

# IL PRONAO DELLA BASILICA DI S. ANDREA A MANTOVA

## Un archivio digitale per la conoscenza dinamica del bene

### Rilievi laser scanner, dati fotogrammetrici e modellazione 3D a supporto degli interventi di conservazione

**Luigi Fregonese, Laura Taffurelli, Silvia Chiarini, Stefano Cremonesi**

Politecnico di Milano, Polo Territoriale di Mantova, Laboratorio Larifo

**Keywords:** database 3D, archivio digitale, laser scanning, fotogrammetria, multidisciplinarietà.

#### Abstract

Il presente lavoro nasce da un progetto in accordo con la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della regione Lombardia e la Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici per le provincie di Brescia, Cremona e Mantova con l'obiettivo di pervenire ad una raccolta dei dati di rilievo di una delle sue principali architetture, a cura dell'attività di ricerca svolta nel corso degli ultimi anni dal Laboratorio Larifo, presso il polo di Mantova del Politecnico di Milano. La collaborazione nasce nel 2005 intraprendendo le prime campagne di rilievo sul pronao della chiesa in vista dei lavori di conservazione, queste si sono estese progressivamente alla documentazione dei risultati degli interventi di restauro, seguendo l'evoluzione delle tecniche e consentendo di raggiungere livelli di dettaglio sempre più elevati. Il lavoro si conclude con lo sviluppo di un Archivio Digitale di raccolta di tutti i dati relativi ai rilievi tridimensionali, le analisi di cantiere, le elaborazioni grafiche e tutta la documentazione raccolta in conseguenza della chiusura del cantiere del vestibolo avvenuta alla fine del 2011. La ricerca si è proposta di realizzare un connubio tra conoscenza e archiviazione digitale tridimensionale per la valorizzazione e la divulgazione del patrimonio dei Beni Culturali, attraverso l'uso delle tecniche, delle metodologie innovative all'avanguardia. Di fronte alla necessità di documentare un monumento di interesse storico, artistico o architettonico è importante disporre di strumenti che consentano la sintesi e l'integrazione dei vari apporti disciplinari disponibili nell'ambito della tutela dei beni culturali, al fine di creare un archivio di informazioni utili alla progettazione degli interventi conservativi, di restauro o di manutenzione programmata. La disponibilità di un modello digitale 3D che costituisca una riproduzione del bene, con una accuratezza definita a priori in base alle scale di rappresentazione scelte, consente non solo la produzione di disegni di qualsiasi vista e tipo di proiezione, ma anche l'impiego del modello come documentazione della conservazione, come vero e proprio indice spaziale in un archivio tridimensionale che riporti, punto per punto, tutte le informazioni peculiari dell'oggetto di studio e a cui possono essere georiferite informazioni provenienti da vari ambiti di indagine. Scienza, tecnica e metodologie all'avanguardia concorrono e aiutano a dimostrare come questo oggi sia possibile.

Da quanto è emerso nella ricerca è evidente che lo sviluppo delle tecnologie e gli interessi di vari settori di indagine portino sempre più ad una integrazione fra sistemi di misure e rilievo, per ottenere risultati più accurati e vicini alla realtà fisica del manufatto, sempre mantenendo presente però la dicotomia esistente tra informazione e conoscenza, tra semplicità e complessità.

## Cenni storici

La Basilica di S Andrea nasce come riedificazione di un precedente edificio e si inserisce in un ambizioso progetto di ristrutturazione urbana della città di Mantova, nato da un'idea di Ludovico Gonzaga maturata in occasione del congresso convocato da Papa Pio II tenutosi a Mantova nel 1459, evento con il quale la città assume un'importanza e una visibilità come mai prima.

Il progetto della basilica, proposto da Leon Battista Alberti, il quale assieme a Luca Fancelli aveva già partecipato alla realizzazione di numerosi interventi di rilievo inseriti in questo piano urbanistico, si pone come la realizzazione di un enorme teca monumentale per l'adorazione della reliquia del Sangue di Cristo già oggetto di pellegrinaggio e fino ad allora sotto la custodia di un monastero di frati benedettini, ai quali viene "sottratta" assieme alla proprietà del precedente S. Andrea, in modo da porre la figura del signore di Mantova in primo piano, come custode della reliquia del sacro sangue e di colui che offre la stessa all'adorazione dei fedeli.

La prima pietra viene posata il 12 giugno 1472 e la realizzazione della basilica, contrariamente a quanto accadeva di norma, parte proprio dall'avancorpo e dalla navata principale. I lavori proseguono per campagne successive, durante le quali il progetto originale viene più volte rivisto, e possono considerarsi conclusi con l'ultimazione della cupola (su progetto di Filippo Juvarra) che viene scoperta nel 1782.

Il pronao del S Andrea può essere considerato come uno degli elementi più fedeli al progetto Albertiano, in quanto viene completato durante la prima campagna di lavori, intorno al 1488.



Fig. 1 Berlino, Plansammlung der Universitätsbibliothek der Technische Universität Berlin, Veduta di Mantova XVII sec.

Nella facciata di S. Andrea l'Alberti coniuga diversi elementi dell'antico come il tempio tetrastilo, in questo caso costituito dal timpano triangolare del fronte che sormonta una trabeazione poggiata su quattro paraste, dove l'interasse centrale viene allargato per inserire un arco trionfale poggiato su un ordine minore, riprendendo in questo modo l'impostazione della navata centrale, a cappelle di dimensioni alternate.

Una scelta piuttosto insolita per l'epoca è quella di un corpo d'accesso dotato di ambienti superiori. Sopra i portali laterali si trovano le grandi finestre ad arco che illuminano due grandi stanze, coperte da volte a crociera, poste sopra le volte dei vestiboli laterali, a cui si uniscono gli analoghi ambienti posti sopra alle prime cappelle minori della navata (che risultano più basse rispetto alle altre, appunto per questa motivazione), che vanno a costituire le cosiddette "stanze nobili". Questi ambienti originariamente dovevano affacciarsi sulla navata principale attraverso delle aperture delle quali ancora oggi permangono tracce.

Il timpano della facciata è sormontato da un porticulum, una struttura ad arco comunemente conosciuta come "ombrellone" formato da una grande volta a botte poggiante su una cornice di elementi in cotto che va a costituire la copertura di un terrazzo. In realtà l'ombrellone, non era destinato ad essere la conclusione della facciata, ma un elemento inserito in una composizione più ampia, mai completata, che presumibilmente doveva concludersi in un timpano maggiore, soluzione adottata anche nel Pantheon.

Il pronao, al pian terreno è costituito da 3 ambienti, coperti da volte cassettonate contrapposte e viene collegato ai piani superiori tramite due torri scalari, comprese nel muro continuo di facciata. Ogni torre racchiude due scale contrapposte, che danno accesso alle sale sopra il vestibolo, all'ombrellone e ai sottotetti. La duplicazione delle scale consentiva di separare i percorsi degli addetti alla manutenzione delle strutture, da quelli destinati a raggiungere le "stanze nobili" e l'ombrellone.

L'avancorpo, come il resto della basilica, viene più volte modificato. L'aspetto della controfacciata assume connotazioni che possiamo supporre molto diverse dall'originale, attraverso il rifacimento dell'oculo principale, la tamponatura delle aperture sulla navata, la creazione e la successiva tamponatura della vetrata sopra al portale (parte di questi interventi avviene durante la campagna di lavori sotto la direzione dell'architetto bolognese Torri, portata a termine fra il 1597 e il 1600). L'aspetto attuale può essere considerato principalmente come il frutto del restauro ad opera di Paolo Pozzo, che si occupa della basilica a partire dal 1778. L'intervento principale del Pozzo ha l'obiettivo di "restituire alla basilica la sua forma originaria". Il Pozzo mette mano all'intero apparato decorativo degli interni prevedendo il ripristino del vecchio cornicione, a sostituzione di quello fatto dalla Pia Unione in occasione della costruzione della cupola, intorno al 1732, ritenuto "troppo pesante e di licenziosa forma".

Il Pozzo prevede inoltre la sistemazione delle tre testate con la ricostruzione dei sei pilastri (ai lati dei portali maggiori) con gola, cimasa capitelli e piedistalli su modello di quelli presenti nella navata, la realizzazione di un finestrone rotondo per ciascuna testata, a sostituzione di quelli rettangolari realizzati dal Torri. Dunque l'intervento riguarda principalmente l'apparato decorativo interno che è quello che possiamo osservare ancora oggi.





Fig. 2 Mantova, Basilica S. Andrea, Pronao. 2005

L'aspetto esterno del pronao, per quanto non sia mutato fondamentalmente nelle forme, si presenta oggi molto differente dall'origine. La facciata e il vestibolo dell'Alberti erano infatti caratterizzati da un aspetto cromatico dominato dall'utilizzo di materiali come il cotto, il cocchiopesto e da un apparato decorativo pittorico dove il colore era largamente impiegato e che contava interventi nell'ambito della scuola del Mantegna e affreschi attribuiti al giovane Correggio. L'aspetto attuale è frutto di una reinterpretazione in chiave neoclassica di quello che era l'apparato decorativo quattrocentesco, realizzato in occasione dei restauri diretti dall'imperial regio ingegnere Paolo Pianzola negli anni '30 dell'800. In quest'epoca l'apparato decorativo e strutturale del pronao si trovano in cattive condizioni, viene dunque previsto un rifacimento di tutti gli elementi decorativi con materiali più "solidi e durevoli", dunque le fasce decorative vengono sostituite con sagome rilevate in stucco forte, i capitelli e i basamenti in cotto e gli elementi in marmo scuro vengono sostituiti con copie in marmo bianco, vengono rifatte le cornici in cotto, gli intonaci vengono raschiati e completamente rifatti, gli affreschi vengono strappati e sostituiti con delle copie e

infine tutte le superfici vengono rifinite con un colore di stucco in modo da rendere l'intero apparato uniforme, andando dunque a perdere interamente la policromia originale.

Dal punto di vista strutturale vengono fatti inoltre ulteriori interventi sulle murature attraverso tamponamenti, ricuciture di fessurazioni e con l'inserimento di catene metalliche delle quali fino ad oggi non è stata possibile l'individuazione, se non tramite indagini approfondite (georadar e termografia).

## Rilievi ed elaborazioni

La digitalizzazione dei Beni Culturali rappresenta uno strumento virtuale di conoscenza, con il quale è possibile trasmettere la loro memoria nel tempo superando quei limiti fisici che possono impedirne una fruizione appropriata. A questo proposito diventa indispensabile una loro conoscenza dettagliata dal punto di vista geometrico, morfologico e contestuale.

Nel campo del rilievo sempre più spesso si punta all'ottenimento di risultati il più possibile accurati e completi per descrivere al meglio la complessità di un Bene Culturale, rendendo necessaria l'integrazione di diverse tecnologie di rilievo. In questo ambito l'acquisizione e l'elaborazione tridimensionale assumono un carattere fondamentale permettendo di ottenere un elaborato finale più completo e facilmente leggibile.

Oltre a rappresentare un'informazione vera e propria i dati di un rilievo tridimensionale possono essere utilizzati come una struttura sulla quale impostare un sistema informativo per la raccolta di dati provenienti da diversi campi di studio (analisi multi-spettrali, storiche, fisico-chimiche, strutturali, ecc).

Nel caso della Basilica di S. Andrea a Mantova, visto l'evolversi dei recenti lavori di restauro che hanno interessato il pronao e la moltitudine di informazioni che ne sono derivate, si è ritenuto fondamentale documentare dettagliatamente la progressione degli interventi attraverso un sistema che risultasse ordinato ed immediato. Le tecniche di rilievo utilizzate nel tempo sono state strutturate in base alle specifiche situazioni ed integrate nel tempo permettendo di realizzare elaborati che si sono rivelati indispensabili sia dal punto di vista conoscitivo che strutturale per la realizzazione di un sistema informativo complesso.

Anno	Area d'intervento	Tipologia d'intervento
2005	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pronao (piano terra)</li><li>- Facciata frontale e laterale</li><li>- Ombrellone</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Inquadramento topografico</li><li>- Laser Scanner HDS3000</li><li>- Fotogrammetria</li></ul>
2008	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pronao campata centrale e destra (piano terra)</li><li>- Volta sinistra</li><li>- Facciata frontale e laterale</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Inquadramento topografico</li><li>- Laser Scanner HDS6000</li></ul>
2011	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pronao campata centrale e destra (da ponteggi)</li><li>- Ombrellone e sottotetti</li><li>- Stanze sopra le volte laterali del pronao</li><li>- Controfacciata</li><li>- Copertura pronao</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Inquadramento topografico</li><li>- Laser Scanner HDS6000</li><li>- Fotogrammetria automatica</li></ul>

Fig. 3. Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano, Polo territoriale di Mantova. Tabella riassuntiva delle campagne di rilievo del Politecnico di Milano.

I rilievi moderni ad opera del Politecnico di Milano sull'avancorpo della Basilica di S. Andrea, iniziati nel 2005 per volere della Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Regione Lombardia, hanno visto l'utilizzo di tecnologie proprie della Topografia, del Laser Scanner e della Fotogrammetria, integrate tra loro. I rilievi in questione sono stati eseguiti durante tre principali campagne che hanno seguito l'evoluzione del cantiere, con lo scopo di documentare il relativo stato di fatto e fornire dei supporti grafici funzionali agli interventi di restauro.

In vista del cantiere di studio intrapreso nella campata sinistra del vestibolo nel novembre 2005, il laboratorio LaRiFo del Politecnico di Milano ha eseguito dei rilievi del pronao e dalla facciata tramite Laser Scanner (Leica HDS3000) con appoggio topografico di tipo tradizionale e mediante l'utilizzo della fotogrammetria digitale. Da questi rilievi è stato ricavato un primo database digitale delle acquisizioni laser e sono state prodotte le Ortofoto digitali del fronte principale, della facciata laterale e dei fronti interni del vestibolo. Questi elaborati sono serviti per un primo studio del successivo cantiere di restauro che ha interessato l'intero vestibolo, fornendo anche i supporti per una documentazione dei primi interventi.

Per la progettazione si sono rese necessarie delle acquisizioni ad una risoluzione maggiore. Da questa necessità deriva la campagna di rilievi del 2008 eseguita tramite Laser Scanner HDS6000 che ha consentito un implemento della precisione dei dati. Queste acquisizioni sono state inoltre impiegate per la realizzazione di un modello 3D semplificato sulla base di profili estratti dalla nuvola di punti, che è poi stato mappato con le ortofoto digitali. Il modello è stato completato nel 2012 con l'inserimento della controfacciata.



*Fig. 4. Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano, Polo territoriale di Mantova. Vista ortogonale della nuvola di punti del pronao di S. Andrea eseguita con Laser Scanner HDS3000. Visualizzazione generata con software Pointools.*



*Fig. 5. Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano, Polo territoriale di Mantova. Vista ortogonale della nuvola di punti del pronao di S. Andrea eseguita con Laser Scanner HDS6000. Visualizzazione generata con software Pointools.*





Fig. 6. Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano, Polo territoriale di Mantova. Modello 3D del pronao della Basilica di S. Andrea a Mantova, mappato con le Ortofoto digitali (2008).

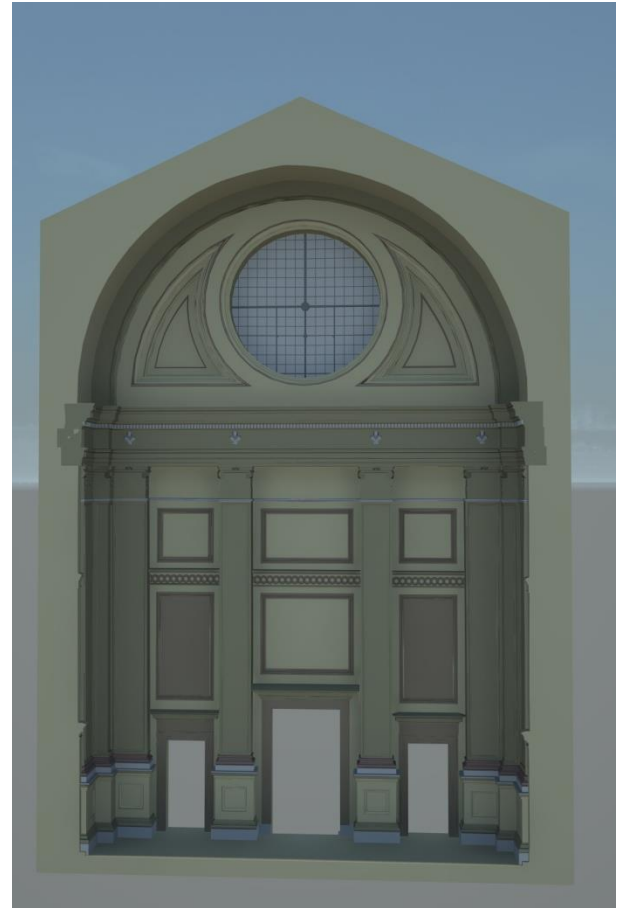


Fig. 7. Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano, Polo territoriale di Mantova. Modello 3D della controfacciata della Basilica di S. Andrea a Mantova (2012).

Con l'avanzamento dell'intervento conservativo è stata fondamentale la realizzazione di nuove forme di rappresentazione e la produzione di elaborati ad alta precisione con una maggiore tempestività nei tempi di acquisizione. Da questa necessità prende il via la terza campagna di rilievi protrattasi per tutto il 2011. Alla tecnica laser scanner, dunque è stata aggiunta l'acquisizione del dato di colore attraverso immagini panoramiche associate alla nuvola di punti. Questa tecnica è stata impiegata durante il cantiere iniziato nel 2010 per l'acquisizione ravvicinata da ponteggio di alcune fasce decorative, il rilievo delle due stanze sovrastanti le volte del vestibolo, i sottotetti e l'ambiente dell'ombrellone. Nello stesso periodo è stato effettuato il rilievo della controfacciata principale con Laser Scanner HDS6000, sul cui dato è stata associata l'informazione radiometrica ottenuta da prese fotografiche ad alta risoluzione eseguite sfruttando i ponteggi presenti nella navata e con un controllo dell'illuminazione interna.

Al termine del cantiere di restauro, durante la fase di smantellamento dei ponteggi è stata eseguita un'acquisizione dello stato di fatto delle volte del vestibolo mediante prese fotografiche e laser scanner ravvicinate suddivise per ciascuna fila di cassettoni.

Nel corso dei rilievi sono stati sperimentati diversi metodi per l'associazione del dato fotografico ad un supporto di tipo metrico, puntando all'ottenimento di risultati sempre più precisi con un minor dispendio di tempo.



Le ortofoto digitali, realizzate nella prima campagna di rilievi, sono state create sulla base di un DSM (modello della superficie) estratto dalle nuvole di punti (Leica HDS3000), sul quale sono state orientate le immagini acquisite con camera metrica Rollei DB44 metric con obiettivo 40mm da 16MPx. Il risultato è un elaborato metricamente corretto, realizzato attraverso l'applicazione di relazioni matematiche che tengono conto della tridimensionalità degli elementi rilevati.

Successivamente è stato associato il dato di colore direttamente sul dato laser seguendo due metodologie differenti. Nel primo caso le prese fotografiche (Canon EOS 350D con obiettivo fish-eye) sono avvenute consecutivamente alle singole scansioni laser (Leica HDS6000), facendo coincidere il centro di proiezione della camera con il centro di fase dello scanner. Nel secondo caso l'associazione dell'informazione RGB al dato laser è avvenuta utilizzando immagini (Canon EOS 5D mark2) acquisite successivamente e indipendentemente dalle scansioni (Leica HDS6000). L'applicazione del dato di colore è stata effettuata tramite l'impiego di un software in via di sperimentazione sviluppato dal Politecnico di Milano, BIER (Best Image Exact Reprojection).

Gli elaborati così ottenuti sono stati utilizzati per integrare l'informazione geometrica delle sezioni dell'avancorpo, realizzate estraendo i profili dal database 3D complessivo delle nuvole di punti, e per effettuare la mappatura del degrado e delle fessurazioni del nartece.

L'esperienza nel cantiere del pronao del S. Andrea è stata sfruttata inoltre per la sperimentazione di metodologie per la creazione di modelli 3D a partire da immagini stereoscopiche in modo automatico senza l'utilizzo del dato laser scanner. Un esempio è stata la modellazione di alcuni particolari decorativi in stucco delle volte e di un capitello in marmo attraverso l'impiego del software 123D Catch di Autodesk.



*Fig. 8. Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano, Polo territoriale di Mantova. Ortofoto digitale di una parete interna del pronao della basilica di S. Andrea, realizzata sulla base di un DSM generato dalla nuvola di punti laser (HDS3000).*



*Fig. 9. Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano, Polo territoriale di Mantova. Vista ortogonale della nuvola di punti di una parete della stanza sopra la campata sinistra del vestibolo. Associazione del dato radiometrico. Le prese fotografiche sono state eseguite facendo coincidere il centro di proiezione della fotocamera con quello del Laser-Scanner. Visualizzazione generata con software Pointools.*



*Fig. 10. Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano, Polo territoriale di Mantova. Vista ortogonale della nuvola di punti della controfacciata con associazione del dato radiometrico (ortofoto-laser). Le immagini sono state acquisite indipendentemente dal dato laser. Visualizzazione generata con software Pointools.*



*Fig. 11. Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano, Polo territoriale di Mantova. Sezione trasversale Ovest del pronao della Basilica di S. Andrea a Mantova, Integrata con l'inserimento delle ortofotodigitali del vestibolo e delle ortofoto-laser degli ambienti soprastanti.*

## L'archivio digitale

L'intervento oggetto di studio, per l'elevato numero di analisi e la complessità del bene stesso, può essere considerato un "cantiere aperto", nel quale una continua evoluzione dello stato della struttura e dell'estensione degli interventi, rende necessaria la raccolta e l'integrazione di tutti i materiali in un unico database che deve poter essere costantemente aggiornato permettendo un confronto diretto delle fasi evolutive, consentendo una valutazione dei risultati ottenuti (in questo caso anche con tecniche sperimentali) e la loro tenuta nel tempo, aprendo il campo a un numero elevato di considerazioni utili per la programmazione degli interventi futuri sul bene culturale in oggetto. Questa necessità si è resa ancora più evidente dagli eventi sismici avvenuti poco dopo l'ultimazione dell'intervento, in particolare l'utilità di un'integrazione della documentazione delle fasi evolutive con il nuovo stato di fatto per consentire di valutare l'entità effettiva dei danni e la risposta che i consolidamenti effettuati hanno avuto a seguito di un evento sismico di questo tipo.

A questo scopo si è cercato di sviluppare un archivio digitale che potesse integrare tipologie di dati molto diverse fra loro come: il database delle nuvole di punti con il quadro fessurativo tridimensionale, il modello 3D, gli elaborati vettoriali bidimensionali con le mappature degli interventi, le ortofoto digitali e le ortofoto-laser, ma anche informazioni e nozioni sulle metodologie impiegate, sulla storia dell'edificio e sullo stato degli elementi strutturali e decorativi. Il punto di forza del database che è stato sviluppato è la possibilità di coniugare queste differenti tipologie di rappresentazioni in un sistema georeferenziato, su modello di altri sistemi già presenti sul mercato al giorno d'oggi ma, visto l'elevato grado di dettaglio dei materiali prodotti, senza dover incorrere in semplificazioni e una conseguente perdita di risoluzione, necessarie al loro inserimento in un sistema preimpostato. A questo scopo sono stati individuati una serie di programmi di facile accessibilità (dispongono tutti di una modalità di visualizzazione gratuita) che potessero gestire al meglio le informazioni a disposizione.

Tutto questo viene messo in relazione e reso navigabile da un'interfaccia costituita da un sito scritto in HTML che sfrutta le rappresentazioni realizzate durante la fase di elaborazione dei dati, creando delle anteprime di visualizzazione delle basi utilizzate per le mappature, rendendo così la navigazione più immediata e fluida e fornendo un'adeguata veste grafica che possa essere sfruttata anche per una messa in rete del sito al fine puramente divulgativo del lavoro effettuato.

Il menu principale del sito consente di muoversi all'interno dei vari tipi di rappresentazioni proposte, che vengono sempre inquadrare e relazionate alla pianta generale dell'edificio.

La struttura utilizzata è quella tipica dei siti web, cioè una sorta di piramide dove le pagine vengono collegate tra loro da link. Nella homepage vengono riportate alcune nozioni principali, un menu consente la navigazione dell'intero sito e verrà riproposto in ciascuna pagina. La navigazione si articola principalmente sui tipi di rappresentazione ottenuti dal lavoro di elaborazione dei dati, dunque si tratta di due categorie principali: i dati bidimensionali costituiti dalle mappature delle sezioni estratte e i dati 3d elaborati con il quadro fessurativo applicato.

Per la navigazione delle mappature 2D si è deciso di fornire due tipi di visualizzazione: una generale ed una di dettaglio. Il primo tipo è indicato dalla categoria "sezioni" a sua volta suddivisa in "trasversali" e "longitudinali". La navigazione è possibile tramite un menu costituito da una pianta dell'edificio dove vengono individuate le sezioni estratte da esso; queste sono selezionabili, ovvero cliccando sulla sezione desiderata si aprirà una nuova finestra dove comparirà un'anteprima dell'elaborato. Questo è un tipo di visualizzazione di insieme che consentirà all'utente di percepire l'aspetto delle proporzioni tra le varie parti dell'edificio e di individuare in maniera immediata la posizione dei singoli elementi, avendo una panoramica

della conformazione architettonica dell'edificio e consentendo di eseguire le prime valutazioni su come organizzare il tipo di indagine in corso. L'anteprima conterrà un link che reindirizzerà l'utente al relativo documento GIS che è stato creato, in maniera immediata e facilitando in questo modo la velocità di ricerca e di consultazione dell'archivio digitale.

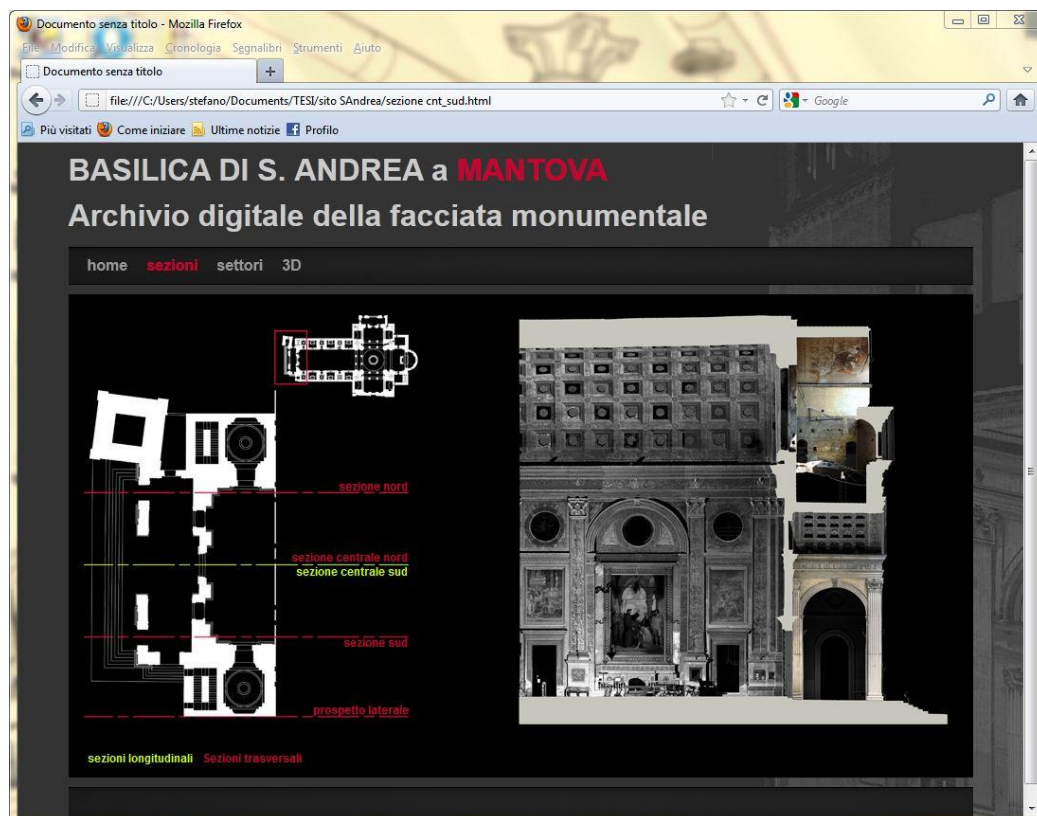


Fig 12. Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano Polo Territoriale di Mantova, Interfaccia di navigazione dell'archivio digitale del pronao della basilica di S. Andrea a Mantova, Le sezioni longitudinali

Nel caso l'oggetto della ricerca sia di carattere più puntuale o di dettaglio, è stato creato un secondo tipo di navigazione, che analizza le singole pareti di ogni stanza. Cliccando sulla voce del menu "esplosi" è possibile aprire un nuovo menu di navigazione dal quale si può accedere alle piante di ciascun livello dell'edificio. All'interno di ogni pianta vengono individuate delle aree corrispondenti a ciascun ambiente, queste aree vengono campite automaticamente al passaggio del cursore, rendendo immediatamente individuabili gli ambienti oggetto di studio. Selezionando il vano interessato, si apre una nuova anteprima dove questo viene suddiviso nelle sue superfici principali, cliccando su ciascuna sarà possibile accedere all'elaborato che la contiene e successivamente, grazie ai livelli di zoom della mappatura GIS, eseguire delle valutazioni specifiche.

Questo tipo di navigazione riporterà per ogni stanza anche i riferimenti alle scansioni laser eseguite, consentendo di aprire un'anteprima navigabile del dato 3D, realizzata con il software Pointools, dove è possibile eseguire anche alcune operazioni come la misurazione della distanza tra due punti. Questo tipo di navigazione si pone a metà strada tra il dato bidimensionale e quello 3D.

Un'ulteriore pagina del sito contiene le anteprime selezionabili di tutte le tipologie di dato tridimensionale, compreso il modello 3D, alle quali l'utente potrà accedere direttamente, andando a completare in questo modo il database digitale complessivo.



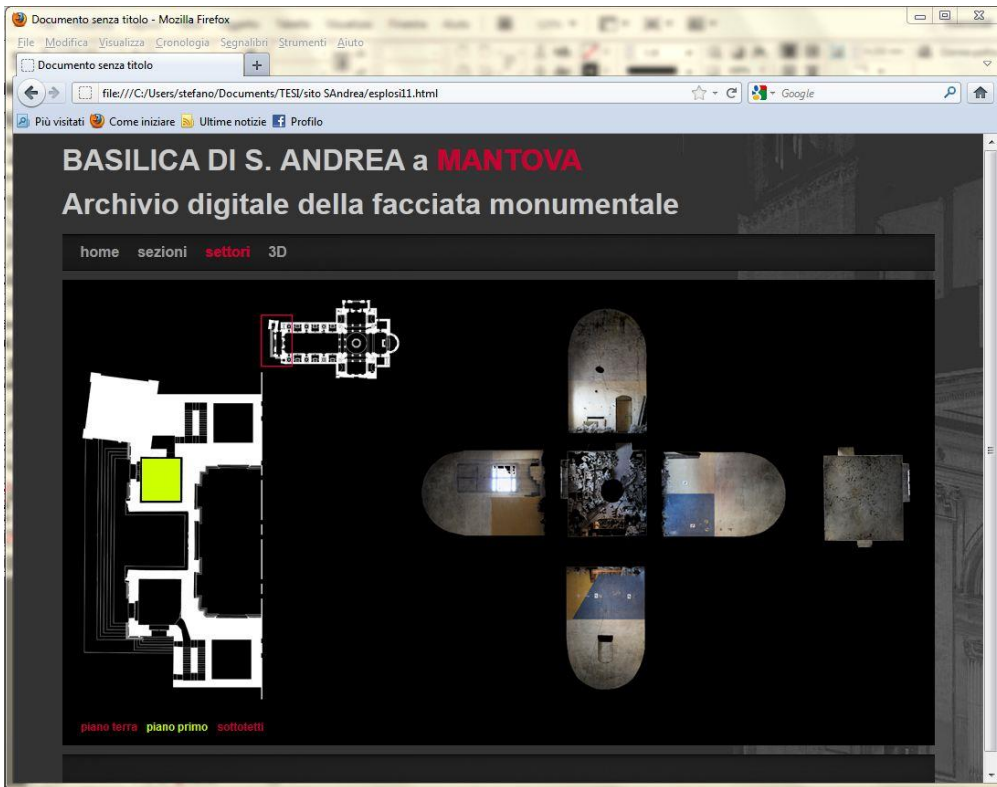


Fig 13. Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano Polo Territoriale di Mantova, Interfaccia di navigazione dell'archivio digitale del pronao della basilica di S. Andrea a Mantova, Gli esplosi del piano primo

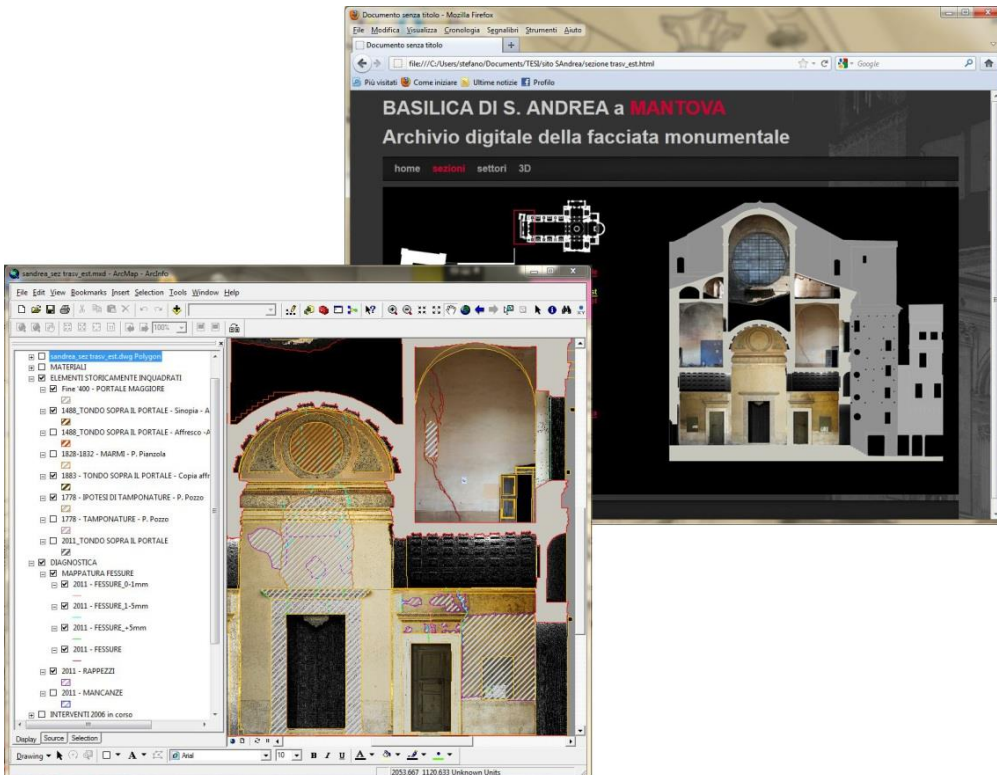


Fig 14 Laboratorio LaRiFo, Politecnico di Milano Polo Territoriale di Mantova, Interfaccia di navigazione dell'archivio digitale del pronao della basilica di S. Andrea a Mantova, La navigazione del file GIS di una sezione, localizzato e aperto dall'interfaccia HTML

## Bibliografia

- M. Bulgarelli, Leon Battista Alberti 1404-1472 Architettura e storia, Mondadori Electa, 2008.
- P. Carpeggiani, C. Tellini Perina, Sant'Andrea in Mantova, un tempio per la città del principe, Publi Paolini editore, Mantova, 1987.
- P. Carpeggiani, "Io non farei fare una minima cosa che non la facessi al modo antico". Ludovico II Gonzaga (1444-1478) e i suoi architetti, fronesis, gennaio-giugno 2008.
- C. Di Francesco, D. Lattanzi, E. Romoli, R. Soggia, "Alberti reinterpretato nel restauro ottocentesco di Paolo Pianzola", in Leon Battista Alberti e l'architettura, a cura di M. Bulgarelli, Silvana, Cinisello Balsamo, 2006.
- C. Di Francesco, D. Lattanzi, E. Romoli, L. Sala, C. Colombo, C. Conti, M. Realini, L. Fregonese, E. Boglione, & P. Pagnin, 'Restaurare un restauro ottocentesco. La facciata principale ed il pronao della Basilica di Sant'Andrea a Mantova', Atti del convegno di Bressanone, "Restaurare i Restauri: metodi, compatibilità, cantieri", ed. Arcadia Ricerche srl, 2008, p 791-800.
- F. Fassi, Integration of traditional and innovative technologies for survey and modeling of cultural heritage, Phd Thesis, Politecnico di Milano, 2009.
- F. Fassi, C. Achille, L. Fregonese, C. Monti, Multiple data source for survey and modelling of very complex architecture, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII, Part 5, Symposium, Newcastle upon Tyne, UK, 2010.
- F. Fassi, C. Achille, F. Gaudio, L. Fregonese, Integrated strategie for the modelling of very large complex architecture.
- C. Grayson, "Leon Battista Alberti: vita e opere", in Leon Battista Alberti, a cura di J. Rykwert, A. Engel, Olivetti/Electa, Milano/Ivrea, 1994
- E. J. Johnson, S. Andrea in Mantua: the building history, the Pennsylvania State University Press, 1975.
- S. Scansani, "Il primo saggio dei restauri: il trionfo del bianco. Scopriamo come sarà Sant'Andrea", La Gazzetta di Mantova, 07 maggio 2008.
- K. Kraus, "Photogrammetry". Dümmler Verlag, Volume 1, Bonn, Germany, 1993.
- K. Kraus, "Photogrammetry". Dümmler Verlag, Volume 2, Bonn, Germany, 1997.
- M. Russo, Rilievo di forme complesse tramite Reverse Modeling integrato, Phd Thesis, Politecnico di Milano, 2009.
- R. Soggia, Storia e arte religiosa a Mantova- Basilica con cattedrale di Sant'Andrea, l'atrio meridionale. Indagini, saggi e restauri dell'apparato decorativo.
- L. Taffurelli, Mantova digitale: strumenti per la valorizzazione e la conoscenza del patrimonio culturale ed architettonico attraverso la digitalizzazione 3D, Phd Thesis, Politecnico di Milano, 2011.
- L. Volpi Ghirardini, "Sulle tracce dell'Alberti nel Sant'Andrea a Mantova. L'avvio di un'analisi archeologica e iconometrica", in Leon Battista Alberti, a cura di J. Rykwert e A. Engel, Olivetti/Electa, Milano/Ivrea 1994.