

MODELLAZIONE 3D E ARCHEOLOGIA DELL'ARCHITETTURA: L'EREMO DI SANT'ALBERTO DI ASCIANO

di Stefano Campana, Laura Lai, Matteo Sordini, Giuseppe Fichera

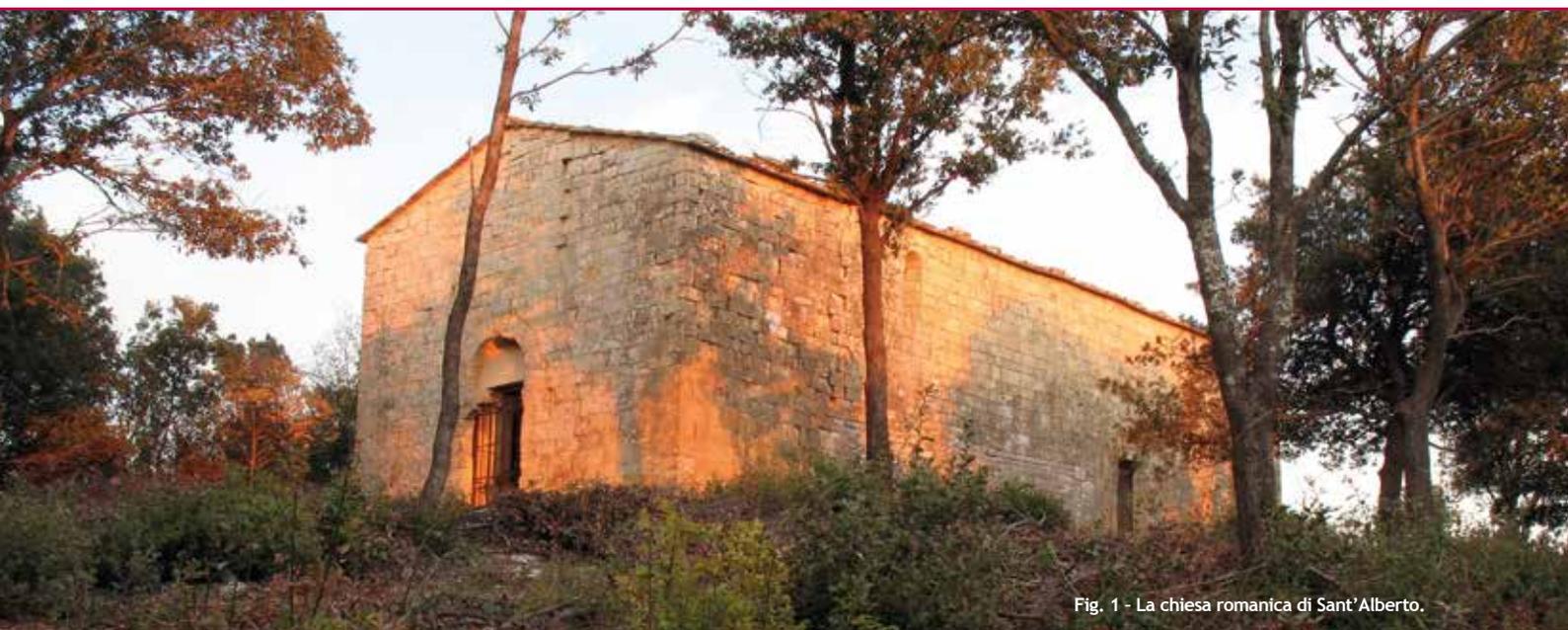


Fig. 1 - La chiesa romanica di Sant'Alberto.

La realizzazione di modelli 3D in ambito archeologico e nei Beni Culturali in generale, ha avuto negli ultimi anni una diffusione importante.

Il lavoro di ricerca illustrato in questo articolo è incentrato sulla modellazione tridimensionale applicata agli studi propri dell'Archeologia degli elevati, dove lo spazio per la sperimentazione è ancora ampio e le necessità di approfondimento sono concrete.

Il progetto di ricerca è stato portato avanti, nell'ambito di una tesi di Master, presso la ATS - Archaeolandscapes Tech & Survey, società spin-off dell'Università di Siena in collaborazione con due laboratori dell'Università di Siena, il laboratorio di Archeologia dell'Architettura e dell'Urbanistica Medievale (LAAUM) e quello di Archeologia dei Paesaggi e Telerilevamento (LAP&T). Il caso di studio è stato offerto dalla chiesa romanica di Sant'Alberto, adagiata su un piano isolato sul Montalceto in territorio di Asciano (Siena). Dal punto di vista degli autori, l'obiettivo primario nella documentazione 3D di edifici storici è di migliorare la comprensione dei monumenti e in generale di promuovere la conoscenza archeologica. In questo processo un ruolo fondamentale è giocato dalle metodologie della disciplina "Archeologia dell'Architettura" con l'ausilio di tecniche di rilievo laser scanning.

ARCHEOLOGIA DELL'ARCHITETTURA: BREVI CENNI

L'Archeologia dell'Architettura, termine coniato da Tiziano Mannoni all'inizio degli anni '90 del secolo scorso, ha ormai ufficializzato il proprio ruolo all'interno delle discipline storiche, sviluppando ed applicando le metodologie d'indagine archeologica all'analisi del patrimonio architettonico, indipendentemente dall'epoca di costruzione.

Le metodologie dell'Archeologia dell'Architettura consentono di leggere la stratigrafia di un manufatto architettonico (fasi di costruzione, distruzione e trasformazione), nonché di ricostruire le dinamiche del cantiere di costruzione, le scelte delle maestranze e il loro livello di specializzazione, per arricchire la conoscenza storica della struttura o per costituire la base di un intervento di restauro.

Se gli obiettivi iniziali della disciplina riguardavano in primo luogo la conoscenza e l'interpretazione delle trasformazioni del manufatto architettonico, nel corso del tempo si sono sviluppate metodologie di analisi sempre più raffinate e puntuali dei 'reperti' contenuti all'interno delle stratigrafie verticali, funzionali alla comprensione degli aspetti formali (articolazione in pianta, sviluppo dell'elevato etc.) e tecnologici del manufatto (individuazione del ciclo produttivo, organizzazione del cantiere etc.), oltre che per inserire lo stesso manufatto in un contesto storico, politico e sociale che ne determinò la nascita. La rivista "Archeologia dell'Architettura", supplemento della più nota "Archeologia Medievale", testimonia a partire dal 1996, anno della prima pubblicazione, lo sviluppo della disciplina e i risultati raggiunti in un panorama non soltanto nazionale. Un'ottima sintesi storica della disciplina per l'ambito italiano si ritrova inoltre nel contributo di Alessandra D'Ulizia (D'Ulizia 2005).

CASO DI STUDIO

Il caso di studio riguarda la chiesa romanica di Sant'Alberto, situata sul monte Montalceto nel territorio di Asciano (Siena) e, in epoca medievale, facente parte della diocesi di Arezzo. La chiesa è a navata unica, con abside a Est e facciata a capanna. Il tetto è stato recentemente restaurato secondo l'ipotizzata originaria copertura a capriate lignee. Le pareti interne ed esterne sono realizzate con conci ben lavorati, squadri, di arenaria e blocchi di calcare disposti in corsi regolari. Su alcune pareti interne ci sono zone intonacate che impediscono un esame completo della stratigrafia della parete.

Le informazioni storiche sono assai scarse e il quadro non migliora se si effettua una ricerca sul Santo cui la chiesa è intitolata, Sant'Alberto.

Nel 1839, il Repetti afferma che la parrocchia dei Santi Sabino e Alberto di Montalceto nel XII secolo era un eremo sottoposto al pievano di Asciano, la cui giurisdizione era stata confermata, insieme ad altre chiese, dal pontefice Alessandro III con propria bolla del 1178. Lo studioso ci informa che il beato Alberto visse in quel luogo come eremita Camaldolese e morì intorno alla seconda metà del 1100. In un privilegio di Urbano III, l'eremo, a partire dal 1185, risultava aggregato alla abbazia di San Salvatore della Berardenga situata nell'attuale comune confinante, Castelnuovo Berardenga (Repetti 1839, vol. III, voce "Montalceto").

Don Umberto Meattini è uno dei pochi a riportare dell'esistenza di questo Santo e, pur confermando la scarsità di notizie, pone l'attenzione sul fatto che egli fu il primo discepolo di San Guglielmo di Maravalle (Meattini 1974).

3D RECORDING E MODELLAZIONE

I paramenti esterni ed interni della chiesa sono stati rilevati mediante laser scanner terrestre TOF (time of flight) per quanto riguarda la geometria e attraverso immagini High Dynamic Range (HDR) ad alta risoluzione per quanto riguarda l'informazione radiometrica. Tale approccio è stato finalizzato alla realizzazione di un modello tridimensionale fotorealistico (Fig. 2).

Il laser scanner è stato posizionato tenendo conto della necessità di acquisire nuvole di punti con una discreta sovrapposizione evitando al tempo stesso le occlusioni presenti intorno al monumento o al suo interno. Le stazioni di acquisizione effettuate per rilevare la facciata, il lato sud e l'abside non hanno presentato problemi grazie alla buona manutenzione della vegetazione attorno alla chiesa. Al contrario, le stazioni relative al lato nord hanno richiesto vari spostamenti dello strumento a causa sia delle occlusioni causate da una serie di alberi addossati a circa un metro e mezzo dal paramento, che della morfologia dell'area laddove il pianoro digrada velocemente verso il basso. Tali occlusioni, inoltre, hanno imposto l'acquisizione di oltre 30 fotografie per rilevare l'intero lato nord, mentre per gli altri lati e per l'interno non si sono incontrati particolari problemi. La non disponibilità di un UAV-RPAS ha limitato la possibilità di acquisire

il tetto esterno della chiesa che pertanto è stato ricostruito seguendo le linee di colmo e di gronda disponibili, mentre la texture è stata ricreata mediante software di grafica 3D.

L'interno della chiesa è stato rilevato attraverso due scansioni a 360 gradi, integrate da altre finalizzate all'acquisizione di alcuni dettagli quali i vani delle porte e i dettagli delle aperture e del catino absidale. In particolare, la scelta delle postazioni interne è stata effettuata per garantire una raccolta quanto più completa di punti ricadenti sulla copertura lignea che, per la sua conformazione a capriate consecutive, risultava di difficile acquisizione. Questo ha consentito di alleggerire e ridurre al minimo il lavoro di ricostruzione delle geometrie mancanti, altrimenti piuttosto laboriose da modellare.

Le scansioni sono state impostate con una risoluzione di +/-5 mm con il fine di descrivere al meglio i dettagli del monumento e delle stratigrafie murarie. Complessivamente, sono stati acquisiti circa 45 milioni di punti. Per il rilievo fotografico è stata utilizzata una macchina fotografica reflex da 15 megapixel con obiettivo 28 - 135 mm. Le immagini HDR sono state acquisite attraverso cinque prese fotografiche a diverse esposizioni con focale fissa e camera montata su treppiede. L'HDR, come noto, è una tecnica di ripresa fotografica che consente di catturare un'ampia gamma di luminosità e ottenere tutti i dettagli in ombra e in luce. L'uso di tale tecnica è stato determinante nel creare textures fotorealistiche del monumento poiché ha permesso di regolare in modo molto versatile l'illuminazione delle singole prese ed equalizzare quindi l'illuminazione dell'intero monumento. Il processamento delle textures per il lato nord del monumento, a causa delle problematiche descritte in precedenza, è stato piuttosto lungo e faticoso; alcuni fotogrammi sono risultati avere significative variazioni di esposizione causati dal variare dell'illuminazione solare durante le riprese fotografiche. Anche all'interno della chiesa la tecnica HDR è stata determinante per risolvere i problemi derivanti dagli scatti in controluce in prossimità di porte e finestre.

Durante il rilievo 3D è stata effettuata una analisi autoptica delle unità stratigrafiche murarie e dei rapporti fisici tra di esse. I dati ottenuti dal laser scanner sono stati elaborati procedendo con la pulizia della nuvola di punti dal rumore determinato dall'angolazione del raggio laser che soprattutto negli spigoli tende a dividersi generando sovrabbondanza di punti errati. Inoltre, sono stati eliminati tutti quegli elementi indesiderati, quali vegetazione e cavi di alimentazione di pc e stazione laser.

I dati ripuliti sono stati esportati e si è proceduto alla fase di allineamento delle stazioni effettuando una rototraslazione grossolana per punti omologhi e, successivamente, affinando l'allineamento mediante l'utilizzo di un algoritmo iterativo. Una volta creata una nuvola di punti complessiva, sono stati impostati i parametri di interpolazione per generare una mesh poligonale. Il modello risultante è stato corretto manualmente in modo da eliminare i buchi e le anomalie determinate da disturbi quali ragnatele o piccole occlusioni.

Fig. 2 - modello tridimensionale fotorealistico.

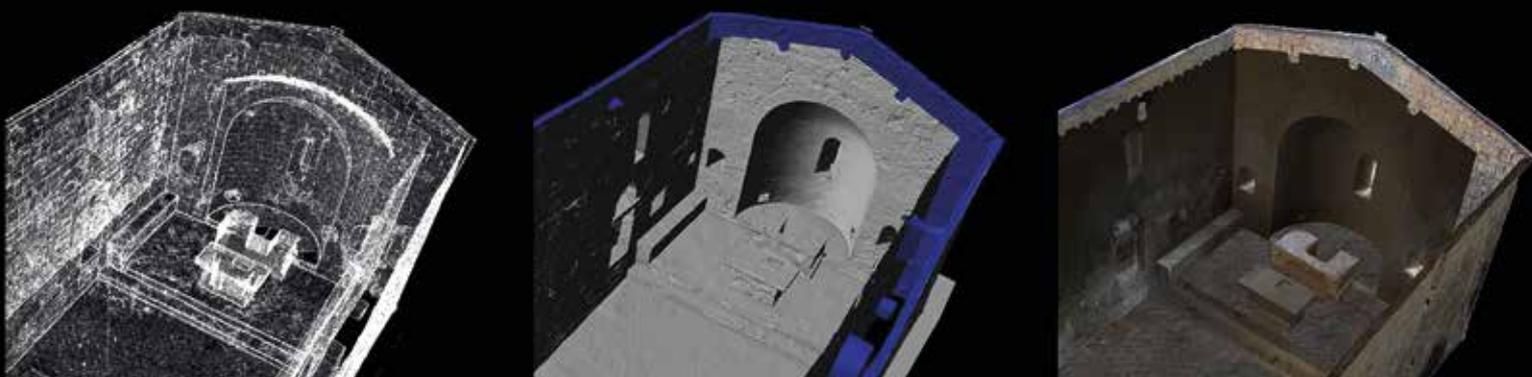




Fig. 3 - Modello 3D fotorealistico della chiesa di S. Alberto, esterno.

Il processo di editing è stato piuttosto lungo soprattutto per quanto riguarda il tetto interno con le travi lignee. Dopo una riduzione della mesh poligonale effettuata mantenendo i dettagli e rendendo il modello facilmente gestibile dal computer, sono state proiettate le textures attraverso un orientamento manuale delle immagini HDR; un'ultima fase di postprocessing è stata necessaria per piccole correzioni di esposizione delle varie prese e per il miglioramento di alcuni dettagli (Fig. 3).

ANALISI ARCHEOLOGICHE: PRIMI RISULTATI

L'eremo di Sant'Alberto presenta caratteristiche stilistiche che lo fanno ascrivere allo stile romanico attestato in Toscana a partire dalla fine del XI - inizi del XII secolo d. C. Si tratta di un edificio scarso ed essenziale ad aula rettangolare di dimensioni 6,80 x 17 metri che termina ad est con



Fig. 4 - Campioni di tecnica muraria, a sinistra fase 1 (abside) e a destra fase 2 (paramento esterno sud).

una abside semicircolare di raggio 2,40 metri. La chiesa è realizzata prevalentemente in conci di arenaria squadrati e spianati di colore grigio-beige e conci sbazzati di calcare grigio-rosato. La facciata è priva di elementi ornamentali o modanature, al centro si apre il portale architravato sormontato da un arco a sesto leggermente rialzato e si conclude superiormente a capanna.

L'analisi degli elevati è stata effettuata preliminarmente sul campo, mentre in laboratorio si è proceduto all'analisi visualizzando in tempo reale il modello 3D in un software dedicato. Ciò ha consentito di effettuare misurazioni geometriche dettagliate, correlare le superfici con i volumi, mettere istantaneamente in relazione paramenti interni con paramenti esterni dell'edificio di culto. In aggiunta, l'alta risoluzione delle immagini ha consentito di formulare e consolidare molte osservazioni direttamente in laboratorio.

Dall'analisi si può affermare che all'interno di una sostanziale omogeneità progettuale e cronologica, la costruzione della chiesa può essere avvenuta per unione progressiva di blocchi murari, le cui pause sono ancora ben leggibili sulle superfici murarie. In particolare, sono stati riconosciuti tre momenti costruttivi.

eflow FEEDBACK
eflow ACCESS

www.eflow.it

Sistema per il monitoraggio degli **ACCESSI** e dei **FEEDBACK**

Eflow è un applicazione per il monitoraggio dei flussi turistici, degli accessi e per la raccolta di feedback sulla soddisfazione dei clienti o visitatori. Attraverso un semplice e completo sistema di report e grafici è possibile ottenere in tempo reale informazioni statistiche e strategiche.



wifiguide[®]
fast. easy.

www.wifiguide.it

APP SMARTPHONE + WIFI-CARD RENTALS/NOLEGGIO

La guida multimediale
sul tuo smartphone

Wifiguide è la nuova audio guida multimediale con contenuti audio e video ideale per musei, aree archeologiche, gallerie d'arte e centri storici. Accessibile attraverso la rete wi-fi, apparecchiature a noleggio e Apps per smartphone.


essetech
essential technology

Via Lima, 7 - 00198 Roma - Tel. +39 06 9838 1517
Via Mazzini, 205 - 92100 Agrigento - Tel. +39 092 261 0651

La prima fase consiste nella realizzazione dell'abside e di parte delle pareti nord e sud e si conclude poco oltre i due portali laterali. La seconda è costituita da una porzione di muratura inserita sia nella parete nord che in quella sud più o meno a metà della lunghezza dell'aula e comprende, all'interno, due semicolonne addossate alla parete. La terza ed ultima fase consiste nel proseguimento delle due pareti laterali e nella realizzazione della facciata.

Nello specifico, sia nei prospetti nord che in quelli sud si nota come il materiale da costruzione della prima fase sia differente da quello della seconda, cambia la pezzatura dei conci e si individua una netta linea di cesura che indica la momentanea sospensione dei lavori (Tiziano Mannoni e Anna Boato definiscono queste cesure con il termine "giunti d'attesa" o "morse d'attesa", quest'ultimo rende bene l'idea sia della pausa momentanea che della conseguente prosecuzione dell'edificazione. Mannoni-Boato 2002, p. 45). Osservando i paramenti murari si distinguono numerosi conci a L che, solitamente sagomati direttamente in cantiere, venivano collocati in modo da ammorsare la costruenda muratura a quella esistente e riprendere l'orizzontalità del filare.

Le murature della fase 1 e 3 sono realizzate in blocchi quadrati e ben spianati di arenaria di colore grigio-beige. I conci sono disposti in filari orizzontali piuttosto regolari e la pezzatura è più o meno costante. Lo spessore dei letti di posa e dei giunti è abbastanza omogeneo e sottile. Inseriti nella muratura si riconoscono sporadici e casuali conci di travertino bianco ben squadri.

La muratura della fase 2 è costituita da bozze di calcare grigirosato di forma allungata e sporadici conci di arenaria, spesso i filari sono intervallati da elementi in mattoni posti di piatto ad allineare il corso. Comprende anche, nei prospetti interni, tre filari di conci squadri di arenaria che si ritiene di includere in questa fase di cantiere in quanto presentano dimensioni differenti rispetto agli elementi della fase 1 e 3 e perché il limite della fase costruttiva è ben indicato dalla presenza di conci a L e dalla conclusione delle due semicolonne addossate alla parete. Nel paramento nord esterno, si segnala inoltre un maggiore utilizzo di conci in arenaria (Fig. 4).

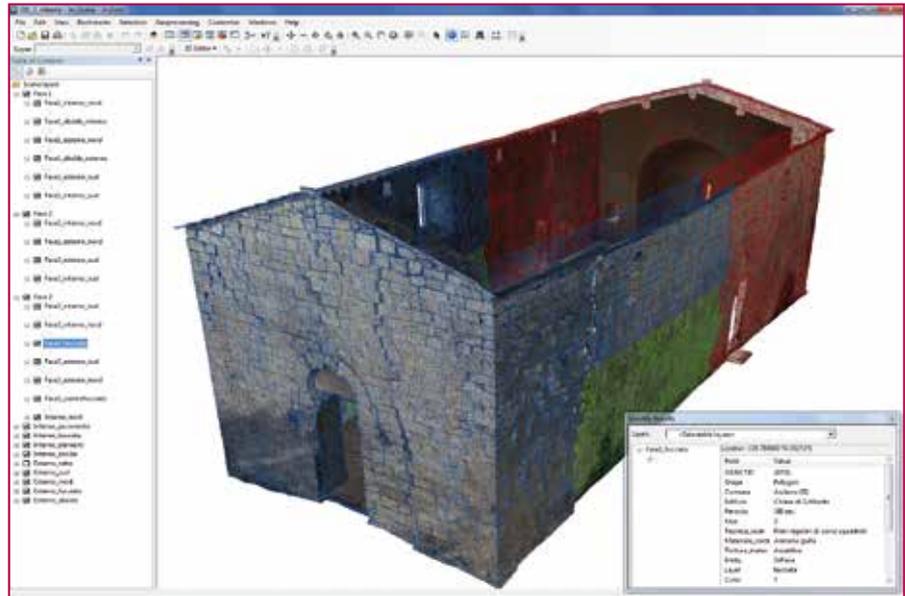


Fig. 6 - Visualizzazione su GIS delle analisi archeologiche effettuate.

Il livello di approfondimento d'analisi cui si è stabilito di soffermarsi, porta a non tener conto, nella delimitazione della fase 1, delle due profonde tamponature simmetriche ben visibile nei prospetti interni nord e sud. Si ritiene infatti che essa sia stata determinata dalla eliminazione di un elemento architettonico, probabilmente un arcone di ingresso al presbiterio, realizzato successivamente alla conclusione dell'edificio.

Lavorare in ambiente 3D, mettere istantaneamente in relazione sia il paramento interno che quello esterno dei muri e osservare contemporaneamente il lato nord e quello sud, permette di affermare che la costruzione è proseguita omogeneamente e di pari passo.

Nei prospetti interno ed esterno della parete nord la delimitazione dei tre momenti costruttivi è di facile individuazione, grazie al netto cambio di tecnica muraria e dai conci a L. Nei prospetti della parete sud la leggibilità è alta all'esterno, mentre si presenta più problematica all'interno dove la tamponatura dell'ipotizzato arcone impedisce di risalire all'originaria demarcazione della fase 1 e si è pertanto ritenuto di segnare un confine ipotetico sulla base di quanto si legge

nel paramento esterno. Allo scopo ci si è avvalsi della possibilità di scomporre il modello 3D e visualizzare il blocco di fase del paramento esterno per individuare dove andasse a ricadere, all'interno, la linea di cesura.

Nella parete sud, fase 1, si individuano molto bene le buche dei ponteggi disposte su due file. Le due serie sono disallineate, indipendenti, per cui il ponteggio era di tipo autoportante. Anche per questo aspetto, avere a disposizione il modello tridimensionale ha facilitato la formulazione di interpretazioni.

In conclusione, si può affermare che, come accade solitamente nella fabbrica di un edificio di culto, l'inizio dell'opera sia avvenuto a partire dall'abside (fase1), per qualche motivo i lavori si siano interrotti momentaneamente e siano ripresi con un altro materiale, il calcare, che per un certo periodo è stato l'unico a disposizione nel cantiere (fase 2) il quale, successivamente, ha

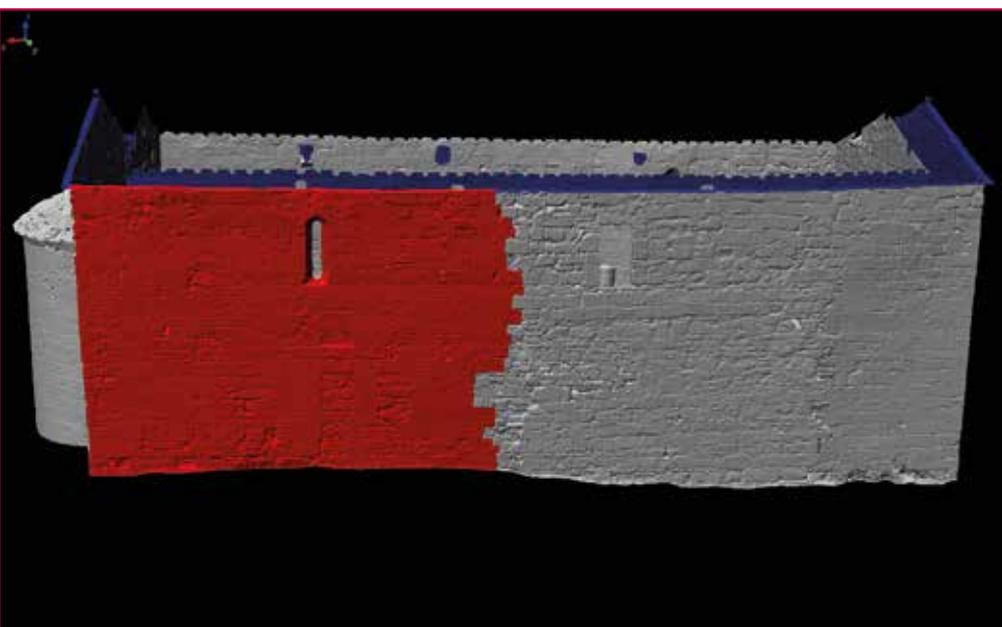


Fig. 5 - Individuazione dei blocchi di fase nel modello 3D.

avuto nuovo rifornimento di conci di arenaria e ha concluso i lavori con la stessa tecnica muraria con la quale li aveva iniziati (fase 3).

Per quanto riguarda la cronologia è difficile riconoscere negli elementi architettonici la datazione alta indicata nelle fonti. I portali con arco a sesto leggermente rialzato rimandano a motivi comuni all'architettura pisana molto diffusi negli edifici romanici senesi; in generale le tipologie murarie e le modalità costruttive rimandano a una datazione intorno agli inizi del XIII secolo.

GIS 3D E TAVOLE GRAFICHE 2D

La realizzazione delle tavole grafiche per la documentazione è stata particolarmente rapida: i fotopiani dei prospetti interni ed esterni, la pianta e le sezioni della chiesa sono stati infatti estrapolati direttamente dal modello. Le immagini sono state elaborate al fine di evidenziare i risultati dello studio archeologico effettuato e delle interpretazioni formulate e, quindi, messe in tavola. Inoltre, è stato realizzato un GeoDatabase in ambiente GIS (Geographic Information System) nel quale sono stati archiviati i dati dello studio e il modello fotorealistico tridimensionale per futuri utilizzi, per interrogare gli strati informativi, visualizzare foto e scomporre/ricomporre il monumento in base alle fasi costruttive. Il modello è stato spezzato in vari blocchi di fase (lati interni/esterni e tetto, Fig. 5) e importato nel geodb dotato di textures: tale frammentazione ha consentito di poter gestire ogni frammento come un layer, accendendoli e spegnendoli a seconda delle necessità. I blocchi di fase, ossia le geometrie contenenti le risultanze dell'indagine stratigrafica, sono stati importati all'interno del geodb e organizzati in layers e rappresentati con colori diversi (rosso, verde, blu) a seconda della fase costruttiva di appartenenza. L'immagine reale e l'analisi stratigrafica quindi si sovrappongono, consentendo di visualizzare e manipolare interattivamente sia il dato fotorealistico che l'analisi archeologica, e permettendo altresì all'archeologo di mantenere uno stretto contatto tra oggetto e interpretazione. In questo modo, diversamente da come avviene nelle tradizionali tavole grafiche per fotopiani ove si mostra la foto raddrizzata del prospetto e la foto con la lettura archeologica, si ha il vantaggio di visualizzare il dato nelle sue tre dimensioni naturali.

Infine, ogni singolo blocco di fase è stato arricchito con i dati raccolti durante l'indagine archeologica e con un semplice "identify" sui layers, sono immediatamente visualizzabili i campi compilati nella tabella degli attributi (Fig. 6). Nello specifico sono stati immagazzinati i dati relativi a periodo e fase di edificazione, materiale edilizio, tecnica costruttiva e finitura dei conci.

Da ultimo, e a mero scopo di comunicazione, è stato realizzato un breve video che, come un tour virtuale, mostra la chiesa di S. Alberto e il lavoro di modellazione 3D eseguito (<http://www.youtube.com/watch?v=k3uV0JTSzIM>).

CONCLUSIONI

La ricerca qui descritta ha portato a una comprensione preliminare della chiesa di Sant'Alberto. L'utilizzo delle tecniche di modellazione tridimensionale hanno consentito un incremento della qualità della documentazione, producendo una copia virtuale del monumento che potrà essere determinante per la conservazione e il monitoraggio del monumento. Dal punto di vista della ricerca archeologica è stato possibile operare un'analisi stratigrafica in continuo su tutte le superfici del monumento, sia interne che esterne, operando all'interno di uno spazio virtuale in cui l'archeologo è sempre in contatto con l'oggetto della ricerca, dove può sviluppare e visualizzare interpretazioni.

La documentazione 3D a supporto delle analisi proprie dell'Archeologia dell'Architettura, è ancora relativamente poco sfruttata; si ritiene che lo spazio per la sperimentazione sia ampio, al fine di risolvere criticità e allineare la metodologia alle esigenze degli studi archeologico-architettonici.

Il lavoro proposto in questa sede costituisce dunque un esempio di come la ricerca archeologica di tipo "tradizionale", oltre ad essere la base di partenza per lo studio di un monumento importante, fino ad oggi non interessato da uno studio di tipo archeologico, possa essere arricchita, mediante l'applicazione di nuove tecniche, di nuovi risultati utili sia nel campo della divulgazione che in quello della verifica scientifica dei dati acquisiti. L'applicazione della scansione laser finalizzata all'esclusivo studio delle stratigrafie murarie è stata un'operazione dispendiosa in termini di tempo rispetto alle tecniche tradizionali bidimensionali, tuttavia

FLYGEO[®]
*Rilievi aero-fotogrammetrici
in ambito archeologico*

FLYTOP[®]
THE FUTURE IS NOW

Largo Domenico Donzelli, 6 - 00168 Roma
Tel. +39 39.74.93.97 - www.flytop.it - info@flytop.it

lo sviluppo hardware e software per la documentazione 3D è in costante evoluzione e strumenti quali la fotogrammetria e gli UAV stanno affiancando i sensori laser, rendendo il lavoro di acquisizione e processamento dei dati più veloce, versatile ed economico.

ABSTRACT

The research is focused on 3D modelling applied to Archaeology of Architecture. The case study is the church of Sant'Alberto, Asciano (Siena). Both the interior and exterior were deepened using a terrestrial laser scanner and high resolution images were acquired to create a photorealistic model. This has been the basis for archaeological analysis allowing to carry out geometric measurements, to fragment the building in constructive phases, to instantly put in relation inner/external walls, and also to extrapolate CAD drawings. The data of the study and the model were imported into GIS environment for querying about material and constructive technique, and for disassembling/reassembling the monument on the basis of the constructive phases.

PAROLE CHIAVE

LASER SCANNER; ARCHEOLOGIA; ARCHITETTURA; GIS; 3D

AUTORE

PROF. STEFANO CAMPANA

campana@unisi.it

RICERCATORE, LAP&T - LABORATORIO DI ARCHEOLOGIA DEI PAESAGGI E TELERILEVAMENTO, UNIVERSITÀ DI SIENA

LAURA LAI

lail@uniss.it

ASSEGNISTA DI RICERCA, DIPNET - DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA NATURA E DEL TERRITORIO, UNIVERSITÀ DI SASSARI

MATTEO SORDINI

sordini@atsenterprise.com

BORSISTA DI RICERCA, ATS - ARCHAEO LANDSCAPES TECH & SURVEY S.R.L., SPIN-OFF UNIVERSITÀ DI SIENA

GIUSEPPE FICHERA

fichera@unisi.it

ASSEGNISTA DI RICERCA, LAAUM - LABORATORIO DI ARCHEOLOGIA DELL'ARCHITETTURA E DELL'URBANISTICA MEDIEVALE, UNIVERSITÀ DI SIENA

BIBLIOGRAFIA

- Campana S., Bianchi G., Fichera G.A., Lai L., Sordini M. (2012) 3D Recording and Total Archaeology: From Landscapes to Historical Buildings, *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 1 (3), 443-460
- D'Ulizia A. (2005) L'Archeologia dell'Architettura in Italia. Sintesi e bilancio degli studi, *Archeologia dell'Architettura*, X, 9-41
- El-Hakim S., Gonzo L., Voltolini F., Girardi S., Rizzi A., Remondino F., Whiting E. (2007) Detailed 3D Modelling of Castles, *International journal of architectural computing*, 5 (2), 199-220
- Francovich R., Bianchi G. (2003) L'archeologia dell'elevato come archeologia, *Archeologia de la Arquiteutura* 1, 101-111
- Mannoni T., Boato A. (2002) Archeologia e storia del cantiere di costruzione, *Archeologia de la Arquiteutura* 1, 39-53
- Meattini d. U. (1974) *Santi senesi*. Poggibonsi: Ed. della T.A.P. Grafiche, 23-24
- Repetti E. (1839) *Dizionario geografico fisico storico della Toscana: contenente la descrizione di tutti i luoghi del Granducato, Ducato di Lucca, Garfagnana e Lunigiana*, vol. I (1833) voce "Asciano", vol. III (1839) voce "Montalceto", Firenze



MADAttec Srl
WWW.MADATEC.COM
Tel.: +39-0236542401
e-mail: sales@madatec.com



**Spettrometria Raman portatile
ad alta risoluzione**



Accessori per FT-IR



**Spettrometri UV-VIS-NIR
F.O.R.S.**