

Nuovo metodo di elaborazione dati laser scanner e fotogrammetrici applicati all'archeologia: il caso della chiesa di San Giorgio di Hône

Bornaz Leandro (*), Monteleone Luigi (**), Sartorio Gabriele (***)

(*) Ad Hoc 3D Solutions srl, fraz. La Roche 8, 11020 Gressan (AO), (+39)0165.267173, leandro.bornaz@adhoc3d.com

(**) Archeos Aosta, C.so Lanceri di Aosta 15/5, Aosta, (+39)0165.060648, archeos.aosta@tiscali.it

(***) Regione Autonoma VdA, Soprintendenza per i beni e le attività culturali Direzione Restauro e Valorizzazione, (+39) 0165 27.5953, g.sartorio@regione.vda.it

Il laser scanner e la fotogrammetria sono ormai divenuti un elemento fondamentale e sempre più diffuso nella documentazione e nello studio delle rilevanze archeologiche, in particolare in casi di ritrovamenti significativi e difficilmente descrivibili mediante le tecniche classiche. L'ambito archeologico, a differenza di altri settori nei quali le tecniche di rilevamento sono utilizzate da tempo, richiede un'attenzione ed una sensibilità particolari, non solo nelle fasi di rilevamento, ma anche nelle fasi di elaborazione dei dati e di gestione e fruizione dei risultati.

La chiesa di San Giorgio di Hône in Valle d'Aosta presenta un caso di studio ed applicazione di queste tecniche particolarmente interessante ed innovativo. La compresenza all'interno dello stesso sito di almeno 4 differenti fasi edilizie databili tra il primo bassomedioevo ed il XVIII secolo, la necessità di rilevare fedelmente paramenti murari in condizioni di luce scarsa ed artificiale, nonché la limitata possibilità di manovra all'interno dell'area di scavo, sono i fattori alla base di condizioni operative del tutto particolari. Per l'allineamento delle scansioni è stato utilizzato un nuovo metodo di elaborazione basato sull'analisi completa della forma dell'oggetto, mentre per la colorazione e la generazione delle tavole grafiche ed ortofoto è stata sviluppata una metodologia che combina la tecnica HDR con il blending delle immagini risolvendo così le problematiche relative all'illuminazione ed aumentando la leggibilità del prodotto finale e dei dettagli fotografici. Un'attenzione particolare è stata infine dedicata alla gestione dei dati per lo studio e la fruizione del sito archeologico.

Abstract

Laser scanning techniques are nowadays more and more employed in archeology in order to describe objects and interesting sites in 3D. The archeology field needs a special and accurate approach in survey and data treatment techniques, in particular if the laser scanner is used.

The San Giorgio church in Hône, Aosta Valley, is a very particular case study for archeology, that needs special and very high performing survey techniques in order to well describe and document the whole site. This site is characterized by 4 different construction phases, very particular sun and light conditions and very small and not so easy to reach scanning areas.

In this paper we describe the used survey technique and the obtained results. A set of new data treatment algorithms have been carried out. The true orthophotos have been obtained using a HDR technique and a blending method. In addition some special features in data exploitations have been developed according to archaeologist needed.

Introduzione

L'intervento nella chiesa di Hone, eseguito dalla ditta Archeos sotto la direzione dall'ufficio beni archeologici della Soprintendenza per i beni e le attività culturali della Valle d'Aosta prevedeva la realizzazione di una nuova pavimentazione e il consolidamento delle strutture della chiesa attuale. Significativi fattori di criticità, quali la necessità di mantenere la funzionalità della chiesa o

perlomeno di una sua parte per l'intera durata dei lavori e la scarsa accessibilità del sito, privo di un collegamento diretto con una via carrozzabile, hanno fortemente influenzato le soluzioni adottate. Le operazioni sono state articolate in diverse *tranches* durante le quali è stata assicurata la protezione dell'apparato decorativo della chiesa attuale; di particolare difficoltà è stata la realizzazione di una capriata in acciaio di sostegno della cantoria lignea, dimensionata al carico dell'organo soprastante.

In corso d'opera è emersa inoltre la necessità di valorizzare le vestigia archeologiche emerse sotto il piano di calpestio attuale: è stata scelta una pavimentazione a grandi riquadri, alcuni in legno ed altri in vetro, che permettessero la fruizione delle strutture archeologiche sottostanti, opportunamente illuminate. La scelta del telaio in acciaio, leggero e maneggevole, di dimensioni ridotte funzionali alla movimentazione manuale dei carichi, montato sul posto senza saldature risponde all'esigenza di poter modificare con facilità la pavimentazione in funzione delle esigenze e di permettere un facile accesso all'area archeologica.

Il cantiere archeologico che si trova all'interno della chiesa di Hône rappresenta un esempio di scavo documentale particolarmente interessante e complesso.

Citata per la prima volta in una bolla papale nel 1176, originariamente dedicata alla Madre di Cristo (*Sancta Maria ecclesia de Hauna*), l'attuale parrocchiale di San Giorgio di Hône è stata completamente ricostruita all'inizio del XVIII secolo. Precedenti indagini archeologiche, eseguite tra il 2005 ed il 2008 dalla ditta Archeos sotto la direzione dall'ufficio beni archeologici della Soprintendenza per i beni e le attività culturali della Valle d'Aosta, localizzate all'esterno dell'edificio sacro e nell'area della cripta, avevano dimostrato l'esistenza di un contesto pluristratificato, connesso alla presenza di una viabilità più volte modificata nel corso dei secoli ed in stretto dialogo con una situazione geomorfologica alquanto complessa. L'esecuzione nel 2009 di sondaggi esplorativi all'interno della chiesa aveva quindi svelato la presenza, nello stesso sito, di almeno quattro edifici sacri successivi, le cui murature denotavano una qualità formale ed un grado di conservazione di indubbio interesse, fatto che ha spinto la Soprintendenza a decidere di proseguire l'indagine allargando lo scavo all'intera navata centrale.

L'indagine del 2011 ha dunque riportato alla luce un vero e proprio palinsesto storico, tuttora in fase di studio, che permette probabilmente di retrodatare la costruzione di una prima cappella sul sito a prima del XIII secolo, confermando dunque in parte le notizie archivistiche. Un primo edificio a navata unica, orientato ed absidato, occupa la porzione più occidentale e sommitale di un promontorio roccioso a sbalzo sulla strada pubblica, sfruttando l'intero, e limitato, spazio disponibile. Successivamente una nuova chiesa sostituisce la cappella primitiva, prolungando verso oriente l'intera costruzione, oltrepassando il salto di quota dettato dalla morfologia del luogo, fino ad inglobare di fatto lo sperone roccioso su cui era stata edificata la prima chiesa. Il nuovo edificio, a navata unica orientata ed absidata, presenta una notevole qualità formale e concorre a dare l'idea di un complesso ecclesiastico di una certa importanza, fatto confermato anche dalla grande quantità di frammenti di intonaco affrescato rinvenuti in corso di scavo e che verranno studiati in vista di una loro ricomposizione, ma che già in prima battuta sembrano avallare una datazione al pieno Due-Trecento per questa fase edilizia. Di particolare interesse è stato il rinvenimento di una struttura di forma parallelepipedica all'interno dell'abside, precedente dal punto di vista stratigrafico quest'ultima, a circa 3 metri di profondità, chiusa da un piccolo voltino recante tracce in superficie di un intonaco rosso molto degradato. Interpretata in prima battuta come una tomba, si è rivelata invece essere priva di camera interna, e dunque più associabile, in attesa di confronti dettagliati, ad un cenotafio piuttosto che ad una vera e propria tomba.

Una terza chiesa viene a sostituirsi probabilmente in piena età rinascimentale (post XV secolo) a quella ora descritta, forse a seguito di un evento catastrofico (crollo?), caratterizzata da un'ulteriore espansione verso Est e dotata di una cripta e di un'abside poligonale. La parrocchiale Settecentesca porta alle estreme conseguenze la ricerca di spazio verso oriente, sia inglobando porzioni anche consistenti degli elevati del precedente edificio sacro, sia soprattutto prolungando la zona absidale e sopraelevandola ad oltrepassare la sottostante via pubblica.



Figura 1 – Immagine del sito archeologico.

Dal punto di vista del rilevamento il sito presenta diverse difficoltà operative. In primo luogo la zona da documentare si trova in parte all'interno di una chiesa, in parte all'esterno della stessa. Le condizioni di illuminazione, causate dalla forma e dalla posizione degli scavi, risultano molto variabili tra interno ed esterno, ma anche molto mutevoli con il passare delle ore della giornata. Anche cromaticamente vi sono notevoli difficoltà nel documentare fotograficamente il sito a causa delle vetrate colorate e delle superfici riflettenti presenti all'interno della chiesa.

Le difficoltà operative non si limitano però alle sole condizioni di illuminazione. Lo scavo ha portato alla luce strutture verticali appartenenti ad absidi preesistenti la chiesa attuale molto vicine le une alle altre (dai 15 cm a circa 1.5 m) e aventi altezza variabile tra poche decine di centimetri a diversi metri di forma circolare (vedi fig. 1) ed una parte rocciosa caratterizzata da vari sottosquadri e dalla presenza di una tomba.

L'insieme di questi aspetti e la posizione dello scavo non permette mai di avere una visione ottimale o globale dei paramenti verticali, necessaria allo studio archeologico, e rendono difficile la movimentazione all'interno del sito di persone e attrezzature.

Tecnica di rilevamento

Per la descrizione del sito, viste le difficoltà sopra descritte, è stato scelto di adottare una tecnica mista di rilievo che utilizza il GPS, per la georeferenziazione del sito, la topografia per la determinazione di una rete locale di riferimento allineata al sistema di documentazione utilizzato dagli archeologi per lo studio dell'area (*quadrillage*), il laser scanner, per la descrizione tridimensionale del sito, la determinazione di dettaglio dei volumi di scavo, e la descrizione architettonica dell'opera ed un rilevamento fotogrammetrico per la generazione dell'ortofoto nadirale del sito e delle ortofoto cilindriche dei paramenti murari verticali di pregio rinvenuti con gli scavi.

Le misure GPS e topografiche non hanno causato particolari problemi operativi, in quanto il rilevamento segue regole standard. Al contrario i rilevamenti laser scanner e fotogrammetrici, per le ragioni descritte in precedenza sono stati progettati accuratamente ed hanno impegnato a fondo il gruppo di rilievo. In totale sono state realizzate 21 posizioni di acquisizione per la descrizione completa dello scavo. Le acquisizioni sono state effettuate in parte dall'esterno dello scavo, in parte

dall'interno, a distanza obbligatoriamente molto ravvicinata delle strutture, per la descrizione dei setti verticali e dei sottosquadri presenti. Gli strumenti a scansione laser sono però caratterizzati da distanze minime sotto le quali l'acquisizione o non avviene, o avviene non garantendo i valori di accuratezza dichiarati nella scheda tecnica dalla casa costruttrice.

Questo aspetto ha caratterizzato particolari accorgimenti sia in acquisizione che nell'utilizzo di tecniche di controllo della precisione nelle fasi di elaborazione dei dati.

Il sito è stato così scansionato per la sua interezza. Lo strumento utilizzato è un laser scanner Riegl VZ400 caratterizzato da un sensore a lettura digitale completa della forma d'onda. Lo strumento utilizzato è in grado di acquisire ad una distanza minima di 1.5 m, valore che può essere ridotto fino a 0.5 m se si effettua un controllo di precisione della superficie acquisita. Il controllo della precisione avviene ripetendo la scansione con caratteristiche del segnale laser differenti in termini di potenza ed intensità ed effettuando un controllo incrociato di precisione con la topografia su punti specifici di controllo.

Particolare attenzione è stata posta anche nella progettazione e nell'esecuzione del rilevamento fotogrammetrico a causa delle difficili condizioni operative e di illuminazione e cromatiche. La progettazione delle riprese fotografiche ha anche permesso al team di rilievo di sviluppare e testare una nuova metodologia di acquisizione dei dati che combina la tecnica HDR in acquisizione con il *blending* delle immagini in elaborazione risolvendo così le problematiche relative all'illuminazione ed aumentando la leggibilità del prodotto finale e dei dettagli fotografici.

Essendo presente una tomba al centro dello scavo il rilevamento laser scanner e fotogrammetrico sono stati ripetuti, in quella zona, sia prima che dopo l'apertura della tomba stessa, ottenendo così un modello multi-temporale dello scavo.

Elaborazione dati

Le condizioni particolari descritte in acquisizione ed una nuova tecnica di rilevamento fotogrammetrico significano anche l'utilizzo di nuove tecniche in elaborazione dei dati.

I modelli acquisiti sono stati per prima cosa filtrati per ottenere un modello privo del rumore di acquisizione (sempre presenti qualsiasi sensore venga utilizzato) e degli oggetti non contestuali alla zona di interesse (persone, vegetazione, attrezzature varie, ponteggi, ...).

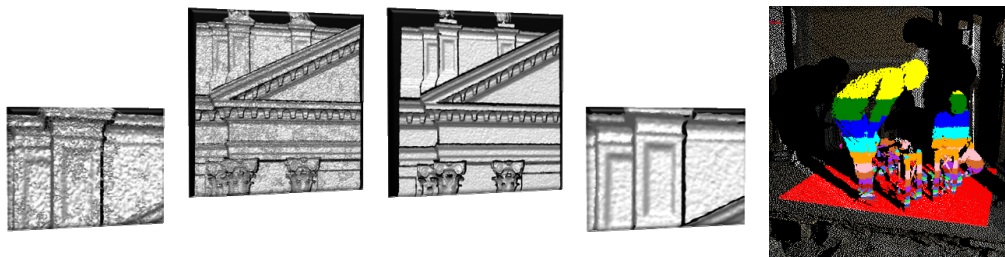


Figura 2 – Esempio dei risultati ottenuti mediante l'utilizzo degli algoritmi di filtratura adottati da Ad hoc 3D. Rimozione del rumore di acquisizione (a sinistra) ed eliminazione delle entità non contestuali al modello (a destra).

Per allineare le scansioni laser sia tra loro che sul sistema di riferimento locale ci sono diversi metodi. Il metodo classico per l'allineamento è utilizzare dei target posizionati sulle aree in comune tra due o più scansioni, opportunamente posizionati in funzione della geometria del sito e della posizione delle scansioni. Nel caso di un sito molto complesso, come quello di Hône, questo metodo per funzionare correttamente, richiede il posizionamento di un numero di target decisamente molto elevato.

Altro metodo sempre più diffuso è quello automatico ICP (*iterative closest points*). E' un metodo di allineamento sviluppato in meccanica per il controllo dei pezzi di precisione, che va molto bene per allineare scansioni di oggetti piccoli e con geometrie definite. Diversi test eseguiti a livello universitario hanno però dimostrato che spesso questo metodo va in crisi in ambito archeologico. Infatti il metodo ICP è un sistema che si basa sulla convergenza iterata sulla migliore approssimazione. La migliore approssimazione su oggetti geometricamente complessi e non definibili per via matematica causa però la presenza di minimi locali ottenendo così modelli non allineati correttamente, non coerenti, né accurati. Il metodo ICP ha il pregio di utilizzare tutta la forma dell'oggetto ma anche il grande difetto di non avere la possibilità di integrarsi alle misure topografiche classiche, perdendo così il significato geomatrico dell'allineamento e qualsiasi relazione con il sistema di riferimento topografico o cartografico.

Per l'allineamento delle scansioni dello scavo di Hône è stato utilizzato un nuovo algoritmo basato sull'analisi della forma dell'oggetto che supera tutti i limiti descritti in precedenza del metodo classico e dell'algoritmo ICP. Il metodo sviluppato dalla società Ad Hoc trova le sue radici nel metodo di triangolazione a modelli laser scanner (Bornaz e al. 2003). In questi ultimi anni il metodo è stato completamente riscritto e migliorato. In particolare un nuovo algoritmo di riconoscimento di evidenze geometriche presenti in ogni singola scansione permette di estrarre un insieme di punti significativi dalla nuvola di punti. Gli stessi punti sono poi associati come oggetti omologhi tra scansioni adiacenti qualora una serie di descrittori geometrici risultino comuni tra due punti. In questo modo, oltre ad avere i classici marker in allineamento, utilizzati sia come punti omologhi che di appoggio e controllo topografico, è possibile sfruttare anche punti omologhi automaticamente individuati nelle scansioni. L'efficienza dell'algoritmo permette di individuare ed associare un elevatissimo numero di punti significativi e quindi di allineare le scansioni utilizzando un numero di punti di molto più elevato che nel caso classico dei target. Questo aspetto consente quindi di utilizzare un numero più limitato di target e suggerisce di adottare, al posto delle classiche tecniche statistiche ai minimi quadrati, metodi robusti di stima dei parametri. Nel caso in oggetto, da ognuna delle 21 scansioni sono stati estratti circa 25000 punti geometrici significativi. La procedura di calcolo ha utilizzato 4 target come punti di appoggio per la georeferenziazione globale, 26 associazioni tra target di riferimento e circa 60000 punti associati in modo automatico. La stima robusta ha permesso di eliminare gli eventuali errori grossolani ed accidentali e di ottenere una precisione globale in allineamento tra le 21 scansioni di $2\text{mm} \pm 0,2\text{ mm}$. L'ottima qualità dell'allineamento è facilmente visualizzabile sezionando il modello completo composto dalle 21 scansioni.

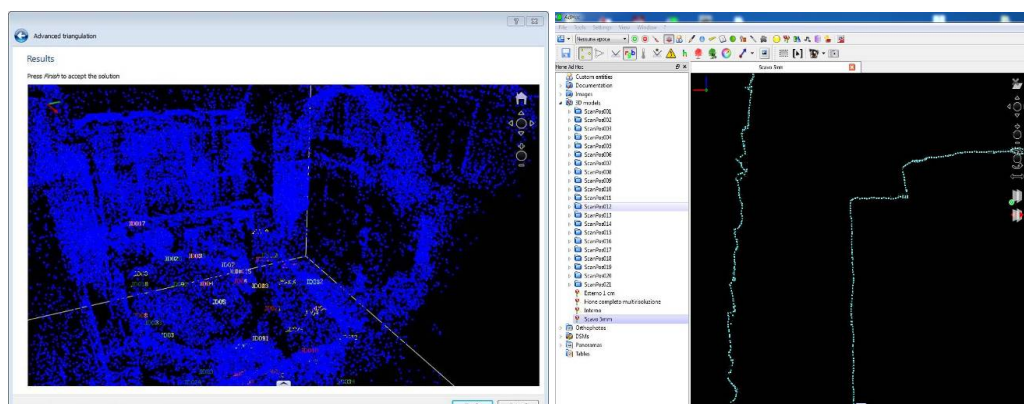


Figura 3 – A sinistra: Vista 3D dei punti utilizzati in allineamento (target + punti automatici).
A destra: vista della sezione ottenuta dalla nuvola di punti completa (21 scansioni).

Tutto il rilievo è stato espresso nel sistema di riferimento utilizzato dalla ditta che si è occupata dello scavo e della documentazione archeologica (Archeos), quello del quadrillage.

Per la georeferenziazione dello scavo alcuni dei target retroriflettenti posizionati nel sito sono stati misurati anche con tecnologia GPS a doppia frequenza. I target sono così stati determinati nei sistemi di riferimento geocentrico, geografico e cartografico UTM WGS84 e UTM ED50 con quota ortometrica. In questo modo è stato possibile determinare per via analitica i parametri e le regole che consentono di trasformare le tavole, il modello 3D, i disegni e le sezioni dal sistema di riferimento *quadrillage* locale non deformato a quelli cartografici UTM ED50 e UTM WGS84, in modo rigoroso, punto per punto.

Fotogrammetria

Quando si effettuano immagini fotografiche in ambiente chiuso, in particolare in presenza di grandi vetrate, come nel caso della chiesa di Hône, realizzare immagini di colore e luminosità omogenee su tutta la superficie fotografata è molto difficile.

L'HDR, acronimo di High Dynamic Range, è una tecnica utilizzata in grafica computerizzata e in fotografia per consentire che i calcoli di illuminazione possano essere fatti in uno spazio più ampio e si possano rappresentare valori di illuminazione molto alti o molto bassi. Le tecniche HDR sono fondate sulla natura fisica della luce. Per i calcoli si utilizzano le stesse unità di misura della fotometria, dove, per esempio, al sole viene assegnato un valore di luminosità milioni di volte più grande di quello del monitor del personal computer. L'HDR dà la possibilità di immortalare una scena avendo poi il totale controllo sull'immagine finale

Le informazioni memorizzate in un'immagine HDR di solito corrispondono ai valori fisici della luminosità e della radianza che possono essere osservate nel mondo reale; in questo differiscono dalle informazioni memorizzate nelle normali immagini digitali classiche.

La conseguenza più immediata della tecnica HDR in fotografia è una immagine radiometricamente più corretta e molto più facilmente leggibile dal punto di vista dell'illuminazione. Oltre alla tecnica HDR nella realizzazione delle immagini nel sito di Hône è stato utilizzato un algoritmo di enfattizzazione dei dettagli che agevola ulteriormente la lettura dell'immagine.



Figura 4 – Dettaglio di differenza tra immagine fotografica digitale classica (a sinistra) e HDR (a destra).

La tecnica descritta è stata utilizzata sia per l'acquisizione delle immagini necessarie alla colorazione del modello laser scanner con la fotocamera rigidamente connessa al sensore laser, sia per le immagini del rilevamento fotogrammetrico classico.

Tutte le immagini acquisite per la fotogrammetria sono state orientate tra loro utilizzando sia punti di legame naturali che gli stessi target utilizzati per l'allineamento delle scansioni, per l'orientamento assoluto del blocco fotogrammetrico. Le immagini per la realizzazione delle ortofoto sono state acquisite a distanza costante e ridotta secondo il progetto di presa fotogrammetrico per ottenere un alto livello di dettaglio fotografico.



Figura 5 – Vista panoramica della scansione laser colorata utilizzando le immagini digitali classiche (in alto) e utilizzando le stesse immagini elaborate con la tecnica messa a punto da Ad hoc 3D Solutions srl (in basso).

Modello 3D a colori reali

La nuvola di punti ottenuta alla fine delle fasi di allineamento è stata suddivisa in 3 porzioni differenti a seconda del dettaglio necessario alla descrizione dell'opera.

1. Scavo archeologico: 11.979.525 di punti con una risoluzione di 5mm
2. Struttura interna della chiesa: 16.620.125 punti con una risoluzione di 6 mm
3. Esterno della chiesa: 10.269.994 con una risoluzione di 1 cm

Le tre porzioni sono quindi state riunite in un unico modello multi-risoluzione composto da 38.869.644 punti.





Figura 6 – Viste 3D della nuvola di punti a colori reali dello scavo e del interno della chiesa.

Ortofoto

Utilizzando le immagini HDRI ed i modelli 3D laser scanner si sono prodotte le tavole autocad di descrizione del sito e le ortofoto di precisione dello scavo piano e cilindriche in scala 1:20

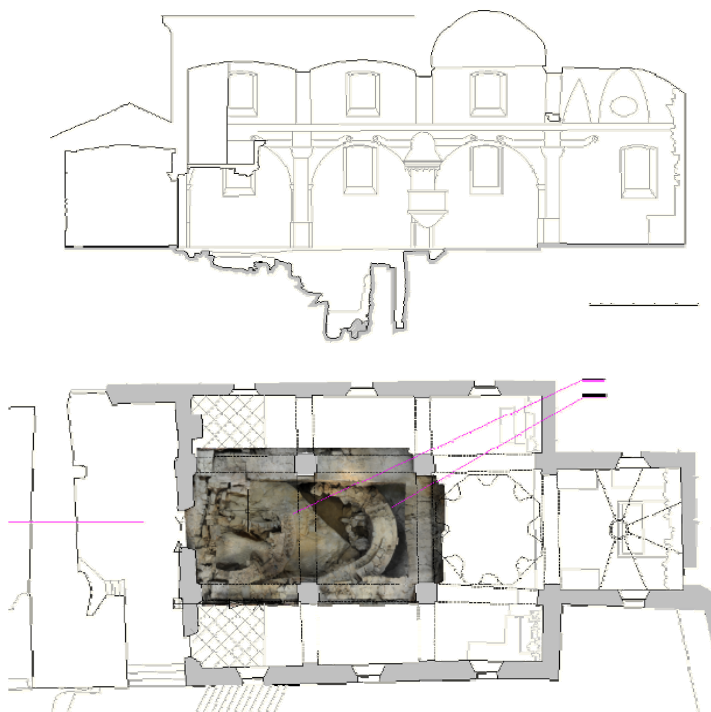


Figura 7 – Sezioni della chiesa con indicazione delle ortofoto prodotte.

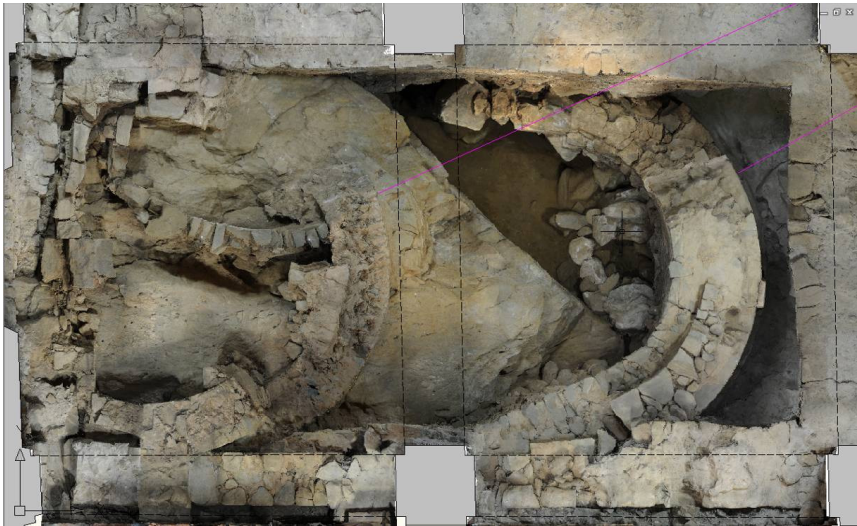


Figura 8 – Ortofoto nadirale di precisione. Scala della rappresentazione 1:10.



Figura 9 – Ortofoto cilindrica di precisione dell'abside circolare ad est. della rappresentazione 1:10.

Utilizzo dei dati

I software commerciali oggi presenti sul mercato permettono di utilizzare la nuvola di punti, visualizzarla o effettuare misure di vario genere. Altri permettono di aprire ed utilizzare le ortofoto. Nessuno di questi consente però il dialogo tra immagini, topografia, ortofoto, modelli 3D e sistemi di riferimento differenti, perdendo così un valore aggiunto importante offerto dal laser scanner.

La società Ad Hoc 3D solutions srl, per mettere a disposizione dei fruitori dei dati il massimo delle potenzialità offerte dalle tecniche di documentazione moderne, da tempo sviluppa un apposito software per la fruizione dei dati che si chiama Ad Hoc[®]. Questo software è fornito gratuitamente assieme ai dati acquisiti, come formato aggiuntivo di consegna ai modelli 3D, alle ortofoto ed alla

documentazione fotografica. Il software è costantemente aggiornato in funzione delle esigenze dei clienti ed è appositamente studiato per massimizzare le potenzialità e la fruibilità dei dati laser scanner con strumenti specifici per lo studio archeologico ed architettonico, per l'estrazione di qualsiasi misura geometrica o l'inserimento di dati esterni all'interno del modello 3D, come ad esempio le tavole grafiche di scavo disegnate secondo il sistema di riferimento *quadrillage*, documenti di scavo, hyperlink o simili. Le ortofoto, le immagini ed i modelli 3D sono tutti integrati tra loro. Questo consente di disegnare una entità sull'ortofoto e di vederla all'interno del 3D nella sua posizione corretta e viceversa.

Il software è dotato anche di un motore per la gestione di DB, la creazione di tabelle e moduli, l'inserimento dati e la ricerca relazionale integrata. I risultati delle ricerche sono evidenziati sul modello 3D. In questo modo il sistema consegnato non è solo un modello 3D od un rilievo classico ma si trasforma in un vero e proprio GIS 3D per la gestione completa dello scavo archeologico. Sono disponibili anche, a supporto degli studi archeologici, *plugin* aggiuntivi del software, come ad esempio un motore per la gestione completa delle schede US/USM/USR, del *matrix* e della gestione delle fasi costruttive.

Conclusioni

La metodologia adottata ha il pregio di offrire prodotti finali di ottima qualità, ma soprattutto l'enorme valore aggiunto di fornire prodotti semplici, gestibili in piena autonomia, studiati e creati per soddisfare le differenti ma precise esigenze dell'utente finale. La piattaforma software AdHoc infatti si caratterizza per essere particolarmente *user friendly*. Gran parte delle operazioni vengono effettuate attraverso una interfaccia fotografica, o seguendo procedure guidate.

I risultati del rilievo sono di supporto a diverse attività di gestione, documentazione, manutenzione del sito e divulgazione dei risultati ottenuti. Si possono ad esempio censire le aree da restaurare, discretizzare le parti originali da quelle oggetto di restauri precedenti, evidenziare le diverse fasi costruttive, caratterizzare i materiali... e tutte queste attività condividono lo stesso supporto geometrico. In generale non si tratta semplicemente di descrivere in maniera continua e completa un sito, "congelandolo" ad un dato momento il sito, quanto di proporre l'utilizzo del rilievo laser come database 3D, in grado di contenere informazioni strutturate, ordinate in base alla loro posizione spaziale. Misure, restituzioni, analisi e valutazioni possono essere eseguite ex-post, in base alle esigenze contingenti. Dovesse cambiare la conformazione del sito, o proprio per monitorare le variazioni, è possibile programmare delle nuove sessioni di misura, allineandole rispetto allo stesso sistema di riferimento, permettendo confronti multi temporali, e quindi la ricostruzione della storia recente di un sito. Sessioni multi temporali di rilievo laser sono in grado di documentare l'andamento dello scavo e registrare lo stato di fatto durante le diverse fasi dell'indagine, e conservare l'informazione anche a scavo concluso.

Bibliografia

- Rinaudo F.; Bornaz L.; Ardisson P (2007) *3D High accuracy survey and modelling for Cultural Heritage Documentation and Restoration*. In: VAST2007, 26-29 Nov 2007, Brighton (UK).
- Bornaz L.; Botteri P; Fangi G (2007) *Decay development and technology development. Ancyra project: the temple of augustus in Ankara*. In: 29. INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF EXCAVATIONS, SURVEYS AND ARCHAEOOMETRY, 28 maggio - 1 giugno, kocaeli.
- Agosto; E; Ardisson P; Bornaz L.; Rinaudo; F (2007) *The solid image. A new tool for the documentation of archaeological heritage*. In: CAA 200 Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, 2 - 6 Aprile 2007, Berlino.
- Bornaz L.; Peretti L; Porporato C; Rinaudo F (2006) *Tecniche integrate di rilievo a supporto delle analisi del degrado delle pietre ornamentali*. In: 10a Conferenza Nazionale ASITA, 14-17 novembre 2006, Bolzano.
- SARTORIO G. -CORTELAZZO M. (2009), *Fouilles archéologiques dans l'église paroissiale Saint-Georges de Hône*, in "Bollettino della Soprintendenza per i beni e le attività culturali (Aosta)", 6/2009, Saint-Christophe (AO), p. 117
- SIMONOTTI M. (1998), *La Chiesa e la Parrocchia di Hône. Note storiche*, Aosta