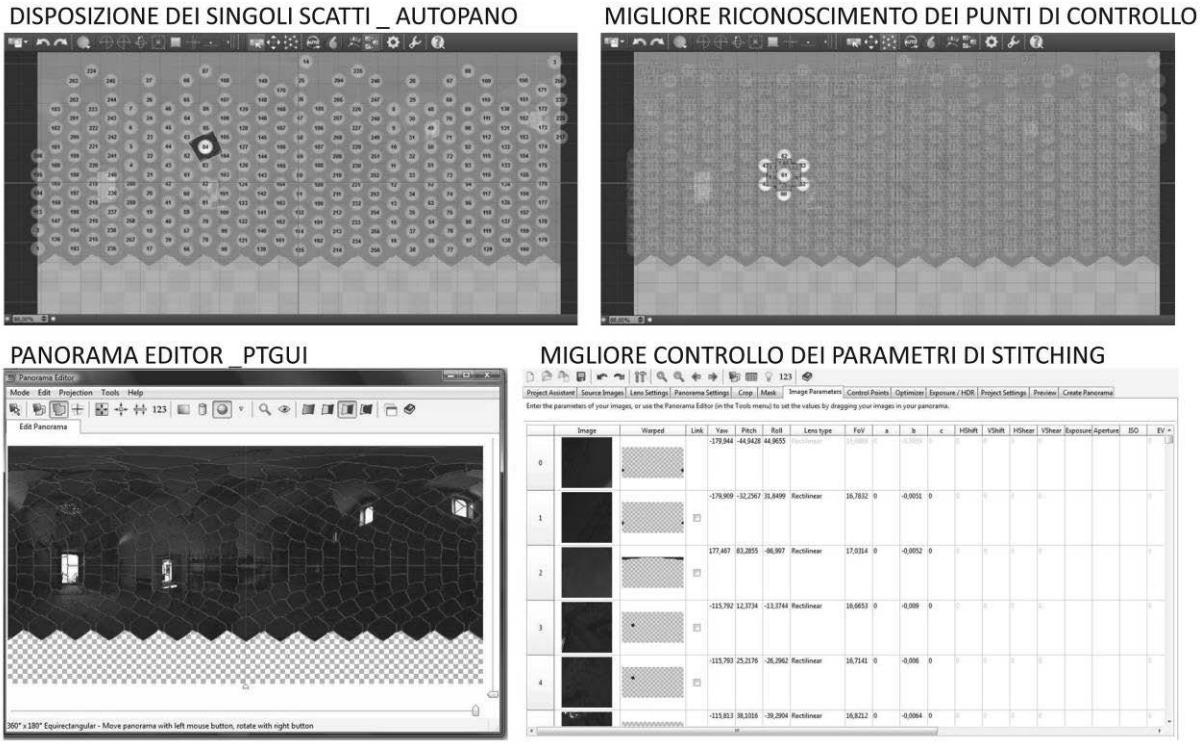


Fig. 3 Ottimizzazione dell'esportazione delle panoramiche da LS per la realizzazione della equirettangolare ad alta risoluzione (sw autopano Giga, PtGui)

2.3 Il modello denso per la realizzazione di elaborati 2D e 3D

Dalla nuvola ottenuta possono essere estratti numerosi profili nelle tre direzioni principali, utilizzabili per la creazione degli elaborati standard, e le ortofoto.

Fig. 4 Ortofoto estratta dalla nuvola di punti della facciata principale di Villa Trissino Facchini

Le planimetrie elaborate garantiscono una elevata accuratezza metrica e l'uso della nuvola opportunamente divisa permette un controllo istantaneo degli elementi rappresentati così da agevolare il lavoro dell'operatore. I dati acquisiti permettono di estrarre quelli che sono considerati output tradizionali, ma comunque imprescindibili per un approccio di conoscenza e ancor di più nell'ottica di elaborati finalizzati all'intervento di restauro.

Per la realizzazione dei modelli da rilievo della nostra unità si è scelto di utilizzare la nuvola di punti, senza mesh smooting e senza decimazione delle nuvole. Sono stati ritenuti inadatti alla realizzazione del modello geometrico anche le tecniche di reverse engineering della nuvola più diffuse. In ambiente Autocad 2011, con il plug-in Cloudworx, sono state effettuate le sezioni opportune della nuvola. La definizione degli elementi strutturali o formali principali è stata condotta attraverso i comandi di selezione in ambiente cad. Le sezioni orizzontali o verticali hanno permesso di determinare l'andamento delle geometrie principali.

Fig. 5 Modellazione in ambiente cad/cloudworx del Ponte di Bassano

Questa procedura associa ai vantaggi della accuratezza metrica e del controllo simultaneo della morfologia globale, gli indubbi svantaggi di scarsa riconoscibilità dei punti e una difficoltà legata al disegno tridimensionale di geometrie irregolari. Essi sono stati considerati comunque superabili alla luce dell'effettivo output atteso da questo lavoro, ovvero un modello geometrico accurato e dettagliato, con standard qualitativi elevati di dettaglio ma in qualche misura semplificato per la visualizzazione sul web (GE).

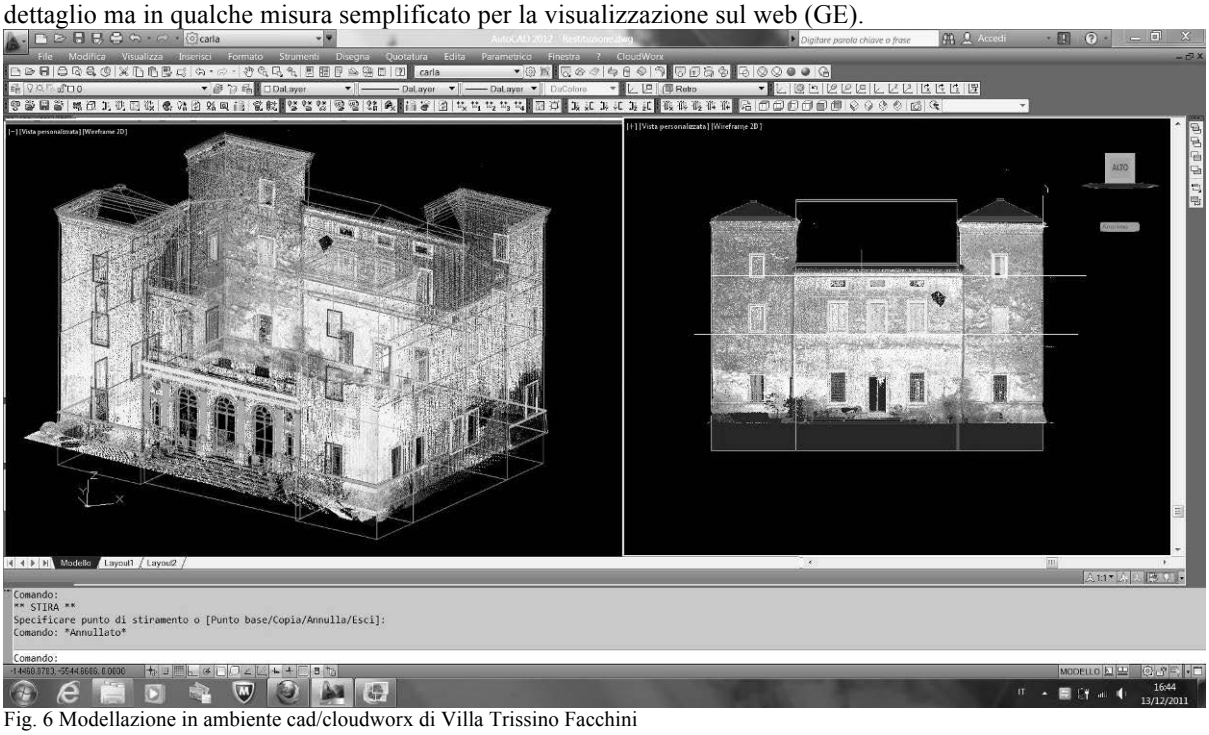


Fig. 6 Modellazione in ambiente cad/cloudworx di Villa Trissino Facchini

Inoltre con questo tipo di modellazione si è ottenuta la convergenza degli step di trattamento del modello, validando la procedura di rilievo monostrumentale proposta. In altre parole esiti del rilievo Lidar possono essere facilmente sistematizzati e trattati in DL web based come la Palladio Library, raggiungendo livelli iconici qualitativamente paragonabili alle ricostituzioni da rilievo storico.

Fig. 7 Modellazione in ambiente cad/cloudworx di Villa Trissino Facchini, verifica delle modanature

3. La filiera di realizzazione dei modelli

Gli esiti della campagna di rilievo qui documentata sono stati utilizzati per la realizzazione di 13 modelli di opere palladiane all'interno del progetto "Palladio Library": Otto come ricostruzione dei rilievi storici, già validati dal Cisa Palladio, e 5 modelli da rilievo in situ, per edifici non precedentemente documentati. Le due diverse basi di dati per la costituzione del modello tridimensionale, da una parte la nuvola di punti, ovvero un modello discreto ma estremamente denso di informazioni, dall'altra i disegni bidimensionali, non sufficientemente dettagliati e accurati, hanno permesso di sperimentare due diverse metodiche di modellazione. Infine la filiera ha dimostrato che è possibile, a valle della realizzazione del modello geometrico, utilizzare un'unica metodologia per il modello esportabile *.klmz.

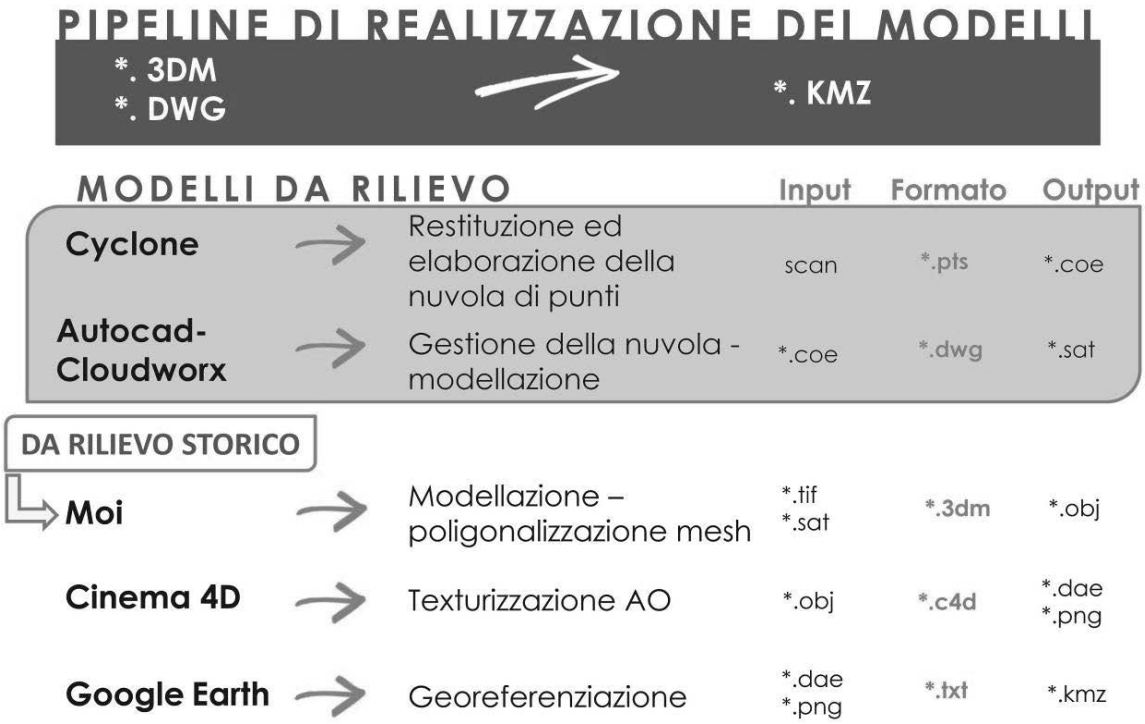


Fig. 8 Pipeline di realizzazione dei modelli dell'unità Univpm

La pipeline di modellazione si articola quindi nelle seguenti fasi:

1. Acquisizione dati metrici e formali edifici
   a. Da rilievo storico (TIF)
   b. Da scansione laser (PTS)
2. Modellazione
3. Poligonazione
4. Mappatura e ambient occlusion
5. Realizzazione KMZ
6. Posizionamento KMZ in GE

3.1 Modello geometrico

I modelli da rilievo sono stati realizzati in Autocad con il plugin Cloudworx di Leica, come precedentemente descritto. La restituzione delle modanature o dei decori, ordini capitelli ecc., è stata effettuata con il modellatore MOI 2.0.

Invece per i modelli di ricostruzione da rilievo storico si è utilizzato in toto il modellatore matematico per nurbs MOI 2.0, che permette la realizzazione di superfici perfettamente smussate e continue, facilmente controllabili e modificabili tramite control vertices (CV). Il modello è stato realizzato in cm, in considerazione dell'accuratezza dei rilievi forniti (1:50).

Per la modellazione dei capitelli e delle modanature, si è fatto principalmente riferimento alle tavole di Palladio contenute nei Quattro Libri. Si è verificata la documentazione fotografica costituente il corpus digitale del CISA, opportunamente integrata da prese fotografiche effettuate ad hoc. La costruzione delle modanature ha quindi seguito l'approccio progettuale palladiano nel rispetto delle proporzioni geometriche dovute ai canoni degli ordini, verificando dove possibile la replicabilità degli elementi.

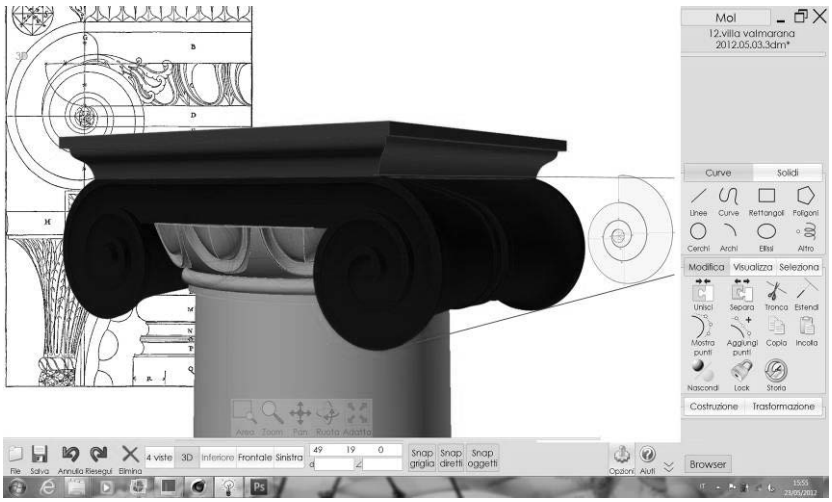


Fig. 9. Modellazione del capitello di Villa Valmarana a Lisiera.
Fig. 10. Render del capitello di Villa Valmarana a Lisiera

3.2 Poligonazione del modello, shape grammar e ambient occlusion

La poligonazione del modello geometrico è stata effettuata in MOI 2.0. La tassellazione ha richiesto una mediazione tra il tetto di poligoni ammessi da GE (21.845) e il livello di dettaglio scelto per la rappresentazione del modello. Poiché le decisioni determinate in questa fase definiscono la qualità della rappresentazione del modello, è stata operata una dettagliata suddivisione semantica con un conseguente aumento dei layer da esportare, al fine di ottenere una adeguata qualità del modello a mesh, pur garantendo una suddivisione congruente alla struttura dell'architettura palladiana.

Durante il processo di trasformazione vengono definiti i parametri di generazione dei poligoni: come parametro di controllo della poligonazione è stato utilizzato l'angolo massimo ammesso tra le normali alla superfice e l'angolo formato tra la superficie e ciascun poligono. Per ogni layer esportato non è stato mai superato il valore di 25°, considerato come valore di soglia per geometrie sufficientemente complesse. Questo valore numerico è compatibile con quanto definito come livello di dettaglio (LOD) high level per l'esportazione [4].

Al termine dell'operazione ogni layer viene salvato nel formato poligonale *.obj. L'Ambient Occlusion (AO), è stato realizzato con MAXON Cinema 4D. In Cinema vengono importati i vari layer *.obj e le linee, dopo averne definito i settaggi di scena. Attraverso il comando Fissa oggetto, il modello viene mappato con coordinate UV per crearne le texture relative ai singoli layer. I parametri utilizzati in Cinema per l'AO sono stati i seguenti:

Colore:	0 ➔245	Setting fissaggio	
Lunghezza Raggio min	0 cm	Ricostruisci e fissa	

Lunghezza Raggio max	3000 cm	Bordo Pixel	2
Campioni min	640	Profondità	8 bit
Dispersione	100%	Occlusione ambientale	
Precisione	100%		

Tab. 3. Settaggi AO in Cinema 4D

Sulla base della dimensione dell'oggetto all'interno della scena, è stata assegnata una texture delle dimensioni di 512x512, 1024x1024 oppure 4096x4096. Inoltre nel tentativo di contenere le dimensioni in termini di memoria senza però perdere alcuna informazione, le texture create hanno il formato *.png.

Completato l'Ambient Occlusing, vengono esportati i modelli in *.dae ed importati in Google Earth uno alla volta. Operativamente la scomposizione semantica dei modelli in membra architettoniche separate ed indipendenti viene così trasferita a GE, in formato Collada. Questo permette di importare livelli di dettaglio sufficienti ad applicazioni museali web based e agevola la lettura delle parti architettoniche all'interno dell'organizzazione gerarchica genitori/figli di GE.

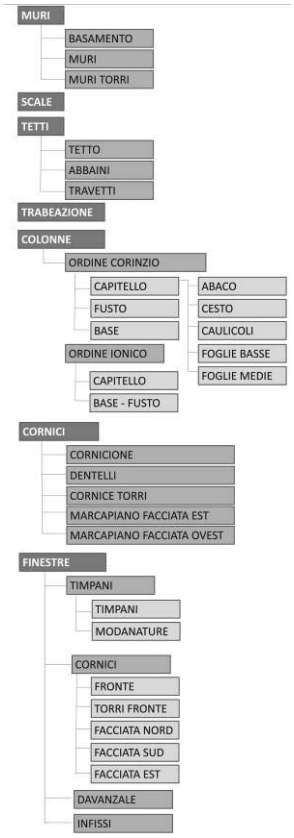


Fig. 11. Struttura semantica genitori/figli a quattro nodi, riferita a Villa Trissino Facchini
Fig. 12. Modello GE del Tempietto di Villa Barbaro

4. Conclusioni

Alla luce delle più recenti applicazioni nell'ambito dell'Architectural Heritage (AH) che propongono documentazione diffusa ed economica, il presente lavoro fornisce risposte esaurienti. L'approccio monostrumemntale lidar "all in one" al rilevamento tende a svincolarsi quanto più possibile dagli output attesi, a favore di campagne di documentazione esaustive. Gli esiti, in termini di modelli e rappresentazioni, rispondono agli standard qualitativi.

Il prodotto/modello dell'oggetto architettonico, dei suoi dettagli ed apparati decorativi, oppure di manufatti a forte caratterizzazione cromatica può essere ottenuto tramite la filiera di acquisizione sperimentata e validata nella presente ricerca.

Inoltre il lavoro qui documentato mostra la perseguibilità dei seguenti principali requisiti:

- Accuratezza metrica, materica, morfologica e cromatica del modello architettonico digitale 3d e 2d;
- Velocità ed economicità delle procedure di acquisizione dato, di image processing e di visualizzazione;
- Possibilità di una disseminazione web e disponibilità in reti museali minori per garantire un diffuso accesso al cultural heritage;

È dunque possibile realizzare un nuovo tipo di Immagine solida che amplifichi la qualità del dato contenuto, quanto a definizione cromatica, e ne estenda i campi di applicazione garantendo così l'assoluta qualità della sua percezione e correttezza semantica ai fini della disseminazione in contesti museali fisici e virtuali (DL).

L'innovazione proposta consiste nello sperimentare metodologie di acquisizione e integrarle con metodi di rilievo "tradizionali". Avendo così validato e verificato i presupposti operazionali:

- a.accuratezza geometrica e visiva dell'acquisizione e dell'immagine /modello ottenuta;
- facilità e velocità della procedura;
- low-cost

È quindi possibile oggi proporre campagne di rilievo per l'opera palladiana che, basandosi sull'approccio monostrumentale Lidar, conducano alla realizzazione di basi di dati di rilievo, non manipolati e non corrotti dalla soggettività della presa. Questi dati potranno, anche in tempi diversi, essere poi filtrati e scalati a seconda delle diverse esigenze di documentazione, rappresentazione, intervento di conservazione e restauro, comunicazione e musealizzazione.

La realizzazione di tali librerie digitali di AH e la loro effettiva usabilità in futuro passa ovviamente per ampie problematiche di conservazione del dato digitale e non può essere proposta se non in concomitanza di metodologie che prevengano opportunamente l'obsolescenza dei dati.

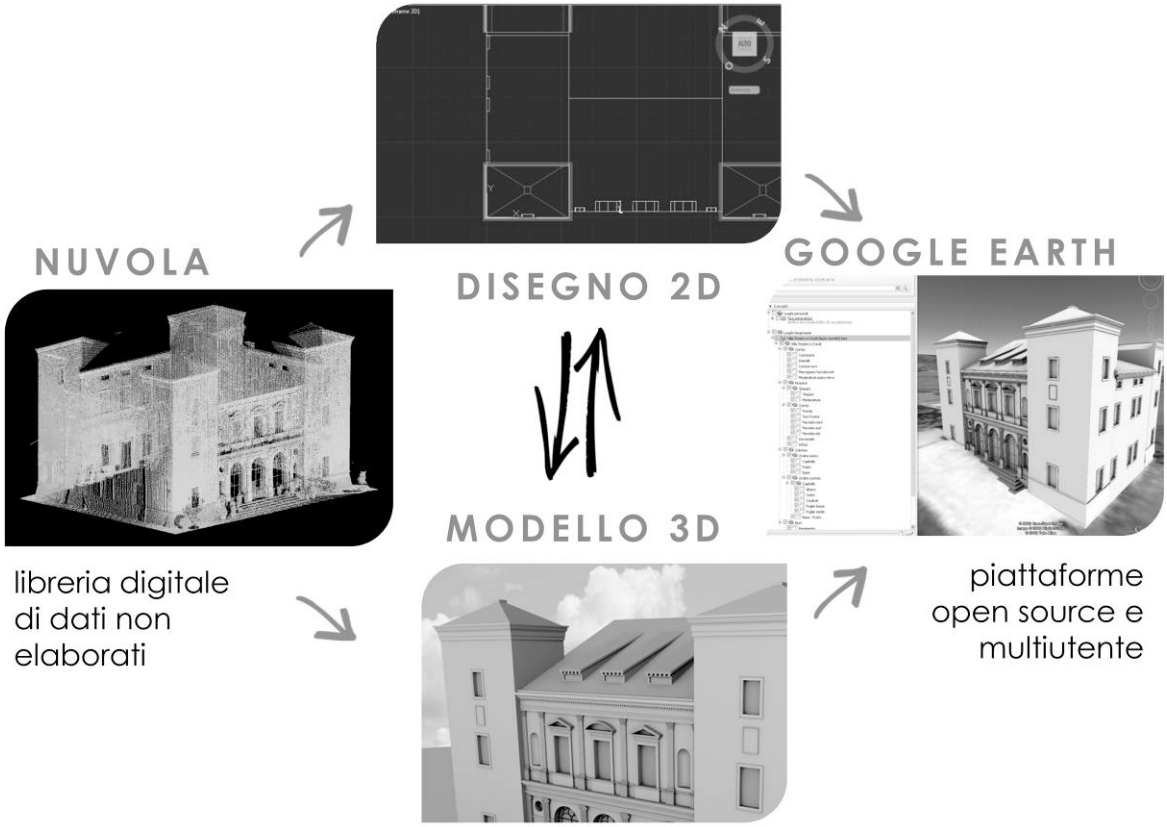


Fig. 13. Mappa concettuale della proposta di libreria digitale di AH

5. Bibliografia

[1] CLINI P., *Andrea Palladio. Per un catalogo critico dei rilievi. Storia e prospettive*, in AA.VV., Palladio 1508-2008. Il Simposio del Cinquecento, Marsilio Editore, Venezia, 2008 p. 405-412..

[2] BURNS, H., *La creazione di un'architettura sistematica e trasmissibile*, in G. Beltramini, P. Guidolotti, Andrea Palladio. Atlante delle architetture, Marsilio Editore, Venezia, 2000, pp. 3-9

[3] BORNAZ L., DEQUAL S. (2003). *A new concept: the solid image*. In: *International Archives CIPA* N°XIX-2003 Vol. 1 ISPRS Vol. XXXVI-5/C34. XIX in International CIPA Symposium, Antalia (Turchia), 30 settembre - 04 ottobre 2003. vol. 1, pp. 169-174, 2003, ISBN/ISSN: 975-561-245-9 / 0256-1840

[4] APOLLONIO, F. I., *Metodi di modellazione per la costruzione del geodatabase palladiano*, in AA.VV., *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Gangemi editore 2011, pp.129-143.

[5] APOLLONIO, F. I Gaiani, M., Baldissini, S., in *Construction, Management and Visualization of 3D Models for Cultural Heritage GIS Systems*, Digital Media and its Application in Cultural Heritage. AMMAN: CSAAR Press, p. 283 – 299.

[6] CINGOLANI E., FANGI G. (2011). *Spherical panoramas, and non metric images for long range survey, the San Barnaba spire, Sagrada Familia, Barcelona, Spain*. XXIII International CIPA Symposium, Prague 2011, ISBN: 978-80-01-04885-6;

[7] BIANCHINI C., SENATORE L.J. (2011). *Metodi speditivi per la visualizzazione ed esplorazione interattiva di nuvole di punti*. In: AA.VV., *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Ricerca PRIN 2007, ROMA: Gangemi Editore, pp. 53-57, 2011, ISBN: 978-88-492-2208-1;

[8] CLINI P., QUATTRINI R. (2011). *Le panoramiche sferiche per il rilievo e la comunicazione dell'architettura, un nuovo approccio alla realtà virtuale "speditiva"*. In AA.VV., *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Ricerca PRIN 2007, ROMA: Gangemi Editore, pp. 239-251, 2011, ISBN: 978-88-492-2208-1;

[9] RINAUDO F. (2011). *Geomatica e Archeologia*. In: *Metodologie e strumenti per la conservazione e il restauro*, NAPOLI: Genovese R.A. Arte Tipografica Editrice, pp. 353-368, 2011. ISBN: 9788864190525
[10] NEX F., RINAUDO F. (2011). *LiDAR or Photogrammetry? Integration is the answer*. In: *Rivista italiana di telerilevamento*, vol. 43 n. 2, pp. 107-121, 2011, ISSN: 1129-8596;
[11] RINAUDO F.,CHIABRANDO F., NEX F., PIATTI D. (2010). *Integration of TOF camera and multi-image matching approach for Cultural Heritage survey*. In: *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, vol. XXXVIII/5, pp. 143-148, 2010, ISSN: 1682-1777;
[12] BARAZZETTI L., FANGI G., REMONDINO F., SCAIONI M. (2010). *Automation in Multi-Image Spherical Photogrammetry for 3D Architectural Reconstructions* - The 11th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST - 2010, A. Artusi, M. Joly-Parvex, G. Lucet, A. Ribes, and D. Pitzalis (Editors), ISBN: 978-3-905673-76-0;
[13] FANGI G. (2010). *La Fotogrammetria sferica. Una nuova tecnica per il rilievo dei vicini* – PG.6-10 - Archeomatica, anno 1, n.2 Giugno 2010 ISSN: 2037 – 2485;
[14] SHAN J., TOTH C. K. (2009). *Topographic Laser Ranging and Scanning. Principles and Processing*. Taylor & Francis Group, LLC. LONDON: CRC Press. 2009, ISBN: 978-1-4200-5142-1;
[15] ADAMI A., GUERRA F., VERNIER P. (2009). *Laser scanner and architectural accuracy text*. In: XXI International CIPA Symposium, Athens 2001 – 06 ottobre 2007, Prooceedings, 2007, ISSN: 0256-1840;
[16] FANGI G. (2007). *The Multi-image spherical Panoramas as a tool for Architectural Survey* - XXI International CIPA Symposium, Athens 2001, ISPRS International Archive – vol XXXVI-5/C53 – ISSN 1682-1750 – CIPA Archives vol. XXI-2007, pp.311-316, 2007, ISSN: 0256-1840;
[17] RIZZI A., VOLTOLINI F., GIRARDI S., GONZO L., REMONDINO F. (2007). *Digital presentation, documentation and analysis of paintings, monuments and large cultural heritage with infrared technology, digital cameras and range sensors*. In: XXI International CIPA Symposium, Athens 2001, Prooceedings, pp.631-636, 2007, ISSN: 0256-1840;
[18] AGOSTO E., PICCO I., RINAUDO F. (2007). *The solid image web viewer: a new way for 3D survey data web fruition*. In: *XXI International CIPA Symposium*, Athens 2001, Prooceedings, 2007, ISSN: 0256-1840;

GRUPPO DI LAVORO
Responsabile Scientifico
Paolo Clini
Coordinamento operativo
Ramona Quattrini
Rilievi in situ
Paolo Clini, Gabriele Fangi, Luigi Sagone, Floriano Capponi, Carla Micozzi, Romina Nespeca, Livia Piermattei
Elaborazione modelli
Carlo Agostoni, con la coll. di Carla Micozzi e Lorenzo Duranti

RAPPRESENTARE PALLADIO

[1] **Livio Sacchi**
[1] Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti - Pescara, livio.sacchi@archiworld.it

Questo lavoro di ricostruzione grafica delle architetture di Andrea Palladio ci offre l'occasione per svolgere alcune considerazioni sul ruolo della rappresentazione dell'architettura, degli ordini classici e, più in generale, sul significato contemporaneo della lezione palladiana. Un lavoro di "smontaggio dell'oggetto architettonico, secondo le regole di una prassi tesa ad analizzare il significato delle parti che concorrono alla formazione del tutto; scomporre quest'ultimo per meglio descriverlo, ordinarlo, trovarne le regole di combinazione e trasformazione, ecc" [1]. Una pratica strutturalista e decostruttivista al tempo stesso, con tutte le ambiguità che il tormentato rapporto tra i due ambiti ha avuto e con la fortuna che tali ambiguità hanno apportato, soprattutto al secondo. "Lo scopo di ogni attività strutturalista, riflessiva o poetica che sia, è di ricostruire un 'oggetto', in modo da manifestare in questa ricostruzione le regole di funzionamento (le 'funzioni') di quest'oggetto. La struttura è dunque in realtà un "simulacro" dell'oggetto, ma un simulacro orientato, interessato, poiché l'oggetto imitato fa apparire qualcosa che restava invisibile, o, se si preferisce, inintelligibile nell'oggetto naturale. L'uomo strutturale prende il reale, lo scompone, poi lo ricompone; è ben poco, in apparenza (e c'è chi sostiene che il lavoro strutturalista è 'insignificante, privo d'interesse, inutile, ecc.'). Pure, da un altro punto di vista, questo poco è decisivo, perché tra i due oggetti, o i due tempi dell'attività strutturalista, si produce del 'nuovo' e questo nuovo è niente meno che l'intelligibile generale: il simulacro è l'intelletto aggiunto all'oggetto, e questa addizione ha un valore antropologico, in quanto è tutto l'uomo, la sua storia, la sua situazione, la sua libertà e la resistenza opposta alla sua mente dalla natura" [2].

1. La questione della rappresentazione

Rappresentare l'architettura di Palladio non è una semplice esercitazione accademica, né l'ostentazione di ciò che la grafica digitale è oggi in grado di produrre e nemmeno un esempio, fra i tanti, di quella ampia fenomenologia comunicativa che contraddistingue la scena culturale contemporanea, spesso deludentemente al di là degli effettivi contenuti. Si tratta, a ben guardare, di un'operazione ermeneutica, che ripercorre una metodologia - che è sempre stata e continua a essere - alla base di ogni autentica attività di conoscenza e divulgazione scientifica.

Prima di essere un problema per gli architetti, la rappresentazione costituisce un importante soggetto di speculazione filosofica. Sin dalle sue prime formulazioni, essa si identifica con il più generale problema della conoscenza e a essa è sempre sotteso il concetto di idea. Guglielmo di Ockam (1288-1349), nelle sue *Quaestiones in quattuor libros sententiarum* (Lugduni 1495), attribuisce alla rappresentazione tre significati principali: "In primo luogo, si intende con questo termine ciò con cui si conosce qualcosa e in questo senso la conoscenza è rappresentativa e rappresentare significa esser ciò con cui si conosce qualcosa. In secondo luogo si intende per rappresentare il conoscer qualcosa, conosciuta la quale si conosce un'altra cosa; e in questo senso l'immagine rappresenta ciò di cui è l'immagine, nell'atto del ricordo. In terzo modo s'intende per rappresentare il causare la conoscenza al modo in cui l'oggetto causa la conoscenza". Rappresentazione dunque come idea, come immagine, come oggetto stesso, come ri-presentazione e, in architettura, come descrizione grafica di un edificio, ma anche come "messa in scena", interpretazione, ermeneusi di un "testo" architettonico e soprattutto come espressione, esibizione, pro-posizione, nel senso del tedesco *vorstellen*, quasi pro-gettazione (da cui la tangibile ambiguità della distinzione fra disegno e progetto). Se nel concetto di rappresentazione è anche implicitamente presente l'aspetto di rituale ludico, ciò è vero soprattutto per la rappresentazione nell'arte. Alla base dell'arte c'è la *mimesis*, l'imitazione, che è rappresentazione e che - come ci ricorda Hans Georg Gadamer (1900-2002) - "in quanto rappresentazione, ha dunque una eminente funzione conoscitiva" [3]. "La rappresentazione resta dunque legata in un senso essenziale all'originale che si presenta in essa. Ma è di più che una semplice copia di quello. Che la rappresentazione sia un'immagine, e non l'originale stesso, non significa nulla di negativo, non è una diminuzione di essere, ma indica piuttosto una realtà autonoma. Il rapporto dell'immagine all'originale si presenta quindi in modo fondamentalmente diverso da quello che si verifica nel caso della copia. *Non si tratta più di un rapporto a senso unico.* Che l'immagine abbia una sua realtà significa, per l'originale, che proprio nella rappresentazione esso si presenta. Nell'immagine l'originale presenta sé stesso. Ciò non vuol dire necessariamente che esso abbia bisogno proprio di questa rappresentazione per manifestarsi. Si può presentare per ciò che è anche in modo diverso. Ma quando in tal modo si presenta, questo non è più un fatto accidentale, bensì appartiene al suo essere stesso. Ogni rappresentazione di questo tipo è un evento ontologico, e entra a costituire lo stato ontologico del rappresentato. Nella rappresentazione, questo subisce una crescita nell'essere, un aumento d'essere. Il contenuto proprio dell'immagine è definito ontologicamente come emanazione dell'originale" [4].

2. Il ridisegno degli ordini classici

Qual è il significato della riproposizione contemporanea del disegno degli ordini classici? Non certo quello di proporre oggi un'architettura "in stile". Solo parzialmente vale poi la volontà di sensibilizzare il pubblico palladiano nei confronti di un passato architettonico classico, rinascimentale e manierista, magari come complemento alla preparazione a possibili interventi sul nostro straordinario patrimonio storico. Il vero significato di un simile

esercizio, oggi reso ancor più immediato e affascinante dall'uso delle tecniche grafiche digitali, sta a nostro giudizio nella grande lezione compositiva che se ne ricava: il ridisegno degli ordini classici costringe ad approfondire, a valutare con grande attenzione, a distinguere fra il tutto e le parti e a metterli in relazione tra loro, a riflettere sui concetti di misura e di proporzione, a impegnarsi su alcune costruzioni geometriche, a valutare fattori estetici sottili e difficilmente comunicabili, a non considerare secondario il ruolo dei dettagli ecc. Si tratta, in una parola e molto semplicemente, di una grande lezione di architettura, forse della più grande lezione mai offerta dall'architettura italiana, resa - se è possibile - ancor più valida proprio dall'evidente livello di astrazione assicurato dalla distanza cronologica e culturale che ci separa oggi dal classicismo rinascimentale in generale e da Palladio in particolare. Lezione utilissima, infine, soprattutto nei casi in cui, come spesso è avvenuto dagli ultimi anni del secolo scorso in poi, la progettualità contemporanea, affascinata dal *free form design* e dalle possibilità rappresentative e conformative aperte dal digitale, punta a infrangere la regola (dal classicismo al razionalismo, in tutte le sue più diverse declinazioni): operazione di trasgressione che riesce solo a chi, conoscendo in profondità gli interni meccanismi della stessa regola, detiene una solida cultura tipologica, distributiva, compositiva, tecnica e costruttiva.

3. Il disegno e la circolazione delle idee di architettura

La circolazione delle idee di architettura è più rapida di quella dell'architettura vera e propria e la trattatistica, i disegni, i ridisegni e le operazioni come questa promossa dal CISA Andrea Palladio costituiscono un veicolo essenziale alla diffusione e all'esportazione della cultura architettonica. L'influenza della cultura architettonica italiana ha operato nel mondo soprattutto attraverso i metalinguaggi architettonici, attraverso cioè una o più idee di architettura, e segnatamente attraverso il sempre nuovo concetto di classicismo. Nel corso della straordinaria stagione in cui visse e operò Palladio, diversamente da quanto si verifica in altri, più recenti periodi della storia dell'architettura, il flusso degli scambi culturali è prevalentemente orientato dall'Italia verso gli altri paesi europei. Si tratta di un ambito, questo metalinguistico, che resta anzi a lungo di pertinenza quasi esclusiva degli italiani e che costituisce il momento fondativo delle analoghe, e spesso anche originali ma certamente più tarde, esperienze culturali nei principali paesi europei. Ancora va detto che la trattatistica architettonica assume importanza maggiore di quella relativa alle altre arti: "gli scrittori di architettura erano più inclini a sviluppare la loro esperienza in una completa *Geschichtkonstruktion* di quanto non lo fossero coloro che scrivevano di pittura e scultura, forse perché sia la novità sia le implicazioni classiche del nuovo stile erano tanto più evidenti in architettura che nelle arti figurative e, soprattutto, perché la presenza fisica degli edifici romani, ridotti a rovine dagli eventi del passato, ma pur sempre mediatori per il presente dello spirito di tale passato, rendeva così vivida l'impressione di decadenza e di rinascita [5]. A Palladio, in particolare, spetta un ruolo chiave nella propagazione della cultura architettonica nel resto d'Europa prima e del mondo poi. Non a caso i suoi *Quattro libri* prendono in esame esclusivamente i monumenti dell'antichità, con l'unica eccezione costituita dal tempietto del Bramante, la più classica fra le realizzazioni moderne. "Da soli gli edifici realizzati da Palladio sarebbero stati sufficienti ad assicurargli un posto nella storia dell'architettura… Ma ciò che gli garantì la sua fama e rese possibile il palladianesimo, fu la decisione di pubblicare la sua produzione architettonica e le sue idee" [6]. Il trattato costituisce insomma una specie di *thesaurus* da cui attingeranno per secoli i suoi seguaci, con un'influenza di tali "archeologiche" ricostruzioni particolarmente estesa in Inghilterra e, di qui, in tutta quella grande parte di mondo alimentata, nei secoli successivi, dalla cultura inglese. Da Thomas Jefferson (1743-1826), terzo presidente degli Stati Uniti, che all'età di ventidue anni ne aveva già acquistato una copia nell'edizione pubblicata nel 1721 da Giacomo Leoni, a Peter Eisenman, che sui Palladio diagrams ha alimentato una parte significata del proprio percorso ermeneutico e compositivo e i cui *Diagram Diaries*, pubblicati a New York nel 1999, concludono, simbolicamente, oltre quattro secoli di ricerche [7].

4. Bibliografia

[1] R. De Fusco, *Segni, storia e progetto dell'architettura*, Laterza, Roma-Bari 1973, p. 134.
[2] R. Barthes, *L'attività strutturalista in Saggi critici*, Einaudi, Torino 1966, p. 246.
[3] H.G. Gadamer, *Verità e metodo*, Bompiani, Milano 1983, p. 147.
[4] H.G. Gadamer, op. cit., pp. 174-175.
[5] Erwin Panofsky, *Rinascimento e rinascenze nell'arte occidentale*, Feltrinelli, Milano 1991, p. 38.
[6] R. Tavernor, *Palladio and Palladianism, Thames & Hudson*, London-New York 1991, p. 110.
[7] P.Eisenman, *Diagram Diaries, Universe*, New York 1999.

I modelli digitali sono stati elaborati all'interno del Laboratorio di Disegno del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti - Pescara dagli architetti Alessandro Basso, Carmela Casulli, Davide Lombardi, Luigi Valentino Losciale, Alessia Maiolatesi, Massimiliano Mazzetta e Roberto Splendiani con il coordinamento di Caterina Palestini e Livio Sacchi.

UNA COLLEZIONE DI ARCHITETTURE DIGITALI: I MODELLI TRIDIMENSIONALI DELLE CHIESE DI ANDREA PALLADIO A VENEZIA

[1] **Malvina Borgherini,** [2] **Emanuele Garbin,** [3] **Camillo Trevisan**
[1] Università Iuav di Venezia, borgheri@iuav.it
[2] Università Iuav di Venezia, egarbin@iuav.it
[3] Università Iuav di Venezia, trevisan@iuav.it

1. Il modello delle quattro chiese

1.1 Rilievo e restituzione fotogrammetrica

In occasione del quinto centenario della nascita di Andrea Palladio l'Università Iuav di Venezia ha sviluppato uno specifico progetto, confluito poi in una mostra, mirato al rilievo e allo studio delle facciate delle quattro chiese palladiane di Venezia: San Francesco della Vigna, San Pietro di Castello, San Giorgio Maggiore e Redentore[1]. L'obiettivo principale era di poter confrontare tra loro le diverse soluzioni di facciata, potendo contare su basi sicure e coerenti, ottenute con metodi avanzati e con strumenti tra i più precisi oggi a disposizione.

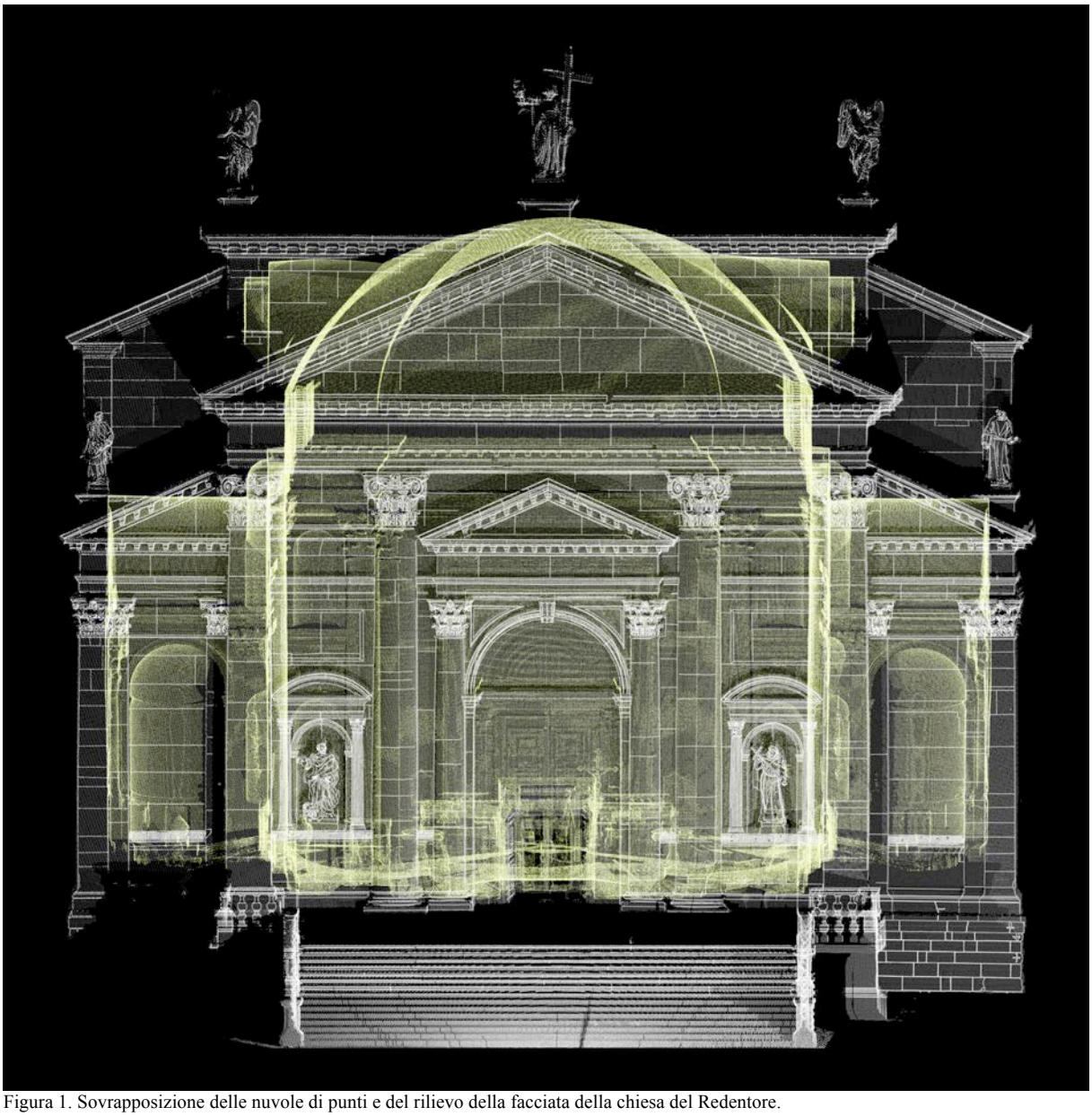


Figura 1. Sovrapposizione delle nuvole di punti e del rilievo della facciata della chiesa del Redentore.

I dati raccolti ed elaborati in quell'occasione hanno consentito anche la creazione di dettagliati modelli tridimensionali digitali delle facciate, aprendo pertanto la possibilità a diverse applicazioni: dalla navigazione

interattiva in Google Earth, alla realizzazione automatica di modelli fisici, ad altre soluzioni introdotte in questo articolo.

Il rilievo fotogrammetrico delle chiese, condotto dal Laboratorio di Fotogrammetria del Sistema Laboratori Iuav, ha richiesto l'uso di varie attrezzature: camera metrica Wild P31, Rollei Metric 6006 e 6008 Phase One con 45 mm, Nikon D3x con ottiche calibrate, laser scanner Riegl LMS-Z360i. Il ricoprimento di ciascuna facciata ha previsto dai 15 ai 18 modelli fotogrammetrici. Per ottenere dei modelli numerici completi sono state realizzate 4 scansioni esterne e 2 interne per San Francesco della Vigna, 5 esterne e 3 interne per il Redentore, 5 esterne e 5 interne per San Giorgio Maggiore, 3 esterne e 3 interne per San Pietro di Castello. Per le scansioni degli esterni è stato adottato un passo angolare di 0,02 deg, di 0,035 deg per gli interni. Di ogni chiesa si è quindi ottenuto un modello numerico costituito da circa 10 milioni di punti. Dall'insieme di questi dati è stata poi prodotta una restituzione fotogrammetrica in scala nominale 1:50.

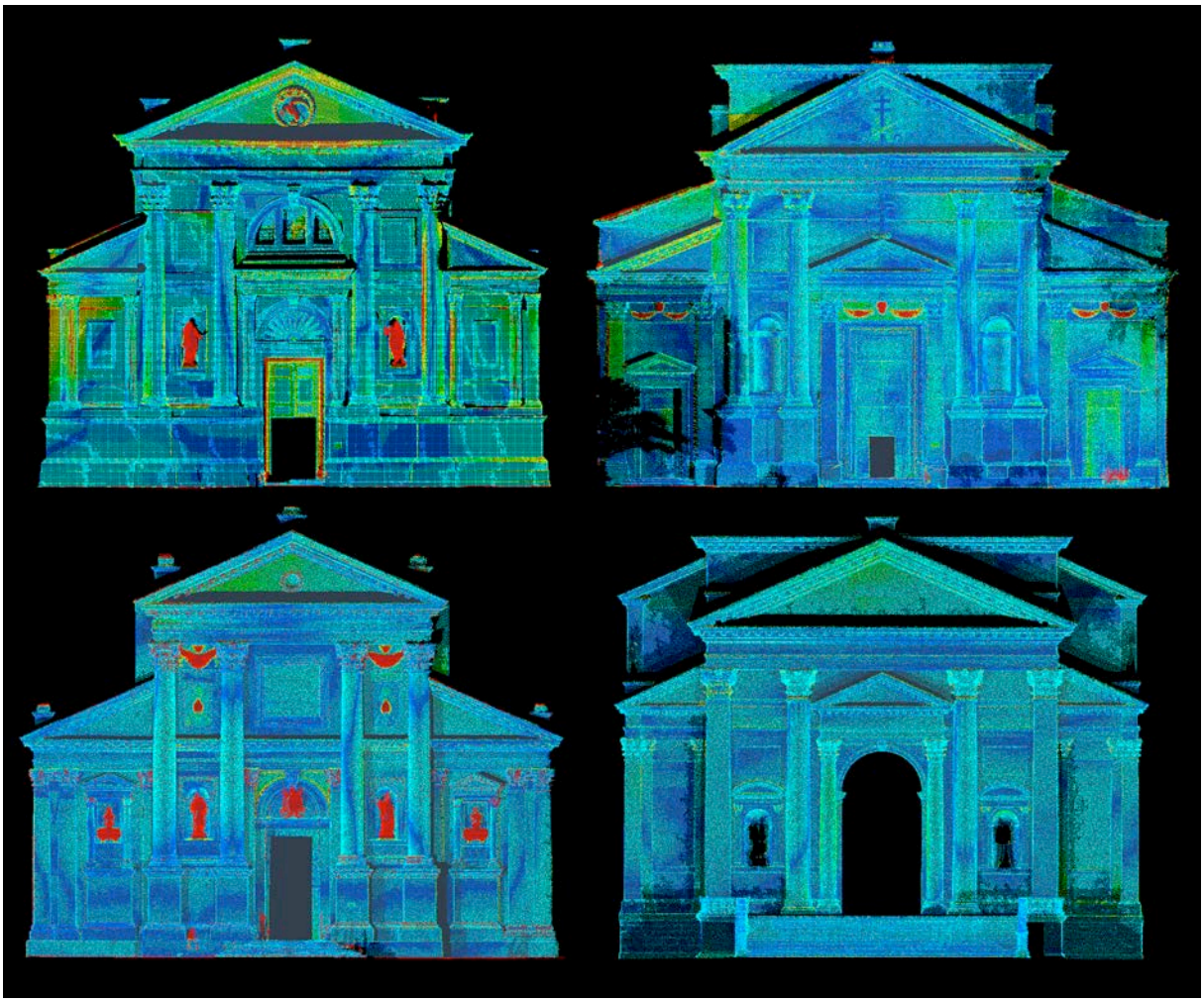


Figura 2. Confronto, non in scala, tra nuvola di punti rilevati e modello ideale regolarizzato, in falsi colori, con le varie sfumature di blu/azzurro che indicano distanze comprese tra 0 e 4 cm, i verdi tra 5 e 8, i gialli/arancio tra 9 e 12, fino ai rossi che indicano distanze maggiori di 12 cm. Le immagini evidenziano qualche cedimento strutturale (in San Francesco della Vigna) e più in generale alcune probabili imprecisioni costruttive e degradi (naturalmente valutando anche che in quei dati è sempre presente l'incertezza di misura). Da notare che le statue e i festoni, non essendo state modellati, risultano naturalmente in colore rosso, così come le cornici delle porte e le ombre delle persone presenti davanti alle chiese durante le scansioni laser. Da sinistra a destra, dall'alto in basso: San Francesco della Vigna, San Pietro di Castello, San Giorgio Maggiore, Redentore.

1.2 Modellazione digitale 3D delle facciate

A partire dalle restituzioni fotogrammetriche e dai modelli numerici costituiti dalle nuvole di punti (fig. 1) si è quindi proceduto alla creazione dei modelli digitali 3D, utilizzando il software Rhinoceros, con azioni di modellazione di rivoluzione ed estrusione di profili, *loft* su curve di sezione e *sweep,* o scorrimento di sezioni, lungo uno o due percorsi.

La principale difficoltà presente in questa fase era data non tanto dal dover dare forma tridimensionale compiuta a cornici, capitelli, colonne e volute (guidati in questa fase soprattutto dalla indispensabile restituzione fotogrammetrica, oltre che dai numerosi punti rilevati), quanto piuttosto dalla necessità di costruire un modello ideale regolarizzato. Vale a dire che, nei modelli prodotti, i capitelli, le colonne, le basi dei vari ordini sono tutti uguali tra loro, così come le cornici sono a profilo costante, i dentelli a passo uguale, gli intercolumni regolarizzati e così via. Naturalmente facendo in modo da rendere minime le differenze tra il modello ideale, regolare e ordinato, e il modello reale, quello dato dalla nuvola di punti e dalla restituzione fotogrammetrica, necessariamente

affetto da errori costruttivi, cedimenti strutturali e degrado dovuto ai secoli, oltre che dall'incertezza di misura. Al riguardo, è stato messo a punto un apposito software che individua le distanze tra i punti rilevati e le superfici del modello 3D (fig. 2). Si è pertanto perseguita la ricerca del progetto originario, libero da imprecisioni costruttive, cedimenti e danneggiamenti successivi alla costruzione.

1.3 Creazione dei modelli per Google Earth

Il passaggio dal modello appena descritto – del tutto consistente e connesso, aperto a svariati usi, tuttavia 'pesante' e gestibile solo da specifici software CAD per la sua natura intrinsecamente complessa di modello matematico, descritto non per punti e linee ma per mezzo di curve e funzioni geometriche 3D – a un modello esplorabile interattivamente in Google Earth, ha comportato anzitutto la trasformazione del modello matematico in modello numerico, vale a dire in un insieme di facce triangolari derivate dalle funzioni geometriche. Si è quindi reso necessario un rilevantissimo abbattimento del numero di poligoni triangolari che descrivono il modello; abbattimento tuttavia fortemente mirato a mantenere le caratteristiche geometriche fondamentali degli elementi architettonici che il modello descrive. Per fare un solo esempio, se il modello matematico della facciata di San Giorgio è composto da un numero teoricamente infinito di facce e il suo modello numerico completo è composto da circa 6 milioni di triangoli, il modello ridotto, utile per Google Earth, è formato da sole 570.000 facce triangolari (figg. 3-5).

Figura 3. Particolare della facciata della chiesa di San Giorgio Maggiore. Confronto tra il modello numerico esteso (a sinistra) e modello ridotto per Google Earth (a destra). Si noti la diversa densità di facce (soprattutto nel capitello, nella nicchia e nelle parti piane) e la resa quasi identica del rendering, nonostante il modello di destra sia caratterizzato da un numero di facce pari a circa un decimo rispetto al modello di sinistra.

Questo punto si è confermato essere uno dei passaggi più difficoltosi dell'intero iter: infatti, se, ad esempio, una colonna è facilmente descrivibile, geometricamente, come il risultato della rivoluzione completa di una sua sezione verticale attorno al proprio asse, quanti triangoli la possono rappresentare in modo compiuto? La prima versione, quella geometrica, posto che la sezione sia anch'essa descritta geometricamente, è del tutto indipendente dalla scala di rappresentazione, così come una sfera, descritta geometricamente come luogo degli infiniti punti equidistanti dal centro, rimane tale qualsiasi sia la sua grandezza. Ma se la sfera, o la colonna, è descritta per mezzo di triangoli, se dunque il modello da matematico-geometrico diviene numerico, tutto cambia e il numero di poligoni deve essere variato in relazione alla grandezza dell'oggetto. Questa semplice realtà diviene ancora più pressante se, come nel nostro caso, non è possibile definire a priori i punti di vista dai quali l'osservatore vedrà l'oggetto. Per definizione, infatti, un modello esplorabile interattivamente potrà essere osservato da qualsiasi punto libero nello spazio, persino da pochi centimetri. Questo comporta che tutte le parti del modello dovranno essere rappresentabili in modo corretto e completo, indipendentemente dalla scala di rappresentazione e dalla direzione di vista. Pertanto, ciascun particolare architettonico è stato analizzato singolarmente e ha ricevuto una riduzione *ad hoc*. Tuttavia, poiché ciascun oggetto è fisicamente connesso con i suoi vicini – nella realtà, spesso, costituendo con essi un corpo unico – , la riduzione è stata necessariamente operata anche in funzione della natura architettonica dell'elemento considerato. Così, ad esempio, i capitelli, le colonne, i timpani, i basamenti e così via, sono stati considerati come un tutt'uno e in tal modo sono stati memorizzati in forma digitale. Questo permette anche di esplorare singole membrature architettoniche, semplicemente 'accendendo' o 'spegnendo' il loro riferimento nel menu (figura 6).

Come ulteriore avanzamento si è anche fatto in modo di rappresentare gli oggetti in semitrasparenza, ad esempio per mettere in evidenza sezioni orizzontali o verticali delle facciate. Inoltre, poiché ciascuna facciata è caratterizzata da una collocazione spaziale univoca, così come ciascun elemento della facciata stessa, è anche possibile percepire l'intera facciata come supporto 'geografico' per richiedere informazioni specifiche, relative ad un elemento piuttosto che un altro, non a partire dal riferimento nominale presente nel menu ma direttamente eseguendo un click del mouse sull'oggetto stesso.

In conclusione, mentre i modelli matematici delle facciate ben si adattano ai più svariati utilizzi, tuttavia di norma associati a specifici software professionali, i modelli semplificati per Google Earth, ricavati dai precedenti e pur nella loro 'leggerezza', aprono infinite possibilità di fruizione interattiva, potendo rappresentare qualsiasi vista, con buona qualità, a circa 30 fotogrammi al secondo.

Figura 4. Prospetti, non in scala, delle quattro facciate. Rendering dei modelli per Google Earth: San Francesco della Vigna, con 502.000 poligoni triangolari; San Pietro di Castello, con 406.000; San Giorgio Maggiore, con 573.000; Redentore 595.000. I rendering e la creazione delle *texture* utili per l'esplorazione interattiva sono stati eseguiti con Cinema 4D con *Ambient Occlusion*.

2. Il contesto attuale e potenziale dei modelli

L'architettura di Palladio, in gran parte realizzata per una cerchia di committenti che desidera 'segnare' il territorio urbano e suburbano con forti elementi celebrativi, si caratterizza per l'utilizzo di un proprio linguaggio che reinterpreta quello degli antichi. La nuova articolazione linguistica, che Palladio consolida grazie ad un lungo lavoro di analisi, rilevamento e disegno di manufatti antichi e moderni, confluisce nel progetto che più di ogni altro diffonderà nel mondo la sua opera: *I Quattro Libri dell'Architettura*.

Se pensiamo alle chiese veneziane di San Francesco della Vigna o di San Pietro in Castello si incrociano e si moltiplicano davanti ai nostri occhi, come spesso accade nel ripercorrere le fasi di genesi e sviluppo di un'architettura, un numero incredibile di storie materiali e immateriali. Ne sono un esempio il progetto della facciata di San Francesco della Vigna, commissionata dal patriarca Giovanni Grimani e realizzata da Andrea Palladio, che si inserisce sulla ricostruzione cinquecentesca della chiesa voluta dal doge Andrea Gritti e affidata a Jacopo Sansovino; oppure la lunga serie di rifacimenti della chiesa di San Pietro di Castello – per il cui progetto di facciata nel 1558 Palladio riceve l'incarico, portato a termine quarant'anni dopo da Francesco Smeraldi – che continua con la ricostruzione complessiva dell'interno, distrutto da un incendio nel XVII secolo. Fili sottili connettono inoltre forme e tecniche costruttive che dai disegni di edifici romani rilevati da Palladio[2] riaffiorano con evidenza nelle due facciate veneziane; o riemergono dal secolo XVIII in edifici e chiese anglosassoni, sull'onda della stampa e diffusione in Inghilterra delle prime traduzioni dei *Quattro Libri* o delle diverse e frammentarie campagne di rilevamento[3].

Un così ricco patrimonio di storie e oggetti che provengono dal passato ma continuano a vivere nel presente, e un'opera – come il trattato di Palladio – che aspira alla completezza senza però farsi limitare da chiusure che la renderebbero sterile, sono oggi, nell'epoca del compiuto dominio della tecnica, ingredienti preziosi per

approfondire una riflessione sulle nuove metodologie da applicare all'uso del disegno, da intendersi non solo come strumento di comunicazione ma anche e soprattutto come modo per conoscere e interrogare le cose.

Alcune veloci considerazioni sul progetto PALLADIOlibrary suggeriscono potenziali successivi sviluppi in questa direzione[4]: i modelli digitali delle architetture di Palladio, inseriti nel DTM di Google Earth, diventano immediatamente fruibili mettendo a disposizione di chiunque una notevole quantità di dati provenienti da fonti eterogenee, prima precluse a un pubblico di non specialisti; le architetture palladiane possono essere facilmente messe a confronto tra loro, possono relazionarsi con il territorio e con le attività produttive che negli ultimi decenni ne hanno fortemente modificato l'aspetto, possono essere commisurate a differente e inesplorata documentazione; la semplificazione e l'uniformazione di dati corrispondenti a elementi architettonici – operazioni necessarie alla realizzazione e al successivo inserimento di modelli digitali 'leggeri' nel DTM – presuppone un'esperienza nell'elaborazione di un pensiero progettuale, una conoscenza storico-architettonica e una capacità di selezione di elementi gerarchicamente collocati, oltre ad un'ovvia competenza tecnico-strumentale.

Su quest'ultimo aspetto vale la pena soffermarsi in relazione alla possibilità di ampliare le funzioni di una mediateca che da semplice strumento informativo, potrebbe diventare un'innovativa piattaforma per la didattica e la ricerca.

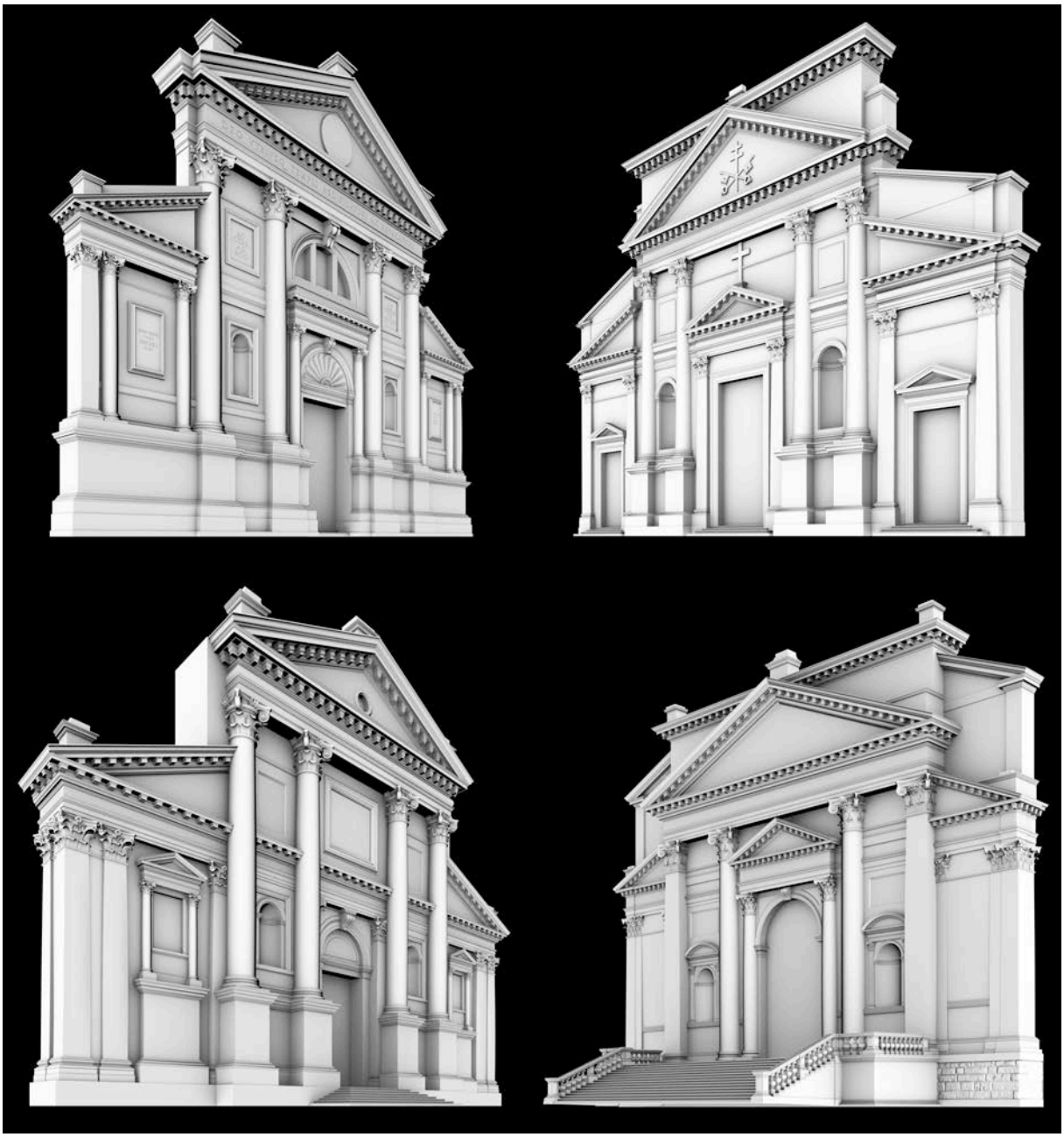


Figura 5. Prospettive delle quattro facciate. Rendering con *Ambient Occlusion* dei modelli per Google Earth.

La soggettività di un'operazione di selezione e composizione dei dati – richiesta dall'elaborazione di ogni forma di rappresentazione o di qualsivoglia singola scelta progettuale – può essere esercitata in modi e tempi di-

versi, derivare da differente preparazione culturale, da maggiore o minore esperienza tecnica, dar luogo a risultati banali o interessanti, rimane comunque uno degli elementi cardine nel processo di apprendimento, sia visivo-sensoriale che logico-deduttivo.

Come Palladio nei *Quattro Libri* riporta formule costruttive ed esempi di soluzioni progettuali, schematicamente semplificati, senza spiegare poi – da ottimo insegnante – come lui stesso forzi e modifichi le proprie regole nella realizzazione dei suoi edifici, così in una contemporanea interfaccia pensata per diffondere (e comprendere) un sapere tecnico possono coesistere istruzioni e regole precise assieme agli spazi in cui esercitare, guidati, quegli ampi margini di indeterminatezza tipici del pensiero progettuale[5].

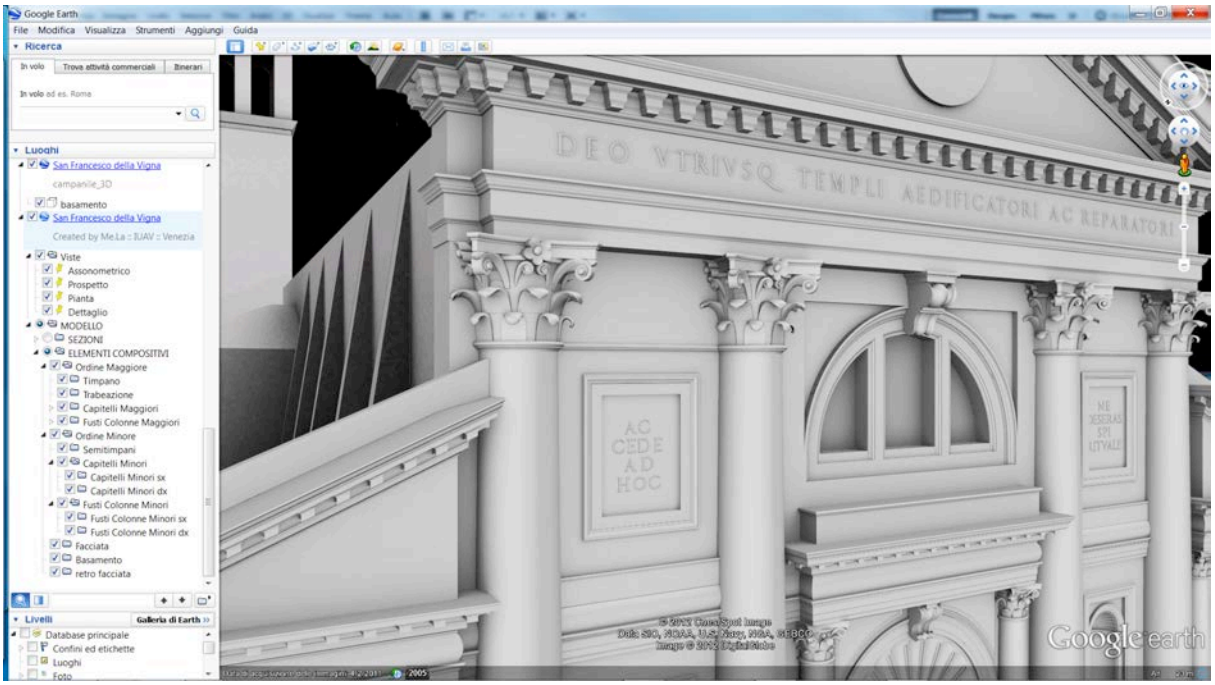


Figura 6. Cattura schermo da Google Earth di una veduta della chiesa di San Francesco della Vigna.

3. Il 'dominio' palladiano

3.1 Domini reali e virtuali

L'esporre in rete una collezione di immagini e modelli di architetture palladiane sembra un'operazione valutabile per lo più solo in rapporto alle nuove condizioni di visibilità e accessibilità che si vengono a creare per questi particolari contenuti. Si possono però anche scoprire delle analogie, ovvero una certa conformità, tra il mondo della rete e quello che potremmo definire 'dominio palladiano', cioè quella vasta ed eterogenea collezione di architetture, luoghi e documenti riferibili direttamente o indirettamente all'opera di Andrea Palladio. Sospendendo temporaneamente il giudizio su quello che può sembrare un confronto arbitrario, possiamo guardare a questo dominio come ad un mondo ampio e vario, paragonabile ad una partizione della rete, e provare a descrivere alcune sue generalissime caratteristiche.

Quel che si può dire subito è che questo mondo è fatto di luoghi reali e luoghi virtuali contigui o separati, cioè di architetture costruite in Italia, in Europa e nelle Americhe, dei paesaggi urbani e agrari che di quelle architetture sono il contesto, di innumerevoli collezioni di disegni e di modelli materiali, e poi ancora di tutte le pertinenze e le estensioni immaginarie dell'utopia palladiana. La forma di questo dominio è quella di una scena composita o di uno strano edificio fatto di 'stanze' collegate da porte e passaggi che annullano la distanza e il tempo. Nel suo *Don Giovanni* Joseph Losey ha immaginato un paesaggio palladiano fatto di sale, cortili, scorci della campagna e della laguna veneta tenuti assieme dal montaggio cinematografico ma altrimenti separati nella realtà[6]. Quando Leporello si rifugia dietro le quinte del teatro Olimpico è come se fosse entrato in una città sottoposta ad un incantesimo geometrico e alla fine trova una via di fuga che è un 'portale' o un passaggio ad un'altra 'stanza' e a un'altra scena.

Il dominio palladiano è un territorio a suo modo abitabile, tanto nella porzione reale quanto in quella virtuale. Un luogo in cui ci si può trattenere a lungo e anche perdersi o nascondersi. Quanto lo statuto di realtà di questo mondo sia incerto lo si sperimenta ogni volta che viene allestita una mostra su Palladio nei luoghi del Palladio: in queste occasioni l'architettura reale dei palazzi e delle ville, i modelli in scala, i disegni e i libri, ora anche i modelli digitali formano un unico paesaggio composito. Nella grande mostra allestita nel 1973 all'interno della basilica di Vicenza decine di modelli delle opere costruite o progettate da Palladio componevano una città ideale, un territorio frammentario eppure unico e praticabile, in diretta relazione visiva e spaziale con le logge della basilica e i palazzi realmente costruiti dallo stesso architetto[7].

Il passaggio dalle regioni reali a quelle virtuali è possibile in forza di un atto di immedesimazione e l'immedesi-mazione è favorita soprattutto da una continuità luminosa, da una luce che penetra allo stesso modo le fabbriche reali, i modelli e i disegni. Ci si può limitare a due esempi di questa particolare disposizione assecondata dalla luce. Le foto di un modello esposto alla mostra del 1973 - quello di palazzo Porto Festa - mostrano lo spaccato del cortile ricostruito secondo il progetto pubblicato nei *Quattro Libri dell'Architettura*[8]. La luce - naturale, artificiale? - illumina gli elementi del palazzo in miniatura allo stesso modo di quelli del palazzo reale: scorre sui fusti lisci delle colonne dell'ordine gigante, si rompe sui capitelli compositi, sulle cornici e le balaustre, consuma i profili delle statue dell'attico. Lo sguardo passa dalle parti più illuminate a quelle più buie e misteriose, è attratto prima all'interno del cortile, poi dentro le logge e le stanze. Il punto di vista si proietta sul punto di mira e chi guarda si immedesima in un minuscolo abitante del modello. Qualcosa di simile prova anche chi guarda molti disegni di Palladio, in particolare le sezioni delle ricostruzioni del tempio della Fortuna di Palestrina o del teatro romano di Verona[9]. Qui la luce è quella dello sfondo che è anche un cielo uniforme, e in quella luce lo sguardo sale rampe e gradonate fino a fermarsi nel portico luminoso del tempietto sommitale.

Come altri mondi reali e virtuali quello palladiano si differenzia e si accresce nel tempo. Gli stessi processi di digitalizzazione sono una delle forme, forse quella più appariscente, di questa espansione. Anche se si può dire conclusa la fase edificatoria del palladianesimo e del neopalladianesimo l'interpretazione di quest'opera, per quanto riesce a tradursi in originali atti ermeneutici, continua a produrre quello che si può considerare un vero e proprio 'aumento d'essere'[10]. Il dominio palladiano, così come lo intendiamo qui, sembra poi avere una propria particolare forza produttiva, e questa forza si può spiegare anche con la sua stessa misura di mondo, con il desiderio di una compiutezza e una totalità a cui è impossibile corrispondere fino in fondo.

L'archivio delle opere e dei titoli riferibili all'architettura di Palladio è sterminato e ingombrante, si potrebbe dire geografico come il catalogo delle conquiste di Don Giovanni. Nel suo film Losey mette in relazione i due domini, quello delle conquiste del protagonista e quello delle fabbriche palladiane, sovrapponendoli in un'unica immagine: Leporello srotola quel catalogo sulla scalinata di villa Capra, di quella Rotonda che si può immaginare - Palladio stesso a volte lo fa - come il centro di un paesaggio architettonico in illimitata espansione.

A provocare l'accrescimento continuo del dominio palladiano non è solo questo desiderio di totalità ma anche un'intima condizione di squilibrio, che è della sua architettura ma anche di tutta l'architettura. Una fondamentale asimmetria è innanzitutto in quello che si può definire il metodo progettuale palladiano, in un approccio che presuppone costantemente l'esistenza di una regola - da riscoprire o da reinventare - e però poi a quella regola è irriducibile perchè sempre la confuta e la supera. Quest'asimmetria è la prima ragione di tutte le incongruenze tra le opere costruite e i disegni e tra i disegni stessi, ed è la causa di innumerevoli tentativi di giustificazione o correzione e quindi di una sterminata bibliografia. Un altro squilibrio, per lo più rimosso, è rivelato da un approccio fenomenologico, interessato meno alle intenzioni progettuali che alla coscienza della cosa stessa ed è nella differenza essenziale tra forma e immagine, geometria e apparenza, disegno e tratto. Abbiamo appena visto come un'architettura reale o un suo modello sia anche la particolare luce che li illumina - ma potremmo aggiungere anche tutto il contesto che circonda quell'architettura, il percorso che vi conduce, e molto altro. Allo stesso modo il disegno non può essere separato dallo spessore e dall'indeterminata vibrazione del tratto: nella differenza tra una forma fatta di vettori inconsistenti e un disegno reale sta non solo l'identità autografa dell'autore, ma anche le innumerevoli alternative possibili.

3.2 Palladio in rete, Palladio e la rete

Le considerazioni fatte fin qui non danno però ancora il senso di una possibile conformità tra quello che abbiamo chiamato il dominio palladiano e i domini esplorabili della rete. Un'indicazione determinante può derivare da un confronto apparentemente molto diverso per il tema e il contesto dell'argomentazione, quello che Martin Heidegger sviluppa tra l'opera (d'arte) e la cosa nelle pagine di *L'origine dell'opera d'arte*[11]. Quel che Heidegger sostiene, e che qui ci interessa, è che non è tanto a partire dall'idea di cosa che si può spiegare quella di opera ma, al contrario, è un diverso pensiero dell'opera e della sua capacità di aprire e mantenere aperto un mondo a suggerire una diversa idea di cosa, non più pensata come mera presenza e funzione. Nel caso nostro: è forse meno il mondo della rete che può dirci qualcosa su un dominio particolare come quello palladiano che piuttosto questo a darci indicazioni sul progetto e sulla forma possibile dei mondi virtuali. Una collezione virtuale può produrre un vero aumento d'essere e non ridursi ad una realtà diminuita solo se è in grado di 'salvaguardare' - per usare il termine che usa lo stesso Heidegger a proposito della cura dell'opera - la riserva inesauribile di senso dell'opera e del documento, e cioè di non precludere l'accesso a tutti i sensi e tutte le figure possibili, a quelli non ancora intesi, a quelli che non ci sono più e a quelli che non ci sono ancora.

I mondi virtuali che pratichiamo abitualmente - così come gli strumenti e le tecniche applicate alla loro costruzione - sembrano però indifferenti a questi obiettivi, se non addirittura incompatibili. La stessa riproduzione della forma geometrica pone dei problemi che sono al tempo stesso tecnici e insieme ontologici e gnoseologici. La modellazione delle architetture e dei paesaggi virtuali è normalmente condizionata da una forte spinta alla semplificazione: il principio della continuità e fluidità dell'interazione insieme ai limiti della trasmissione dei dati in rete impone riduzioni della complessità geometrica, compressioni e diminuzioni della qualità delle immagini, approssimazioni nella simulazione dell'illuminazione delle scene. La riduzione del livello di dettaglio e quindi dello 'spessore' visibile dell'immagine rende quei mondi meno abitabili, meno capaci di provocare quella

immedesimazione e quella continua proiezione del punto di vista sul punto di mira che si prova nel guardare anche il più semplice modello concreto. Alla fine non è tanto una complessiva diminuzione di realismo a consumare l'attenzione quanto il convincimento che quando tutto è ridotto ad una sottile superficie visibile non vi sia nient'altro da vedere e da scoprire.

Se non si accetta l'idea che la riduzione e l'omologazione siano una necessaria conseguenza della conversione digitale si possono provare a pensare approcci e strategie differenti, in grado di preservare ai mondi virtuali quello spessore di senso che è condizione della loro permanenza, a cominciare dalla stessa rielaborazione di quel dominio esemplare che è appunto quello riferibile all'insieme del corpus palladiano e delle sue interpretazioni. Si possono immaginare mondi fatti anche senza rispettare i principi di continuità e uniformità, ma piuttosto caratterizzati da locali variazioni del livello di dettaglio, da ampie lacune e interruzioni. Le entità geometriche non devono essere necessariamente dello stesso tipo e i modelli e le scene possono essere fatti non solo di superfici ma anche di linee e di punti, o anche di sole linee o di soli punti. Il patto di verosimiglianza tra la scena virtuale e il suo pubblico andrebbe rinegoziato volta per volta, liberando i progettisti dall'obbligo di rispettare le regole di un realismo stereotipato. Più in generale si può pensare ad una disposizione alla costruzione e all'esplorazione di questi mondi che tolleri o piuttosto preveda deliberatamente l'eterogeneità dei contenuti e delle rappresentazioni, la discontinuità spaziale e temporale, il vuoto e il silenzio, e infine, soprattutto, frequenti scambi tra i territori virtuali e i territori reali.

1. Nell'ambito della ricerca interdisciplinare sulle chiese veneziane di Andrea Palladio, finanziata dalla Fondazione Venezia, sono stati eseguiti il rilievo e la restituzione fotogrammetrica delle facciate, realizzati dal Laboratorio di Fotogrammetria dello Iuav (resp. scientifico Francesco Guerra, resp. tecnico Luca Pilot, team: Andrea Adami, Caterina Balletti, Giovanna Fanello, Silvia Mander, Paolo Vernier). Il MeLa Laboratorio Multimediale dello Iuav (resp. scientifico Malvina Borgherini, dir. artistico Emanuele Garbin) si è occupato inoltre – nell'ambito della convenzione con il CISAAP denominata *Modelli digitali 3D di quattro opere palladiane* – della realizzazione dei modelli delle facciate delle chiese (Marco Gnesutta) e del loro adattamento e texturizzazione per Google Earth (Matteo Morassut e Camillo Trevisan). Cfr. M. Borgherini, A. Guerra, P. Modesti (a cura di), *Architettura delle facciate: le chiese di Palladio a Venezia. Nuovi rilievi, storia, materiali*, Marsilio, Venezia 2010.

2. In particolare si fa qui riferimento ai disegni conservati al Royal Institute of British Architects di Londra del tempio di Augusto e dell'anfiteatro a Pola (RIBA 28386, RIBA 28240 e 28241), dell'arco dei Gavi a Verona (RIBA 31819) e al disegno dell'arco dei Sergi della Pinacoteca di Vicenza (Vicenza, Gabinetto dei disegni e delle stampe, D29r).

3. Cfr. K. Skelton, *Traveling Symbols: Palladio's Church Façades in England and America* e P. Modesti, *Rilievi e critica delle facciate delle chiese palladiane fra Sei e Ottocento*, in *Architettura delle facciate* cit., pp. 82-145.

4. Obiettivo del progetto, coordinato da Guido Beltramini e Marco Gaiani, è la costruzione di una mediateca sulle architetture e il territorio di Andrea Palladio in cui i modelli digitali delle opere palladiane, inseriti nella piattaforma di Google Earth, diventano le interfacce di visualizzazione e connessione di un patrimonio architettonico e del relativo archivio documentario del CISAAP.

5. A questo proposito ci sembra utile segnalare il progetto EIDOLA (Environment of Interactive Drawing for Open LeArning experiences) proposto nell'ambito del Settimo Programma Quadro europeo (partner leader: Università Iuav di Venezia; altri partner: Albertina di Vienna, Archivio del Moderno di Mendrisio, Museo Galileo di Firenze; team Iuav: Malvina Borgherini, Emanuele Garbin, Enrico Pitozzi, Vitale Zanchettin, Giovanni Bove e Davide Rocchesso) con il proposito di creare una piattaforma di disegno interattivo per la didattica e la ricerca collegando i patrimoni delle grandi collezioni grafiche europee.

6. *Don Giovanni* (1979), regia di Joseph Losey.

7. Cfr. R. Cevese (a cura di), *Mostra del Palladio*, catalogo della mostra, Electa, Milano 1973. Sulle mostre palladiane si veda anche M. Borgherini, E. Garbin, *Scomporre la «bella machina del mondo»: disegni e modelli nelle esposizioni palladiane degli ultimi decenni*, in *Architettura delle facciate* cit., pp. 206-37.

8. A. Palladio, *I Quattro Libri dell'Architettura*, Venezia 1570, libro II, pp. 8-10.

9. Il riferimento è ai disegni di Andrea Palladio del RIBA con le sezioni ipotetiche del tempio della Fortuna di Palestrina (RIBA 28265 e 28271) e del teatro romano di Verona (RIBA 28259 e 28272).

10. Cfr. H.-G. Gadamer, *Verità e metodo*, Bompiani, Milano 2004, ed. orig. *Wahrheit und Methode*, J.C.B. Mohr (Paul Siebek), Tübingen 1960.

11. M. Heidegger, *L'origine dell'opera d'arte* in *Sentieri interrotti*, La Nuova Italia, Firenze 1968, ed. orig. *Holzwege*, Klostermann, Frankfurt am Main 1950.

Papers

CRITERI E METODI PER UN MUSEO VIRTUALE DI ARCHITETTURA: UNA PROPOSTA PER UN MUSEO PALLADIANO

[1] Salvatore Corso, [2]Angelica Di Fabio, [3] Francesca Gasperini
[1] salvatore.corso2@unibo.it
[2] angelicadifabio@yahoo.it
[3] francesca.gasperini@fastwebnet.it

1. Introduzione

La virtualità, talvolta considerata come qualcosa di immateriale, lontano dalla realtà e distante dagli elementi che la caratterizzano, se utilizzata, al contrario, in maniera adeguata diviene elemento che rafforza e completa il reale. Il progetto del museo palladiano nasce dalla volontà di sperimentare le nuove forme del virtuale associandole al campo dell'architettura per potenziarne la conoscenza didattica, la diffusione e trasmettere gli importanti contenuti che la sottendono in maniera chiara ed efficace. A cardine del lavoro, che affronta un tema concreto di *concept* di museo virtuale sul web, vi è il lascito Palladiano: non solo le ville, i palazzi e le chiese realizzate, ma anche tutti i progetti ideali rimasti solo su carta e la sua opera bibliografica più famosa, *I quattro libri dell'architettura* [1].

Il "*Palladio Virtual Museum"* è un progetto che vuole dimostrare l'importanza e la versatilità dei musei virtuali, quali strumenti utili all'apprendimento e alla trasmissione della conoscenza, e dall'altro rispondere concretamente ai cambiamenti della società, cercando, attraverso queste sperimentazioni, di definire metodologie all'avanguardia e innovative da poter utilizzare anche nel campo della rivalutazione e della fruizione dei beni culturali, a salvaguardia del patrimonio.

Uno dei modi più straordinari per far comprendere il valore e le caratteristiche del patrimonio culturale, passato e presente, sono proprio le tecnologie digitali; la possibilità di vedere, rivedere e ricostruire migliora, infatti, la comprensione. Per questo nel progetto si è cercato di creare una struttura narrativa, che contestualizzasse l'opera facendone cogliere la storia, la collocazione e la morfologia architettonica; l'oggetto 3D e il video editing divengono elementi centrali del processo di comunicazione e la ricostruzione virtuale degli ambienti e degli edifici rende possibile al visitatore immaginare spazi e luoghi, riviverne il passato e conoscerne il presente. In questo senso il contatto indiretto con l'opera palladiana, dovuto all'esplorazione virtuale, non deve essere per forza visto come un allontanamento dei visitatori dai luoghi reali, ma come un'opportunità per valorizzarne meglio la conoscenza, sia nella fase antecedente che in quella posteriore alla visita; talvolta proprio il contatto indiretto con l'opera potrebbe stimolare alla visita stessa.

Il *"Palladio Virtual Museum"* vuole essere un contributo alla conoscenza di un patrimonio di inestimabile valore. La proposta qui presentata offre la possibilità di rivoluzionare la visita museale e la trasmissione delle informazioni, con lo scopo di riunire le opere di Palladio e farne comprendere l'identità su scala internazionale.

2. Il Museo e il Virtuale

"L'entrata in scena e la sempre più larga adozione delle nuove tecnologie informatiche rappresenta, almeno potenzialmente, un fenomeno dalla portata rivoluzionaria per la funzione culturale dei musei. Esso prefigura scenari di trasformazione ancora più radicali di quelli prodotti dall'introduzione delle tecniche di riproduzione delle immagini attraverso l'incisione, e più tardi, mediante i procedimenti fotografici. [1]*"*

L'introduzione del mondo virtuale nella sfera del reale ha portato inevitabilmente a generare nuove realtà combinate e per poter fare chiarezza fra le molteplici casistiche è stato necessario partire dall'analisi delle realizzazioni messe a punto fino ad oggi e delineare per ciascuna di essa i caratteri emergenti.
Essendo "il museo e il virtuale" il nostro ambito di ricerca, il lavoro di analisi è partito dal museo, inteso quale luogo di conservazione per eccellenza. Esso nasce e si consolida a partire dal XVIII secolo e la sua esistenza è possibile grazie alla presenza congiunta di collezioni, pubblico ed edifici espositivi. In esso ogni cosa appartiene al reale e tutti gli elementi che lo compongono, sono concreti e tangibili, e concorrono alla conservazione del patrimonio pervenuto fino ai nostri giorni.

Con l'avvento e lo sviluppo della tecnologia hanno iniziato a prendere vita anche realtà museali che, sebbene si sviluppino ancora in edifici e sale realmente esistenti, propongono al loro interno elementi appartenenti alla sfera del virtuale, quali ad esempio le installazioni multimediali ed interattive (tavoli,muri e pavimenti interattivi). Molti sono i musei nei quali si possono trovare queste due realtà così combinate: fra essi di particolare interesse sono il "museo laboratorio della mente" a Santa Maria della Pietà, a Roma, realizzato nel 2000; il "museo Olimpico e dello Sport" di Barcellona e il "museo della Libia" realizzato a Tripoli fra il 2008 e il 2009. Di estrema importanza e meritevoli di un richiamo sono anche i lavori di Studio Azzurro, che dal 1982 opera nel settore del multimediale e, successivamente, dell'interattivo realizzando un alto numero di installazioni, museali, e non, sfruttando le potenzialità del virtuale per coinvolgere e impressionare visitatori e appassionati[2].

Nel corso degli ultimi anni sono emerse nuove tipologie, fra cui i progetti che sfruttano le tecnologie virtuali per riproporre opere d'arte già esposte in musei, al fine di renderle più fruibili e metterle a disposizione di un maggior numero di visitatori, come ad esempio nel Google Art Project[3]. Grazie alla tecnologia *Street View* esso permette a chiunque di usufruire dell'impareggiabile opportunità di scoprire e di navigare virtualmente

all'interno delle sale di 17 importanti musei del mondo, consentendo un tour virtuale a 360° che permette anche di selezionare le opere di interesse ottenendo su esse informazioni o esplorazioni ad alta risoluzione. Un'altra categoria viene definita da quelle realtà museali le cui sale espositive esistono solo virtualmente, e le opere che contengono non sono altro che la fedele riproduzione di opere realmente esistenti, talvolta visitabili, in altri casi conservati in luoghi non accessibili dal pubblico.

Uno di questi è il Virtual Museum of Iraq[4]: attraverso otto grandi sale, disposte in ordine cronologico, ripercorre le principali tappe dello sviluppo storico-culturale delle civiltà che si sono succedute in Mesopotamia. Ciascuna sala ospita una scelta di reperti rappresentativi della fase in esame ed ognuno viene presentato attraverso differenti modalità di fruizione: schede di approfondimento, modelli tridimensionali manipolabili dall'utente, brevi videoclip e filmati con animazioni e ricostruzioni.

Ultima categoria non certo per importanza è quella costituita da tutti i musei completamente virtuali dove sale espositive e opere esposte esistono solo virtualmente. Nulla di ciò che li costituisce trova una corrispondenza nel mondo reale: ogni elemento vive solo nel cyberspazio. Il Guggenheim Virtual Museum (GVM)[5], commissionato nel 1999 dalla fondazione Guggenheim all'architetto Hani Rashid di Asymptote pur non essendo stato portato a pieno compimento rappresenta sicuramente uno stadio rivoluzionario nel quale la virtualità diviene la sola ed unica protagonista.

Da quanto esposto le realtà combinate individuate possono essere così schematizzate:

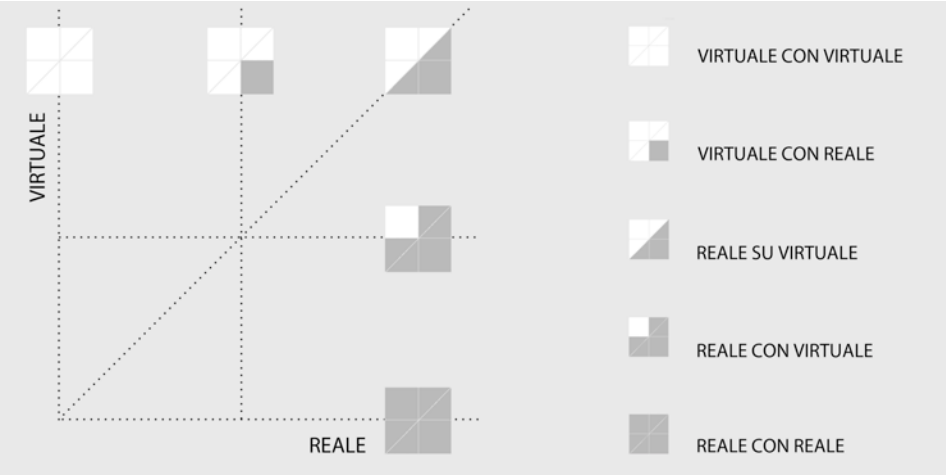


Figura 1. Schema grafico riassuntivo del rapporto tra reale e virtuale.

- *Reale con Reale,* identifica il museo tradizionale: opere reali sono esposte all'interno di uno spazio reale, realizzato esclusivamente per fini espositivi.
- *Reale con Virtuale,* comprende tutti quei musei che oltre ad esposizioni tradizionali di opere ospitano al loro interno installazioni interattive quali sensitive table, sensitive wall, sensitive floor e installazioni multimediali.
- *Virtuale su Reale,* include tutte le riproduzioni virtuali, navigabili ed esplorabili, di ambienti reali esistenti o ricostruiti.
- *Virtuale con Reale,* identifica il museo virtuale: lo spazio in cui ci muoviamo e nel quale sono "esposte" le nostre opere non è reale, ma ricreato virtualmente. Gli ambienti museali che vengono ricostruiti possono riprodurre spazi realmente esistenti, oppure essere progettati in specifico per il museo virtuale, ma la cosa identificativa è che le opere che vengono presentate sono realmente esistenti e riprodotte per essere rese consultabili virtualmente.
- *Virtuale con Virtuale,* in questo caso ci troviamo all'interno di un museo i cui spazi sono ideati e progettati esclusivamente come ambienti virtuali (non esistenti realmente) e in cui anche le opere esposte sono realizzate solo virtualmente e specificatamente per il progetto. Un museo completamente virtuale.

Grazie a questa classificazione è stato possibile stabilire i confini dello spazio all'interno del quale ci siamo mossi e delineare gli elementi fondamentali che dovevano costituirlo.

Essendo alla base del progetto la volontà di trasmettere e facilitare la conoscenza dell'eredità palladiana e volendo sfruttare le potenzialità del virtuale per farlo è stato facile capire che la categoria nella quale si colloca nostro lavoro è certamente quella del "virtuale con reale".

Il lascito palladiano, dunque qualcosa di concreto, tangibile e in molti casi realmente esistente, è l'argomento del nostro museo; le nuove metodologie virtuali sono le modalità di trasmissione dei contenuti ad esso relativi.

3. Virtuale con Reale

Dare una definizione precisa di cosa rappresenti un museo virtuale non è immediato; non esiste, infatti, un'univoca descrizione che ne delinei le caratteristiche. Esso può rappresentare il sito di un museo (Web

Museum), oppure un sito culturale sganciato da ogni forma del museo reale, in altri casi ancora può rispecchiare una visita virtuale del museo reale (modello 3D o panoramiche a 360°).

In generale può essere definito come una collezione di risorse digitali accessibile mediante strumenti telematici i cui contenuti possono variare e comprendere digitalizzazioni di fotografie, disegni, quadri, video, siti archeologici o persino ambienti architettonici; possono essere consultabili direttamente dalle sale del museo oppure essere accessibili pubblicamente attraverso la rete internet.

È importante non intendere un museo virtuale semplicemente come un catalogo digitale o come una riproduzione di opere e servizi di un museo tradizionale, ma come un'esplorazione offerta dalle potenzialità della rete e aperta alla partecipazione di visitatori e artisti.

3.1. Caratteristiche

Il museo virtuale si configura nella dimensione del cyberspazio e a differenza del museo reale, che può costituirne il punto di partenza e di ritorno, esso può andare oltre ed offrire percorsi non confinati al perimetro interno del museo, né alla sola disciplina o al genere al quale appartiene. Possono essere possibili esplorazioni non solo di oggetti, ma di idee e personaggi, di luoghi e di eventi, a diversi livelli di approfondimento.

La presenza di un considerevole numero di musei virtuali in rete ha portato ad effettuare alcuni studi per delinearne, in maniera più specifica, le caratteristiche che li accomunano.

Concludendo le caratteristiche che riassumono il *concept* del museo virtuale sono le seguenti:

- *Percorso guidato*: l'ambiente virtuale non è liberamente navigabile, ma vi sono percorsi prestabiliti che guidano il visitatore tra le sale e i contenuti.
- *Scelta delle opere*: limitazione del numero a massimo 12 elementi per categoria, in modo da assicurare il completamento del processo di apprendimento.
- *Ambiente riconducibile al reale*: l'interfaccia è stata pensata come un ambiente assimilabile ad uno spazio reale esistente, questo rende più facile la comprensione dell'ambiente virtuale.
- *Selezione del contenuto in base al profilo utente*: monitorando il tempo di visita dell'utente la rete attribuisce un determinato profilo che assegna o preclude alcuni contenuti. Di fatto crea un museo su misura per il visitatore.
- *Contenuti Multimediali*: il tipo di trasmissione del messaggio avviene attraverso la video-narrazione che assicura il massimo apprendimento.
- *Interattivo*: all'interno del museo sono presenti diversi contenuti interattivi che facilitano la comprensione e l'apprendimento.

A conclusione di quanto detto finora non deve essere tralasciata l'importanza che in queste configurazioni museali assumono i metodi di apprendimento e la tematizzazione.
Esistono, infatti, due metodi di apprendimento differenti:

- il primo, quello definito simbolico-ricostruttivo, opera utilizzando un linguaggio simbolico e a seguire ricostruisce mentalmente il concetto trasmesso (appartengono ad esso operazioni come leggere, interpretare, capire, riflettere, ragionare, indurre, dedurre);
- il secondo metodo, meno evidente e riconosciuto è, invece, quello percettivo-motorio: si guarda, si tocca, si prova, si imita, si osserva, si riprova.

Quest'ultimo è sicuramente il metodo più radicato ed è anche l'unico che consente un apprendimento su più canali: per questo risulta migliore ed immediato. Un limite notevole è che può operare solo in presenza di oggetti visibili e fisicamente esistenti.

La realtà virtuale in questo caso può rappresentare lo strumento di collegamento del mondo percettivo-motorio con gli oggetti fisicamente non esistenti, ma virtualmente realizzabili e quindi aumentare l'uso di questo sistema. Il concetto della tematizzazione evidenzia, invece, l'importanza della scelta dei contenuti. Fra la moltitudine di informazioni diviene fondamentale la selezione di quelli ritenuti più importanti, sia in numero che relativamente alla finalità che il museo virtuale stesso si propone.

4. Palladio Virtual Museum

Delineata la semantica di un museo virtuale, lo studio si è focalizzato su un concreto esempio dedicato a Palladio, in cui la comprensione delle sue opere, rivolta a qualsiasi utente, diviene il cardine dell'intero progetto.
Una volta delineato il modello di museo virtuale da seguire notevole importanza ha rivestito lo studio dei contributi multimediali che il CISAAP e altri studiosi hanno creato appositamente per il caso palladiano.

Ne sono testimonianza il Cd-Rom Interattivo "Andrea Palladio, le Ville" [2], un progetto ricco di contenuti sulle ville palladiane corredato da immagini, itinerari, animazioni virtuali, e schede testuali, che a tutti gli effetti rappresenta un museo virtuale in stato embrionale; il progetto di digitalizzazione dei "*I quattro libri dell'architettura"* [3] e, infine, un portale web[6] che racchiude al suo interno diversi contenuti, tra i quali, archivi delle mostre, una raccolta completa delle ville, dei palazzi e delle chiese, corredati da immagini, scheda di

approfondimento, itinerario in pdf, e dalle scansioni dei disegni del Bertotti Scamozzi [4] o de *'I quattro libri dell'architettura'* di Palladio.

Non è possibile definire questi ultimi esempi come "musei virtuali" in quanto il solo metodo di apprendimento è quello analitico-ricostruttivo ed è assente o incompleta la contestualizzazione dell'opera, sia storica che geografica , ed infine, essendo riportate buona parte delle opere costruite di Palladio (per il sito del CISAPP sono riportate 67 istanze), non può verificarsi la tematizzazione, in quanto risulta pressoché impossibile per il visitatore completare il processo di apprendimento.

Il museo virtuale da noi elaborato non vuole quindi riprodurre un museo già esistente o essere semplicemente un archivio di informazioni consultabile in rete, ma vuole offrire al visitatore un metodo di apprendimento differente, che sfrutta le potenzialità del virtuale e che si prefigge come scopo quello di comunicare facilmente e in modo intuitivo contenuti ed informazioni.

4.1. Selezione dei contenuti e tipologie di visitatore

Prima di iniziare la vera e propria costruzione del sito, è assolutamente essenziale farsi un'idea chiara degli obiettivi che dovrà raggiungere, dei contenuti che vi si vogliono pubblicare (ora, ma anche in futuro), e di come organizzare tali informazioni all'interno della navigazione, in modo da renderle facilmente accessibili ed utilizzabili. Calarsi nel ruolo di chi naviga è il miglior punto di partenza per progettare una buona architettura dell'informazione. Il primo aspetto studiato è stato proprio quello della selezione dei contenuti.

Come sottolinea Antinucci [5], vi sono due componenti essenziali alla base dell'apprendimento: la prima, la componente cognitiva, assicura la comprensione dell'oggetto (e questa sarà data dalla qualità dei contenuti che il museo virtuale mette a disposizione); la seconda, è la motivazione del soggetto, assolutamente personale, nel voler acquisire le informazioni trasmesse (nulla si apprende se non c'è interesse a farlo); inoltre, affinché avvenga la tematizzazione, è necessario che gli oggetti esposti siano in numero limitato e i contenuti studiati per essi siano di tipo multimediale e se possibile interattivi.

Nel caso specifico del nostro progetto, il lascito di Palladio, unitamente alla critica e alla bibliografia, che rappresentano di per sé un tema di dimensioni pressoché infinite, è stato necessario selezionare i contenuti da esporre all'interno dell'ambiente virtuale; di questi contenuti è stata fatta poi una suddivisione e rielaborazione ponderata a seconda del tipo di utente che ci si aspetta possa accedere al sito.

Sulla base di tali considerazioni abbiamo fatto una selezione degli oggetti che dovevano essere presentati all'interno del museo virtuale e per i quali dovevano essere poi creati tutti i contenuti multimediali di approfondimento.

Gli elementi potevano essere organizzati in diversi modi, (ordine alfabetico, cronologico, tipologico, di importanza etc.) ma la scelta è ricaduta in una classificazione tipologica, che suddividesse le istanze costruite in funzione della loro tipologia, ossia in ville, palazzi ed edifici religiosi. A questo punto si è posto un vincolo al numero di opere presenti per le tre categorie, massimo 12 elementi, garantendo così la tematizzazione dell'apprendimento. Il visitatore tipo, che si accinge alla scoperta delle ville e dei palazzi disseminati nel territorio Veneto, può essere descritto come una persona tra i 50 e i 65 anni, spesso in pensione, e che quindi può dedicare diverso tempo all'approfondimento e alla conoscenza dell'architettura del maestro.

Tuttavia sarebbe riduttivo pensare ad un museo virtuale concepito solo per una circoscritta categoria di visitatori, per questo è così importante lo studio dei contenuti, oltre che dell'interfaccia, in modo che possano attirare l'attenzione ed essere interessanti per una gamma il più possibile ampia di visitatori che negli studi preliminari si è cercato di definire:

Sulla base del lavoro condotto da Flavia Sparacino [6] e delle teorie di Antinucci e Ragghianti [7], possiamo pensare che, parallelamente all'interfaccia visibile del museo, vi sia un sistema informatico, di tipo stocastico (basato su variabili probabilistiche) che riesca, in base al tempo di visita online dell'utente, a definire un profilo di visitatore.

Si è giunti così a tre macrocategorie, che delineano le ipotetiche tipologie di utenza del museo virtuale:

- Distratti: si sono incluse in questa categoria tutte le persone con un livello basso di conoscenza dell'argomento e spinte da un modesto grado di interesse. Dalla visita esse si aspettano di ottenere soltanto le informazioni generali mettendo a disposizione un tempo piuttosto contenuto. Il loro grado di attenzione è medio basso.
- Selettivi: rientrano in questa categoria le persone con un livello medio di conoscenza dell'argomento, ma con un genuino interesse verso la materia. Dalla visita si aspettano di ottenere non soltanto le informazioni generali, ma anche dati più specifici sull'argomento, mettendo a disposizione un discreto arco di tempo. Il loro grado di attenzione è buono.
- Appassionati: si considerano appartenenti a questa categoria le persone con un livello piuttosto elevato di conoscenza dell'argomento e con un grado alto di interesse. Dalla visita si aspettano di ottenere informazioni specifiche e approfondite. Il tempo non li preoccupa e la loro attenzione è elevata, avendo come obiettivo la piena comprensione dell'argomento.

Inizialmente, secondo Flavia Sparacino, conviene assegnare ad ogni utente un profilo di tipo appassionato, per non precludere in partenza alcuna informazione al visitatore. Sarà il suo comportamento ad indurre il blocco decisionale ad assegnare a quel visitatore un diverso profilo. Il parametro che influenza la scelta del tipo di visitatore è il tempo che dedica a determinati oggetti, oppure in che percentuale completa un video o legge un testo. In fig.2 viene riportato il nodo della rete per il monitoraggio e l'assegnazione del profilo.

Da tale schema si nota come il sistema effettui un controllo continuo sul tempo di visita dell'utente e il blocco decisionale "creazione/modifica profilo di visitatore" assegni un determinato profilo a cui spetteranno specifici contenuti piuttosto che altri. Un ulteriore scopo del blocco decisionale per il tipo di visitatore è quello di raccogliere informazioni sugli utenti e sulle loro preferenze. In questo modo si potrebbe sapere su cosa essi spendono maggior tempo, e di conseguenza su cosa investire negli sviluppi futuri del museo.

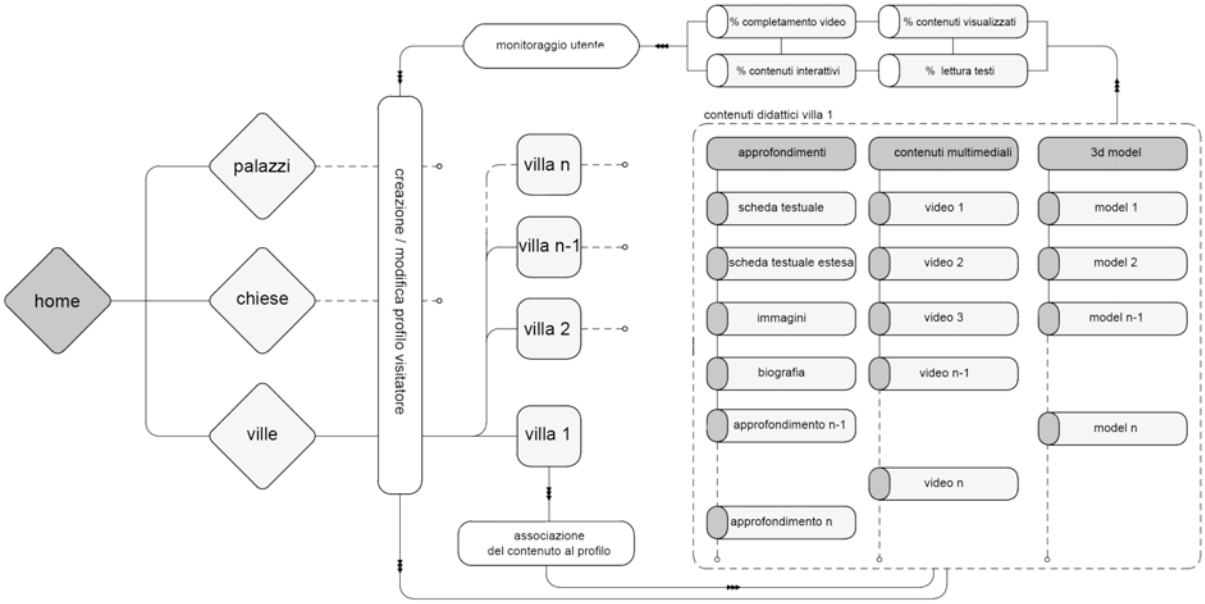


Fig. 2. Schema strutturale del sito.

4.2 La struttura del sito

Per rendere chiara la composizione del '*Palladio Virtual Museum*', la sua struttura è stata schematizzata in tre livelli:

- al primo livello troviamo la *Home* del sito, dove si ha accesso alle informazioni suddivise in ordine tipologico: "ville", "palazzi", "chiese"; inoltre sono presenti anche la "Biografia di Palladio" e "Crea la tua Villa", una sorta di riproposizione digitale del "*Gioco dei Volumi"* ideato da Howard Burns [6], al fine di rendere interattiva e divertente la comprensione delle regole palladiane;
- al secondo livello, dopo aver selezionato una delle precedenti argomentazioni, ci troviamo di fronte alla scelta delle opere da poter approfondire (massimo 12 istanze per ciascuna tipologia);
- infine, al terzo ed ultimo livello, troviamo i contenuti di approfondimento dell'opera scelta, che sono: contenuti multimediali (video-narrazioni) ; esplorazione tridimensionale, concettuale, o di tipo IBM (Image based Model),; contenuti di approfondimento (scheda testuale dell'edificio, immagini, scansioni de "*I quattro libri dell'architettura"* e dei disegni di Ottavio Bertotti-Scamozzi, ed una bibliografia di riferimento).

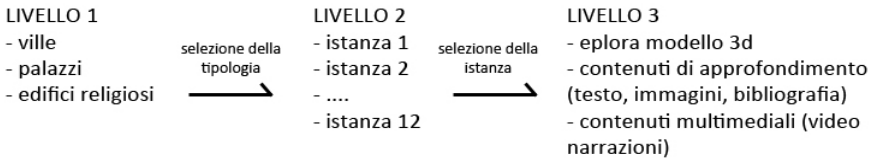


Fig. 3. Schema strutturale in tre livelli.

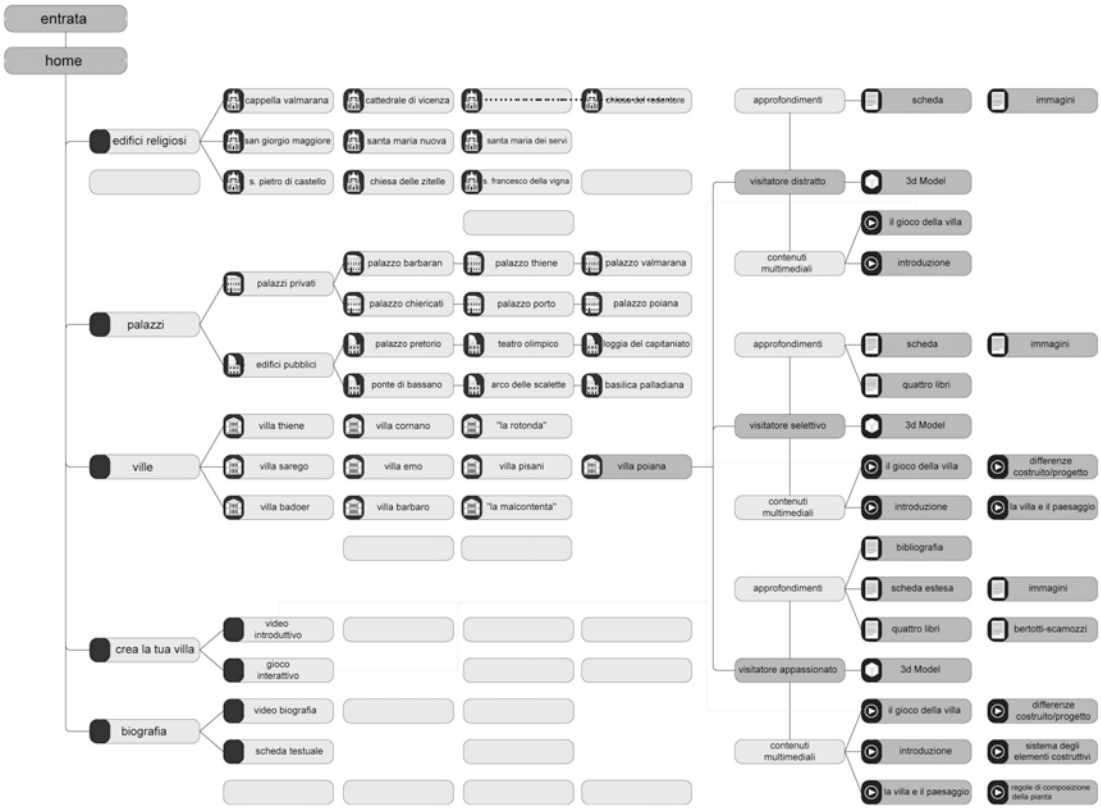


Fig. 4. Organigramma riassuntivo dell'interfaccia del progetto.

I contenuti multimediali rappresentano la categoria che distingue un museo virtuale da un comune portale online; il loro potenziale di trasmissione di informazioni è decisamente superiore a qualsiasi forma di comunicazione di tipo testuale. Un video, infatti, con una voce narrante, coinvolge le parti sensoriali del nostro apprendimento, interessando il metodo primario di percezione del sistema nervoso e la soglia di attenzione si mantiene costante. Diversamente, con la trasmissione di informazioni tramite le sole schede testuali, e in generale con i metodi simbolico - ricostruttivi, si richiede all'utente un grande impegno mentale e di conseguenza un prematuro abbandono del museo.

Non si può comunque pretendere che il livello di attenzione rimanga costantemente invariato. In riferimento a ciò, Antinucci indica come durata massima per un video tre minuti, lo stesso che si è considerato nel progetto. Nello schema di fig.2 è riportato l'organigramma riassuntivo dell'interfaccia del progetto, dove si è anche deciso in concreto quali informazioni assegnare ad ogni tipologia di visitatore, come si può osservare in Tab. 1.

Tipologia di contenuti	Contenuti Visitatore Distratto	Contenuti Visitatore Selettivo	Contenuti Visitatore Appassionato
Modello tridimensionale	x	x	x
Schede di approfondimento generali	x	x	x
Immagini e foto	x	x	x
Scansioni Quattro Libri		x	x
bibliografia			x
Video introduttivo	x	x	x
Video gioco della villa	x	x	x
Video differenze Quattro Libri		x	x
Video paesaggio		x	x
Video elementi costruttivi			x
Video composizione della pianta			x

Tab. 1. Selezione dei contenuti per tipologia di visitatori.

5. La creazione dei contenuti multimediali: il caso di Villa Poiana

Nel caso del Museo Virtuale l'uso degli strumenti multimediali facilita la fruizione dei contenuti, in particolare per l'architettura è molto utile adottare tecniche di modellazione 3D, la realtà virtuale, l'animazione o il formato digitale.

Per il caso studio di Villa Poiana sono state preparate sei video-narrazioni, suddivise per tematiche, che spiegano i principali temi che sottendono alla villa palladiana.

- *Video1-Introduzione (durata: 2'20"), r*appresenta un' introduzione accessibile a tutte le tipologie di visitatore. Comprende informazioni di tipo storico, geografico, architettonico e artistico, dove viene descritto principalmente lo stato attuale della villa;
- *Video2-Il gioco dei* volumi (durata: 1'55"), ripropone un argomento molto importante all'interno dei temi affrontati. Inizialmente viene descritto il sistema compositivo su cui è fondata l'architettura palladiana, facendo riferimento al contenuto dei "*I quattro libri dell'architettura"*; è stato d'aiuto l'accostamento di parti di modello tridimensionale alle pagine della xilografia palladiana, che facessero capire chiaramente a cosa facesse riferimento la narrazione. In seguito, grazie ad una ricostruzione digitale, si propone il metodo sviluppato da Howard Burns, con il gioco dei volumi, dove un gruppo di ville possono essere schematizzate in "appartamenti-molecola", con atomi dalle proporzioni ricorrenti, che vanno a ricreare tutte le schematizzazioni di composizione degli interni delle ville palladiane. I volumi sono distinti da una colorazione rosso, giallo e blu, e sono stati resi in movimento, con un vivace ritmo di riproduzione, per rendere più accattivante la scena e catturare l'attenzione dell'utente;
- *Video3-Differenze tra il progetto originale e il progetto costruito (durata 2'15"),* nella prima parte del video la descrizione si concentra sui disegni del progetto originale palladiano, antecedenti alla costruzione effettiva della villa, tramite la digitalizzazione delle sue parti. In seguito viene ripercorso il processo temporale di edificazione del fabbricato esistente, evidenziando le costruzioni che seguono il progetto originale palladiano e quelle che invece si discostano da esso. Per questo montaggio sono state utilizzate sia fotografie attuali, sia ricostruzioni tridimensionali;
- *Video4-La villa e il paesaggio (durata 2'00")*, Palladio attribuisce al luogo destinato alla villa un'estrema importanza, per questo è stato importante inserire nella selezione dei contenuti un approfondimento sul rapporto del fabbricato col paesaggio circostante;
- *Video5-Il sistema degli elementi costruttivi* (durata 1'00"), in questa parte si ripropone una lettura semantica degli elementi costruttivi della villa. Grazie al modello tridimensionale viene scomposto l'edificio nelle sue parti compositive e ricostruito, un pezzo per volta, partendo dal basso verso l'alto.
- *Video6-Composizione della* pianta (durata 1'40"), è ispirato al trattato di Stiny e Mitchell, "*The palladian grammar*" [9], che riguarda uno studio sulla composizione delle piante palladiane per il caso di villa Pojana.

6. La creazione dell'interfaccia

Sebbene la motivazione e l'interessamento sull'argomento dipendano dalla natura del soggetto che si accinge a percorrere il MV (già il semplice fatto di esplorare il sito annuncia una volontà pregressa), possiamo comunque rendere più gradevole e accattivante la visita studiando un'apposita interfaccia grafica, che risulti al tempo stesso facilmente navigabile.

L'impatto visivo iniziale può, infatti, determinare la scelta da parte del visitatore virtuale di proseguire il suo viaggio, oppure di abbandonarlo anzitempo; è necessario che sin dall'inizio venga stimolata la curiosità di colui che vi arriva per la prima volta e che potrebbe diventarne un visitatore abituale.

Per quanto riguarda la metodologia di esplorazione dei contenuti, si è scelta una modalità di visita virtuale guidata, sia per non rendere lenta la navigazione (ancora la tecnologia non permette un'esplorazione totalmente in Real Time da un computer comune), sia per semplificare l'approccio a tutti gli utenti, anche meno esperti. Questo tipo di esplorazione è quella utilizzata per esempio dal 'Virtual museum of Iraq' dove la navigazione si sviluppa con uno schema ad albero, ed i passaggi tra un ambiente e l'altro avvengono tramite collegamenti ipertestuali grafici.

Ulteriore motivo di abbandono del sito potrebbe essere l'eccessiva complessità dell'interfaccia, per cui uno dei requisiti principali che si è cercato di adottare è quello della facilità di scelta: pochi oggetti in ambienti familiari alla vista e di facile comprensione.

Sulla base delle conoscenze apprese dai casi precedentemente analizzati, si è passati all'ideazione dell'ambiente virtuale. Si è deciso di rappresentare l' *Homepage* del sito tramite un espositore moderno che riprendesse lo stile e la grafica della grande mostra per il cinque centenario della nascita di Palladio tenutasi a Palazzo Barbaran[7]. Gli oggetti contenuti all'interno dell'espositore sono collegamenti ipertestuali grafici che identificano elementi riconducibili ad Andrea Palladio.

Passando alla scelta delle ville la sala è stata impostata come un piccolo allestimento museale, con tavoli colorati su cui poggiano modelli in legno e a parete dipinti o xilografie del Bertotti-Scamozzi; tutti gli oggetti presenti coincidono a precise istanze.

Nella pagina seguente sono riportate le quattro schermate principali dell'interfaccia (fig. 5). Nel primo riquadro a sinistra è possibile vedere l'*Homepage*, in quello alla sua destra e sotto sono due schermate del secondo livello, di scelta delle ville, nel riquadro in basso a destra, invece, quello dedicato all'opera selezionata (Villa Poiana nel nostro caso), l'interfaccia propone una sala di dimensione contenute in un ambiente scarsamente illuminato: sulla sinistra è posizionato il modello ligneo della villa dal quale è possibile aprire un

interfaccia che permette l'esplorazione di un modello 3D; a destra un espositore permette di accedere agli approfondimenti testuali (scheda della villa, scansioni dei *"I quattro libri dell'architettura"*, immagini e bibliografia); al centro, proiettato a parete, si trova il link di accesso ai contenuti multimediali (le video narrazioni) creati appositamente per il caso studio.

Dalle immagini è possibile notare come gli elementi siano stati studiati cercando la massima riconoscibilità dell'opera. Si è evitato di sovrapporre le istanze le une alle altre e, attraverso l'uso del colore, si sono differenziati i modelli.

Fig. 5. Inquadrature principali dell'interfaccia finale del Museo Virtuale di Palladio.

7. Bibliografia

[1] Palladio A., *I quattro libri dell'architettura*, Hoepli, Milano, 1968

[2] Burns H., Beltramini G., Gaiani M. (a cura di), *Andrea Palladio, Le ville*, Cd-Rom, Vicenza, 1997

[3] Beltramini G. , Gaiani M. (a cura di), Una metodologia per l'acquisizione e la restituzione dei giacimenti documentali dell'architettura, edizioni Poli.design, Milano, 2003

[4] Bertotti Scamozzi O., *Le fabbriche e i disegni di Andrea Palladio*, A. Tiranti, Londra, 1968

[5] Antinucci F., *Musei Virtuali*, Editori Laterza, Roma, 2007.

[6] Sparacino F., The Museum Wearable: real-time sensor driven understanding of visitors 'interests' for personalized visualy-augmented museum experiences. In:proceedings of Museum and the Web (MW2002), April, 17-20, Boston, 2002

[7] Ragghianti C. L., *Arte, Fare e vedere*, Vallecchi editore, Firenze, 1974

[8] Beltramini G., Burns H., Andrea Palladio e la villa veneta da Petrarca a Carlo Scarpa, Marsilio, Venezia, 2005.

[9] Stiny G., Mitchell W. J., The Palladian Grammar, in Environment And Planning B (1978)

[10] Forte M., Franzoni M., Sistemi Intelligenti, numero 2, Agosto 1998, edizioni Il Mulino, Bologna, pag. 215

1. Galluzzi P. e Valentino P. A. (a cura di), *in Formati della Memoria,* Beni culturali e nuove tecnologie alle soglie del terzo Millennio, Firenze, Giunti, 1997.

2. Si vedano per esempio gli allestimenti: "Vedute (quel tale non sta mai fermo)", Venezia, Palazzo Fortuny, 1985 e "Tavoli (Perchè queste mani mi toccano?)", Triennale di Milano "Oltre il villaggio globale", 1995.

3. www.googleartproject.com

4. www.virtualmuseumiraq.cnr.it

5. Asymptote Architeture, Guggenheim Virtual Museum, 2004.

6. www.cisapalladio.org

7. Palladio 500 Anni, Palazzo Barbaran da Porto, Vicenza, 20 Settembre 2008- 6 Gennaio 2009.

IL PONTE DI RIALTO DI ANDREA PALLADIO. RICOSTRUZIONE DIGITALE DA UN "CAPRICCIO" DI CANALETTO

Diego Ersetig[1], Fiorenzo Bertan[2]
[1] Università Udine, diego@ersetig.it
[2] IUAV, bertan@iuav.it

1. I progetti di Palladio per Rialto

Palladio ideò due distinti progetti per il ponte di Rialto a Venezia, il primo nel 1554, il secondo quindici anni dopo, nel 1569. Produsse inoltre un disegno di un ponte di legno a un'arcata che fu utilizzato successivamente per l'armatura su cui si costruì l'attuale ponte in pietra.

Il materiale da costruzione era il tema che accomunava i due progetti, infatti Palladio riteneva i ponti in pietra "più durabili, di maggior spesa, e di più gloria per gli edificatori"[1].

Il primo progetto prevedeva due piazze simmetriche sulle sponde di Canal Grande collegate da un ponte a cinque arcate. L'idea era quella di creare una strada che attraversasse il canale, un semplice prolungamento in quota delle calli circostanti a cui si accedeva attraverso quattro scalinate per lato. Diversi erano i problemi generati da questo progetto. Le due piazze andavano a soppiantare degli edifici da espropriare su entrambe le fondamenta. Inoltre il diametro di poco più di otto metri dell'arco maggiore non permetteva l'attraversamento delle grosse galere da mercato e nemmeno del Bucintoro[2].

Il secondo progetto risale al 1569 e stravolge le idee presentate in quello precedente. Innanzitutto Palladio non specifica l'area di progetto, anche se sembra non esservi dubbio si tratti dell'area di Rialto a Venezia come risulta dall'accenno alla "… città, la quale è delle maggiori e delle più nobili d'Italia, ed è metropoli di molte altre città, e vi si fanno grandissimi traffichi quasi di tutte le parti del Mondo ... il fiume è larghissimo et il ponte veniva a esser nel luogo appunto ove si riducono i mercanti a trattare i loro negotii …"[3].

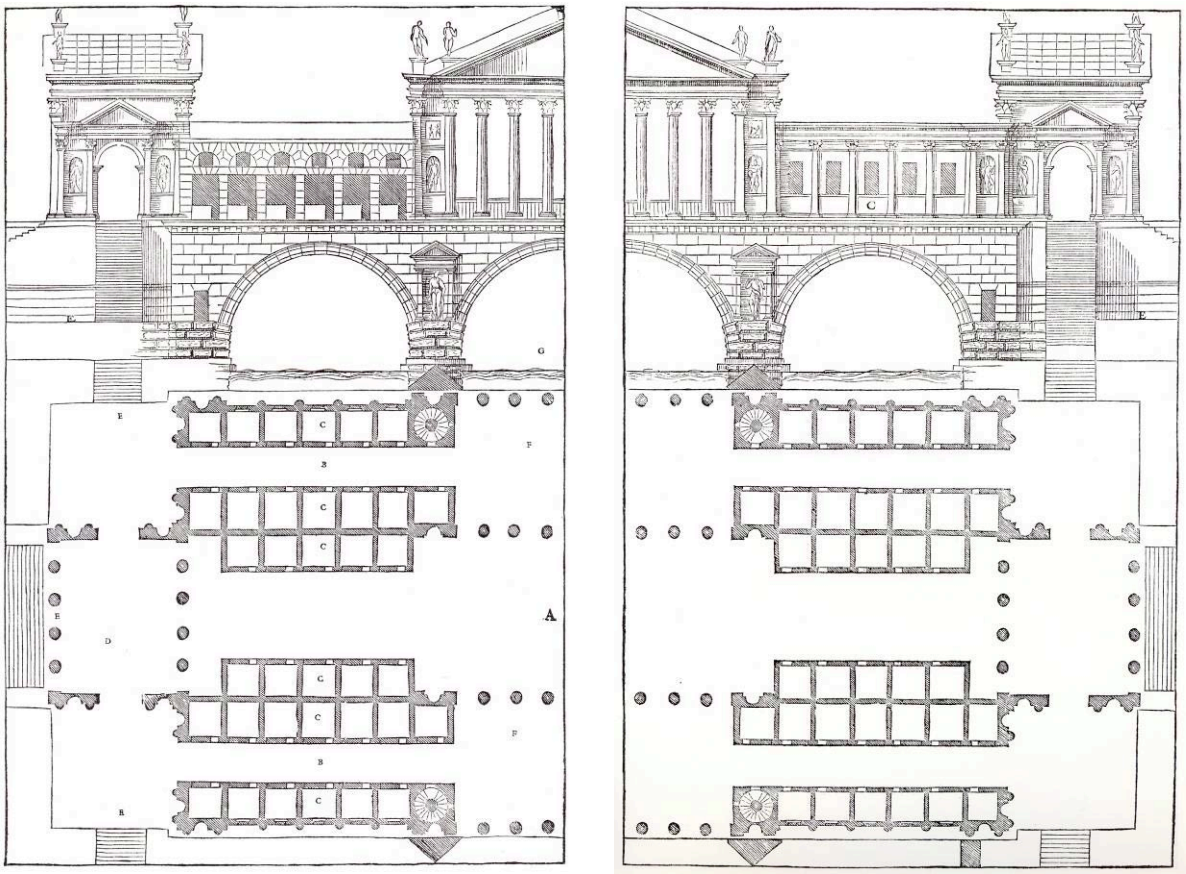


Fig. 1. Rappresentazione del secondo progetto di A. Palldio per il ponte di Rialto tratta da *I Quattro libri dell'Architettura*.

Nel secondo progetto Palladio afferma il voler chiudere la visuale dalla strada verso il canale integrando il muro del primo progetto con delle semicolonne che scandiscono le partizioni delle botteghe. Egli ripropone la loggia nella mezzeria aumentandone le dimensioni che risultano pari alla larghezza dell'arco maggiore con l'intenzione di individuarvi un'area per la negoziazione dei mercanti. Riduce da cinque a tre le arcate aumentandone le dimensioni in modo da garantire il passaggio di imbarcazioni più grosse e porta a settantadue il numero

delle botteghe per aumentare la rendita derivante dagli affitti. Il percorso pedonale è ora composto di tre strade, la centrale più ampia e le laterali di minor larghezza, ognuna fiancheggiata dalle botteghe. Il ponte è pensato come interamente costruito su una piattaforma alta 16 piedi (equivalenti a 5,71 metri) a cui si accede tramite due scalinate minori poste lateralmente e una scalinata principale.

I disegni del secondo progetto non riportano alcuna misura specifica e neppure un rapporto con l'area di Rialto dal quale si possano ricavare delle quote. Gli studi degli storici, tra cui Rondelet[4] e Magrini[5], hanno permesso di redigere comunque una scala metrica con buona approssimazione basata sulla misura e il numero dei gradini.

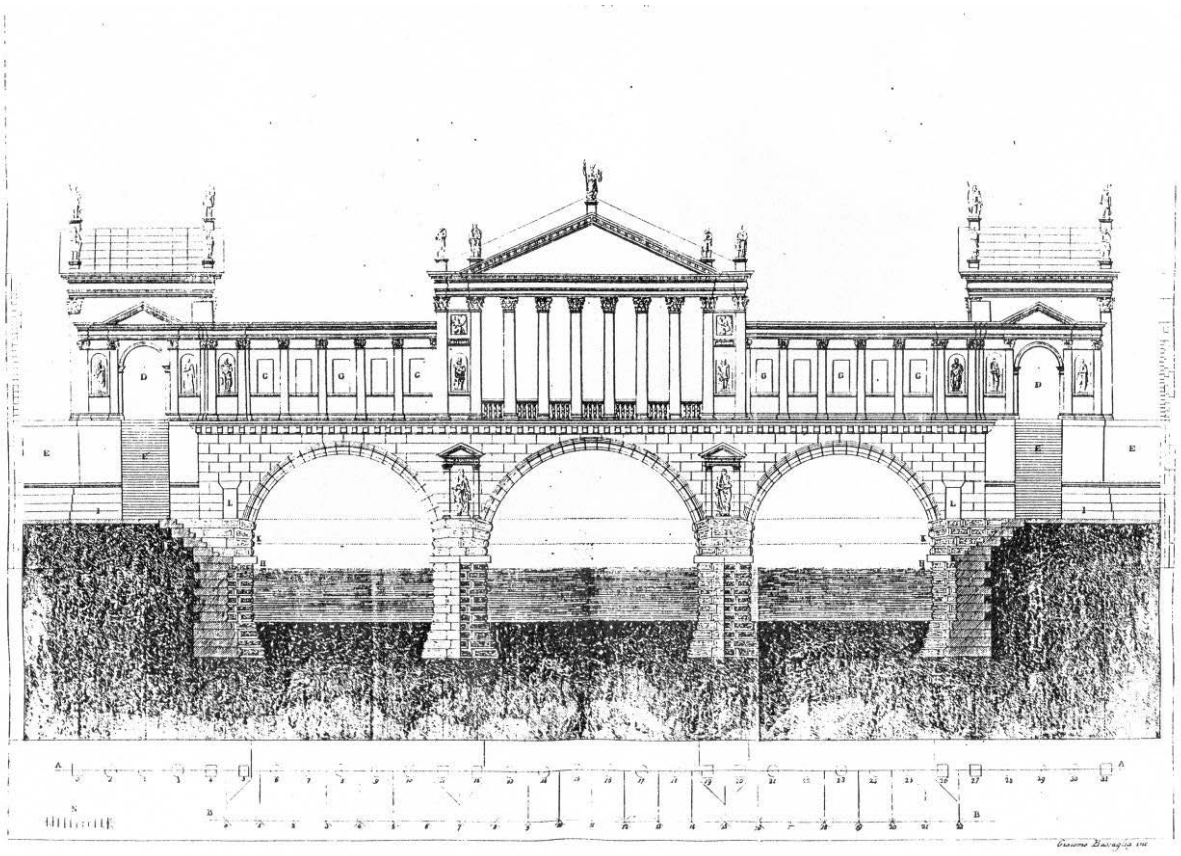


Fig. 2. Raffigurazione del progetto palladiano per il ponte di rialto tratta dal testo di A. Rondelet *Saggio storico sul ponte di Rialto in Venezia*, Ristampa anastatica dell'edizione del 1841, Tecno Book, Pontremoli, 1984.

Rondelet annota in proposito nel suo preciso saggio: "Benché in mancanza della pianta delle località, fosse impossibile pronunciarsi in modo definitivo al proposito delle proporzioni del ponte di Palladio, bisogna però riconoscere che l'arte possedeva un mezzo per determinare le scale con bastante esattezza. Era sufficiente difatti ricordarsi la regola che Vitruvio stabilisce circa le misure delle parti che in tutti i teatri sono essenzialmente dipendenti dalla statura dell'uomo (Lib.V, cap. 7), per cercarla qui coll'aiuto dell'altezza e del numero dei gradini. Così, per esempio, avendo l'autore indicato ne' suoi disegni 36 o 37 gradini per salire dal suolo delle fondamenta a quello dei portici, si poteva inferirne, stando alla loro più ordinaria altezza (cinque once e mezza) che il suolo del ponte era alto circa 16 piedi al di sopra di quello delle fondamenta; e questa misura conosciuta una volta, diveniva facile dedurre tutte le altre per approssimazione."

2. La veduta di Rialto

I dipinti di Antonio Canal, detto "il Canaletto", famoso vedutista veneziano del Settecento, sono caratterizzati da una minuziosa ricostruzione nei dettagli della scena rappresentata ma anche da un senso di straniamento che colpisce non solo i turisti ma anche i veneziani stessi. Si narra che spesso gli abitanti della Serenissima, ammirando i suoi quadri, riconoscessero immediatamente la loro città, ma si stupissero di non aver mai visto quel luogo in particolare.

Il presente studio[6] ha tratto origine dall'analisi del "capriccio" architettonico dipinto dal Canaletto nel 1742: *Rialto con il progetto di Palladio e altri edifici palladiani*. L'opera[7] raffigura tre progetti palladiani inseriti nel contesto veneziano di Rialto.

Due degli edifici rappresentati, Palazzo Chiericati e la Basilica Palladiana, sono stati effettivamente realizzati e si possono ancora ammirare nella città di Vicenza. Il terzo rappresenta invece la seconda versione del

progetto per il ponte di Rialto pubblicata ne *I Quattro Libri* da Andrea Palladio nel 1570, ideato dall'architetto padovano

Fig. 3. "Capriccio con edifici palladiani" inv. 284 della Galleria Nazionale di Parma, olio su tela, cm 58 x 82. Su concessione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Galleria Nazionale di Parma"

già nel 1569 a seguito del concorso bandito dalla Serenissima. Il progetto, com'è noto, non fu prescelto per la realizzazione.

Questo "capriccio", probabilmente commissionato dallo spirito antiquario del console Smith, può essere considerato come uno fra i primi fotomontaggi di progetto architettonico della storia. Si tratta, infatti, della rappresentazione puntuale non tanto di edifici reali raffigurati in un ambiente diverso, quanto piuttosto di una raffigurazione tesa a dare forma e ambientazione a un progetto mai realizzato.

3. La ricostruzione tridimensionale del ponte di Palladio a Rialto

Per la Basilica di Vicenza e per Palazzo Chiericati è stato possibile usufruire dei disegni pubblicati da Palladio, dei rilievi di Muttoni ma soprattutto della possibilità di vedere e misurare al vero queste due opere, in quanto realmente esistenti. A proposito della raffigurazione del secondo progetto di Palladio per il ponte di Rialto si è trattato invece di lavorare su un'opera non realizzata, andando quindi ad analizzare i progetti palladiani e le relative ipotesi elaborate dagli studiosi, Rondelet[8] e Muttoni[9] in primis.

Tutto questo ha comportato un'attenta ricerca d'archivio per reperire maggiori informazioni sul progetto e mettere a confronto i dati raccolti dal momento che ne *I Quattro Libri* non è presente alcuna misura né riferimento con edifici presenti in loco da cui poter ricavare delle quote, mentre sono rappresentate solo la pianta, un prospetto longitudinale e una sezione parziale effettuata in mezzeria. Una volta terminata l'analisi del progetto, si è eseguito il ridisegno e la modellazione tridimensionale del ponte studiando le proporzioni delle parti e la misura delle stesse, utilizzando la scala metrica utilizzata da Palladio: il piede vicentino.

Si sono quindi eseguite delle comparazioni tra i disegni originali del Palladio e quelli di Rondelet e Muttoni, che hanno studiato e interpretato il progetto in esame restituendo graficamente in modo bidimensionale alcuni particolari e soprattutto il prospetto laterale, non presente ne *I Quattro libri.* In questo modo è stato possibile ottenere le tre rappresentazioni ortogonali del progetto, cioè la pianta e i prospetti frontale e laterale, proporzionalmente correlati tra di loro.

Utilizzando come misura fondativa l'altezza della piattaforma e supponendo corretta la deduzione del Rondelet che ne determinò la misura in 16 piedi, le rappresentazioni sono state proporzionalmente dimensionate in modo da ottenere tutti i disegni in scala omogenea e poterne verificare le misure.

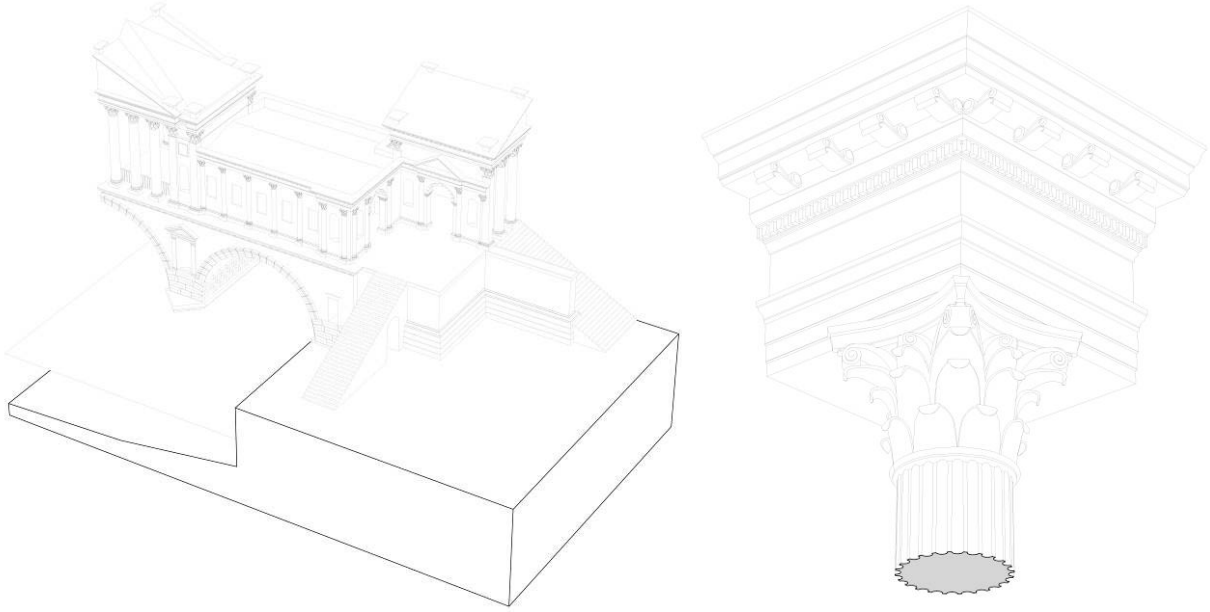


Fig. 4. Spaccato assonometrico del progetto palladiano del ponte di Rialto e ricostruzione assonometrica del capitello.

Il progetto del ponte, come tutte le architetture del Palladio, è stato concepito in base a un modulo generatore che governa l'intera costruzione. Il modulo è quindi la vera unità proporzionale che accorda tra di loro i singoli elementi dell'opera architettonica.

L'unità di misura utilizzata per controllare e ridurre in maniera proporzionata i disegni è costituita invece dal piede vicentino, necessario per evitare le complesse approssimazioni che si sarebbero generate lavorando con il sistema metrico decimale. Ecco allora che al posto di utilizzare metri, centimetri e millimetri, è stato adottato come sistema di misura il piede vicentino pari a 35,7 centimetri che a sua volta si suddivide in 12 once (1 oncia è pari a 2,96 centimetri) e in 48 minuti (un minuto è pari a 0,74 centimetri). Solo alla fine del lavoro di modellazione, impostando l'unità di misura in metri nelle proprietà del file CAD generato, è stato possibile misurare il modello con il sistema decimale e quindi riportare una doppia quotatura, in piedi e metri, degli elaborati grafici prodotti.

4. Strumenti di modellazione

Si è quindi passati alla modellazione tridimensionale, con particolare cura nei dettagli, in modo da restituire un modello che rispecchiasse fedelmente l'idea progettuale di Palladio. Per la pura modellazione bi e tridimensionale del ponte è stato utilizzato un modellatore NURBS (Non Uniform Rational B-Splines).

Una volta costruito il modello in tutte le sue parti, le geometrie componenti il ponte sono state esportate in formato 3ds per poter essere importare nel software con il quale sono stati prodotti i rendering fissi e i fotogrammi per l'animazione finale.

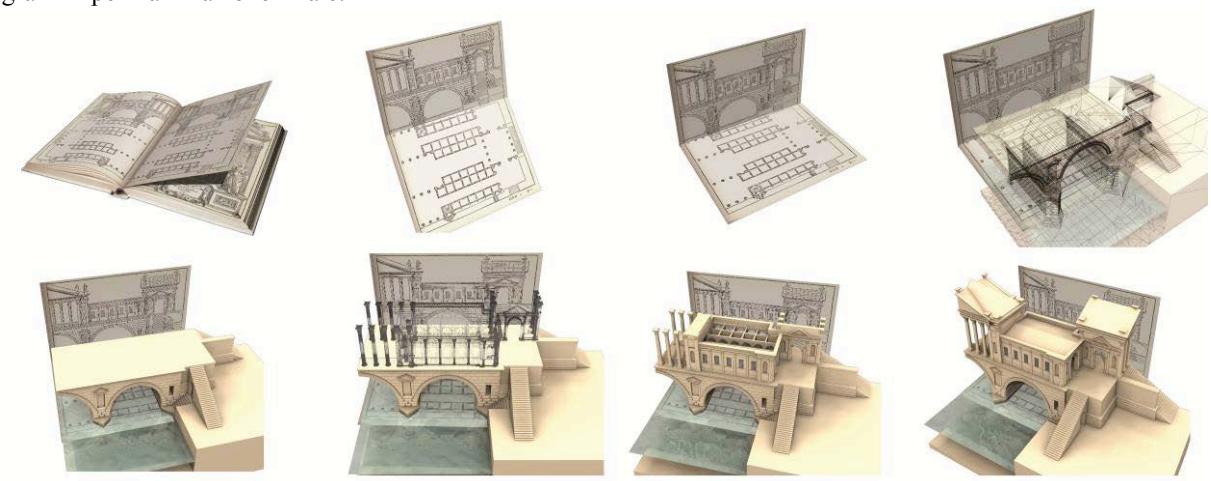


Fig. 5. Alcuni fotogrammi estratti dall'animazione finale che evidenziano la perfetta corrispondenza del modello tridimensionale con la rappresentazione originale del Palladio.

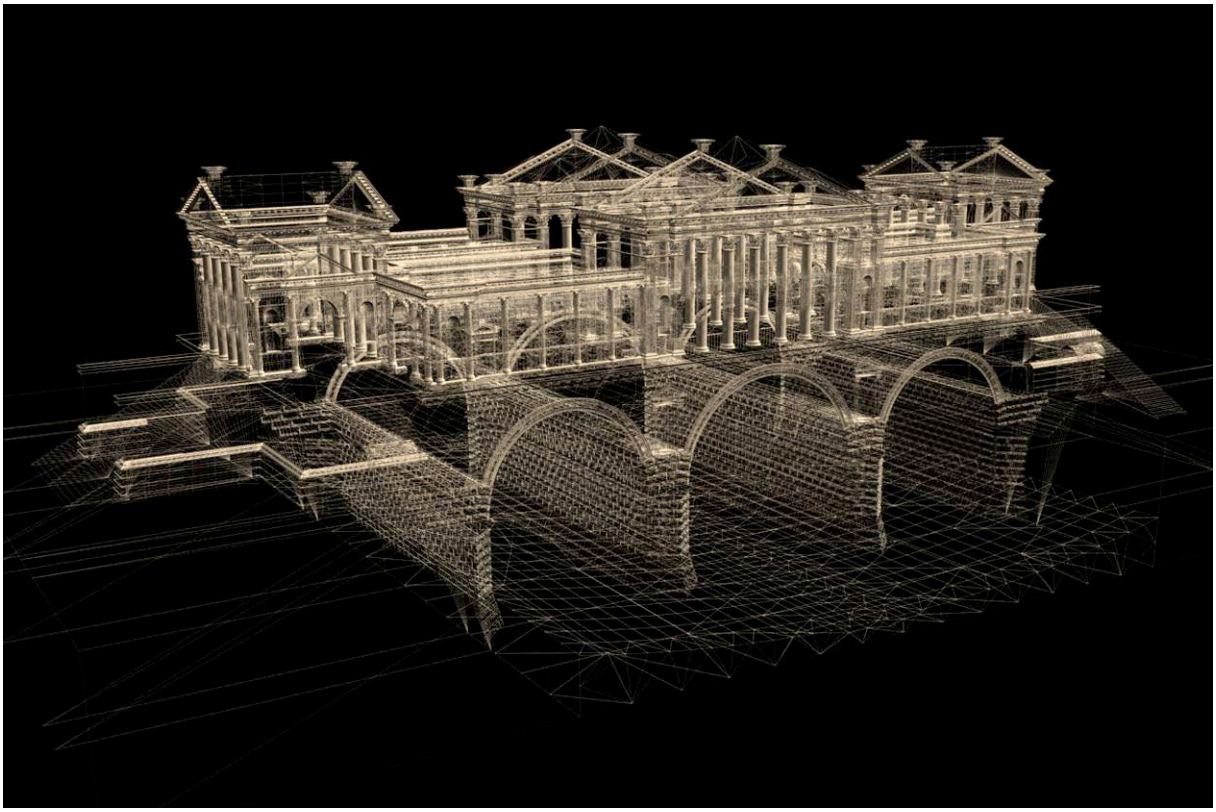


Fig. 5. Rappresentazione wireframe del modello tridimensionale del ponte palladiano

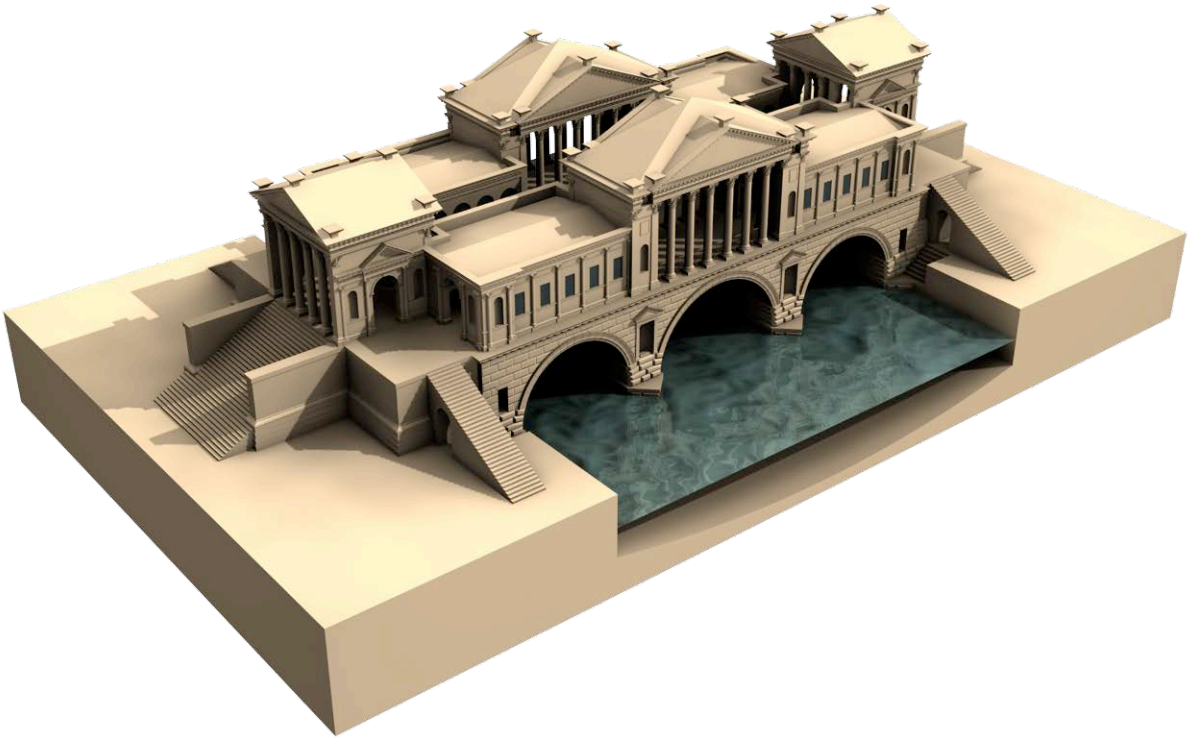


Fig. 6. Rappresentazione finale del modello tridimensionale del ponte palladiano

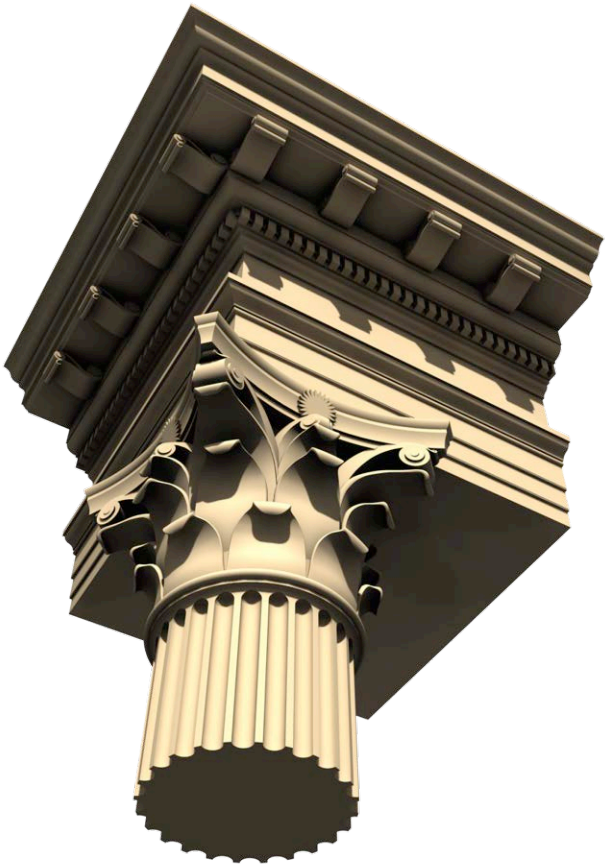


Fig. 7. Rappresentazione della ricostruzione tridimensionale del capitello corinzio

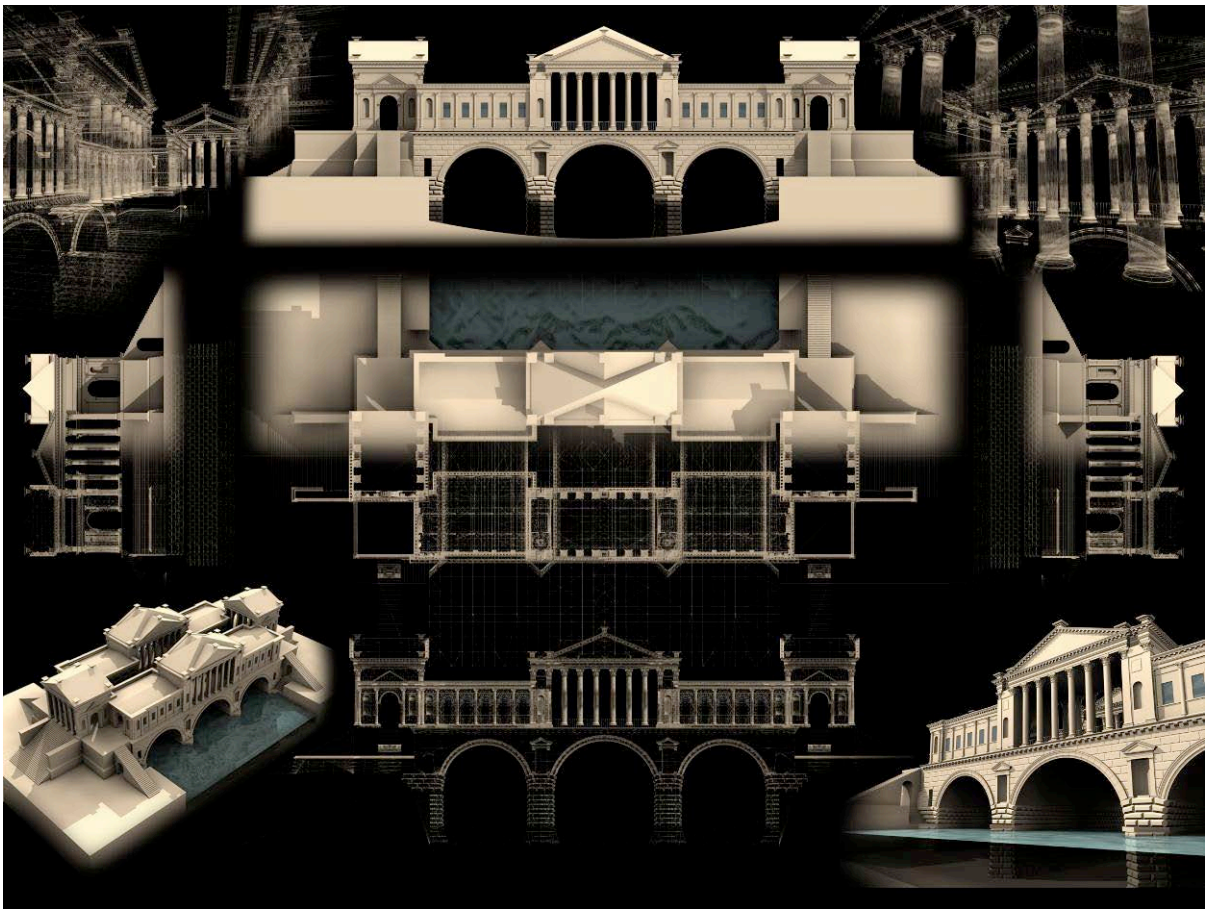


Fig. 8. Insieme di viste wireframe e con superfici della ricostruzione tridimensionale del progetto palladiano per il ponte di Rialto.

Particolare attenzione è stata dedicata alla configurazione delle impostazioni utilizzate durante l'esportazione, poiché il processo di costruzione del render supporta la sola metodologia delle superfici poligonali e quindi era assolutamente necessario trovare un corretto rapporto peso/qualità per ottenere un file relativamente leggero pur mantenendo alto il livello di resa visiva.

Il modello finale del ponte è così composto di 17.765 oggetti, 7.971.152 vertici, 12.988.840 facce. Tutto ciò ha permesso di generare dei rendering ad alta definizione in circa 20 minuti e i circa 3500 fotogrammi per il montaggio del video finale in 2/5 minuti ciascuno (il computer utilizzato era dotato di un processore da 3,2 Ghz e di 2 Ghz di memoria ram).

Per costruire le textures del modello dell'area di Rialto sono state scattate numerose fotografie digitali, che in seguito sono state ridimensionate e riunite con un software di fotoritocco in modo da ottenere 26 diverse textures foto-realistiche con cui sono stati mappati gli edifici che si affacciano su Canal Grande, al fine di aumentare il realismo della scena.

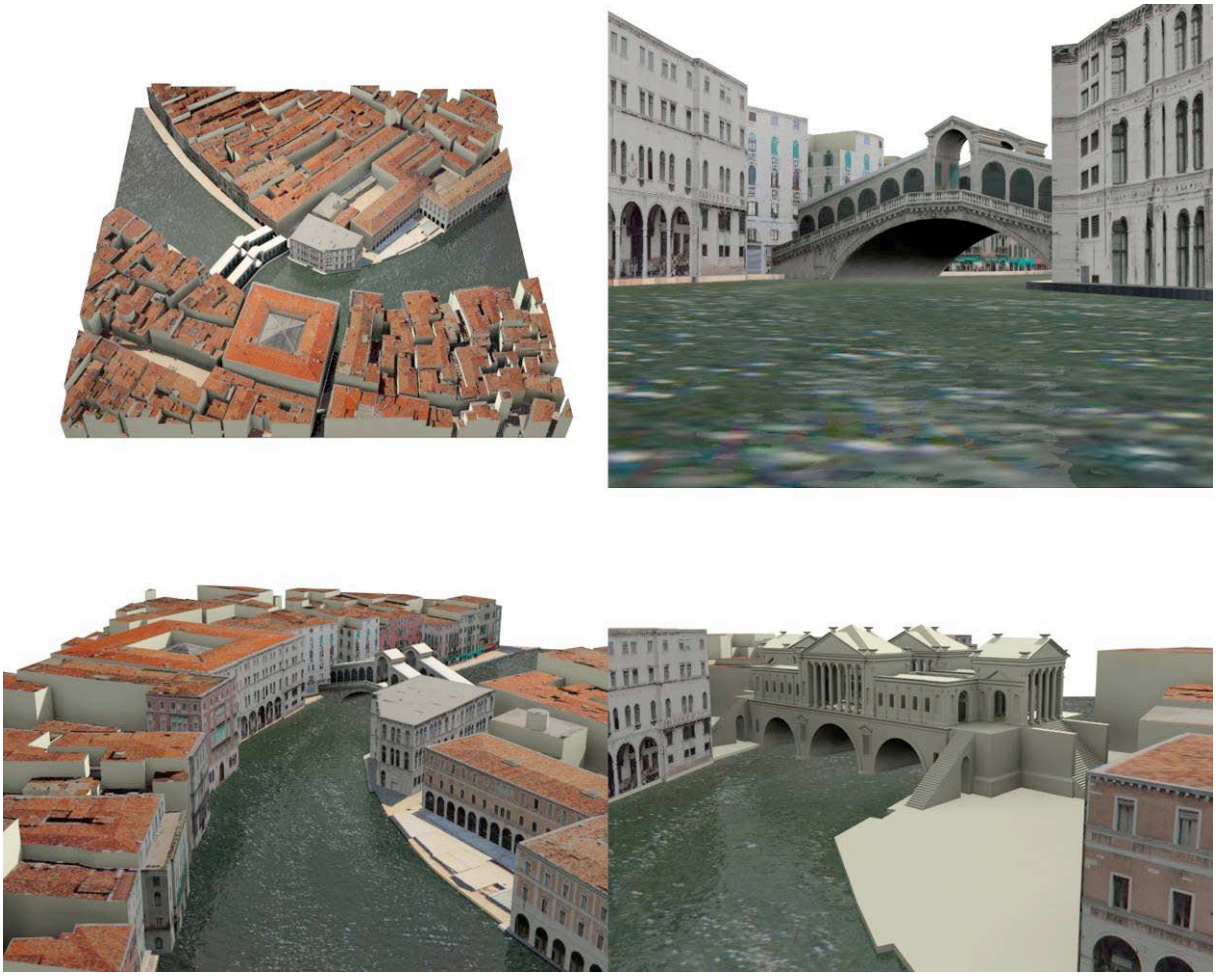


Fig. 9. Ricostruzione tridimensionale dell'area veneziana di Rialto con l'inserimento dell'attuale ponte e del progetto palladiano.

Parallelamente al lavoro di modellazione è stata fatta la restituzione prospettica dell'intero quadro al fine di verificare se l'ipotesi dell'esistenza di diversi punti di vista, avanzate all'inizio del lavoro, potesse essere confermata. È emerso così che il dipinto è stato effettivamente costruito dal Canaletto con quattro differenti prospettive, una per ciascun'opera palladiana, oltre a quella riguardante l'ambientazione del contesto veneziano di Rialto.

In questo collage prospettico è stato quindi impossibile restituire una pianta e un prospetto comune del quadro poiché ogni architettura genera delle proporzioni proprie e non comuni alle altre. Inoltre la parte inferiore della rappresentazione pittorica è collocata sotto la linea di terra e risulta quindi esterna al quadro prospettico che comprende invece la parte mancante di Palazzo Chiericati.

Da queste considerazioni emerge che Canaletto, da esperto scenografo teatrale, ha volutamente ridotto la maestosità di Palazzo Chiericati che altrimenti avrebbe posto in secondo piano la raffigurazione del ponte, tema centrale della rappresentazione.

La restituzione della Basilica ha invece dimostrato che l'artista ha inteso raffigurarla con proporzione più alta di quella reale per chiudere opportunamente la quinta destra del dipinto.

In conclusione è stato possibile notare quindi che mentre le prospettive di Palazzo Chiericati e della Basilica di Vicenza appaiono geometricamente corrette, molte parti del ponte presentano degli "accomodamenti pro-

spettici". Il ponte è rappresentato proporzionalmente più ampio rispetto all'ambiente reale, proprio per fornire maggior importanza al soggetto principale del dipinto.

Una testimonianza forse dell'utilizzo da parte del Canaletto della camera ottica e delle sue usuali manipolazioni nel rilievo del contesto urbano in cui il progetto è stato successivamente inserito.

A conclusione del presente studio è stato realizzato un video di circa cinque minuti che sintetizza l'insieme del lavoro svolto. Il filmato digitale ha consentito di poter inserire il progetto del ponte palladiano nel contesto fisico di Rialto, riproponendo, con strumenti diversi il "capriccio" realizzato da Canaletto.

Attraverso quest'accurata simulazione è possibile comprendere i reali motivi che hanno indotto ad accantonare il progetto palladiano in favore di quello di Andrea Da Ponte. La suggestiva ricostruzione d'insieme consentita dal filmato consente di verificare l'eccessiva "monumentalità" del progetto proposto da Palladio e la sua sostanziale inadeguatezza dimensionale al contesto realtino.

5. Bibliografia

[1] G. Berto, *L'opera completa del Canaletto*, Milano, Rizzoli, 1981.
[2] D. Gioseffi, *Canaletto, il Quaderno delle Gallerie Veneziane e l'impiego della camera ottica*, Istituto di Storia dell'arte antica e moderna, n.9, Trieste, 1959.
[3] D. Calabi e P. Moracchiello, *Rialto: le fabbriche e il ponte, 1514-1591*, Einaudi, Torino, 1987.
[4] A. Palladio, *I Quattro Libri dell'Architettura*, riproduzione a cura di Hoepli Editore, Milano, ristampa del 1994.
[5] A. Rondelet, *Saggio storico sul ponte di Rialto in Venezia*, Ristampa anastatica dell'edizione del 1841, Tecno Book, Pontremoli, 1984.
[6] L. Paris, *Il problema inverso della prospettiva*, Kappa, Roma, 2000.
[7] M. G. Zuccotti, *La prospettiva*, Alinea, Firenze, 1986.

1. A. Palladio, *I Quattro Libri dell'Architettura*, riproduzione a cura di Hoepli Editore, Milano, 1980, Libro III pag.20.
2. Il Bucintoro era la galea di stato dei dogi di Venezia, sulla quale si imbarcavano ogni anno nel giorno dell'Ascensione per celebrare il rito dello sposalizio di Venezia con il mare. Il nome deriva dal veneziano buzino d'oro (barca d'oro).
3. A. *Palladio, I Quattro libri dell'Architettura, op. cit., Libro III, pag.25.*
4. A. Rondelet, *Saggio storico sul ponte di Rialto in Venezia*, ristampa anastatica dell'edizione del 1841, Tecno Book, Pontremoli, 1984.
5. A Magrini, *Intorno al vero autore del ponte di Rialto*, Venezia, 1854.
6. Tratto dalla tesi di laurea: *Il disegno dell'architettura virtuale: restituzione della veduta del ponte di Rialto del Canaletto,* a.a. 2003-04, relatore prof. Fiorenzo Bertan, correlatore prof. Francesco Amendolagine.
7. Antonio Canal, *Rialto con il progetto di Palladio e altri edifici palladiani*, 1742, olio su tela, 56x79 cm, Parma, Galleria Nazionale.
8. A. Rondelet, *Saggio storico sul ponte di Rialto in Venezia*, op. cit.
9. Francesco Muttoni, *Architettura di Andrea Palladio vicentino con le osservazioni dell'architetto N.N.*, Venezia 1740-1760.

PALLADIO IN 3D

[1] **Alberto Sdegno**
[1] Università degli Studi di Trieste, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, sdegno@units.it

1. Introduzione

La presente ricerca, proposta in questa sede per la prima volta in forma estesa, espone l'attività didattica e di sperimentazione svolta nell'ultimo decennio presso la Facoltà di Architettura dell'Università IUAV di Venezia e presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste, dove si sta attualmente sviluppando l'ultima parte del lavoro, grazie ad una collaborazione con alcune strutture presenti presso l'Area Science Park di Trieste e parzialmente finanziato dalla Facoltà di Architettura dell'Università di Trieste e dal Consorzio per lo Sviluppo del Polo Universitario di Gorizia.

Obiettivo della ricerca è l'analisi dell'opera completa di Andrea Palladio, a partire dal suo trattato *I Quattro Libri dell'Architettura* [1] attraverso la ricostruzione di modelli digitali tridimensionali, con una duplice finalità d'indagine: da un lato lo studio dell'attività progettuale di Palladio, soprattutto attraverso l'utilizzo di dispositivi avanzati di figurazione delle sue opere, realizzate e non, per fornire strumenti di lavoro a cultori e studiosi di storia dell'architettura; dall'altra la verifica delle potenzialità tecnologiche attualmente in essere per la rappresentazione 3D, finalizzate alla trasmissione, esposizione, comunicazione e divulgazione scientifica, nonché all'esplorazione interattiva di opere architettoniche dell'architetto vicentino.

Il ruolo peculiare dell'attività di disegno si configura, pertanto, come momento fondamentale nello sviluppo della sperimentazione, punto di unione tra ricerca storico-teorica e applicazioni avanzate, così da poter permettere l'accrescimento qualitativo degli studi di carattere generale e specifico sull'argomento. Le opere oggetto di sperimentazione, potranno essere poste, nella fase conclusiva del lavoro, in modalità comparativa alla medesima scala di rappresentazione all'interno di una medesima interfaccia di navigazione, per costituire una ideale "città palladiana" che permetta di essere vissuta interattivamente in una visita virtuale che dall'esterno di ogni architettura proceda verso il suo interno. L'esplorazione non si limita ad un percorso verosimile, ma permette di analizzare a fondo ogni singola opera, offrendo le informazioni tridimensionali disponibili comprensive di analogie e differenze con le varie soluzioni note.

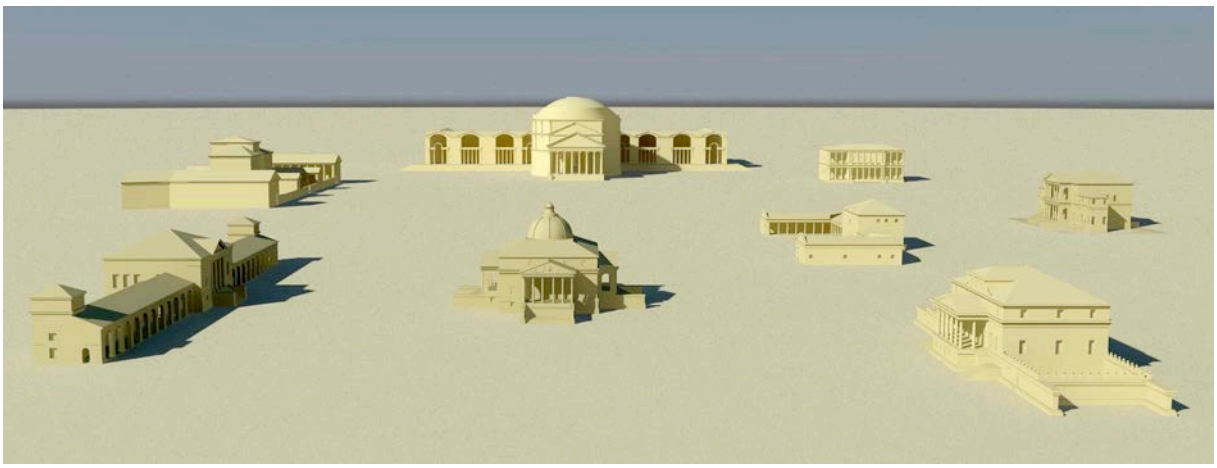


Fig. 1. Esplorazione dei modelli digitali delle opere di Palladio.

2. Lo studio dell'opera palladiana

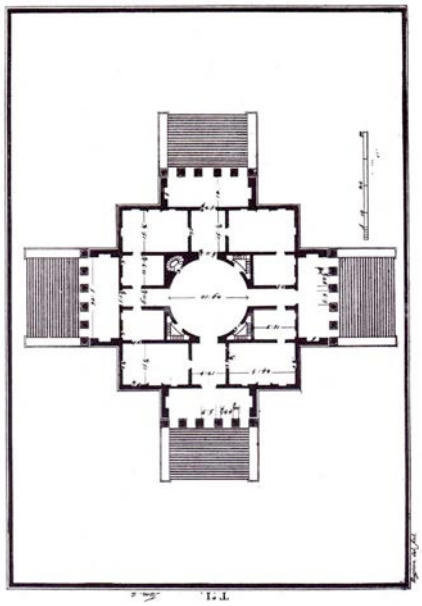
La prima fase del lavoro ha riguardato lo studio accurato dell'opera palladiana nei diversi aspetti di approfondimento teorico, analisi delle elaborazioni grafiche e relative interpretazioni critiche prodotte nell'ambito della ricerca storica, di cui si forniscono alcuni riferimenti bibliografici di base [2-8], a partire da informazioni desunte da materiali grafici autografi e rilievi disponibili, con la verifica – dove possibile – di entità metriche di controllo in situ. Una parte del lavoro è stata condotta attraverso la consultazione dei principali archivi che custodiscono materiale su Palladio, quali il Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio (CISA) di Vicenza e il Royal Institute of British Architects (RIBA) di Londra, oltre a biblioteche e centri di ricerca storica.

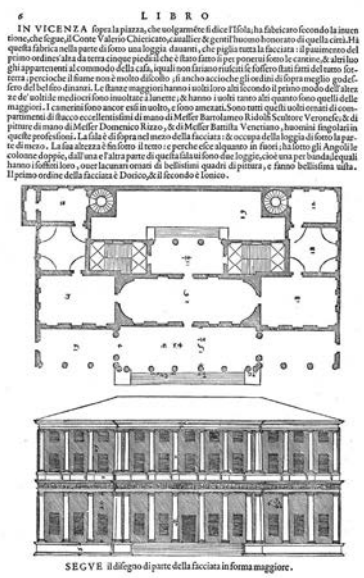
Il confronto tra elaborati disponibili, relativi ad architetture che si riferiscono nominalmente a prodotti medesimi ha permesso la costruzione di una serie di modelli comparativi, con l'obiettivo di esplorare figurativamente opere realizzate e idealità progettate, come l'architetto le ha presentate, ad esempio, nel suo trattato. Pur essendo nota da tempo la difficoltà di considerare alcune realizzazioni come l'esecuzione in muratura di rappresentazioni stampate su carta [9], può essere un utile esercizio condurre entrambi gli episodi di progettazione alla costruzione tridimensionale virtuale, con le difficoltà note, a causa delle incongruenze sintattiche di carattere geometrico e dell'assenza di informazioni specifiche relative a planimetrie e altimetrie e a dettagli architettonici.

Le molte opere analizzate finora, pur non rappresentando la totalità delle architetture di Andrea Palladio, costituiscono un significativo esempio relativo alla sua attività progettuale. Tra esse troviamo numerose ville, quali Villa Capra detta "La Rotonda", riproposta nella doppia soluzione, quella dei *Quattro Libri*, con l'ideale calotta sferica per copertura, e quella ad anelli concentrici sovrapposti, come è stata realizzata; Villa Emo a Fanzolo, anch'essa costruita in maniera duplice come per il caso precedente; Villa Barbaro a Maser; Villa Godi a Lonedo, anche questa esplorata in maniera duplice, a causa delle differenze rilevate soprattutto nella rappresentazione del fronte principale fornita da Palladio e da Bertotti Scamozzi nel suo volume [10]; oppure il progetto della Basilica Palladiana a Vicenza, nella sua rilevanza formale; o i molti progetti di ponti, siano essi in pietra o in legno, pubblicati nel terzo libro del suo trattato.

Alcune opere di particolare complessità sono state: la costruzione delle Terme di Agrippa a Roma a partire dai disegni conservati presso l'archivio londinese del RIBA e quello del Museo Civico di Vicenza, raffrontandoli a quelli predisposti da Bertotti Scamozzi nella sua restituzione grafica; il tempio della Fortuna Primigenia, così come è presentato nella doppia versione offerta dai fogli 7 e 8 e dai fogli 3 e 6 dell'archivio londinese (RIBA, Vol. IX); lo studio del Convento palladiano della Carità, presentato nella forma della Casa degli Antichi nei *Quattro Libri* e parzialmente realizzato a Venezia, cui è stato dedicato uno studio preliminare specifico [11]. A questi si aggiunge la ricostruzione dei due progetti palladiani per il Ponte di Rialto, entrambi a partire da due disegni: il primo relativo al progetto a cinque arcate presente presso il Museo Civico di Vicenza (D 25 *v* e *r*) e il secondo, a tre arcate, pubblicato alle pp. 26 e 27 del terzo libro del suo trattato e descritto da Palladio come "Un ponte di pietra di mia invenzione" nel capitolo XIII.

Progetti realizzati e non, quindi, vengono affrontati con modalità simili di indagine, finalizzando il lavoro ad una ricostruzione tridimensionale flessibile, che tenga conto, cioè delle differenti metodologia e tecnologie avanzate che riguardano la rappresentazione 3D.





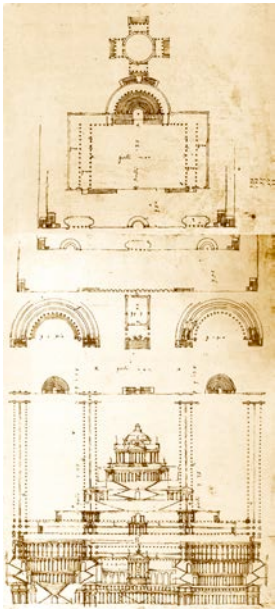


Fig. 2. Disegno della pianta di Villa Capra [10].
Fig. 3. Disegno della pianta e del prospetto di Palazzo Chiericati a Vicenza [1].
Fig. 4. Disegno della pianta e del prospetto del Tempio della Fortuna Primigenia [8].

3. La modellazione digitale

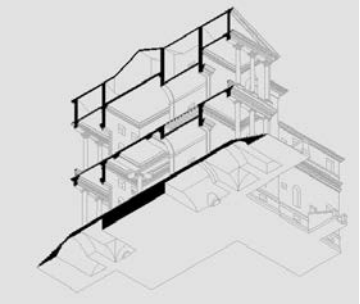
Dall'analisi grafica e geometrica delle opere di Palladio si è poi proceduto alla ricostruzione stereometrica utilizzando i principali algoritmi di modellazione numerica. Questa fase ha visto la strutturazione delle informazioni per livelli analitici in modo che l'archivio di ogni singola opera contenesse una pluralità di dati, non soltanto relativi agli elementi certi dell'architettura, ma anche in relazione alle variazioni emerse dall'analisi integrata delle fonti a disposizione. In questo modo ogni opera poteva essere studiata in maniera interattiva, confrontando immediatamente il modello realizzato con i disegni ideali che fossero riconducibili a questo o ad alcune sue singole parti significative.

Questa stratificazione di indicazioni morfologiche ha permesso – in alcune fasi della ricerca – di aggiungere alla comunicazione dei progetti un valore peculiare come si vedrà nelle fasi di seguito elencate.

La modellazione ha usato differenti metodologie di costruzione della forma come ormai indicate da tempo [12] ma senza tralasciare i recenti sviluppi: dall'utilizzo di primitive grafiche elementari e complesse – che fanno uso dell'estrusione lineare semplice e della proiezione liberamente orientata nello spazio, all'uso della geometria booleana per la manipolazione di singoli solidi e di modelli compositi, e all'impiego di procedure di costruzione di reti poligonali a partire da generatrici e direttrici variabili (*loft*, *nurbs*, *patches*, ecc.), necessarie

soprattutto a realizzare dettagli architettonici, quali capitelli dorici, ionici, corinzi e compositi, modanature, timpani, fregi, ecc.

È stato invece escluso dalla ricerca l'uso delle tecniche laser di rilievo avanzato tramite scansione numerica 3D, sia a causa dei fatto che non erano disponibili adeguati strumenti di controllo per questo tipo di operazione, sia anche per rendere omogenei i materiali di base, considerati come l'esito di un'attività di lavoro su documenti originali prevalentemente di natura grafica.



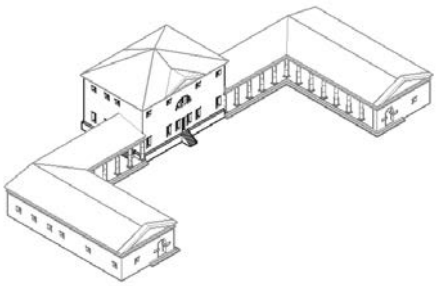


Fig. 5. Sezione assonometrica dal basso di Villa Cornaro a Piombino Dese (elab. F. Zannier, F. Marangon).
Fig. 6. Assonometria isometrica di Villa Zeno (elab. S. Spinelli).
Fig. 7. Modellazione del capitello composito (elab. C. Pentimalli).

Un altro fattore tenuto in considerazione nella fase di modellazione numerica è stato il parametro *Level Of Details* (LOD), che ha contraddistinto tutte le fasi di costruzione digitale delle opere. Tale fattore, infatti, ha permesso di considerare ogni singolo elemento come entità indipendente all'interno del processo di costruzione parametrica della forma. La quantità di poligoni necessari alla realizzazione di una geometria nello spazio, infatti, può produrre risultati eccellenti in alcune fasi di sintesi finale – si pensi alla simulazione verosimile di un dettaglio architettonico, o alla realizzazione di un modello fisico con le tecniche di prototipazione rapida – ma può costituire un ostacolo all'esplorazione interattiva e alla simulazione in *real-time* nel caso il numero sia elevato rispetto alla potenza elaborativa della macchina e alle prestazioni disponibili all'operatore. Modificare quindi l'accuratezza di un capitello alla luce degli esiti previsti di volta in volta consente di ottimizzare la procedura di studio e rendere più veloce le operazioni di restituzione.

4. Simulazione

La fase successiva ha riguardato la simulazione degli aspetti cromatici, la rappresentazione delle tessiture parietali, la riproduzione degli effetti di illuminazione naturale, in modo da evidenziare meglio le qualità plastiche e volumetriche di ogni opera architettonica.

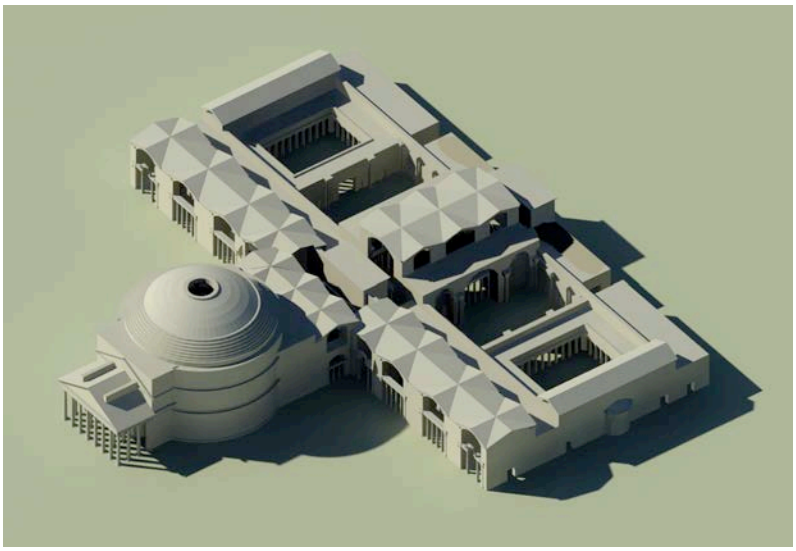


Fig. 8. Algoritmo di simulazione della luce applicato alle Terme di Agrippa a Roma (elab. C. Stefani).
Fig. 9. Algoritmo di simulazione dei materiali applicato alla Basilica Palladiana di Vicenza (elab. L. Peressutti).

Bisogna precisare che in molti casi le informazioni relative al trattamento delle superfici non erano contenute nel materiale documentario di base, soprattutto se pensiamo alle opere non realizzate, rappresentate in forma grafica attraverso le incisioni dei *Quattro Libri* o i disegni autografi nelle collezioni di archivio. Ecco perché la fase finale del lavoro, relativa alla rappresentazione interattiva 3D, si è orientata verso una figurazione che evitasse variazioni cromatiche e permettesse di sollevare l'osservatore dalla visione di rappresentazione verosi-

mili, consentendo comunque di mostrare le caratteristiche volumetriche e morfologiche e i particolari architettonici che, forse più di ogni altro dato, costituiscono i canali caratterizzanti dell'opera palladiana.

Per il controllo di queste operazioni sono stati impiegati algoritmi di illuminazione avanzata e di mappatura di superficie che hanno consentito l'esame accurato di ogni singolo progetto architettonico. In particolare sono state utilizzate procedure di *Global Illumination* che consentono di calcolare non soltanto la componente di illuminazione diretta su di una superficie, ma anche quella diffusa, vale a dire quella costituita dai raggi riflessi da una parete e diretti verso gli altri elementi della scena [13].

Fig. 10. Algoritmo HDRI applicato alla Villa Forni Cerato (elab. S. Cibien)
Fig. 11. Algoritmo di simulazione della luce applicato a Villa Mocenigo (elab. S. Bortoluzzi).
Fig. 12. Fotomontaggio di Villa Valmarana a Lisiera (elab. E. Carron).

Essendosi svolta la ricerca nel corso di alcuni anni, la qualità della resa finale degli elaborati ha subito dei miglioramenti anche sulla base del software che si rendeva disponibile per l'elaborazione. A questo, infatti, sono stati aggiunti gli algoritmi di HDRI (*High Dynamic Range Image*) che permettono di potenziare maggiormente la visualizzazione della resa finale delle scene digitali, anche sulla base di una distribuzione della luce che tenga conto appunto delle variazioni dinamiche dell'esposizione naturale, espediente di recente introdotto anche nelle apparecchiature fotografiche professionali.

5. Ricostruzione fisica

Una fase importante dell'attività di sperimentazione ha riguardato la costruzione di modelli fisici, realizzati con le nuove tecnologie, in funzione di un approfondimento delle problematiche di ordine stereometrico che fa parte della ricerca. In particolare sono stati affrontati i problemi che possono insorgere nella fase di esecuzione automatica di una *maquette* a partire da un modello digitale tridimensionale, in rapporto alla scala di rappresentazione, alle tecniche impiegate, al materiale utilizzato e alla resa finale che si desidera ottenere, in funzione del tipo di utilizzo richiesto. Pur non rientrando specificamente negli obiettivi relativi alla simulazione interattiva, ci è sembrato indispensabile affrontare il tema della costruzione fisica nelle tre dimensioni di alcune opere oggetto di studio, dal momento che questa operazione ha assunto nel tempo un ruolo centrale nell'analisi e divulgazione scientifica di un progetto di architettura, soprattutto in rapporto al tema della tridimensionalità che è alla base di tale sperimentazione.

Molte sono le procedure e i materiali impiegati che hanno consentito di ottenere una serie di prototipi in scala, atti a declinare le diverse tipologie di intervento nel settore della trasmissione scientifica di ricerche, in questo caso relative ad una architettura palladiana.

Il sistema utilizzato è basato sulla prototipazione rapida [14], nei diversi aspetti che vanno dalla stereolitografia (SLA – *StereoLitographic Apparatus*) alla sinterizzazione selettiva al laser (SLS – *Selective Laser Sintering*). Questa procedura consente la realizzazione di una *maquette* con il processo di costruzione progressiva di sezioni di un modello digitale che vanno da spessori di 0,05 a 0,10 mm, così da ottenere – anche per le forme a singola o doppia curvatura – rese qualitative di grande efficacia figurativa.

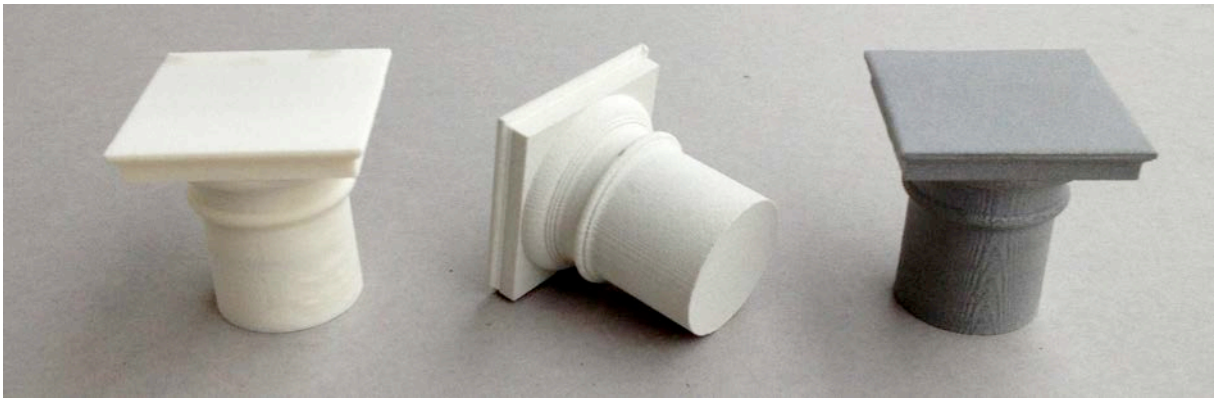


Fig. 13. Modelli fisici in nylon, ceramica e alluminio di capitelli dorici realizzati con le tecniche di prototipazione rapida.

La differenza tra le tecniche di stereolitografia e quelle di sinterizzazione sta soprattutto nel tipo di materiale impiegato: nel primo caso, infatti, si tratta di fotopolimeri in forma di resina liquida, che una volta solidificati assumono la consistenza di volumi semitrasparenti. Nel secondo caso viene utilizzato, come materiale di base sottoposto a solidificazione, polvere finissima di materiale termoplastico, come nylon, alluminio, fibra di carbonio. Nel corso della sperimentazione sono state impiegate anche le polveri di ceramica che, pur risultando di grande interesse per la resa finale del prototipo, non hanno consentito la costruzione accurata di tutti i dettagli, anche a causa della densità del materiale una volta sottoposto a processo di sinterizzazione.

Una ulteriore indagine è stata condotta con il metodo *Laminated Object Manufacturing* (LOM), che permette di utilizzare sottili strati di carta termoadesiva, dello spessore di mm 0,066, che, tagliati tramite un raggio incisore di luce laser, vengono incollati in seguenza in maniera automatica. Sebbene la densità della carta fornisca una consistenza legnosa, e gli effetti di *texturing* della superficie forniscano un particolare aspetto fisico al modello, tale metodologia può essere impiegata solo per la costruzione di volumi semplici, per cui non è particolarmente indicata per la costruzione di molti particolari architettonici palladiani, come i capitelli ionici, corinzi e compositi.

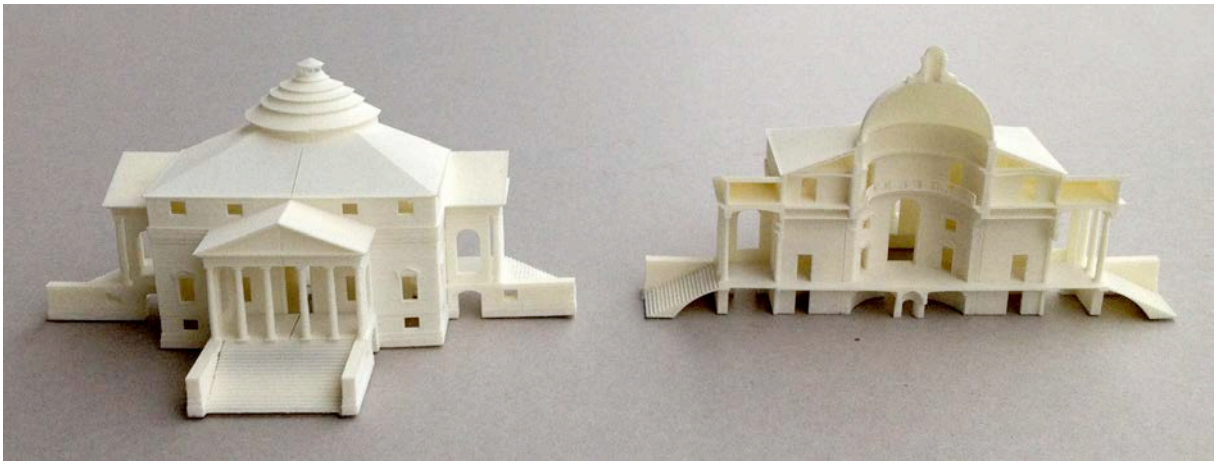


Fig. 14. Modelli fisici in nylon di Villa Capra detta "La Rotonda" nelle due versioni, realizzati con le tecniche di prototipazione rapida.

6. Esplorazione interattiva in 3D

L'ultima fase della ricerca – attualmente in corso, ma disponibile già per molti significativi casi di studio – ha riguardato l'inserimento di tutti i modelli realizzati in un unico spazio digitale di lavoro, in modo che possa essere consultabile utilizzando la tecnologia di esplorazione interattiva che fa uso della visualizzazione stereoscopica 3D con l'ausilio di visori ottici a lenti polarizzate.

Questa tipologia di lavoro ha richiesto l'approntamento di alcuni specifici algoritmi di ottimizzazione, non soltanto per ciò che riguarda l'entità numerica delle superfici dei modelli (il parametro LOD di cui si è parlato al punto 3), ma anche per permettere navigazione e simulazione della componente luminosa dinamica in modalità *real-time*.

Questa tipologia di lavoro ha richiesto l'approntamento di alcuni specifici algoritmi di ottimizzazione, non soltanto per ciò che riguarda l'entità numerica delle superfici dei modelli (il parametro LOD di cui si è parlato al punto 3), ma anche per permettere navigazione e simulazione della componente luminosa dinamica in modalità *real-time*.

Il sistema si basa sull'integrazione tra due differenti strumenti di controllo della proiezione: da un lato è stato sviluppato una personalizzazione di un sistema software in ambiente OSG (*OpenSceneGraph*) per la navigazione interattiva all'interno di scene tridimensionali, dall'altro è necessario disporre di una attrezzatura hardware, costituita da un sistema a doppia proiezione polarizzata, con schermo e visori stereoscopici che permettano di decodificare il segnale proveniente dall'elaboratore e restituire una doppia immagine parzialmente sovrapposta, per mantenere l'effetto relativo alla percezione tridimensionale dello spazio, come avviene per la visione umana (distanza interpupillare).

La verosimiglianza è infine data anche dall'interazione dell'operatore che con un apposito strumento di puntamento può decidere autonomamente di percorrere gli spazi offerti dalla scena digitale precedentemente realizzata con il software di modellazione 3D.

7. Conclusioni

Obiettivo finale della ricerca è quello di realizzare una *promenade architecturale virtuelle* all'interno di uno spazio digitale interattivo costituito da tutte le opere architettoniche – realizzate e non – di Andrea Palladio, di cui questa presentazione costituisce una delle fasi conclusive del lavoro.

Ogni singola opera, pur essendo isolata idealmente all'interno dell'ambiente virtuale interattivo, è posta in prossimità di altre con le quali si relaziona soprattutto per analogia morfologica. Ognuna di esse, inoltre, può

essere scomposta interattivamente – con sezioni orizzontali e verticali della propria forma costitutiva – ma può essere anche indagata in modo da permettere una sovrapposizione delle varianti che sono state desunte nella fase di analisi della documentazione di base.

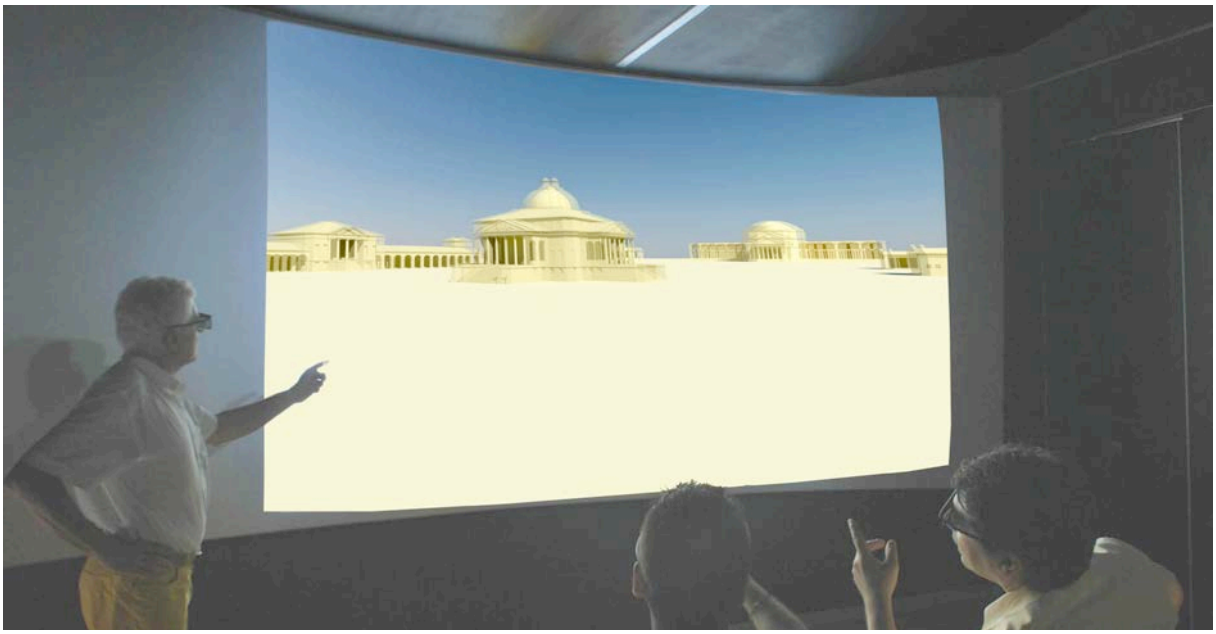


Fig. 15. Visione stereoscopica 3D all'interno della Virtual Room dell'Area Science Park di Trieste.

Solo per fare alcuni esempi, l'esplorazione permette di osservare Villa Capra con la cupola semisferica, passando immediatamente – e in forma dinamica – alla visione interattiva della soluzione realizzata, oppure di trovarsi al cospetto del prospetto principale di Villa Trissino a Meledo, tra le due barchesse, ad esempio, e attraversare, a pochi passi, la soluzione acropolica del tempio della Fortuna Primigenia tratta dai disegni RIBA di Palladio che costituisce uno dei suoi riferimenti progettuali. O ancora percorrere un ideale canale acqueo, su cui si impostano le soluzioni proposte per i due ponti in pietra, e poco oltre i ponti in legno a struttura lineare e arcuata che campeggiano, assieme al ponte di Bassano, nel terzo libro del trattato. O ancora attraversare in pochi istanti la Basilica Palladiana, Palazzo Porto e Palazzo Chiericati, in modo da poter cogliere, in forma ravvicinata, alcune delle architetture vicentine più significative, nonostante esse siano collocate in punti distanti tra loro, nel tessuto storico della città, come se si trattasse di una configurazione urbana a misura dell'ideazione dell'architetto vicentino.

Infine, è possibile percorrere, come ci trovassimo all'interno di un ipotetico quartiere residenziale ideale, la strada che unisce tutte le ville di Palladio, da Villa Pisani a Bagnolo di Lonigo, da Villa Badoer a Fratta Polesine, a Villa Zeno, da Villa Pojana a Villa Godi, ricche dei loro colonnati, barchesse e complessità formali, in modo da poter cogliere la portata di ogni singolo elemento, in rapporto alla scala reale della rappresentazione, e istantaneamente in rapporto alle altre opere architettoniche dell'architetto.

Si precisa, infine, che l'attrezzatura minima necessaria all'esplorazione interattiva 3D con l'utilizzo dei dispositivi ottici stereoscopici (schermo 3D, proiettori, hardware e software) potrà essere messa a disposizione (trasporto, montaggio e messa in opera) a cura della Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Trieste in occasione della presentazione finale.

8. Bibliografia

[1] Palladio, A., *I Quattro Libri dell'Architettura*, Dominico de' Franceschi, Venezia 1570.
[2] Burns, H., (ed.), *Andrea Palladio 1508-1580. The portico and the farmyard*, London 1975.
[3] Puppi, L., *Andrea Palladio*, Electa, Milano 1999.
[4] Beltramini, G., Burns, H., *Palladio*, Marsilio, Venezia 2008.
[5] AAVV, *Palladio. 1508-2008 Il simposio del cinque centenario*, Marsilio, Venezia 2008.
[6] Cevese, R., *I modelli della Mostra del Palladio*, Milano 1976.
[7] Puppi, L., *Modelli di Palladio, modelli palladiani*, in "Rassegna" 32, 1987, pp. 20-28.
[8] Zorzi, G.G., *I disegni delle antichità di Andrea Palladio*, Neri Pozza, Venezia 1958.
[9] Gioseffi, D., *I disegni dei "Quattro Libri" come modelli; modellistica architettonica e teoria dei modelli,* in "Bollettino CISA", XXII, 1980, Parte I, pp. 47-64.
[10] Bertotti Scamozzi, O., *Le fabbriche e i disegni di Andrea Palladio*, Vicenza 1776-1783.
[11] Sdegno, A., *Geometrie romane a Venezia. Il disegno del Convento palladiano della Carità*, Cafoscarina, Venezia 2005.
[12] Mitchell, W.J., McCullough, M., *Digital Design Media*, McGraw-Hill, Milano 1996.
[13] Gaiani, M. (a cura di), *Metodi di prototipazione digitale e visualizzazione per il disegno industriale, l'architettura degli interni e i beni culturali*, Poli.design, Milano 2003.
[14] Gatto, A., Iuliano, L., *Prototipazione rapida. La tecnologia per la competizione globale*, Tecniche nuove, Milano 1998.

UN DATABASE PER L'ORDINE ARCHITETTONICO: PALLADIO

[1] Graziano Mario Valenti, [2] Andrea Casale, [3] Jessica Romor, [4] Michele Calvano
[1] Università di Roma "Sapienza" , grazianomario.valenti@uniroma1.it
[2] Università di Roma "Sapienza" , andrea.casale@uniroma1.it
[3] Università di Roma "Sapienza" , jessica.romor@uniroma1.it
[4] Università di Roma "Sapienza" , michele.calvano@uniroma1.it

1. Motivazioni propulsive

L'ordine architettonico, nel suo essere processo evolutivo rigorosamente controllato, è probabilmente il riferimento progettuale più significativo da porre come antipodo, rispetto ad un operazione generativa prodotta dall'espressione puramente gestuale.

Nello spazio che separa questi poli, si sono sempre posizionati gli architetti e più in generale gli artisti di ogni epoca, ognuno scegliendo un diverso grado di prossimità all'uno o all'altro estremo.
Quando il disegno non era digitale, la necessità di costruire l'architettura, il confronto con la gravità del mondo reale - "altro" rispetto a quello immaginario che poteva restare proiettato sulla carta - obbligavano alla semplificazione espressiva e al rigore procedurale del progetto. L'operazione progettuale gestuale il più delle volte non era perseguibile: non si possedevano gli strumenti di verifica per poterla facilmente renderla costruibile. Oggi le nuove tecnologie digitali, l'enorme capacità di elaborazione dell'informazione, hanno in buona parte scardinato questi vincoli, consentendo ai progettisti – in alcuni casi limite - di non approfondire la geometria e la stretta relazione che questa ha con i comportamenti strutturali e di avvalersi invece del controllo real-time, fornito dall'elaboratore. Producono così forme per via gestuale, aggiustandone l'aspetto con strumenti digitali più vicini alla scultura che al disegno.

Se da un lato è necessario felicitarsi di questa profonda trasformazione, che amplia significativamente lo spazio creativo del progettista, dall'altro lato è opportuno impegnarsi affinché siano mantenuti sia il patrimonio culturale, sia la potenzialità creativa, del procedere nella definizione e nell'evoluzione della forma rigorosamente in termini geometrici e metrici.

La necessità di tramandare e mantenere focalizzato questo rigore progettuale appare tanto più importante, quanto più si comprende che i due approcci, che definiamo per brevità quello "gestuale" e quello "geometrico", oggi non si escludono. Molto più facilmente che in passato, grazie alle nuove tecnologie, la complessità e l'articolazione di un sistema geometricamente rigoroso (ripetibile) può facilmente assumere i connotati formali che siamo abituati ad associare ad una forma libera (gestuale ed irripetibile). In molti casi è vero anche il contrario: una forma libera può facilmente essere ricondotta ad un prodotto geometricamente rigoroso. Questi processi non devono essere letti come un appiattimento dei due diversi approcci al progetto della forma, bensì come una sinergia in cui l'uno diventa il valore aggiunto dell'altro.

Lo studio dell'ordine e della sua modellazione digitale, al di là della riproposizione dello stesso come elemento architettonico di una nuova architettura – pratica oggi sicuramente desueta – è di notevole importanza per far posare l'attenzione delle nuove generazioni di progettisti in corso di formazione, sulle regole e sulle forme caratteristiche della geometria piana e della sua naturale evoluzione nello spazio a tre dimensioni. Volendo alludere qui in particolare, ma senza volere essere esaustivi, ai concetti di modulo, ritmo, simmetria, proporzione, allineamento, traslazione, rotazione, tangenza, discontinuità, raccordo, così come alle forme quali poligoni, policentriche, spirali, eliche, coniche, cubiche ed i volumi che da esse possono generarsi per mezzo di semplici trasformazioni nello spazio. Tuttavia l'esperienza più importante che si apprende dallo studio dell'ordine architettonico, non è nella cura della soluzione delle singole parti, quanto far proprio il sistema di relazioni e di gerarchie procedurali, il prendere coscienza che tutto il progetto può vivere un equilibrio, complesso a piacere, in cui ogni parte ha dignità di esistere ed è fondamentale per ogni altra: un influsso capace di produrre un incredibile maturazione progettuale.

Eseguire la modellazione di un ordine architettonico corrisponde a ripercorrerne geometricamente la logica progettuale: comprendere l'algoritmo generativo. Un operazione quest'ultima che può essere di grande ausilio nel definire una più complessa procedura evolutiva, capace di produrre un modello di un edificio architettonico, realizzabile con gli strumenti digitali oggi a nostra disposizione. Un ulteriore ed interessante aspetto dell'analisi dell'ordine architettonico è individuare gli spazi di interpretazione, di libertà espressiva all'interno del complesso delle regole definite. Infatti, i grandi trattatisti che nei secoli si sono adoperati a descriverne le regole compositive, hanno lasciato un puzzle di informazioni non sempre facilmente ricomponibili e Palladio, come vedremo, non fa eccezione fra costoro. Non è pertanto inusuale che, ripercorrendo le indicazioni di un trattatista, si abbia l'impressione di percorre una scala solidissima verso una meta – il progetto – priva però di qualche gradino, al posto del quale si percepisca il vuoto. Non deve quindi meravigliare che si senta l'esigenza di colmare questo vuoto: a volte con la semplice libera interpretazione; altre volte prodigandosi a studiare le architetture costruite, evidenziando sperimentalmente, per mezzo del rilievo, ciò che non è stato scritto.

In un simile scenario sarebbe di grande ausilio poter condividere e confrontare le informazioni personalmente individuate con quelle analoghe prodotte da altri. Oggi la rete consente in modo molto semplice di condividere in modo più o meno efficacie le informazioni, ma non sempre queste sono facilmente reperibili, integrabi-

li e confrontabili. Da queste considerazioni sono scaturite due necessità: la prima di approfondire la modellazione dell'ordine in termini parametrici, così da poter facilmente accogliere tutte le variazioni interpretative di una stessa tipologia; la seconda di sperimentare un sistema di archiviazione delle informazioni, semplice e adatto alla condivisione.

L'insieme di queste motivazioni ha indotto lo sviluppo sperimentale, sotto forma di prototipo, di una piattaforma web, accedendo alla quale un utente attivo (producer) può compilare o caricare una configurazione che ha rilevato attraverso lo studio dei testi o l'analisi dal vivo; mentre un utente passivo (consumer) può visualizzare o scaricare il modelli tridimensionali. Questi, grazie alla parametrizzazione, sono automaticamente modellati dal sistema, sulla base dei dati delle configurazioni via via memorizzate nel sistema.

Pur avendo in precedenza esaminato la descrizione vitruviana dell'ordine architettonico, il trattato palladiano è sembrato più adatto per avviare la sperimentazione. Le informazioni fornite da Palladio sono più dettagliate di quelle indicate da Vitruvio e consentono una maggiore definizione del modello parametrico; inoltre, le opere Palladiane sono ampliamente diffuse, pertanto si potrà procedere a colmare eventuali lacune descrittive, sovrapponendo consistenti dati sperimentali facilmente recuperabili.

2. La consultazione delle fonti: selezione delle informazioni per la definizione parametrica dell'ordine

Lo studio degli ordini, così come concepiti e interpretati da Andrea Palladio, muove dalla consultazione del prezioso contributo teorico prodotto dall'architetto padovano e riproposto nei secoli da numerosi editori e studiosi, ovvero il testo *I quattro libri dell'architettura*, opere dedicata, nella parte introduttiva, alla descrizione dei "cinque ordini che usarono gli antichi", ovvero il Toscano, il Dorico, lo Ionico, il Corinzio e il Composito.
Palladio si occupa in primo luogo delle caratteristiche generali dei cinque ordini, legate alla determinazione della diminuzione delle colonne, dell'entasi, degli intercolumni e della disposizione delle stesse, ma soprattutto definisce un sistema di proporzionamento che sia indipendente da una "certa, e determinata misura, cioè particolare ad alcuna Città, come braccio, o piede, o palmo, sapendo che le misure sono diverse come sono diverse le Città, e le Regioni": sull'esempio di Vitruvio, cui fa espressamente riferimento nei testi, Palladio utilizza due diversi, ma connessi, sistemi di misurazione, uno legato all'utilizzo del modulo, che rappresenta il diametro della colonna (fatta eccezione per l'ordine Dorico, nel quale esso corrisponde al semidiametro), l'altro alla suddivisione di detto modulo in sottomultipli, i *minuti*.

L'utilizzo di questi due sistemi di proporzionamento, *per partizioni successive* riferite al modulo e per *sottomultipli* , definiti come sessantesimi di modulo (o trentesimi nel caso dell'ordine Dorico), genera due livelli di informazione, quantitativamente e qualitativamente differenti, il primo presente nelle descrizioni testuali, nelle quali Palladio si esprime esclusivamente in moduli, il secondo riferito alla parte applicativa, ovvero alle illustrazioni delle diverse parti dell'ordine che vengono quotate in *minuti*.

Il primo procedimento fornisce indicazioni generali sul proporzionamento dei vari elementi, richiamando in modo molto evidente la gerarchia della parti dell'ordine e conducendo così il lettore/disegnatore a considerare sempre la struttura nel suo insieme, nella sua complessa ma limpida articolazione spaziale, e a cogliere inequivocabilmente le relazioni che intercorrono fra esse. In questa fase vengono distinti e proporzionati chiaramente i tre livelli principali dell'ordine: il *livello costruttivo*, costituito dalle grandi masse (piedistallo, colonna, trabeazione), il *livello funzionale*, generato dalla partizione delle masse precedenti (il piedistallo si divide in zoccolo, dado e cimasa; la colonna in base, fusto, capitello; la trabeazione in architrave, fregio, cornice), e il *livello decorativo*, nel quale ogni elemento della categoria precedente viene costruito mediante la giustapposizione di modanature specifiche . Per quanto concerne il dimensionamento delle parti dei primi due livelli, le informazioni sono particolarmente esaustive, mentre restano indefinite o incomplete le dimensioni o le proporzioni delle singole modanature, specie per quanto riguarda la partizione degli aggetti, o *sporti* (per utilizzare la terminologia di Palladio), precludendo una definizione certa delle stesse.

Il secondo procedimento, la cui applicazione è evidente nelle illustrazioni dell'architetto padovano, consente invece una più completa definizione dimensionale delle singole modanature. Ad un esame più approfondito delle fonti, queste informazioni, che in un primo momento potevano sembrare risolutive rispetto alle presunte lacune del testo, si rivelano frequentemente in palese contraddizione con esso, suggerendo soluzioni formali che si discostano dal modello ideale proposto nella fase introduttiva e che, nuovamente, non conducono ad una soluzione univoca del problema di partenza, cioè la determinazione di un algoritmo per la costruzione di ogni singolo ordine. Sulle tavole, inoltre, si trova spesso più di una versione dello stesso elemento, il che conduce a ritenere che tali apparenti contraddizioni vadano piuttosto considerate come variazioni sul tema: in molti casi, Palladio stesso avverte il lettore che, mentre nella descrizione dell'ordine si attiene alle indicazioni vitruviane, nei disegni si discosta talvolta da tale modello ideale, sulla base dell'esperienza personale, delle opere, antiche e moderne, che ha avuto modo di vedere e studiare.

Le apparenti discrepanze fra i due livelli di informazione nel proporzionamento delle modanature diventano dunque inevitabili, e non devono essere considerate un limite alla definizione dell'ordine, ma una sua peculiarità: esse attestano infatti una caratteristica fondamentale dell'ordine architettonico, ovvero lasciare spazio ad una interpretazione soggettiva e non essere solo un codice inderogabile . Il problema di partenza, dunque, necessita di una ridefinizione: non si tratta più evidentemente di individuare un unico modo di rappresentare un dato

ordine, ma di comprendere quali siano le proporzioni costanti, e quali invece i gradi di libertà espressiva legati all'interpretazione delle parti che non sono soggette ad una particolare definizione. Fermo restando l'utilizzo di un numero ben definito di modanature note, ognuna con le proprie caratteristiche peculiari (*toro, ovolo, listello, cavetto, tondino,* etc.), sarà la loro combinazione, secondo proporzioni e dimensioni diverse stabilite ad arbitrio, a caratterizzare l'aspetto variabile dell'ordine.

Per ottenere le informazioni funzionali alla parametrizzazione dei vari ordini si è deciso dunque di considerare in primo luogo i dati provenienti dalla lettura del testo che, come già accennato, fanno riferimento esplicito alla lezione vitruviana e consentono di definire le *altezze* delle diverse parti, ai diversi livelli, *costruttivo*, *funzionale* e *decorativo*, alle quali si aggiungono alcune indicazioni relative alle dimensioni degli *sporti* dei vari elementi. Successivamente la consultazione dei disegni, espressione di una o più interpretazioni di uno stesso soggetto, può essere utile e costruttiva nel momento in cui consenta di rilevare ulteriori evidenti *intenzioni* dell'autore: non si tratta di raccogliere puntualmente altre informazioni di carattere dimensionale, espresse a questo secondo livello in *minuti*, o di ricostruire esattamente il particolare modello rappresentato, di per sé effimero, ma piuttosto di osservare con atteggiamento critico tali rappresentazioni, nel rispetto dello spirito filologico, alla ricerca di eventuali relazioni poste tra i diversi elementi, come allineamenti, intervalli ricorrenti, suddivisioni in parti uguali o partizioni successive.

Il modello parametrico a cui si tende non vuole essere quindi un ibrido determinato in ogni sua parte grazie ad una improbabile integrazione delle informazioni raccolte ai due diversi livelli, ma diventa uno schema ideale che si attiene da un lato alle chiare indicazioni per il proporzionamento generale, legate per lo più ad esigenze *costruttive e funzionali*, e contempla dall'altro determinate *variabili*, limitate al piano *decorativo*, che vanno individuate di volta, mantenendo così un certo grado di libertà espressiva in funzione dell'interpretazione palladiana.

3. Ordine Toscano

L'operazione più delicata nella creazione del modello parametrico è costituita certamente dalla definizione di queste variabili, che aumentano al crescere della complessità dell'ordine considerato.

Prendiamo ad esempio la costruzione della colonna dell'ordine Toscano, essendo la più semplice fra tutte, meno articolata dal punto di vista compositivo, la cui definizione lascia perciò poco spazio alle variabili interpretative, rendendo abbastanza semplice la costruzione di un algoritmo che la descriva (tabella 1). Muovendo dal generale al particolare, Palladio fornisce innanzitutto le dimensioni relative alle altezze delle partizioni proprie del livello costruttivo, assumendo come unità di misura il modulo, che rappresenta il diametro *al vivo della colonna di sotto*. La colonna, cui l'architetto attribuisce un'altezza di 7 moduli, viene in seguito scomposta funzionalmente in tre parti, *base, fusto e capitello*, cui sono associate le relative dimensioni: la base e il capitello occupano ciascuna mezzo modulo, mentre al fusto, di conseguenza, rimangono i restanti sei moduli.

Veniamo ora allo studio delle singole parti della colonna, ulteriormente suddivise in dato numero di modanature che vanno a costituire il *livello decorativo* dell'ordine. Procedendo per partizioni successive del mezzo modulo di partenza, Palladio definisce innanzitutto le proporzioni fra le parti che compongono la base, ovvero l'*orlo*, il *toro* (chiamato poi quasi sempre *bastone*) e la *cimbia* (che solo in quest'ordine fa parte della base), fornendo di fatto tutte le indicazioni necessarie a definire le altezze delle singole componenti. Per quanto riguarda invece gli aggetti, l'autore si limita nel testo ad indicare lo *sporto* complessivo della base rispetto al *vivo della colonna da basso*, quantificato in 1/6 del suo diametro. Consultando i disegni di Palladio, alla ricerca di informazioni più precise, e confrontandoli con quanto precedentemente dichiarato nel testo, ci si rende conto di una prima, considerevole variazione apportata dall'autore: il toro, che, secondo il procedimento per parti successive dovrebbe essere alto 3/4 della metà della base, ovvero 11 minuti e 1/4, ha in questo particolare caso un'altezza di 12 minuti e 1/2, sottraendo di conseguenza 1 minuto e 1/4 all'altezza della cimbia sovrastante. Il disegno, pur nella suo divergere dalla regola stabilita a monte, mette in evidenza una relazione costante tra la cimbia e il toro e fornisce dunque una preziosa indicazione, totalmente assente nel testo, sullo sporto della cimbia che, come si evince dalla relazione tra le quote riportate in minuti sul disegno[1] , è allineata al centro del semicerchio che definisce la sezione del toro.

Definita la base e, successivamente, fornite indicazioni precise sull'*entasi* e la *rastremazione* del fusto, pari ad 1/4 del diametro della colonna, si passa alla descrizione del capitello, per il quale, come già abbiamo visto nel caso della base, non mancano precise informazioni circa le altezze delle singole modanature che lo compongono (*collarino*, *listello*, *abaco* e *ovolo*), rimanendo invece indefiniti i relativi *sporti*. Unica informazione che Palladio fornisce a riguardo consiste nel limitare lo *sporto* complessivo del capitello allineandolo al *vivo della colonna da basso*. Come per la base, anche nel disegno del capitello, presentato da Palladio in due differenti versioni, emergono delle lievi differenze rispetto alla descrizione fornita nel testo, dipendenti però, in questo caso, dall'esigenza di compiere delle approssimazioni nella traduzione in minuti della partizione ideale: così, il *listello* e il *collarino* sottostante, che dovrebbero essere rispettivamente alti 1/7 e 6/7 di un terzo del capitello, ovvero, tradotti in minuti, 1 e 3/7 e 8 e 4/7, sono invece alti 1 minuto e 1/2 e 8 minuti e 1/2, mantenendo inalterata la dimensione complessiva, ma variando leggermente la proporzione reciproca e influenzando il dimensionamento delle modanature che sono poste in relazione con essi[2] .

Ordine Toscano

Nella tabella sono raccolte le informazioni sul proporzionamento delle varie parti che compongono la colonna Toscana, descritto da Palladio nel testo, e le misure delle stesse espresse in *minuti* sui disegni.
Legenda: M = *moduli*, m = *minuti* (M/60); h = *altezza*, Ø = *diametro*, s = *sporto*, r = *rientro* rispetto al filo a piombo posto in corrispondenza di una dato elemento, c = *centro del cerchio*. Il simbolo (!) indica la presenza di incongruenze rilevate tra i due tipi di misure. Ove non diversamente specificato, per *Ø colonna* si intende il *diametro della colonna all'imoscapo*.

Colonna				
h = 7 M	*Capitello*			
	h = 1/2 Ø colonna (1/2 M) **s** = allineato all'imoscapo **s** = 7+1/2 m (differenza di aggetto tra abaco e sommoscapo)	1/3	*Abaco (o Dado)*	
			h = 1/3 h capitello (1/6 M) **h** = 10 m **s** = 7+1/2 m (rispetto al sommoscapo)	
		1/3	*Ovolo*[1]	
			h = 1/3 h capitello (1/6 M) **h** = 10 m	
		1/3	1/7	*Listello*
				h = 1/7 di 1/3 h capitello (1/42 M) **h** = 1+1/2 m (!)[2] **r** = 5+1/2 m (rispetto all'abaco) (!)[3]
			6/7	*Collarino*
				h = 6/7 di 1/3 h capitello (1/7 M) **h** = 8+1/2 m (!)[4] **r** = 7+1/2 m (rispetto all'abaco)
	Fusto			
	h = 6 M **Ø** *vivo della colonna di sotto* = 1 M **Ø** *vivo della colonna di sopra* = 3/4 larghezza imoscapo (3/4 M) **Ø** imoscapo = 60 m **Ø** sommoscapo = 45 m **entasi** = 1/3 h fusto (2 M)		*Astragalo (o Tondino)*	
			h = 2 h "listello sotto l'ovolo" (1/21 M) **h** = 4 m (!)[5] **c** = allineato al detto listello (…) **r** = 3 m (rispetto all'abaco) (!)[6]	
			Cimbia (superiore)	
			h = h "listello sotto l'ovolo" (1/42 M) **h** = 1+1/2 m (!)[7] **s** = allineato al detto listello (…)	
	Base			
	h = 1/2 Ø colonna (1/2 M) **s** = 1/6 Ø colonna dall'imoscapo (1/6 M) **s** = 10 m dall'imoscapo	1/2	1/4	*Listello (o Cimbia)*
				h = 1/4 di 1/2 h base (1/16 M) **h** = 2+1/2 m (!)[8] **r** = 6+1/4 m dal toro[9]
			3/4	*Toro (o Bastone)*[10]
				h = 3/4 di 1/2 h base (3/16 M) **h** = 12+1/2 m (!)[11] **s** = 10 m dall'imoscapo
		1/2	*Orlo*	
			h = 1/2 h base (1/4 M) **h** = 15 m **s** = 10 m dall'imoscapo	

[1] Sostituito con una gola rovescia in una versione alternativa del capitello toscano presente in una delle tavole dei *Cinque Libri dell'Architettura*.
[2] Palladio approssima, altrimenti dovrebbe scrivere una frazione che indichi 1/7 di 10 m, cioè 10/7 m, esprimibile anche come 1+3/7 m, valore molto vicino a quello che poi indica nel disegno, cioè 1+1/2 m. Analogo ragionamento va fatto per l'altezza del collarino. Da notare che la somma dei valori in minuti delle altezze di listello e collarino fa 10 m, cioè 1/3 dell'altezza del capitello.
[3] Se il rientro dell'astragalo è pari a 3 m, allora il rientro del listello dovrebbe essere 4+1/2 m: nel testo Palladio dice infatti che il centro del cerchio che determina la sezione dell'astragalo, il cui raggio misura 1+1/2 m, deve essere allineato al detto listello.
[4] Palladio approssima, altrimenti dovrebbe scrivere una frazione che indichi 6/7 di 10 m, cioè 60/7 m, esprimibile anche come 8+4/7 m, valore molto vicino a quello che poi indica nel disegno, cioè 8+1/2 m. Analogo ragionamento va fatto per l'altezza del listello. Da notare che la somma dei valori in minuti delle altezze di listello e collarino fa 10 m, cioè 1/3 dell'altezza del capitello.
[5] Dovendo essere il doppio del listello, dovrebbe essere 3 m, non 4 m.
[6] Se il rientro del listello sotto l'ovolo è pari a 5+1/2 m, allora il rientro dell'astragalo dovrebbe essere 4 m: nel testo Palladio dice infatti che il centro del cerchio che determina la sezione dell'astragalo, il cui raggio misura 1+1/2 m, deve essere allineato al detto listello.
[7] Si rimanda alla nota sul listello.
[8] L'altezza indicata nel testo, riferita alla suddivisione della base, dovrebbe tradursi in 3+3/4 m. Lo stesso Palladio scrive nel testo che l'altezza del listello "si può anche fare un poco manco", cosa che giustifica la riduzione della stessa nel disegno. La somma dei minuti indicati sul disegno riferiti a cimbia e toro è comunque pari a 15 m, in conformità con quanto si evince dal testo stesso.
[9] Attenzione: questa misura rappresenta in realtà l'aggetto del toro rispetto al listello. Essa, sul disegno, è pari a 6+1/4 m, la metà esatta dell'altezza attribuita al toro, cioè 12+1/2 m: questo significa che il centro del cerchio che delimita il profilo del toro è allineato al suddetto listello. E' ipotizzabile dunque che l'aggetto del toro rispetto al listello vari a seconda dell'altezza del toro stesso e che sia sempre la metà di essa. Quindi, se l'altezza del toro, come si evince dal testo, fosse pari a 11+1/4 m, tale aggetto sarebbe pari a 5+1/2+1/8 m.
[10] Sostituito con una gola (rovescia?) in una versione alternativa del capitello toscano presente in una delle tavole dei *Cinque Libri dell'Architettura*.
[11] L'altezza indicata nel testo, riferita alla suddivisione della base, dovrebbe tradursi in 11+1/4 m. Essa è comunque complementare all'altezza della cimbia, al diminuire della quale aumenta l'altezza del toro. La somma dei minuti indicati sul disegno riferiti a cimbia e toro è comunque pari a 15 m, in conformità con quanto si evince dal testo.

Tabella 1 - Sintesi delle informazioni relative all'ordine Toscano, fornite dal Palladio nel testo e nelle immagini di "I quattro libri dell'architettura"

Ordine Dorico

Nella tabella sono raccolte le informazioni sul proporzionamento delle varie parti che compongono la colonna Dorica, descritto da Palladio nel testo, e le misure delle stesse espresse in *minuti* sui disegni.
Legenda: M = *moduli*, m = *minuti* (M/60); h = *altezza*, Ø = *diametro*, s = *sporto*, r = *rientro* rispetto al filo a piombo posto in corrispondenza di una dato elemento, c = *centro del cerchio*. Ove non diversamente specificato, per *Ø colonna* si intende il *diametro della colonna all'imoscapo*.

Colonna						
h = 7+1/2 M "ovvero" 8 M (se la struttura non poggia su pilastri) **h** = 17+1/3 M (se la struttura poggia su pilastri)[1]	*Capitello*					
	h = 1/2 Ø colonna (1 M) **s** = 1/5 Ø colonna	1/3	2/5	*Cimacio*	1/3	*Listello*
				h = 2/5 di 1/3 h capitello		**h** = 1/3 h *Cimacio*
					2/3	*Gola*
						h = 2/3 h *Cimacio*
			3/5	*Abaco*		
				h = 3/5 di 1/3 h capitello		
		1/3	2/3	*Ovolo*		
				h = 2/3 di 1/3 h capitello **s** = 2/3 h ovolo		
			1/3	1/3	*Anello (o Quadretto)*	
					h = 1/3 di 1/3 di 1/3 h capitello	
				1/3	*Anello (o Quadretto)*	
					h = 1/3 di 1/3 di 1/3 h capitello	
				1/3	*Anello (o Quadretto)*	
					h = 1/3 di 1/3 di 1/3 h capitello	
		1/3	*Collarino*			
			h = 1/3 h capitello			
	Fusto					
	h = 15 + 1/3 M[2] **Ø** vivo colonna da basso = 2 M (60 m)[3] **Ø** imoscapo = 60 m **entasi** = 1/3 h fusto[4] **rastremazione** = 8 parti sotto, 7 parti sopra (ipotesi)		*Astragalo (o Tondino)*			
			h = h *anelli* del capitello **s** = allineato al vivo della colonna da basso			
			Cimbia (superiore)			
			h = 1/2 h *astragalo*			
			Cimbia (inferiore)			
			h = 1/2 h *bastone di sopra* della base[5] **s** = 1/3 s della base (6+2/3 m dal *plinto*)			
	Base[6]					
	h = 1/2 Ø colonna (1 M) **s** = 1/6 Ø colonna	2/3	1/4	*Bastone di sopra*		
				h = 1/4 di 2/3 h base **r** = 3+1/3 m dal *plinto*, ovvero 2/3 s base		
			3/4	1/2	1/6	*Listello di sopra*
						h = 1/6 di 1/2 di 3/4 di 2/3 h base **r** = 5 m dal *plinto*, ovvero 1/2 s base
					4/6	*Cavetto*
						h = 4/6 di 1/2 di 3/4 di 2/3 h base **r** superiore = 5 m dal *plinto*, ovvero 1/2 s base **r** massimo = 6+2/3 m dal *plinto*, ovvero 1/3 s base **r** inferiore = 3+3/4 m dal *plinto*, allineato al centro del profilo del *bastone di sotto*
					1/6	*Listello di sotto*
						h = 1/6 di 1/2 di 3/4 di 2/3 h base **r** = 3+3/4 m dal *plinto*, allineato al centro del profilo del *bastone di sotto*
				1/2	*Bastone di sotto*	
					h = 1/2 di 3/4 di 2/3 h base **s** = s *plinto*	
		1/3	*Plinto (o Zocco)*			
			h = 1/3 h base **s** = 1/6 Ø colonna (dal *vivo della colonna di sotto*) (10 m)			

[1] Soluzione rappresentata sulle tavole di Palladio.
[2] Dato implicito.
[3] L'ordine Dorico è l'unico per il quale il modulo rappresenta mezzo diametro della colonna; esso, in questo caso, viene diviso in 30 minuti.
[4] Dato che si ricava nella parte introduttiva del testo, relativa alle regole generali per tutti gli ordini.
[5] Valore massimo. Può essere inferiore: "La Cimbia si fa per la metà del bastone di sopra facendosi divisa dalla basa […]. Ma se la base e parte della colonna saranno di un pezzo; si farà la Cimbia sottile, come si vede nel terzo disegno di quest'ordine." Nel disegno la cimbia misura quanto i listelli, cioè 1+1/4 m.
[6] Secondo Palladio, l'odine Dorico non ha una base propria, ma in molti casi gli si associa la base attica, che lui descrive e disegna.

Tabella 2 - Sintesi delle informazioni fornite dal Palladio relative all'ordine Dorico, nel testo e nelle immagini di "I quattro libri dell'architettura"

4. Ordine Dorico

La definizione dell'algoritmo alla base del modello parametrico, come abbiamo già accennato, diventa più complessa all'aumentare dell'articolazione delle diverse parti che compongono gli ordini. Senza ricorrere ai casi dove diventa maggiormente evidente tale complessità, come nell'ordine Ionico, per il quale entrano in gioco numerose variabili espressive legate all'articolato apparato decorativo, riportiamo alcuni aspetti problematici della parametrizzazione della colonna Dorica (tabella 2), che, pur essendo molto simile al caso precedentemente analizzato, presenta delle maggiori difficoltà di interpretazione dei dati grafici.

Nella descrizione della base, esauriente per quanto concerne la definizione delle altezze delle singole modanature (*plinto*, *bastone di sotto*, *cavetto coi suoi listelli*, *bastone di sopra*), ricavate per partizioni successive del modulo che rappresenta in questo caso l'altezza complessiva della stessa, Palladio si astiene dal fornire indicazioni precise circa gli *sporti* delle varie parti, che vengono invece definiti in maniera precisa sui disegni. Tali informazioni, espresse in minuti e riferite però ad un caso particolare, non possono essere assunte come indicazioni generali, ma una loro attenta lettura, che si spinga oltre la semplice registrazione del dato "mensorio", può mettere in evidenza ulteriori intenzioni compositive ed espressive dell'architetto: ci rendiamo conto che lo sporto del *listello di sotto* è posto in asse con il *centro* del *bastone* sottostante, mentre il rientro del *cavetto*, il *listello di sopra* e il *bastone di sopra* sporgono rispettivamente 1/3, 1/2 e 2/3 dello sporto complessivo della base[3] .

Un'ulteriore difficoltà risiede poi nell'individuazione della *rastremazione* del fusto che, se fissata in modo chiaro nel precedente ordine, è in questo caso indeterminata, non senza una valida ragione: la rastremazione del fusto, come spiegato da Palladio nell'introduzione agli ordini, non può essere infatti definita a priori, ma è una variabile che dipende dalle dimensioni reali della colonna[4] .

Per quanto riguarda il capitello, infine, si registra la presenza di un numero elevato di variabili, dovuto alla pressoché totale assenza di informazioni circa gli aggetti delle modanature che lo compongono, ovvero il *collarino*, la terna di *anelli* (o *quadretti*), l'*ovolo*, l'*abaco* e la *cimasa*, formata da una *gola diritta* e da un *listello*. Con il consueto procedimento delle partizioni successive, Palladio definisce nel testo le altezze di queste singole parti, del tutto indicative e soggette a variazioni, come si può constatare nella doppia versione del capitello dorico che l'autore propone sulle tavole. Per quanto concerne gli *sporti*, possiamo registrare come costanti solamente lo sporto totale del capitello, corrispondente ad 1/5 del *diametro della colonna da basso*, e alcuni proporzionamenti: gli *anelli* sporgono tutti e tre della stessa quantità e l'*ovolo* sporge dei 2/3 della propria altezza. L'osservazione delle quote espresse in minuti sul disegno non consente in questo caso di trarre ulteriori dati relativi al proporzionamento degli *sporti*, il che conduce all'introduzione di un certo numero di variabili nella composizione dell'algoritmo finalizzato alla sua parametrizzazione.

5. Il prototipo sperimentale realizzato per la modellazione e l'archiviazione dei dati relativi all'ordine architettonico.

Le più recenti sperimentazioni sulla condivisione di modelli tridimensionali, oggi in auge sulla rete, sono fondate sul *cloudcomputing* e sul *crowdsourcing*. Nella maggior parte dei casi prevedono l'acquisizione massiva di informazioni – anche affette da incertezza –, le elaborano con una incredibile potenza di calcolo e restituiscono modelli che ogni giorno – con lo sviluppo degli algoritmi e con il crescere delle informazioni – vanno perfezionandosi. Per esempio è oggi possibile realizzare un'applicazione, capace di integrare in un unico grande database, dati strumentali provenienti da diverse tecnologie (fotocamere, laser scanner, etc.), che utenti di qualsiasi genere - più o meno consapevolmente - mettono quotidianamente a disposizione della rete (*crowdsourcing*) e attraverso una complessa elaborazione (*cloudcomputing*) produrre un modello di sintesi, teoricamente il più oggettivo e vicino alla realtà. Pur non precludendo una possibile scalabilità in ambiente di *cloudcomputing* e una eventuale integrazione con dati provenienti dal *crowdsourcing*, l'attuale applicazione parte da esigenze diametralmente opposte: avere il minimo indispensabile di informazioni, capaci di descrivere l'ordine architettonico nelle sue componenti essenziali; avere dette informazioni affette da un processo di interpretazione, mirato a identificare il progetto ideale più che le imperfette dimensioni dell'oggetto realizzato; infine, aggregare contributi esperti più che raccoglierli massivamente sulla rete.

Sviluppata con diverse tecnologie software, l'applicazione è eseguita prevalentemente sul lato server e in piccola parte sul lato client. La compilazione dei dati riferiti all'ordine architettonico avviene dialogando direttamente con il server, così come la modellazione matematica tridimensionale, prodotta da un noto applicativo di modellazione, appositamente configurato sul server in modalità di servizio. La schematica rappresentazione bidimensionale del prospetto dell'ordine architettonico, utile al controllo in fase di impostazione dei relativi parametri, invece è eseguita sul computer dell'utente.

Allo stato attuale l'applicazione fornisce una modalità di interazione piuttosto "spartana", poiché l'attenzione dello sviluppo è ancora focalizzata sulla realizzazione delle procedure parametriche di modellazione. Nel prossimo futuro, nell'ipotesi di aprire ufficialmente lo spazio ad un pubblico più vasto, si prevede di fornire un sistema di composizione dell'ordine architettonico, basato sulla consolidata tecnologia drag&drop, apponendo dunque uno dopo l'altro gli elementi architettonici necessari. Al lato della modalità di modellazione interattiva, tuttavia, è stato ritenuto opportuno svilupparne anche una più testuale-descrittiva. La possibilità di descrivere la struttura dell'ordine in via sintetica, per mezzo di un elaborato testuale, è di grande utilità sia per la

condivisione dell'informazione, sia per consentire, anche a chi non è abituato o semplicemente non desidera operare con il computer, di produrre o di derivare dal modello un documento più congeniale alle proprie attitudini.
La soluzione ad entrambi questi problemi è sorta spontanea durante la fase di raccolta e organizzazione dei dati, è sembrato infatti ragionevole strutturali secondo una organizzazione ad albero, che in ambito informatico è oggi ben rappresentata dai *Markup Language*. In particolare, utilizzando il metalinguaggio XML , si è pensato di progettare la struttura di un documento capace di descrivere l'ordine architettonico così che possa essere facilmente definito, catalogato, condiviso ed elaborato da altre procedure – oltre la nostra – per essere automaticamente modellato o anche diversamente utilizzato.

Rimandando alle risorse delle rete per gli approfondimenti a riguardo di XML, a titolo di esempio riportiamo qui una sequenza di quattro immagini, che simulano il procedere nella definizione dell'ordine Toscano di Andrea Palladio, condotta per via testuale secondo la struttura XML, come da noi attualmente personalizzata.

```
<Toscano h="7">
  <Capitello h="1/2"></Capitello>
  <Fusto     h="6"  ></Fusto>
  <Base      h="1/2"></base>
</Toscano>
```

```
<Toscano h="7">
  <Capitello h="1/2">
    <Abaco h="1/3"></Abaco>
    <Ovolo h="1/3"></Echino>
    <Parte h="1/3"></Parte>
  </Capitello>
  <Fusto h="6"  >
    <Astragalo h="1"   ></Astragalo>
    <Cimbia    h="1/2" ></Cimbia>
    <Entasi    h="1/3" ></Entasi>
  </Fusto>
  <Base h="1/2" >
    <Parte h="1/2"></Parte>
    <Plinto  h="1/2" ></Plinto>
   </Base>
</Toscano>
```

```
<Toscano h="7">
  <Capitello h="1/2">
    <Abaco h="1/3"></Abaco>
    <Ovolo h="1/3"></Echino>
    <Parte h="1/3">
        <Cimbia    h="1/7" ></Cimbia>
        <Collarino h="6/7" ></Collarino>
    </Parte>
  </Capitello>
  <Fusto h="6"  >
    <Astragalo h="1"   ></Astragalo>
    <Cimbia    h="1/2" ></Cimbia>
    <Entasi    h="1/3" ></Entasi>
  </Fusto>
  <Base h="1/2" >
    <Parte h="1/2">
        <Listello h="1/4"></Listello>
        <Toro h="3/4" ></Toro>
    </Parte>
    <Plinto  h="1/2" ></Plinto>
   </Base>
</Toscano>
```

Figura 1 - Simulazione della sequenza di costruzione della definizione parametrica dell'ordine Toscano. In alto a sinistra la fase 1, in basso a sinistra la fase 2 e a destra la fase 3.

La struttura inizialmente è costituita semplicemente dal nome principale che identifica l'ordine – in questo caso il Toscano – e dalle tre partizioni principali: capitello, fusto e base. Ogni elemento della struttura ha una proprietà "h" che ne definisce l'altezza. L'altezza del nodo padre è riferita al numero dei moduli, mentre le altre sono frazioni riferite all'altezza del nodo gerarchicamente appena superiore.

Nella seconda elaborazione viene definito il livello di partizioni successivo. Quando la partizione coincide con una modanatura, prende il nome della medesima, altrimenti l'elemento assume il nome generico di "Parte". La terza elaborazione esplode ulteriormente le partizioni e, nel caso del Toscano, giunge al termine delle suddivisioni. La quarta elaborazione infine amplia i parametri assegnati ai singoli elementi, così da fornire le altre informazioni utili alla modellazione, in particolare quelle relative agli sporti.

Alcuni elementi hanno la proprietà "ID", utile ad assegnargli un nome univoco, così da essere richiamati come riferimento "lr" per la misurazione, all'interno di altri elementi. Alcuni sporti sono infatti calcolati come riduzioni "rd" o incrementi "inc", rispetto ad altri elementi dell'ordine (anche spazialmente distanti), la cui quantità è espressa indicando l'unità di misura e le frazioni della riduzione. Nello figura 2, per esempio, si nota che la Cimbia del Fusto dell'ordine Toscano, rientra di 7 minuti e ½, rispetto al filo dell'Abaco.

```
<Toscano h="7">
  <Capitello h="1/2" s=1>
    <Abaco h="1/3" id="Ab1"></Abaco>
    <Ovolo h="1/3" lr="Ab1" rde="m:1/2" rds="m:5,1/2" ></Echino>
    <Parte h="1/3">
        <Cimbia    h="1/7"  lr="Ab1"  rd="m:5,1/2"></Cimbia>
        <Collarino h="6/7"  lr="Ab1"  rd="m:7,1/2"></Collarino>
    </Parte>
  </Capitello>
  <Fusto h="6"  >
    <Astragalo h="1"  lr="Ci1" ></Astragalo>
    <Cimbia    h="1/2" lr="Ab1" rd="m:7,1/2" id="Ci1"></Cimbia>
    <Entasi    h="1/3" rd="1/4" ></Entasi>
  </Fusto>
  <Base h="1/2" s="M:1,1/6">
    <Parte h="1/2">
        <Listello h="1/4"></Listello>
        <Toro h="3/4" ></Toro>
    </Parte>
    <Plinto  h="1/2" ></Plinto>
  </Base>
</Toscano>
```

Figura 2 - Simulazione della sequenza di costruzione della definizione parametrica dell'ordine Toscano. Fase 4.

6. Conclusioni

Allo stato attuale, la modellazione parametrica ha risolto i problemi relativi agli ordini Toscano, Dorico e Ionico, mentre sono in fase di studio le soluzioni geometriche per discretizzare la modellazione del Corinzio e del Composito, soprattutto in relazione alla necessità di trovare una forma di schematizzazione delle parti ornate.

Su questi obbiettivi si focalizzerà pertanto lo sviluppo di questa ricerca, continuando ad approfondire sul piano filologico le informazioni fornite da Palladio. In questa prima sperimentazione abbiamo scelto volutamente di evidenziare esclusivamente i dati direttamente ricavabili dal suo trattato, per valutare senza interferenze l'esaustività delle informazioni utili alla modellazione. Nel prossimo futuro allargheremo la documentazione ai contributi di analisi e di sviluppo prodotti dai suoi riferimenti e dai suoi interpreti.

7. Bibliografia

[1] Andrea Palladio, *I quattro libri dell'architettura di Andrea Palladio. Ne' quali, dopo un breue trattato de' cinque ordini, & di quelli auertimenti, che sono piu necessarij nel fabricare; si tratta delle case priuate, delle vie, de i ponti, delle piazze, de i xisti, e de'tempij*, appresso Dominico de' Franceschi, Venezia 1570

[2] Pierre Gros, Howard Burns, *Palladio e l' antico*, introduzione di Howard Burns, Marsilio, Centro internazionale di studi di architettura Andrea Palladio, Venezia 2006.

[3] Andrea Palladio, *I Cinque ordini di architettura di Andrea Palladio esposti per un'esatta istruzione di chi ama e coltiva questa bella utilissima arte*, Venezia, appresso Angiolo Pasinelli, 1746

[4] Aniano Balzafiori, *Gli ordini di architettura di Andrea Palladio disegnati ed incisi da Aniano Balzafiori pittore*, Vicenza 1807

[5] Elwin C. Robison, *Structural Implications in Palladio's Use of Harmonic Proportions*, in Annali di Architettura 10/11 Rivista Del Centro Internazionale di Studi di Architettura A. Palladio, Electa, Milano 1998/ 1999

[6] Guido Beltramini e Howard Burns (a cura di), *Palladio*, Marsilio Editori, Venezia 2008

[7] Franco Barbieri, Donata Battilotti, Guido Beltramini, (a cura di) *Palladio 1508-2008* Il Simposio del Cinquecentenario, Marsilio Editori, Venezia 2008

[8] Decio Gioseffi, *Dal progetto al Trattato: incontro e scontro con la realtà*, in Bollettino XX – 1978 del Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio - Andrea Palladio: dal progetto alla realizzazione.

[9] Decio Gioseffi, *I disegni dei "Quattro Libri" come modelli; modellistica architettonica e teoria dei modelli*, in Bollettino XXII – 1980 parte I del Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio - Palladio e il Palladianesimo.

[10] Riccardo Migliari, Il disegno degli ordini e il rilievo dell'architettura classica: Cinque Pezzi Facili, in Disegnare Idee Immagini, n. 2, Roma, Febbraio 1991 - pp. 49-66

1. Lo sporto del toro rispetto alla cimbia, sul disegno, è pari a 6 minuti e 1/4, la metà esatta dell'altezza attribuita al toro, cioè 12 minuti e 1/2: questo significa che il centro del cerchio che delimita il profilo del toro risulta allineato al suddetto listello. È ipotizzabile dunque che l'aggetto del toro rispetto al listello vari a seconda dell'altezza del toro stesso e che sia sempre la metà di essa.

2. Ci si riferisce in particolare al dimensionamento dell'astragalo e della cimbia poste alla sommità del fusto, le cui altezze sono definite in relazione all'altezza del suddetto listello.

3. Lo stesso Palladio utilizza questo tipo di riferimento per definire lo sporto della cimbia, posta al termine inferiore del fusto, che coincide con "la terza parte di tutto lo sporto della basa".

4. Maggiore è lo slancio della colonna, minore dovrà essere la diminuzione, "essendo che l'altezza faccia da sé l'effetto del diminuire per la distanza", come scrive Palladio nell'introduzione ai Cinque ordini dell'architettura: "se la colonna sarà alta fino a 15 piedi, si dividerà la grossezza da basso in 6 parti e mezza, e di 5 e mezza si farà la grossezza di sopra". Nel testo sono definiti poi altri rapporti ricorrenti: per un'altezza da 15 a 22 piedi, il rapporto sarà di 7 parti sotto e 6 e mezzo sopra; da 20 a 30 piedi, 8 parti sotto e 7 parti sopra; da 30 piedi in su "si diminuiranno secondo il detto modo per la rata parte" (il riferimento di Palladio è al capitolo II del III libro del De Architectura di Vitruvio). Nel caso specifico della colonna dorica rappresentata nel testo, è ipotizzabile che Palladio abbia utilizzato il rapporto di 7 a 8.

IL PONTE DI BASSANO DEL GRAPPA. ANALISI E RILIEVO TRAMITE LASER SCANNER

[1] **Lorenzo Duranti, [2]Carla Micozzi**
[1] durantilorenzo@libero.it
[2] carla.micozzi@hotmail.it

1. Obiettivi

Il problema della definizione di una buona prassi per la documentazione del patrimonio culturale sta avendo in questi ultimi anni un rinnovato intervento volto soprattutto alla conoscenza del bene stesso, conoscenza che molte volte costituisce il primo passo verso la progettazione dell'intervento di restauro così come per la costruzione di un insieme di informazioni utili per la gestione del bene culturale stesso.

Da qualche anno la sperimentazione in questo ambito si è spostata nel campo digitale proponendo un approccio speditivo mediante nuove tecnologie, che permettono di perseguire l'utopia di un database di rilievi non realizzabile con tecniche tradizionali. Alla base di questo database ideale vanno dunque posti come requisiti fondamentali l'incorruttibilità del dato e la sua non obsolescenza nel tempo.

L'approfondimento che qui proponiamo ha come obiettivo quello di analizzare un modello omnicomprensivo dal quale sia possibile estrapolare molteplici dati secondo differenti livelli di lettura e comunicazione. Questo modello è rappresentato dalla nuvola di punti acquisita dallo strumento da noi utilizzato, il laser scanner Leica C10, che permette, mediante un unico dispositivo, di integrare informazioni morfologiche, metriche, topografiche, fotografiche e materiche secondo lo stesso asse di presa, garantendo la perfetta omologia tra la nuvola 3d e le prese fotografiche. Mediante la tridimensionalità del dato acquisito è possibile sviluppare un modello ad alta definizione, dove forma e dimensioni sono descritte tramite milioni di coordinate. La trasformazione del modello numerico in un modello tridimensionale, perfettamente rispondente alla realtà, richiede un'elaborazione qualificata ed accurata che si è dimostrata altamente dispendiosa in termini di tempo e di risorse, a fronte di una fase di acquisizione che fa della rapidità ed oggettività del dato il suo punto di forza.

Questo approccio al rilievo, un metodo integrato e speditivo di tutela dell'opera a partire da un modello in grado di fornire un livello di conoscenza globale, trova fondamento nel vasto patrimonio palladiano che presenta delle problematiche come la mancanza di documentazione per alcune di esse, l'appartenenza a privati, che non sempre le rende accessibili e tutelabili, e il loro degrado veloce e costante, che richiede continui monitoraggi.

Il caso presentato, relativo al ponte di Bassano del Grappa, ha l'intento di illustrare ed evidenziare le problematiche sopra citate, definendo un modello virtuale che sia fruibile, rapido, e continuamente aggiornabile mediante interventi successivi di completamento, garantendo al tempo stesso la conservazione digitale del dato e l'accesso ai contenuti anche nel corso dell'evoluzione dei software.

2. Campagna di rilievo e realizzazione del modello numerico

La tecnica di acquisizione del laser Leica C10 all-in-one permette di studiare nuove modalità di formazione speditiva del modello, tra cui il trattamento della nuvola di punti 3d come prodotto finito e morfologicamente corretto, potendo, attraverso software commerciali, già estrarre da essa informazioni metriche e semantiche. Inoltre è possibile effettuare interazioni tra differenti fonti di acquisizione del manufatto architettonico, permettendo l'interoperabilità dei dati e sperimentando le possibilità offerte dall'approccio monostrumentale al rilievo 3d. La scelta di un dispositivo a tempo di volo risponde all'esigenza di avere uno strumento idoneo per la posizione del manufatto, completamente inserito all'interno del tessuto urbano di Bassano del Grappa, e per la complessità della struttura.

Questa metodologia costituisce un modo completamente nuovo di documentare, dimostrando innumerevoli vantaggi che non si limitano solamente alla velocità di presa ma tengono anche in considerazione aspetti come la non-intrusività, la sicurezza durante le fasi di rilievo e la semplicità d'uso.

Le operazioni di rilievo del ponte palladiano si sono svolte il 26 ottobre 2011 a Bassano del Grappa nell'arco di una giornata, impiegando circa 8 ore. Le scansioni, effettuate da più postazioni al fine di rilevare correttamente l'intero oggetto, hanno richiesto un veloce sopralluogo dell'area, che ha palesato in poco tempo la difficoltà nella scelta stessa dei punti di presa, in quanto la posizione del manufatto non preservava sempre la visibilità del ponte dallo scanner. Per questo motivo si riconosce l'importanza della programmazione delle prese e dei relativi target, poiché in questo modo è stato possibile garantire, una volta giunti alla fase di restituzione, la georeferenziazione dei dati laser e permetterne l'unione. A causa della scelta "vincolata" delle stazioni di presa, pur garantendo la visibilità della maggior parte della costruzione, non è stato possibile evitare i fenomeni d'ombra dovuti alla presenza di oggetti che ostacolavano la traiettoria della camera. Tuttavia la decisione di impostare, per ogni stazione, un'ampia finestra di presa, ha portato ad una buona sovrapposizione tra le scansioni, risolvendo parzialmente il problema delle zone d'ombra. Le operazioni di presa sono iniziate in aree distanti in modo da poter avere una visione complessiva dell'opera. In particolare la scansione più lontana è stata effettuata a 125m dal ponte, mentre le successive all'interno dello stesso, garantendo un maggiore definizione degli elementi. Nel caso delle scansioni di dettaglio è stata determinata la distanza dell'oggetto del rilievo dalla postazio-

ne di presa, misurando con lo strumento un punto remoto dell'opera, e successivamente è stata impostata la griglia di risoluzione che determina la densità di scansione.

Contestualmente alla fase di presa, si è realizzato un rilievo fotografico, le cui immagini vengono montate, dallo strumento utilizzato, in un mosaico che forma una panoramica a 360°. Ogni singolo fotomosaico (17° x 17°) dell'immagine ha una risoluzione di 1920 x 1920 pixel (4 Megapixel). Un'intera panoramica catturata è composta da 230 foto.

Lo strumento permette di analizzare e di valutare in un secondo momento, nell'ambiente software associato al sistema laser, sia gli elementi architettonici che i dettagli tecnici, consentendone un'esauriente visualizzazione tridimensionale non pensabile con un'acquisizione tradizionale, la quale richiederebbe un'ulteriore elaborazione per ottenere risultati qualitativamente confrontabili.

Le fasi di elaborazione e restituzione dati è stata effettuata con il software Cyclone 7.3, fornito dalla Leica Geosystems. La completa tridimensionalità del ponte è stata restituita allineando le molteplici scansioni attraverso la roto-traslazione delle diverse viste in un unico sistema di riferimento, creando quindi una sola nuvola contenente l'intero rilievo (Scan Registration). Il processo di registrazione calcola l'allineamento ottimale per ogni ScanWorld in modo tale che i vincoli delle nuvole, nello ScanWorld risultante, siano il più possibile vicini. Per ciascun vincolo si ha la scomposizione dell'errore che, al contrario della topografia tradizionale, indica la distanza tra gli stessi. Nel nostro caso l'errore derivante dall'allineamento è di 0,004 m.

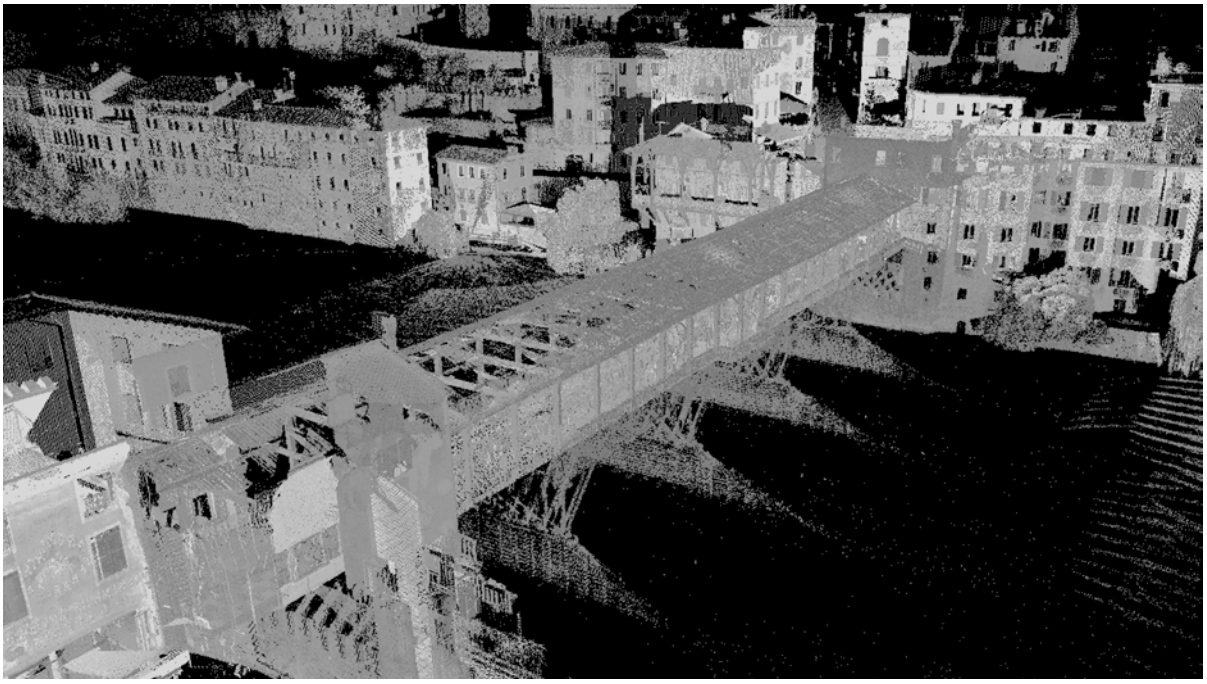


Fig. 1. Nuvola di punti ottenuta allineando le 21 scansioni effettuate.

3. Catalogo applicativo di possibili output

Il modello a nuvola di punti deve poter restituire una documentazione morfologica con un'elevata accuratezza, esplorabile e fruibile, tale da descrivere e comunicare l'opera senza ricorrere al modello 3d che necessariamente si scontra con l'impossibilità di poter impiegare la totalità delle misurazioni effettuate in fase di rilievo, specie se la trasformazione del modello da discreto a continuo viene realizzata automaticamente. Infatti, nel campo del "mesh processing" è consuetudine utilizzare strumenti di decimazione intelligente che, attraverso un ricampionamento delle nuvole di punti, comportano un'inevitabile cancellazione di parte dei dettagli acquisiti. L'alterazione della nuvola di punti originaria, al fine di conseguire restituzioni 3d capaci di sintetizzare efficacemente aspetti metrici e morfologici, non sempre si rivela la scelta migliore; le varie filtrature vanno sempre controllate attentamente per non rischiare una perdita anche cospicua di informazioni che potrebbero già garantire senza ulteriori elaborazioni una completezza al modello rilevato.

Le problematiche affrontate nella realizzazione di un modello tridimensionale hanno motivato lo studio relativo al modello numerico e alle opportunità di indagine offerte dallo stesso senza arrivare alla restituzione di un modello geometrico. Tuttavia quest'ultimo rappresenta un momento importante del rilievo, poiché delinea i punti caratterizzanti l'opera ed è in grado di pervenire a quella sintesi critica, vera espressione del rilevamento.

3.1 La nuvola di punti come prodotto finito

La banca dati morfometrica a nuvola di punti, rappresenta già di per sé un modello finito, dotato di una propria ed esauriente leggibilità, in grado di offrire un modello di assoluta precisione e di forte impatto visivo che va ol-

tre lo scenario reale. La trasparenza delle nuvole permette infatti una visione che non è possibile conoscere direttamente dalla realtà ma che rende immediatamente evidente il rapporto tra interno ed esterno, tra costruito e non.

In particolare nel ponte di Bassano, la nuvola di punti crea una percezione complessiva che integra il manufatto all'interno del contesto in cui sorge, evidenziando le relazioni che intercorrono tra costruito e ambiente circostante, nonché gli ulteriori aspetti non percepibili dai soli documenti cartacei. Il sistema di relazioni che emerge definisce una nuova lettura data dalla correlazione dei luoghi e dalla composizione ed integrazione degli elementi architettonici. Diventano così chiari gli spessori dei vari elementi, l'immediata leggibilità della suddivisione spaziale interna, il passo delle campate portanti e l'intelaiatura dell'intera struttura.

Le informazioni estrapolate dallo strumento impiegato sono rese omogenee e gestibili grazie all'ambiente digitale, permettendo un continuo arricchimento e aggiornamento in tempo reale, offrendo inoltre la possibilità di interrogazioni e confronti incrociati tra informazioni attinenti a differenti classi di dati.

Uno degli sviluppi più interessanti della tecnologia laser scanner potrebbe essere la messa a punto di metodi speditivi per la visualizzazione e l'esplorazione interattiva delle nuvole di punti attraverso l'utilizzo delle reti telematiche. Nello specifico si tratta di un web museum per la visualizzazione, la conservazione e la diffusione attraverso la rete Internet di opere d'arte.

3.2 Cyclone Publisher e Leica TruView

Lo sviluppo di nuove tecnologie digitali ha incoraggiato la ricerca verso nuovi scenari di lettura e interpretazione dell'architettura storica nonché la volontà di condividere e rendere fruibile i dati acquisiti ed elaborati del vasto e articolato patrimonio palladiano.

Il lavoro svolto è rivolto all'ottenimento di un sistema informativo sul rilievo dell'opera di Palladio, aggiornabile con il progredire delle conoscenze e facilmente consultabile. A questo proposito sono stati utilizzati specifici software come Cyclone Publisher e Leica TruView che consentono l'esplorazione del modello numerico in real-time, provando l'opportunità di rendere immediatamente disponibili i dati raccolti durante la campagna di rilevamento senza la necessità di una conoscenza specifica da parte dell'utente che può così navigare la scena in maniera immersiva ed interattiva.

In particolare Leica Cyclone Publisher pubblica i dati di nuvole di punti per la condivisione su web comprimendo i dati e creando immagini panoramiche misurabili per la visualizzazione e il mark-up mediante il plug-in gratuito di Internet Explorer Leica TruView. Quest'ultimo è un visualizzatore panoramico, in un formato multipiattaforma e multibrowser, attraverso il quale è stato possibile visualizzare, avvicinare e navigare le nuvole di punti in modo naturale e intuitivo.

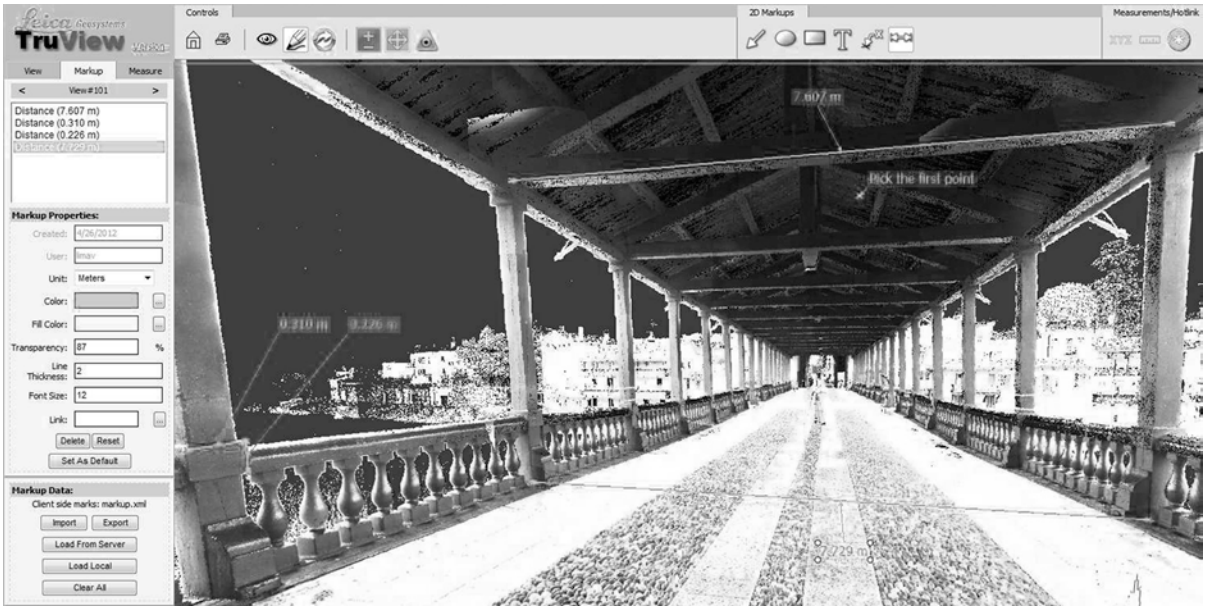


Fig. 2. Print screen dell'applicazione TruView del ponte palladiano.

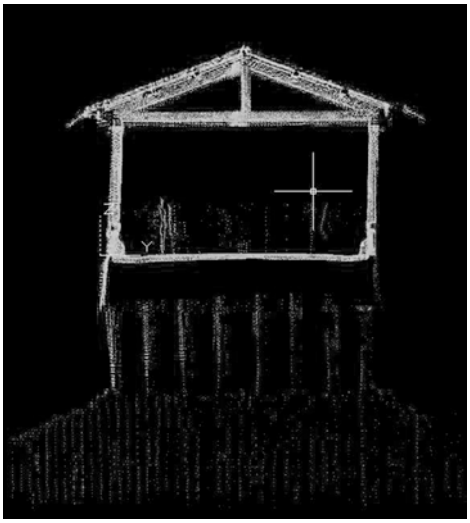
Attraverso gli strumenti messi a disposizione dal Publisher la trasformazione e la gestione dei dati avvengono in maniera del tutto automatica. L'applicazione si serve dei dati RGB e di riflettanza per originare un nuovo modello semplificato e web-orientated. Tale modello è costituito da una serie di file immagine, di piccole dimensioni, che ripropongono una prospettiva ricostruita assumendo come centro di proiezione il centro del sistema di scansione laser. Dunque il programma non lavora direttamente sui punti nello spazio virtuale ma sulla loro immagine RGB o di riflettanza; la nuvola di punti originaria viene ridotta ad un'unica immagine sferica navigabile grazie al viewer che permette anche di simulare differenti aperture di angolo focale a distanza rispetto a quanto visualizzato.

Nel TruView del ponte palladiano è possibile estrarre le coordinate reali 3d o misurare la distanza tra due punti, visualizzando i risultati direttamente sull'immagine della nuvola. Inoltre permette di creare revisioni e collegamenti ipertestuali e di condividerli per una più efficace comunicazione. Il servizio offerto, dunque, non è solo un visualizzatore di immagini ma rappresenta uno strumento in grado di gestire le potenzialità del laser fornendo nuove rappresentazioni infografiche che possono adattarsi facilmente alle diverse esigenze degli studiosi e degli operatori. In questo ambito il modello numerico, che per struttura spesso si dimostra di difficile gestione e comprensione, trova un nuovo utilizzo di notevole efficacia ed impatto, mostrandosi un valido strumento di indagine ed analisi degli elementi architettonici nel web.

3.3 Il modello bidimensionale

Il problema dell'attendibilità della restituzione rispetto al modello a nuvola di punti ha favorito il crescente ruolo di nuove tecnologie nella comunicazione in ambito architettonico, in quanto si stanno rivelando sempre più necessarie soluzioni software e metodologie codificate, attendibili e specializzate, in grado di convertire i rilievi digitali in modelli di facile fruizione interattiva, allo scopo di produrre elaborati grafici finalizzati a pratiche manutentive o conservative. Un contributo è dato dall'automatismo del laser, che oltre alla rapidità di esecuzione ridimensiona enormemente anche la possibilità di errore umano.

Nel restauro architettonico, la tecnologia laser utilizzata assicura un monitoraggio dell'opera per la definizione di modelli digitali tridimensionali effettuati in momenti diversi, al fine di garantire la tutela dell'opera stessa. Dunque, mentre nel rilievo tradizionale, era necessario operare una scelta dei punti notevoli in sito per la definizione dell'oggetto, mediante uno strumento che integra al suo interno molteplici componenti per il rilevamento, la lettura critica dell'opera viene effettuata dopo l'acquisizione del dato. Questa agevolazione, che ottiene come risultato un'elevata quantità di dati, definibili acritici in quanto derivanti da scansioni laser a 360°, non prescinde dalla necessità di un'attenta lettura e comprensione del manufatto. Infatti l'elaborazione dei dati numerici di una nuvola di punti per la realizzazione di elaborati come piante, prospetti e sezioni, presuppone una grande esperienza e capacità critica da parte degli operatori, i quali devono essere in grado di cogliere gli elementi caratterizzanti e le singolarità dell'opera.



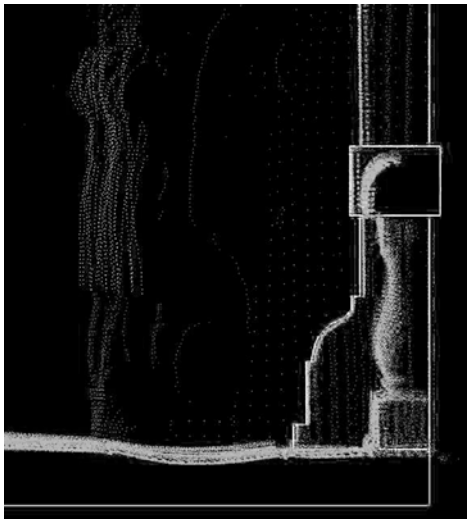


Fig. 3. Sezione trasversale di una campata del ponte.
Fig. 4. Profilo di dettaglio del ponte.

Il modello bidimensionale del ponte di Bassano è stato realizzato mediante il software Cloudworx fornito dalla Leica, che permette la realizzazione di sezioni e piani di taglio direttamente sulla nuvola di punti. Le sezioni si dimostrano utili strumenti di controllo in quanto permettono la verifica, lungo distanze predefinite, degli elementi che compongono l'opera. Ad esempio è evidente l'inclinazione dei piloni dovuta alla forza della corrente del fiume Brenta, oppure è misurabile l'imbarcatura delle travi o la gibbosità della pavimentazione.

3.4 Il modello geometrico

Per la realizzazione del modello tridimensionale del ponte è stato fondamentale l'utilizzo del plug-in per Autocad Cloudworx, che ha permesso la visualizzazione e la gestione dei punti direttamente all'interno del programma CAD. Il lavoro di modellazione viene agevolato in quanto non solo risulta più semplice il controllo del solido mediante la guida della nuvola di punti, ma il file non viene appesantito dalle informazioni ricavate dallo strumento laser dal momento che l'applicazione si appoggia al software Cyclone.

La prima operazione svolta all'interno dell'ambiente CAD è stata quella di limitare la visualizzazione della nuvola all'area del ponte di Bassano confinando la vista relativamente alla struttura per poter riconoscere e rendere più agevole l'analisi degli elementi che compongono l'opera. La modellazione è iniziata a partire dalla struttura, per poi risalire fino alla copertura e realizzare in ultimo i portali d'ingresso al ponte.

La definizione degli elementi strutturali è stata possibile attraverso i comandi di selezione del software utilizzato che hanno permesso dei tagli orizzontali, ad una distanza di circa un metro l'uno dall'altro, della nuvola di punti in modo tale da esaminare l'andamento delle pile e dei traversi. Allo stesso modo sono stati disegnati accuratamente i profili degli elementi di dettaglio, come le modanature e le componenti della balaustra che, estrusi in maniera opportuna, compongono un modello tridimensionale conforme al rilievo di partenza. Mentre per quanto riguarda la modellazione della struttura non visibile dalla nuvola, perché chiusa dagli elementi di tamponamento del ponte, si è ricorso all'ausilio delle tavole palladiane de "I Quattro Libri dell'Architettura".

Poiché Autocad non consente una buona gestione delle superfici con un grado del loro polinomio rappresentativo superiore a due, la modellazione di alcuni oggetti è stata realizzata attraverso i programmi MoI e Rhinoceros, seguendo due modalità: la prima si avvale dell'utilizzo di solidi generati per estrusione, rivoluzione e loft, che definiscono forme geometriche comuni, mentre l'altra impiega le spline e gli operatori nurbs.

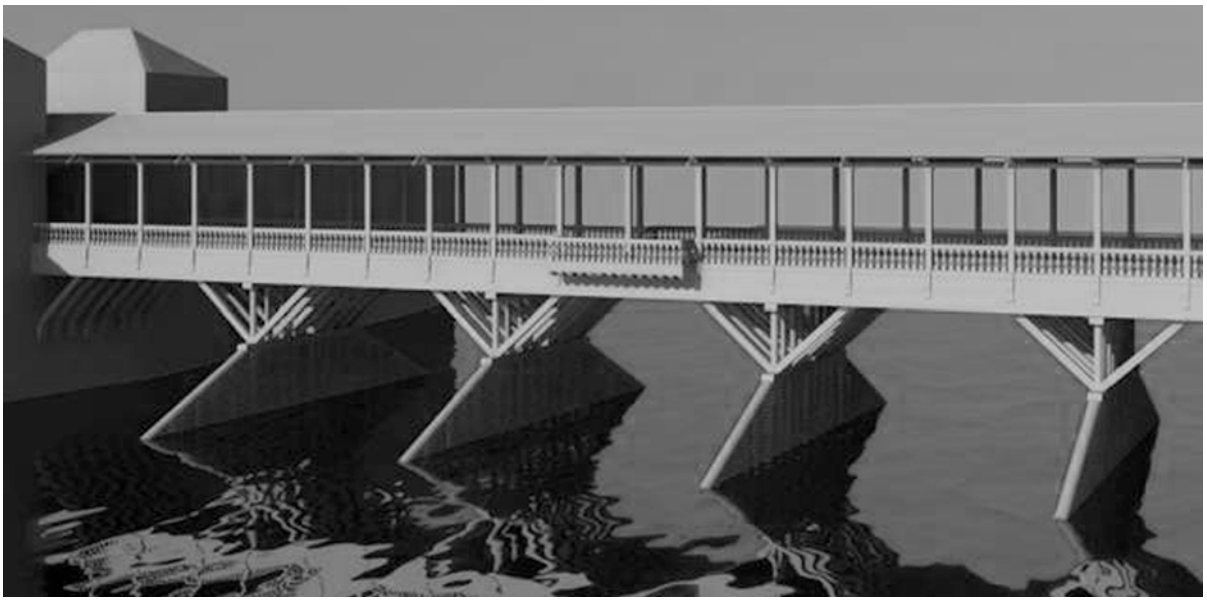


Fig. 5. Modello 3d elaborato a partire dalla nuvola di punti.

4. Conclusioni

Questo articolo nasce dalla volontà di mettere in evidenza le potenzialità dei modelli numerici a scopo scientifico. In particolare lo strumento utilizzato ha dimostrato la propria capacità di realizzare in maniera immediata e automatica un primo modello grafico di semplice utilizzo, non privo di valore conoscitivo e scientifico, in grado di descrivere in maniera puntuale la situazione reale con un buon livello di approfondimento non solo visuale ma anche metrico. Software come Leica TruView, si pongono come potenti strumenti di divulgazione dell'architettura, proprio per la loro caratteristica di garantire una conveniente interazione tra l'utente finale e il modello.

La conoscenza dell'architettura è ancora affidata a quelli che sono gli strumenti canonici della rappresentazione che cercano di raccontare la spazialità di un progetto. Ad oggi i dati acquisiti dai modelli numerici non sono sfruttati al pieno delle potenzialità e spesso vengono elaborati discretizzando e semplificando informazioni che potrebbero aiutare nuove ricerche, poiché, a causa dell'impossibilità di elaborare informazioni complesse, si percepisce solo una parte di ciò che è stato rilevato. Per questo motivo si promuove lo studio delle possibilità del modello numerico eludendo la fase di editing, producendo un alter ego del manufatto con un alto grado di iconicità, che possa avere comunque una valenza come opera d'arte in grado di rappresentare una metafora del modello oggetto di studio per l'esplorazione virtuale e allo stesso tempo di offrire un sistema conoscitivo architettonico degli elementi che costituisco l'opera.

5. Bibliografia

[1] Bianchini C., Senatore L. J., *Metodi speditivi per la visualizzazione ed esplorazione interattiva di nuvole di punti*, in AA. VV., *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Roma, Gangemi Editore, 2011, pp. 53–57.

[2] Apollonio F., Baroncini V., Baldissini S., *Metodi di modellazione per la costruzione del geodatabase palladiano*, in AA. VV. *Metodologie* (op. cit.), pp. 129-143.

[3] Fondelli M., *Orientamenti per un processo di rilevamento strutturale integrale non invasivo*, in AA. VV., Genovese Rosa Anna, *Dalla conoscenza al progetto. Metodologie e strumenti per la conservazione ed il restauro*, Napoli, Arte Tipografica Editrice, 2011, pp. 161–169.

[4] Clini P., *Andrea Palladio. Per un catalogo critico dei rilievi. Storia e prospettive*, in AA. VV., *Palladio 1508-2008. Il Simposio del Cinquecentenario*, Venezia, Marsilio Editore, 2008, pp. 405–412.

[5] Gaiani M., *Modelli di Palladio – modelli palladiani*, in AA. VV., *Palladio* (op. cit.), pp. 396–400.

IL MODELLO TRIDIMENSIONALE COME ORGANISMO PERCETTIVO COMPLESSO: DISPOSITIVI IN GRADO DI CONOSCERE E GESTIRE L'ARCHITETTURA

Alessia Maiolatesi
Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti Pescara, Facoltà di Architettura di Pescara, Dipartimento di Architettura
alessia.maiolatesi@gmail.com

1. Ricostruzione tridimensionale del "modello possibile": Villa Mocenigo sopra la Brenta

In questo studio si esamina la ricostruzione di una villa di Andrea Palladio di cui probabilmente non è stata mai nemmeno appurata la concreta realizzazione fisica (se non per una porzione limitata): Villa Mocenigo sopra la Brenta. Il sistema di ricostruzione viene proposto utilizzando una procedura di valutazione che rende questa "struttura" architettonica analizzabile attraverso i significati semantici e fruibile come modello esplorabile interattivo; grazie all'apparato di informazioni correlate che valida la ricostruzione virtuale della villa presa in esame, diviene possibile l'ipotesi, la creazione e la gestione di una fruizione ragionata simulata. La Villa Mocenigo sopra la Brenta è la più grande villa palladiana raffigurata ne *I Quattro Libri dell'Architettura* di Andrea Palladio (1570) [1]; i disegni realizzati nel testo rappresentano la creazione originaria di Palladio senza trasformazioni e correzioni di sorta, pubblicati, con ogni probabilità, successivamente alle opere realizzate, mostrando e dimostrando l'idea progettuale di Palladio a differenza delle reali costruzioni che si trovano a subire le più svariate condizioni al contorno. L'approccio costruttivo suggerisce l'uso del digitale per giungere definitivamente alla "materializzazione tridimensionale" del progetto e l'utilizzo dei mezzi virtuali impone una nuova lettura de *I Quattro Libri dell'Architettura*, una reinterpretazione che propone differenti decisioni formali andando ad arricchire ed esplicare i diversi processi di progettazione e ricomposizione. L'analisi effettuata sui disegni palladiani e su quelli pubblicati da Ottavio Bertotti Scamozzi nel testo *I Disegni e le Fabbriche di Andrea Palladio* (1796) [2], ha avuto come risultato la chiarificazione delle svariate nozioni apprese attraverso lo studio teorico e il confronto costante con i rilievi effettuati sul patrimonio palladiano esistente, ha risolto moltissime apparenti contraddizioni grafiche (dimensione dei muri, proporzioni delle stanze, altezza delle pareti, soluzioni progettuali simili). Una volta risolte tali questioni, è stato possibile ridisegnare la planimetria corretta di Villa Mocenigo in base alla considerazione degli accorgimenti descritti sopra. La villa in questione inoltre è uno dei rarissimi esempi che presenta diversi progetti per una singola opera; per questo motivo vengono comunque tenuti in considerazione i cambiamenti apportati al progetto su carta da Palladio, entrati a far parte del *corpus* dei disegni palladiani custoditi al Royal Institute of British Architects (RIBA) di Londra. Le informazioni che servono per una ricostruzione della villa in 3D, non possono purtroppo essere estrapolate da *I Quattro Libri dell'Architettura* che spesso mancano di precisazioni volumetriche e risulta evidente il disaccordo pratico tra le regole del disegno e le norme della pratica compositiva; gli approfondimenti necessari sono stati fatti prendendo in considerazione soltanto i disegni presenti nei libri palladiani, mentre le didascalie esplicative e chiarificatrici affiancate a ogni singolo disegno sono prese in considerazione per risolvere eventuali incertezze grafiche. Per questi motivi di inconciliabilità progettuale, in sede di ricostruzione tridimensionale, vengono spesso tralasciati gli accorgimenti e le norme rigorose che lo stesso Palladio riserva per la misurazione delle altezze delle stanze e del tetto, le simmetrie perfette e gli equilibri della disposizione delle camere e le misure precise di porte e finestre. In realtà nonostante ci siano nel primo libro delle regole per la definizione di diversi ambienti, in caso di difficoltà di interpretazione si è deciso quindi di tralasciare le informazioni teoriche, servendosi solo dei dettami presenti nei disegni del secondo libro. Si fa ricorso alle indicazioni presenti nel primo libro esclusivamente nel caso in cui non sia possibile trarre dai disegni delle ville tutte le informazioni necessarie per la loro ricostruzione volumetrica (in questo lavoro un esempio di questo approccio è rappresentato dagli ordini architettonici e dalle modanature). Giunti a questo punto è possibile dunque affermare che la trasformazione in tre dimensioni di un progetto su carta, facendo riferimento a questo caso specifico, non appare approfonditamente dettagliato poiché mancano alcune indicazioni fondamentali a comprendere l'organizzazione strutturale interna. Per rendere questa ricostruzione volumetrica credibile è necessario approdare al raggiungimento di una validità scientifica che si aggancia a studi teorici e a confronti per analogia. Se importante è il fine del processo di ricostruzione attraverso l'evoluzione del progetto cartaceo, dunque giungere ad una "forma volumetrica" dello stesso, è di massima importanza rilevare e determinare "come" si arriva a tale compimento strutturale (processo metodologico). Analizzare "come" significa testare e giustificare scientificamente lo svolgimento del "progetto del modello", tanto da restituirlo valido e giustificabile agli occhi di persone competenti, quali storici architetti e persone altamente formate in materia. A tal riguardo, il tentativo è stato quello di ricostruire il modello attraverso i disegni e altri dati teorici integrati e poi, in un secondo momento, verificare criticamente i disegni tramite l'analisi tridimensionale periodica del modello, scoprendo le relazioni e i vincoli tra questi due tipi di "scrittura": quella su carta e quella volumetrica, non estranee a problematiche e conflittualità reciproche. La metodologia di ricostruzione di cui si parla non è una metodologia "a priori" ovvero un metodo scientifico strutturale che si crea e attesta su regole stabilite prima di essere sperimentate e ritenute valide, ma un procedimento che si convalida e legittima empiricamente su regole che si fondano e collaudano man mano che lo studio del modello prosegue.

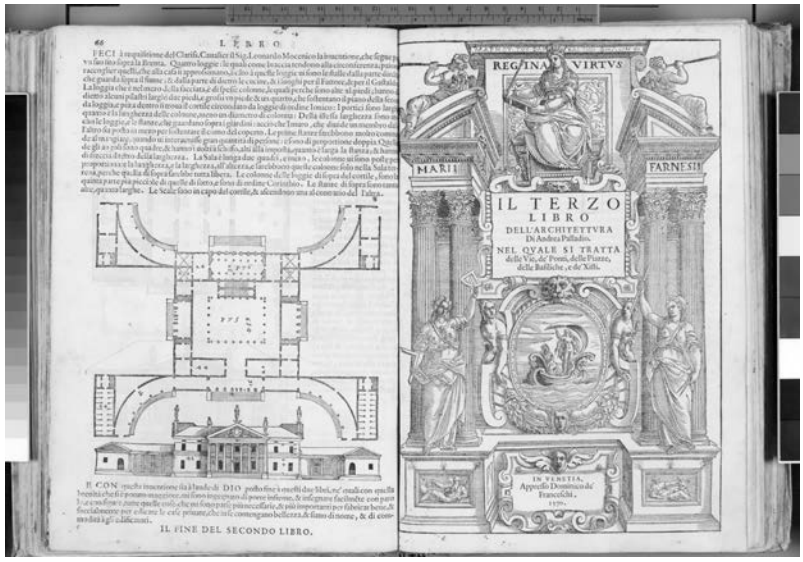


Fig. 1. Pianta e progetto definitivo per la villa di Leonardo Mocenigo sul canale del Brenta a Dolo (da *I Quattro Libri dell'Architettura*).

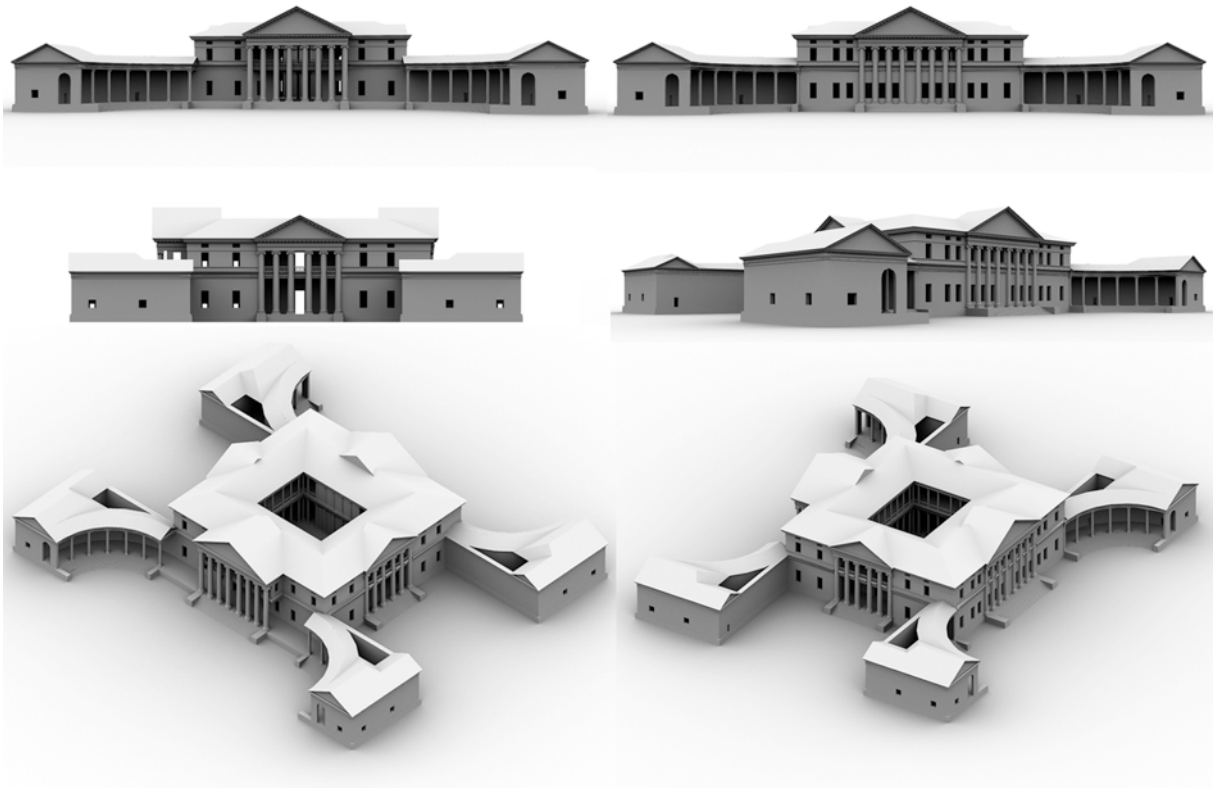


Fig. 2. Rappresentazioni della ricostruzione tridimensionale del modello di Villa Mocenigo sopra la Brenta.

2. Rappresentazione digitale per la conoscenza e la comunicazione dell'architettura palladiana: i modelli tridimensionali come organismi conoscitivi

L'architettura palladiana , come noto, è un organismo complesso fatto di pezzi e di elementi che influiscono sul sistema compositivo; è necessario pertanto riconoscere ciò che riconduce l'insieme alla singola unità e viceversa, identificando il complesso di relazioni che esiste tra le parti, riscoprendo a tal proposito le matrici della geometria, le simmetrie e i rapporti proporzionali sottesi alla composizione delle forme d'insieme ed esplicitando la modularità che ne definisce la rappresentazione finale. Tali premesse sono necessarie per esplicitare lo sviluppo successivo della ricerca in relazione alla modellazione e alle strumentazioni digitali che ne esplicitano gli esiti. L'approccio su cui si basa questa esperienza fa riferimento a una nuova concezione riguardo ai media digitali

che, nonostante limitati dunque limitanti per questioni tecniche ancora da definire, offrono una valida opportunità di diffusione culturale da tenere in adeguata considerazione. A tal riguardo, chi decide di confrontarsi con applicazioni da cui è possibile trarre dati informativi in maniera sicuramente semplificata rispetto alle ricerche tradizionali, può decidere "cosa", "come" e "quando" conoscere. L'applicazione presa in esame nel caso specifico è Google Earth; l'obiettivo è di comprendere come questo strumento informatico possa aiutare l'architetto e chiunque fosse interessato al tema a visualizzare, rappresentare e progettare l'architettura per la tutela e la salvaguardia del patrimonio, in particolare alcune opere di diffuso interesse come quelle dell'architetto vicentino Andrea Palladio. Nella fase successiva alla modellazione tridimensionale dell'opera scelta con elevato livello di dettaglio e attenzione ai particolari, facendo riferimento a strumentazioni e tecnologie in grado di rappresentarla e contestualizzarla, il modello viene inserito all'interno del sistema informativo globale per una visualizzazione e fruizione simulata. Google Earth è un applicativo gratuito distribuito da Google che genera rappresentazioni simulate del globo terrestre tramite l'impiego di immagini da satellite, foto aeree e informazioni tridimensionali reperite attraverso svariate tecniche di acquisizione e registrate in una piattaforma GIS (Geographic(al) Information System) che ne permette lo studio e la visualizzazione georeferenziata esatta. Il modello tridimensionale inserito in ambiente di tipo virtuale, diviene in questo modo uno strumento di conoscenza, esplorabile, interattivo e in continua evoluzione. L'intenzione è quella di realizzare rappresentazioni 3D che siano capaci di restituire la sensazione di sentirsi immersi in una "ricostruzione" simulata del reale e percepirne gli spazi e le ambientazioni.

Le caratteristiche di questi modelli tridimensionali sono specifiche: devono essere modelli "leggeri" poiché le geometrie ad alto numero di poligoni e le texture a eccessiva risoluzione possono creare problemi di "gestione" dell'oggetto da parte della piattaforma e devono avere una precisa georeferenziazione, devono cioè essere posizionati in modo appropriato rispetto a Google Earth. È inoltre interessante comprendere come questi software e servizi aggiuntivi siano quindi utili sia all'insegnamento sia alla professione dell'architetto; una caratteristica molto interessante è quella di apprezzare la possibilità di fruire un luogo pur non essendo fisicamente presenti, ma riuscire comunque a comprendere la composizione architettonica e spaziale con particolari che spesso restituiscono in maniera fedele la situazione reale con un apprezzabile livello di dettaglio. Attraverso tale processo di digitalizzazione informativa è possibile dialogare in maniera nuova con l'architettura e divulgare la conoscenza del patrimonio culturale.

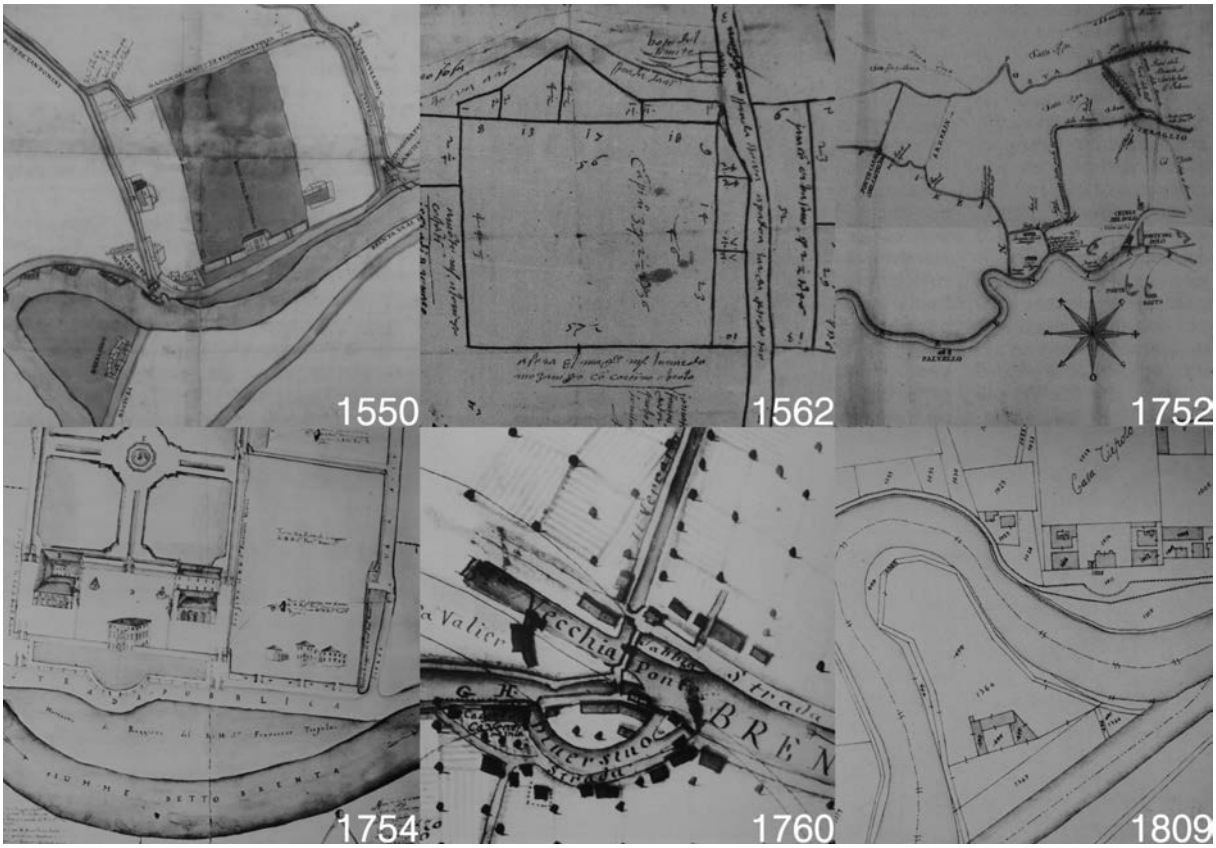


Fig. 3. Analisi sulle planimetrie storiche ai fini di individuare la corretta localizzazione per la georeferenziazione del modello.

2.1 Il modello tridimensionale come Organismo Percettivo Complesso: applicazioni

Lo scopo della fase applicativa della ricerca è quello di ragionare sulla fruizione dei modelli delle ville palladiane considerandoli come strumenti di un sistema informativo valido a fini educativi e per esigenze di tipo dida-

scalico; le rappresentazioni simulate proposte trovano fondamento scientifico su metodologie per l'acquisizione, l'archiviazione e la restituzione delle informazioni digitali verificate per la struttura esatta delle notizie divulgate.

Il compito fondamentale è di poter generare una ripercussione di tipo scientifico tramite prototipi descrittivi su cui ragionare e di cui usufruire considerandoli come validi cataloghi digitali, il cui fine non è semplicemente quello della conservazione e la tutela del patrimonio architettonico attraverso una semplice riproposizione delle strutture, ma come strumento per indagare su dati storici, formali e geometrici. Lo sviluppo tridimensionale porta con sé una completezza di informazioni e una conseguente complessità di realizzazione per via della grandissima quantità di dati che occorrono; un vantaggio sicuramente, ma è semplice cogliere il differente livello di difficoltà. Un ragionamento che segue da queste affermazioni è che attraverso la generazione del modello tridimensionale, è possibile simulare la realtà in maniera molto più articolata e coinvolgente e per una materia come l'architettura i vantaggi di avere un prototipo così fitto di informazioni e di dati visuali semplifica la gestione e l'organizzazione delle informazioni: il modello tridimensionale diventa così un Organismo Percettivo Complesso. Una volta compresa la portata di un approccio di questo tipo, è necessario, definendo gli ambiti e i criteri di raccolta delle informazioni, creare una struttura adeguata di conservazione e consultazione, essenziale per la valutazione della ricerca e per la verifica dei dati raggiunti, a disposizione dei fruitori. Dopo aver chiarito lo scopo a cui tendono le rappresentazioni tridimensionali, è necessario comprendere come le relazioni conoscitive vengono organizzate all'interno delle strutture. L'idea sostanziale è quella di affidare i dati reperiti ai supporti 3D, che permettono di restituire le informazioni, in termini di rappresentazione e gestione delle stesse, in maniera multimediale, interpellabile e usufruibile: è possibile a questo punto introdurre il concetto di archivio tridimensionale digitale, inteso come insieme di grandi quantità di relazioni di significati analoghi, strutturato in maniera tale da consentire una ricerca semplificata e veloce al suo interno. Una potenzialità da tenere in forte considerazione è la capacità che hanno questi cataloghi di poter essere aggiornati in continuazione, gestiti e controllati, non restando comunque immuni dal processo di invecchiamento della tecnologia, ma conservando e amministrando in maniera più agevole le informazioni, predisposizione invece che non hanno gli archivi analogici. È immediata inoltre la comprensione dell'utilizzo della modellazione architettonica "ragionata" nel caso del patrimonio architettonico mai realizzato come metodologia che genera validità culturale in termini di visualizzazione ed esplorabilità; attraverso il passaggio dall'analisi bidimensionale dei disegni originali e l'integrazione dei dati teorici e grafici, è possibile recuperare gli strumenti necessari a attuare un'evoluzione tridimensionale che genera un nuovo linguaggio per la comprensione, la diffusione e in un certo senso la salvaguardia della cultura. Una delle premesse fondamentali di questo lavoro, è di specificare come prima cosa che il modello preso come esempio (Villa Mocenigo sopra la Brenta), è stato realizzato compiutamente in ognuna delle sua fasi e questa organizzazione composta del lavoro, ha permesso una ricomposizione successiva di senso e di forme, da cui è scaturita la corretta rilettura dell'esempio. La modellazione tridimensionale congiunta alla semantica, possiede concettualmente una serie di vantaggi operativi non indifferenti, tra cui un forte legame con la riconoscibilità immediata degli oggetti che fanno riferimento a una colta e condivisa catalogazione fatta in precedenza e la possibilità di instaurare uno stretto legame tra i singoli oggetti modellati e le informazioni che risiedono in ognuno di essi e, a loro volta, tra questi e il database di riferimento (per questo è possibile parlare di database tridimensionale). La scomposizione semantica dunque, intesa come operazione che presume una suddivisione logica e ordinata degli oggetti tridimensionali in questione, ma che al tempo stesso permette la cognizione della complessità di un oggetto architettonico nella totalità del suo significato, permette di risolvere molte questioni tecnico-operative per affrontare in maniera ottimale le fasi di lavorazione successive. Il presente lavoro ha l'obiettivo di rendere evidente come l'utilizzo sempre più ampio delle nuove tecnologie disponibili applicato al campo specifico dell'architettura, sta diventando in maniera inequivocabile un supporto ottimale sia per scopi professionali e lavorativi sia come strumento diffuso di comunicazione a vantaggio della conoscenza e della divulgazione dell'informazione. Un aspetto particolarmente interessante riguarda la facoltà che i sistemi di comunicazione digitale possiedono nei confronti dei meccanismi di conoscenza; a tal proposito è interessante notare come attraverso il virtuale e nel caso più diffuso quello della rete, si genera un vero e proprio sistema collettivo di apprendimento e configurazioni condivise e a loro volta rappresentabili. L'utilizzo di software dedicati offre ormai la possibilità di analizzare e restituire con un livello di dettaglio piuttosto preciso gli oggetti presi in esame che a loro volta diventano veri e propri sistemi informativi caratteristici e caratterizzanti il nuovo profilo divulgativo della materia architettonica. Una delle innegabili possibilità che offre la vita digitale degli oggetti è che possono essere avvicinati, visitati e adoperati in maniera molto semplificata, per il fatto che non hanno, per propria natura immateriale, necessità di essere collegati al loro ambiente originario; il caso dell'architettura, a tal proposito, diviene emblematico per il significato che sta dentro alla possibilità che questi mezzi offrono di visitare uno spazio architettonico pur non essendo fisicamente presenti, ha una portata di senso sostanziale nei confronti della comunicazione mediata dai computer. Attraverso questi processi di percezione cognitiva e predisposizione intellettualmente creativa che coinvolge differenti livelli di apprendimento, vengono messi in atto complessi sistemi che svolgono un ruolo importante e innovativo nei confronti della formazione specifica e più in generale della cultura di più ampio respiro. In conclusione, attraverso questo studio si è cercato di comprendere e comunicare l'importanza della creazione e adeguata diffusione dei sistemi conoscitivi complessi, in riferimento al caso più specifico dei processi di apprendimento e sviluppo della cultura architettonica attraverso l'uso consapevole della

tecnologia, al fine di predisporre un ambiente comunicativo in cui si apprende e si agisce. La cultura diviene spazio cosciente in cui è possibile imparare a muoversi.

Fig. 4. Viste di Villa Mocenigo sopra la Brenta georeferenziata all'interno di Google Earth.

Bibliografia

[1] Palladio A., *I Quattro Libri dell'Architettura* (copia anastatica prima edizione Venezia 1570), edizioni Hoepli 1990.

[2] Bertotti Scamozzi O., *Le fabbriche e i disegni di Andrea Palladio*, Vol III, Trento 1976 (edizione originale pubblicata a Vicenza nel 1776).

[3] Apollonio F. I., Corsi C., Gaiani M, Baldissini S., *An integrated 3d geodatabase for palladio's work*, «International Journal of Architectural Computing», 2010, 8 / 2, pp. 107-129.

[4] Apollonio F.I., Gaiani M., Corsi C., *A semantic and parametric method for 3D models used in 3D cognitive information system*, in Future cities (28th eCAADe 2010 Conference Proceedings), Zurich, 2010, pp. 717 - 726.

[5] Beltramini G., Burns H. (a cura di), *Andrea Palladio e la villa veneta da Petrarca a Carlo Scarpa*, (Vicenza, Museo Palladio in palazzo Barbaran da Porto, 5 marzo-3 luglio 2005), Venezia.

[6] Beltramini G., Gaiani M. (a cura di), *Dall'analogico al digitale: modelli e metodi per lo studio e la conservazione dell'architettura storica,* Pisa 2000.

[7] Beltramini G., Gaiani M. (a cura di), *Una metodologia per l'acquisizione e la restituzione dei giacimenti documentali dell'architettura*, Milano 2003.

[8] Biegansky P., *I principi della composizione architettonica di ville palladiane come conseguenza della loro struttura*, in "Bollettino del CISA Andrea Palladio", XI, 1969, p. 197.

[9] Biegansky P., *I problemi della composizione spaziale delle ville palladiane*, in "Bollettino del CISA Andrea Palladio", VII, 1965, part. II, p. 23.

[10] Gaiani M., Benedetti B., Remondino F. (a cura di), *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*, PISA, 2010.

[11] Gaiani M., Ferioli S., Ricci P. C., Barone M., Agnoletti M., *A framework for a sustainable design and presentation process of furniture collection*, in Future Cities (28th eCAADe Conference Proceedings), Zurich, 2010, pp. 471 - 478.

[12] Guiotto M., *Architettura di Andrea Palladio nella riviera del Brenta*, in "Bollettino del CISA Andrea Palladio", XXII, 1980, pp. 139-146.

[13] Hersey G. L., Freedman R., *Possible palladian villas (plus a few instructively impossibile ones)*, Cambridge, 1992.

[14] Hind C., Murray I. (edited by), *Palladio and his legacy. A transatlantic journey*, Royal Institute of British Architects in association with Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio, Venezia 2010.

[15] Pane R., *Andrea Palladio*, Torino 1961, pp. 273-276.

[16] Puppi L., *Andrea Palladio*, Milano 1973.

[17] Puppi L., *Palladio e Leonardo Mocenigo. Un palazzo a Padova, una villa "per un… sito sopra la Brenta" e una questione di metodo*, in AA.VV. Klassizismus. Epoche und probleme. Festschrift fur Erik Forssmann, Hildesheim, Zurich, New York 1987, pp. 337-362.

[18] Rowe C., *The mathematics of the ideal villa and other essays*, The Massachusetts Institute of Technology, Cambridge Mass., 1976.

[19] Tiozzo G. B., Le ville del Brenta, Venezia 1977, pp. 57-70.

[20] Tiozzo G. B., *Palladio e le ville fluviali*, Venezia 1981.

[21] Wittkower R., *Architectural Principles in the Age of Humanism*, London 1949; trad. it. Principi architettonici nell'età dell'Umanesimo, Torino 1994.

[22] Zorzi G. G., *Le Ville e i Teatri di Andrea Palladio*, Vicenza 1968, pp. 90-94; pp. 151-156.

MODELLARE DAL DISEGNO: ESPERIENZE DI ANALISI E INTERPRETAZIONE DEL LINGUAGGIO GRAFICO NEI QUATTRO LIBRI DELL'ARCHITETTURA DI ANDREA PALLADIO

[1] Ursula Zich, [2] Ugo Comollo, [3] Eugenia Comparetto
[1] Politecnico di Torino, DAD, ursula.zich@polito.it
[2] ugo.comollo@polito.it
[3] eugenia.comparetto@polito.it

1. Un percorso di andata e ritorno tra rappresentazione bidimensionale e modellazione

Scorrendo le tavole dei *Quattro Libri* di Andrea Palladio [1] si possono notare modalità differenti di rappresentazione facilmente riconducibili alle dinamiche legate alla discretizzazione dei dati imposta dalle diverse finalità espressive e alle conseguenti scale di rappresentazione; se la sua esperienza in cantiere gli ha offerto una formazione tecnica che ha suggerito la produzione di disegni volti alla condivisione delle conoscenze sulla fattibilità di un determinato particolare costruttivo -una sorta di disegno esecutivo-, il suo rapporto con Trissino[1] lo ha invece guidato verso l'architettura classica e lo ha accompagnato in tutto il suo percorso di disegnatore/rilevatore. Viste le finalità con cui abbiamo iniziato questa ricerca, l'attenzione è stata focalizzata su tavole di architetture esistenti; è l'autore stesso che ci guida nella scelta indicando in quelle tavole l'intenzione di trovare un primitivo equilibrio tra copia del reale e proposta progettuale, «*[...] e non dubito che coloro, che leggeranno questo libro, e considereranno diligentemente i disegni, non siano per prendere intelligenza di molti luoghi, che in Vitruvio sono riputati difficilissimi, e per indrizzar l'intelletto al conoscer le belle, e proporzionate forme de templi, e per causarne molte nobili e varie intenzioni [...]*», tavole che sono dunque la perfetta sintesi di un disegno di architettura, tra rilievo e *intenzione* progettuale.[2] È proprio questa bivalenza che rende critico il lavoro interpretativo di quanto rappresentato: come ogni forma di linguaggio anche il disegno vede in ogni suo segno un significato univoco solo se considerato all'interno del contesto, nel momento in cui tale situazione fosse invece già l'esito di un processo di sintesi, allora il singolo segno può essere soggetto a ulteriori passaggi interpretativi.

Idealmente, il disegno che nasce come esito di un rilievo dovrebbe essere così oggettivo da permettere di poter ricostruire l'oggetto reale a partire dalle sue rappresentazioni; nella realtà, questo percorso di *andata e ritorno*, è assolutamente impossibile giacchè il rilievo, per quanto possa essere preciso e dettagliatissimo, sarà sempre e comunque l'esito di una operazione che prevede l'intervento di un operatore/restitutore che analizza dati acquisiti con strumentazioni sulla base di un progetto di presa; nel caso poi non si trattasse di esiti di rilievi strumentali, ma di espressioni grafiche che hanno una doppia valenza documentativo/progettuale[3] allora l'ipotetico percorso dal reale al disegno e dal disegno al modello[4] -con l'idea che il modello sia la trasposizione in scala del reale- risulta ancor più difficoltoso, improbabile. La scelta dell'autore di limitare spesso solo a due piani di proiezione la sintesi delle consistenze architettoniche lo ha obbligato a una selezione dei dati che non ci permette di tornare alla forma originale senza avvalerci di scelte soggettive che ne condizionerebbero la forma. Abbiamo verificato, infatti,che il percorso inverso dovrebbe necessariamente avvalersi dell'immaginazione per colmare i limiti della rappresentazione con conseguente 'intervento creativo' del modellatore. Per modellare, a partire da una rappresentazione bidimensionale, occorre saper dare il giusto peso ai segni che si leggono sul disegno [4] e trasformarli in entità geometriche che possano essere la base per la vestizione del modello, ma non basta. Nell'intenzione di creare un modello è necessario provare a ricostruire l'iter geometrico a sostegno ideale di tutto il costruito, perché è la geometria delle forme semplici che consente di definire le architetture in modo univoco, ne permette il tracciamento, la costruzione; la geometria complessa -quindi l'architettura- è la risultante di una composizione di enti geometrici semplici. Per i modelli 3D si è scelto il programma Autocad della Autodesk che, meglio di altri programmi di modellazione tridimensionale, utilizza solidi di forma geometrica pura e, come programma vettoriale che lavora per piani di proiezione, risulta il più coerente nel tentativo di percorso inverso, dai piani di proiezione al modello.

2. Il modello tridimensionale del "*Tempio vulgarmente detto le Gallucce*"[5]: strumento di analisi e interpretazione della rappresentazione palladiana [6]

L'analisi si è svolta in due fasi: a un primo ridisegno bidimensionale della fonte grafica –per cercare le geometrie di base e le eventuali incoerenze tra i due piani di proiezione-, è seguito il tentativo di costruire un modello tridimensionale dell'edificio e verificare quindi se le informazioni fornite dall'autore fossero sufficienti alla ideale ricostruzione della forma dell'oggetto.[7] Nella prima fase la difficoltà è stata trovare la mediazione tra ridisegnare fedelmente la rappresentazione e interpretarla alla ricerca delle geometrie di base, nell'ottica di voler sopperire alle inevitabili imprecisioni legate direttamente e indirettamente alla scelta degli strumenti.[8] (fig.1).

Per la costruzione di un modello tridimensionale aderente alla forma edificata dell'oggetto rappresentato, risulta subito evidente la mancanza di un disegno della pianta al livello superiore e di altri piani sezione/proiezione verticale che facciano vedere l'oggetto dagli altri punti di vista. Ne consegue la necessità di una scelta di metodo che adotteremo per tutta l'elaborazione del modello: vengono implementate solo le informazioni degli elementi assenti, modulari o ripetitivi, tali però che sia possibile assimilarli ad altri visibili e proposti, quindi, per analogia sull'intero modello. Ne consegue che tutto il blocco di ingresso antistante il corpo centrale

non sarà modellato perché completamente privo di indicazioni di qualsiasi sviluppo in altezza, informazioni non deducibili dai piani sezione disponibili. Nel pieno rispetto delle finalità della ricerca si decide, dunque, di disegnare solo quanto esplicitato dal disegno all'interno dei *Quattro Libri*.[9]

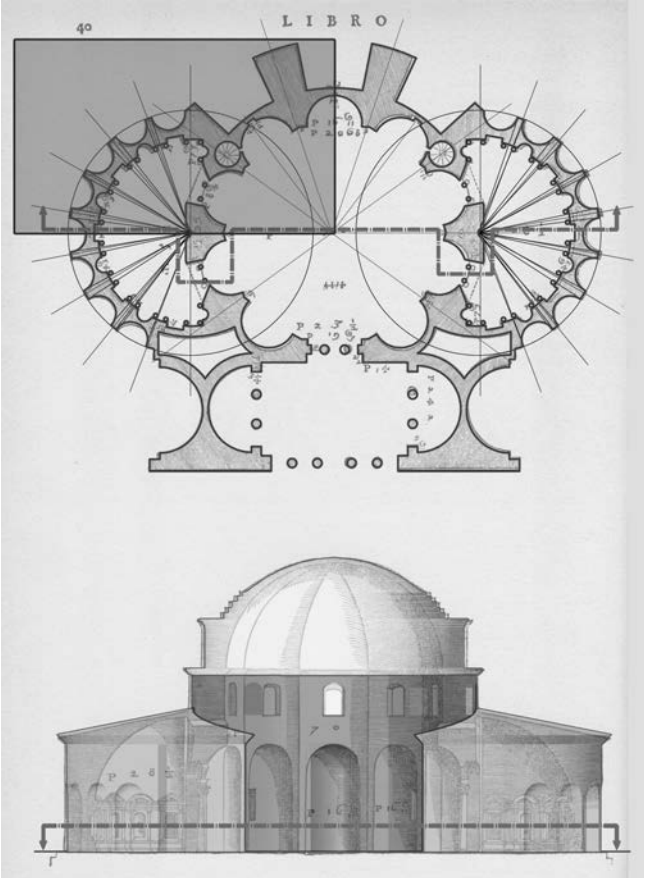


Fig. 1. Ripasso dalla fonte grafica, ricerca delle geometrie di base e sovrapposizione del modello virtuale; l'area evidenziata indica la porzione presa a modello e riportata simmetricamente negli altri tre settori. La prima scelta interpretativa è stata quella di privilegiare simmetrie e moduli geometrici e non far necessariamente coincidere perfettamente il ripasso con il disegno di base; scelta fatta anche nella prospettiva delle successive operazioni di modellazione: il software scelto lavora infatti per intersezione, unione e sottrazione di geometrie pure. Al fine di minimizzare le differenze, soprattutto nella diversità dimensionale tra pianta e prospetto, si sceglie inoltre di partire delle forme geometriche generatrici più grandi in pianta e poi ricalibrare l'errore sui dettagli. In particolare si sceglie di far coincidere le dimensioni principali sul disegno in pianta e riportare le informazioni altimetriche nella costruzione del modello che, conseguentemente, non corrisponde perfettamente al disegno in alzato

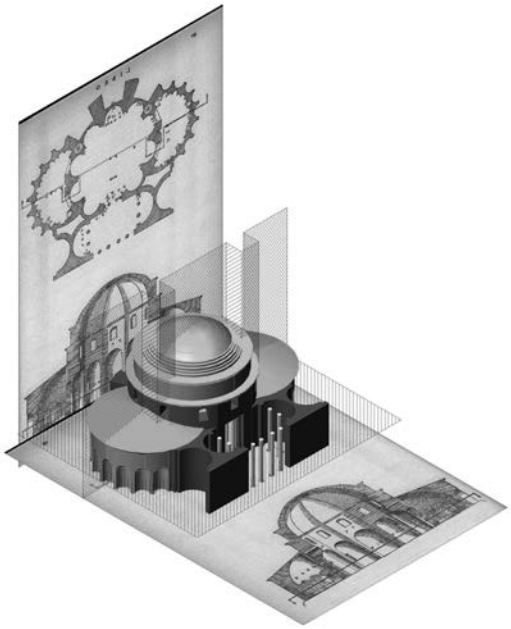


Fig. 2. Visualizzazione dei piani sezione riconosciuti come i più coerenti con la sintesi grafica pallladiana. *Studio e modellazione di Eugenia Comparetto*

Fondamentale è stato ricostruire spazialmente il tracciamento dei piani sezione usati dall'autore: la sua scelta di creare una sovrapposizione informativa condensando il maggior numero di dati possibili in poche tavole privilegia l'espressione grafica degli elementi architettonici principali mettendo in secondo piano l'interrelazione e la correlazione dei piani di proiezione. Si può quindi ipotizzare una sezione orizzontale a un'altezza standard per i piani sezione orizzontali mentre la sezione verticale si spezza più volte per andare a cercare le specificità architettoniche più importanti di questo edificio (fig. 2).

In fase di modellazione sono stati semplificati gli elementi decorativi (capitelli, ornamenti); altre informazioni sono state desunte interpretando il disegno delle ombre in alzato.

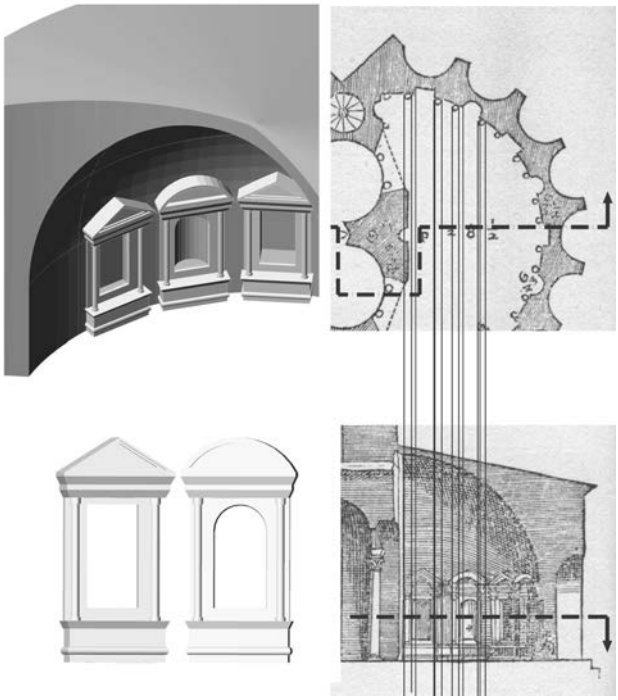
2.1. Le nicchie nelle cappelle

I pilastrini e gli altri elementi di decoro alle nicchie presentano alcune incongruenze dimensionali nella loro rappresentazione in sezione orizzontale e verticale: i pilastrini in pianta sono circa il doppio che in alzato e gli altri elementi sono visibili solo in sezione. La rappresentazione in alzato, sicuramente più proporzionata e armoniosa nell'insieme del disegno, offre informazioni utili alla modellazione, ma è lo sviluppo di questi elementi decorativi in pianta, omogeneo e ripetitivo, che ne guiderà la distribuzione spaziale: grazie agli strumenti informatici è possibile modellare le due tipologie, trasformarle in un blocco e ripeterle più volte. Nella vista dall'alto, inoltre, mancano indicazioni sullo spessore della sporgenza dell'elemento decorativo della nicchia, poiché mancano i tratteggi degli ingombri: sarà la sezione del fusto delle colonne a determinare il massimo ingombro dell'apparato decorativo nel suo insieme; altri dimensionamenti sono l'esito di considerazioni sulle proporzioni.

2.2. Archi e volte nei passaggi tra il corpo centrale e le cappelle laterali

Da una prima osservazione del disegno palladiano si nota una asimmetria nel modo di rappresentare queste parti dell'architettura: i due elementi dovrebbero essere identici, mentre, probabilmente per offrire il maggior numero di informazioni ed enfatizzare le geometrie di queste porzioni architettoniche di unione tra due parti dell'edificio, il vano di passaggio viene descritto come trapezio, mentre in sezione rivela una copertura di forma curvilinea

(tralasciando per il momento l'arco e le colonne). Una possibile soluzione geometrica per coprire questo passaggio parrebbe essere un tronco di cono, le cui generatrici sono le linee (fig. 4) che disegnano i lati del trapezio in pianta e che prolungandosi si incontrano in un punto, suo vertice. Si è provato a stabilire una geometria che regolasse la posizione di queste linee, facendole confluire verso il centro del tamburo o in tangenza al bordo della nicchia, ma la diversità di inclinazione dei quattro varchi e la piccola dimensione del disegno non hanno portato a un risultato che avesse un fondamento geometrico. Anche la forma di base del cono non risulta chiara da questi due piani di proiezione, potrebbe infatti essere a sezione circolare, ma anche ellittica, o ancora differente.



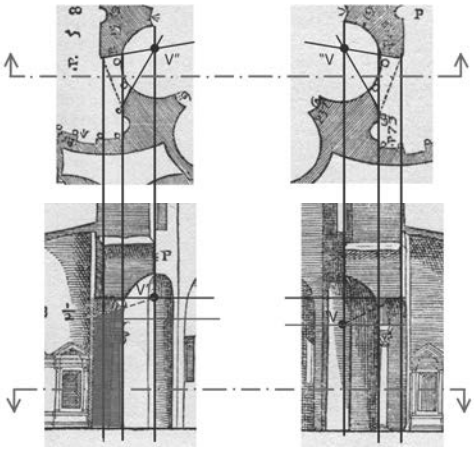


Fig.3. Particolare delle nicchie delle cappelle: modello e correlazione tra piani di proiezione.
Fig. 4. Archi e Volte nei passaggi; a sinistra la possibilità che il cono ad asse inclinato generi una linea orizzontale in chiave dell'arco e che quindi sui lati, all'altezza dell'imposta, l'inclinata della generatrice sia nascosta da un rivestimento murario che riporta anche la linea sull'imposta orizzontale; a destra invece la possibilità che il cono abbia asse orizzontale e che la compensazione avvenga nello sviluppo dell'arco.

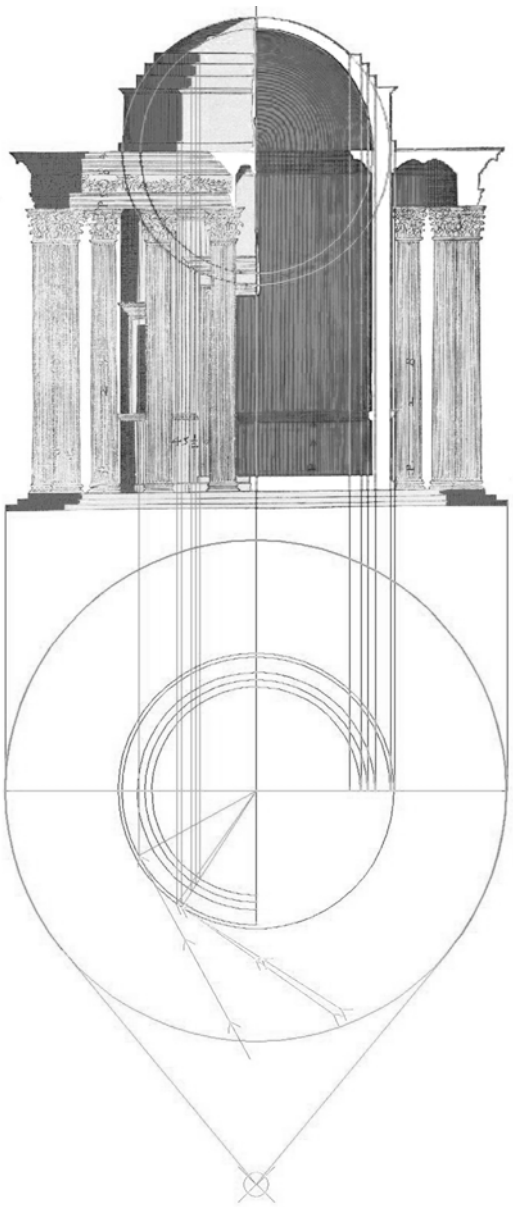
Continuando l'analisi in proiezione ortogonale e riportando il vertice del cono in sezione, ci si rende conto che quest'ultimo dovrebbe avere un asse di rotazione inclinato rispetto all'orizzontale per permettere alla generatrice di posizionarsi orizzontalmente in sezione in corrispondenza della chiave dell'arco; ne consegue una possibile incongruenza tra pianta e sezione: la generatrice non può infatti esistere orizzontalmente sia nella porzione sezionata che sull'imposta della superficie in vista in prospetto.

3. All'ombra del Palladio - Il modello tridimensionale in un percorso di analisi ed interpretazione delle ombre nel disegno de il "Tempio di Vesta"[10]a Roma

3.1. Studio del disegno delle ombre

Analizzando il disegno nel tentativo di ipotizzare le sorgenti di luce compatibili con il disegno Palladiano, si sono notate delle incongruenze nella posizione delle linee separatrici d'ombra nel disegno, sia per quanto riguarda una loro coerenza con una direzione di illuminazione, sia rispetto alla teoria delle ombre mongiana. Comprensibile, al fine di non appesantire il disegno, l'assenza delle ombre portate, nonchè il fatto che sia le colonne che i capitelli siano totalmente privi di ombreggiatura. Nella fig. 5 la proiezione sul piano orizzontale è stata integrata con la rappresentazione delle coperture (quasi tutte cilindriche o a questa figura assimilabili), e delle separatrici d'ombra appartenenti ad ognuna di esse. I raggi tangenti a questi punti determinano l'effettiva provenienza della luce su quelle superfici. In alzato sono state segnalate in falsi colori le ombre presenti sul disegno, la campitura del vano interno del tempio, e la sezione utilizzata per la creazione del modello tridimensionale; in pianta sono riportate schematicamente le probabili direzioni di luce individuate.

Analizzando la fig. 5, si può dividere il disegno concettualmente in quattro porzioni con ombre diversamente coerenti tra loro: la parte di cupola, composta da alcune superfici cilindriche e dalla cupoletta, sulla quale è proiettata una separatrice d'ombra che, pur nella stranezza di una linea quasi sinusoidale, ha permesso di escludere una componente di direzione verticale dei raggi luminosi, ipotesi che ha facilitato lo studio, ridotto in effetti alla sola pianta; la trabeazione, con ombre molto discordanti rispetto al resto del disegno; il corpo cilindrico del tempio, circondato dalle colonne, e per finire i tre gradini di basamento. È interessante notare l'ombra sulla porzione cilindrica di maggiore altezza, in quanto corrispondente per forma e dimensione a quella del corpo centrale del tempio, che quindi, per logica, dovrebbe possedere un'ombra propria simile. Questa, invece, è limitata al bordo sinistro.[11] In questo caso si è interpretato il disegno ipotizzando una interferenza di codici grafici: quelli deputati a determinare l'ombra, definita con tratti orizzontali e non solo con linee verticali, e i segni ad interasse variabile della superficie curvilinea del corpo del tempio.



Studio e modellazione di Ugo Comollo

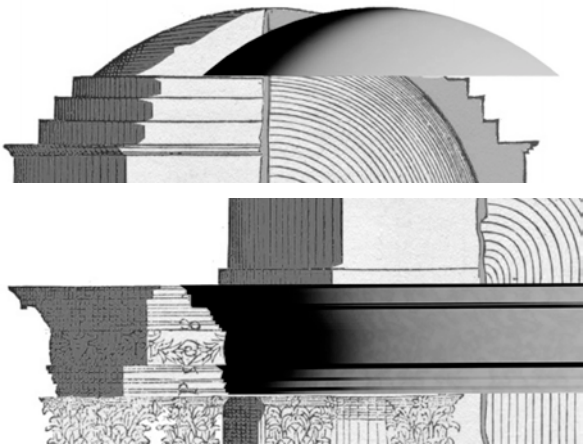


Fig. 5. (*a sinistra*). Impostata la correlazione tra i due disegni del tempio (una pianta e una sezione-prospetto dell'edificio), si è potuta constatare una sostanziale coerenza proiettiva tra le due figure, nei limiti del disegno manuale, presentando una incongruenza unicamente nel posizionamento in alzato del colonnato, ruotato di un angolo di circa 9° rispetto al corpo cilindrico centrale, regolarmente disegnato in proiezione ortogonale. È chiaro in questo caso il fine comunicativo di Palladio nella rotazione del circolo delle colonne in maniera che queste compaiano anche sul piano diametrale e non, come da regole proiettive, scostate di poco più all'interno nel disegno. La non perfetta coincidenza delle linee di ripasso con quelle del disegno non è considerato fattore problematico, in quanto lo studio delle ombre su solidi puri sarà ugualmente valido a prescindere dalle variazioni in dimensione del solido stesso; per un motivo simile non si è ritenuta interessante la determinazione della scala grafica del disegno. Parimenti si è scelto di imporre una rigida simmetria radiale, partendo nella costruzione dalle geometrie più ampie del disegno (gradini e colonnato), al fine di ridurre l'incidenza complessiva degli adattamenti grafici operati. Identificazione in alzato delle ombre, studio in pianta delle possibili direzioni di provenienza delle fonti di luce improprie (*frecce*) e ipotesi di posizionamento di quella propria (*punto* in basso); il profilo della sezione evidenziata è stato utilizzato come figura piana generatrice del modello digitale. La scelta della simmetria radiale ha permesso di partire dal profilo della porzione sezionata, chiaramente visibile nell'alzato, modellato poi per rivoluzione di 270°, in modo da ottenere direttamente uno spaccato tridimensionale fedele al disegno (non considerando il leggero scorcio del piano sezione frontale).

Fig. 6. (*sopra*). Dettagli dello studio delle ombre sulla calotta sferica e sulla trabeazione. Confronto tra il linguaggio grafico palladiano e il modello virtuale.

L'architrave mostra una continua riduzione, dall'alto verso il basso, della superficie in ombra, incompatibile con la forma dei vari aggetti. Interessante il caso dei tre gradini di base per difformità con il resto dell'edificio, tendenzialmente illuminato da una sorgente di luce impropria: vengono tracciate delle parti campite anche nella parte destra del disegno,[12] il che dichiara un tipo di fonte puntuale e anche piuttosto vicina all'oggetto architettonico, segnalata al limite inferiore dello schema in pianta.

3.3. Il modello virtuale

Il livello di dettaglio del modello è stato contenuto, tralasciando molti dei particolari architettonici.[13] L'ausilio del motore di renderizzazione (*Mental Ray*) ha permesso rapidi confronti delle ipotesi di illuminazione per tutte le parti del modello (fig. 7) che, seppur piuttosto semplice nelle sue geometrie di base, avrebbe richiesto una diversa mole di lavoro senza questo ausilio specifico. Per far sì che le ombre si avvicinassero il più possibile al codice grafico utilizzato nelle tavole, si sono modificati alcuni paramentri di riflettività dei materiali utilizzati nel rendering, per calibrarli alla simulazione richiesta.[14] Nella scelta di illuminare il modello, si è in un primo tempo cercato una soluzione che creasse una situazione coerente con quanto rappresentato da Palladio ma l'individuazione di molteplici possibili sorgenti luminose impone, se attive contemporaneamente, una influenza reciproca non visibile sui disegni originali dove ogni singola sorgente genera effetti luce/ombra su solidi differenti; abbandonata questa ipotesi, si è cercato di scegliere una direzione di luce che mettesse in evidenza sugli elementi studiati una configurazione di ombre più realistica (fig. 8).[15]

Nell'ipotesi di voler cogliere alcune proprietà trasversali del linguaggio grafico di Palladio, e di indagare l'effettivo uso che l'autore fa della luce, lo studio avrebbe bisogno di verificare i risultati anche su altri disegni dello stesso trattato.[16]

Fig. 7. Il modello virtuale renderizzato, illuminato con una fonte di luce orizzontale scelta per coerenza con il disegno originale

Fig. 8. Il modello virtuale renderizzato e illuminato con luce diffusa fotorealistica

4. Bibliografia

[1] *I Quattro Libri dell'Architettura di Andrea Palladio* - dal Quarto Libro, Venezia 1570.

[2] F. BARBIERI, *Giangiorgio Trissino e Andrea Palladio*, in *Convegno di studi su Giangiorgio Trissino*, a cura di N. POZZA (Vicenza 31 marzo-1 aprile 1979), Neri Pozza, Vicenza 1980, pp. 191-211.

[3] H. BURNS, *Dall'imitazione al fare architettura*, in *Fare una nuova architettura, Palladio*, a cura di G. BELTRAMINI e H. BURNS, Marsilio, Padova 2008, pp. 266-268.

[4] U. ZICH, *I quattro libri dell'Architettura di Andrea Palladio: una proposta di analisi geometrica delle illustrazioni*, in *Saggi di letteratura architettonica: da Vitruvio a Winchelmann*, II, a cura di L. BERTOLINI, Olschki, Firenze 2009.

[5] A. A. TAIT, *Inigo Jones's 'Stone-Heng'*, «The Burlington Magazine», CXX, 900, The Burlington Magazine Publications, 1978, pp. 155-159: 159.

[6] A. SDEGNO, *Digital Palladio*, Cafoscarina, Venezia 2005 p. 67.

[7] G. G. ZORZI, *I disegni delle antichità di Andrea Palladio*, in *Tecnica dei disegni palladiani secondo le varie età dell'artista*, Neri Pozza, Venezia 1958, pag. 39.

[8] F. I. APOLLONIO, C. CORSI, M. GAIANI, S. BALDISSINI, *An Integrated 3D Geodatabase for Palladio's Work*, «International Journal of Architectural Computing», 2010, 8 / 2, pp. 107 - 129.

[9] F. AVELLA, *Tecniche e criteri di rappresentazione tra misura, interpretazione e comunicazione*, in *Designare*, cit., p. 114.

[10] M. DOCCI, M. GAIANI, D. MAESTRI, *Scienza del* disegno, CittàStudi, Milano 2011 p. 432.

1. Per i rapporti Trissino/Palladio, cfr. [2].

2. «I suoi progetti non nascono da un processo imitativo (in forma d copia), ma da un esame comparativo di opere antiche e moderne […] le opere antiche sono dissolte nella sua lingua» [3].

3. Andrea Palladio, nei suoi Quattro Libri, ha usato un linguaggio espressivo multimediale capace di innovare i modelli di comunicazione: le sue Tavole, che si presentano come un quadro sinottico di molteplici informazioni supportate da elementi testuali che completano la descrizione grafica, si sono pertanto imposte non solo come mezzo di comunicazione ma anche come guida per elaborazione/trasformazione dei dati.

4. Per il rapporto copia/modello, cfr. [3].

5. Le due pagine estratte –pp. 39-40 [1]- riportano rispettivamente, la prima una descrizione dell'oggetto rappresentato e la seconda il disegno del tempio su due piani di proiezione opportunamente correlati (pianta e sezione verticale).

6. L'edificio è stato più volte oggetto di analisi e di disegno da parte di diversi architetti e artisti soprattutto nella seconda metà del settecento. Ritroviamo infatti disegni a olio, schizzi e incisioni; a titolo di esempio: l'incisione di Giovanni Battista Piranesi del 1756, il dipinto di Paolo Anesi, olio su tela (45 x 34 cm), di collezione privata a Roma, un olio su tela di Jean-Baptiste Pillement (1765-1767) al Muzeum Narodowe di Varsavia e un acquerello del 1780 circa di A.L.R. Ducros e G. Volpato.

7. Un'analisi sul disegno bidimensionale mirata all'interpretazione delle forme geometriche di base che compongono l'oggetto architettonico le troviamo già nel Tempio di Minerva Medica schizzato da Inigo Jones. Immagine tratta da [5].

8. Cfr. [4][6].

9. L'unica eccezione fatta è l'altezza della porta di ingresso dal portico frontale che è stata ipotizzata alta come i lobi absidali della sala centrale per l'esigenza di chiudere il perimetro del corpo centrale. Volendo *chiudere* tutto il modello si poteva procedere all'integrazione delle fonti grafiche e al rilievo diretto dell'oggetto reale.

10. Pp. 52-53 [1].

11. Non volendo considerare il variare dell'interasse del tratteggio verticale poichè sembra corrispondere ad un codice grafico utilizzato similarmente all'interno del tempio; anche volendolo considerare, risulta comunque differente

12. «Ma il ruolo attribuito all'ombra è in questo caso esclusivamente legato ad un rafforzamento del concetto di simmetria del disegno: pur non rispettando le regole della teoria delle ombre -neppure intuitivamente- l'autore ha pensato di ombreggiare la parte destra della sezione per equilibrare la campitura utilizzata per il disegno dell'ombra portata sulla parete sinistra» [7].

13. «The classic approach to create a 3D model is to build it from scratch using CAD software, surveying data, and technical drawings. In this way the created models are not photo-realistic and do not include all fine details of the original artifacts» [8].

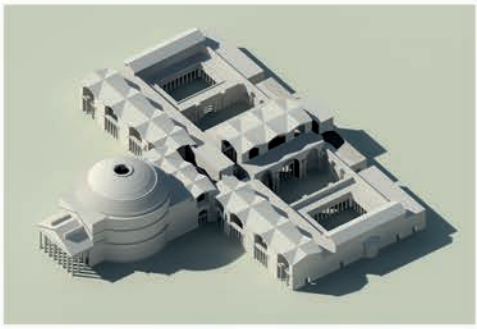
14. Sulle tecniche di rendering nell'ombreggiatura e nella simulazione luminosa, cfr. [9].

15. «Il livello di realismo può spaziare da poligoni opachi ombreggiati a immagini che, per la loro complessità, si avvicinano alle fotografie» [10].

16. Si individuano come casi simili il *Tempio di Vesta a Tivoli* (pag. 90-94) [1] e il *Tempietto del Bramante* (pag. 64-66) [1].

PALLADIO LAB

[Architetture palladiane indagate con tecnologie digitali]



```
<Toscano h="7">
  <Capitello h="1/2" s=1>
    <Abaco h="1/3" id="Ab1"></Abaco>
    <Ovolo h="1/3" lr="Ab1" rde="m:1/2" rds="m:5,1/2" ></Echino>
    <Parte h="1/3">
        <Cimbia     h="1/7"  lr="Ab1"  rd="m:5,1/2"></Cimbia>
        <Collarino h="6/7"  lr="Ab1"  rd="m:7,1/2"></Collarino>
    </Parte>
  </Capitello>
  <Fusto h="6"  >
    <Astragalo h="1"  lr="Ci1" ></Astragalo>
    <Cimbia     h="1/2" lr="Ab1" rd="m:7,1/2" id="Ci1"></Cimbia>
    <Entasi     h="1/3" rd="1/4" ></Entasi>
  </Fusto>
  <Base h="1/2" s="M:1,1/6">
    <Parte h="1/2">
        <Listello h="1/4"></Listello>
        <Toro h="3/4" ></Toro>
    </Parte>
    <Plinto  h="1/2" ></Plinto>
  </Base>
</Toscano>
```

ISBN 978-88-8418-097-1

9 788884 180971

QUADERNI DEL MUSEO PALLADIO 11