



ARCHEOLOGIA MEDIIEVALE

Tecniche di tridimensionalità applicate all'archeologia medievale: l'esempio dell'Università di Siena.

il Laboratorio di Informatica Applicata all'Archeologia Medievale (LIAAM) (http://www.paesaggi-medievali.it/lab_liaam.html) dell'Università degli Studi di Siena, attivo ormai da più di un decennio, è composto da archeologi che sviluppano tecniche di documentazione digitale finalizzate ad una gestione del dato e ad un suo inserimento in politiche di valorizzazione e tutela del patrimonio archeologico e storico artistico. I sistemi elaborati sono quindi il mezzo principale oltre che per condividere il record con l'intera comunità scientifica, per connotarlo di una ricaduta pubblica secondo i canoni dettati dall'odierna società dell'informazione.

L'assoluta unicità del gruppo di lavoro, costituito da una decina di giovani archeologi provenienti da tutta Italia, si esprime nella gestione dell'intero processo di archiviazione e trattamento del dato sino alla sua uscita per la comunità scientifica, per il grande pubblico, per gli enti amministrativi e di tutela, per il mercato.

Questo percorso innovativo si sviluppa all'interno del Progetto *Archeologia dei Paesaggi Medievali* (<http://www.paesaggimedievali.it>), coordinato dal Prof. Riccardo Francovich e dal Prof. Marco Valenti, in cui sono impegnate l'Area di Archeologia Medievale dell'Ateneo senese (<http://archeologiamedievale.unisi.it>) e la Fondazione Monte dei Paschi (<http://www.fondazionemonte.it>), sulla base di un programma che prevede la valorizzazione del patrimonio storico-archeologico, prevalentemente di epoca medievale, di una porzione del territorio toscano, anche attraverso la sperimentazione di nuove soluzioni informatiche.

Le principali competenze sviluppate all'interno del LIAAM si possono elencare brevemente in:

1. GIS del territorio e dello scavo con cui gestire cartograficamente il dato archeologico;
2. Database management, con, in particolare, il DBMS *Carta Archeologica*, organizzato su un'architettura aperta e modulare progettata secondo gli schemi entità-relazione e suddivisa in contenitori, librerie e moduli e composto da circa 500.000 record;
3. Sviluppo Web caratterizzato da diversi siti, il più importante dei quali, il *Portale di Archeologia Medievale*, raccoglie oltre 5.000 pagine che descrivono dettagliatamente tutti gli scavi e le ricognizioni territoriali organizzati dall'*Insegnamento di Archeologia Medievale*;
4. Produzione multimediale e video editing, grazie ai quali raccontare e diffondere i risultati delle ricerche svolte sul campo in forme alternative alla carta stampata;
5. Applicazione di tecniche 3D per mezzo di sistemi di acquisizione laser e utilizzo di software modellatori.

L'impiego di tecniche 3D laser scanning presso il LIAAM è finalizzato alla produzione di documentazione archeologica digitale secondo due diversi canali: uno divulgativo ed uno prettamente specialistico. Si tratta, quello dell'archeologia e dei beni artistici in generale, di un campo per

sua natura di

grande interesse per l'applicazione di tali tecnologie. Tuttavia, sebbene quello della tridimensionalità rappresenti uno degli argomenti di maggior discussione ed interesse all'interno della comunità scientifica è ancora lontana una sua reale applicazione al patrimonio. Si tratta infatti, per la maggior parte dei lavori, di semplici e limitate viste per volumi e sovrapposizioni di planimetrie quotate, più vicine ai tradizionali ambienti CAD, piuttosto che a quelli propriamente tridimensionali. I motivi, in tal caso, vanno ricercati in una sostanziale mancanza di conoscenze tecniche da parte di figure di formazione prettamente umanistica.

Inizialmente, la sperimentazione si è concentrata sulla documentazione di oggetti di piccole dimensioni, con lo scanner *Minolta 3D VI-900* impiegato in maniera ormai sistematica e recentemente utilizzato per la scansione di un modello in creta del cosiddetto *Cavallo Sforza*, realizzato presso i laboratori dell'*Opera Fiorentina* sulla base degli studi, disegni e annotazioni su una delle opere mai realizzate ma in assoluto meglio documentate di *Leonardo da Vinci*. Il modello 3D è stato poi impiegato come base per la realizzazione di prodotti multimediali di supporto alla mostra *La mente di Leonardo*, rimasta in programma presso la *Galleria degli Uffizi di Firenze* per tutto l'arco del 2006 (Fig. 1).

L'acquisto della periferica è stato determinato dai principali fattori configurazione/costo, ma soprattutto è stato fondamentale l'intervento archeologico di emergenza compiuto presso il complesso *Conventuale di Santa Maria del Carmine a Siena*, nel gennaio 2001, dove sono state rinvenute oltre 360 forme cera-



Fig. 1. Rilievo 3D del modello in creta del cosiddetto "Cavallo Sforza" di Leonardo Da Vinci, realizzato presso i laboratori dell'Opera Fiorentina.

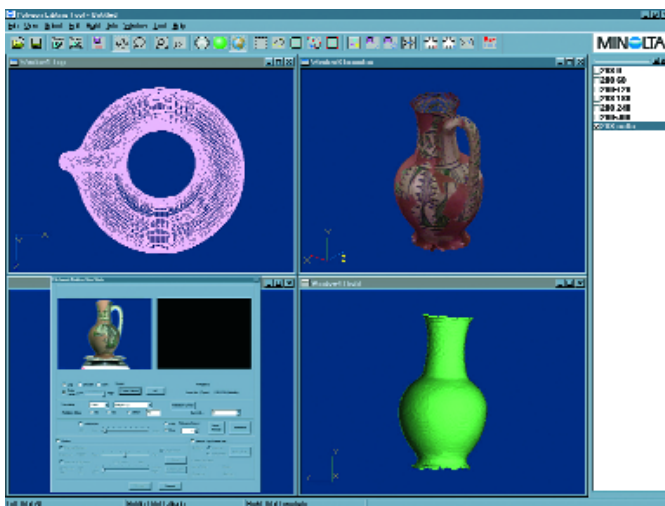


Fig. 2. Scansione 3D di un reperto ceramico rinvenuto in corso di scavo, fasi preliminari.

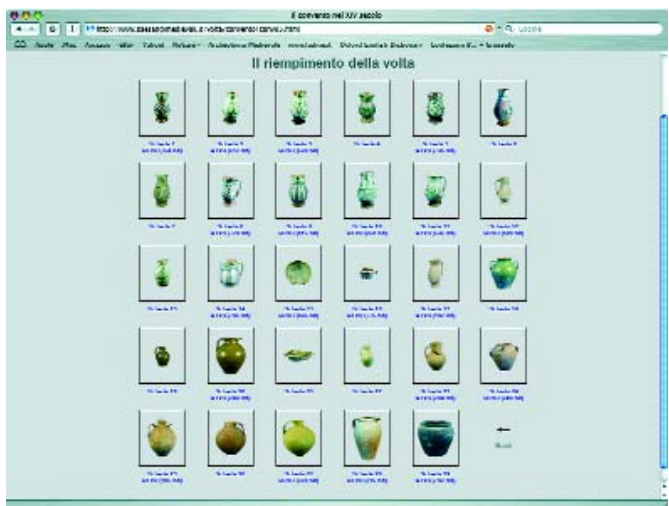


Fig. 3. Divulgazione Internet dei reperti ceramici modellati, visibili tramite filmetti QTVR.

miche intere (boccali, vasi, anfore olle, tazzine, catini e altro) databili alla prima metà del XIV secolo e utilizzate come riempimento di una volta in mattoni in quanto scarti provenienti dalle botteghe ceramiche senesi; il vasellame, infatti, presentava difetti estetici o funzionali e, in alcuni casi, si mostra talmente deformato da risultare inutilizzabile.

Il progetto Carmine, visto il rinvenimento eccezionale che lo ha contraddistinto, ha previsto fin dall'inizio l'allestimento di una mostra, connotata da un forte utilizzo della tecnologia. Questa condizione ha permesso di tracciare, con diversi gradi di avanzamento e processamento del dato, le linee essenziali per la produzione di documentazione digitale e le potenzialità applicative derivanti dallo sfruttamento di un *laser scanner* per l'acquisizione e l'elaborazione di superfici 3D.

I primi risultati sono stati esposti proprio in occasione dell'apertura della mostra intitolata *C'era una Volta. La ceramica medievale nel convento del Carmine* (<http://www.paesaggimedievali.it/volta/index.html>), allestita presso il Museo del Santa Maria della Scala a Siena tra giugno e settembre 2002, Fig. 2. Una macchina apposita, messa a disposizione dei visitatori, consentiva di accedere alla documentazione derivata dalle scansioni 3D dei reperti esposti, attraverso un archivio multimediale organizzato per chiavi di ricerca impostate dagli archeologi. È importante sottolineare ancora una volta come tutto il processo di studio e divulgazione sia completamente gestito dagli stessi archeologi del LIAAM, e non da tecnici su commissione.

Alle prime esperienze sono seguite nuove sperimentazioni che hanno interessato buona parte dei progetti archeologici curati dal Dipartimento



Fig. 4. Raddrizzamento fotografico di ceramiche medievali.

di Archeologia di Siena nelle province di Grosseto, Livorno e Siena, che hanno permesso d'inserire sistematicamente lo strumento all'interno del processo di documentazione.

Attraverso un'intensa applicazione della periferica sono stati sviluppati diversi percorsi di documentazione, distinti per tipo di file prodotti e per numero e caratteristiche di software utilizzati.

Il primo percorso, puramente divulgativo, è rappresentato dai filmetti QTVR

comparativo, morfologico (i profili) e metrico, dei reperti archeologici. Tali documenti, raster e vettoriali, che costituiscono il materiale a disposizione dell'archeologo per l'elaborazione tipologica dei reperti, sono ottenuti grazie a semplici applicativi CAD. L'intento principale della sperimentazione, che può dirsi pienamente raggiunto, è stato quello di offrire uno strumento di supporto all'allestimento espositivo dei materiali, principalmente ceramici, rinvenuti nei rispettivi scavi archeologici (Fig. 5). Si tratta di un sistema, che viene ad affiancarsi, svecchiandolo, all'apparato espositivo tradizionale, che mantiene comunque la sua fondamentale autenticità e soprattutto fascino, imprescindibili nell'allestimento di una mostra o di un museo.

L'inserimento di tali applicazioni deve essere inteso come proposizione di uno strumento aggiunto, utile al visitatore per avvicinarsi ai materiali con un atteggiamento meno deferente, attraverso filmati navigabili ed



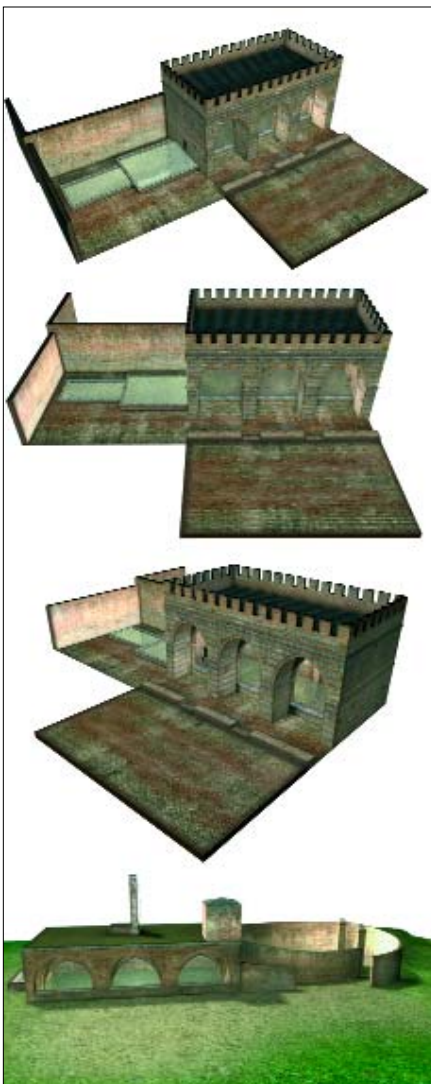


Fig. 6a. (Sopra). Ripresa dello scanner laser Faro LS 880 HE80.

Fig. 6b. (In alto a destra). Rilievo 3D all'interno dei locali scavati del Santa Maria della Scala di Siena.

Fig. 7. (In basso a sinistra). Ricostruzione 3D diacronica delle Fonti di Follonica, Siena.

Fig. 8. (In basso a destra). Modellazione di strutture abitative e funzionali in materiale deperibile di età tardoantica e altomedievale.



immagini che ne descrivono i tratti essenziali. L'allestimento di computer all'interno di mostre e musei rappresenta semplicemente un nuovo percorso interagente, e non certo sostitutivo, dell'intera narrazione. Basti pensare alla possibilità di visionare a 360° le ricostruzioni virtuali degli oggetti ed osservare, quindi, anche le parti nascoste del reperto esposto, oppure al fortoraddrizzamento dei motivi decorativi, difficilmente osservabili nella loro interezza sull'oggetto originale.

L'uscita verso il grande pubblico e la possibilità di offrire uno strumento di ricerca agli specialisti, è la filosofia di lavoro del *LIAAM*, costituito da un gruppo di ricercatori poco inclini all'atteggiamento conservatore tipico dell'ambiente archeologico, che poco si presta ad innovazioni forti, specie se metodologiche, come in questo caso. Inoltre, un aspetto fondamentale che contraddistingue le applicazioni informatiche elaborate da ormai più di un decennio è rappresentato proprio dagli archeologi che sperimentano da soli pacchetti software ed apparati hardware offerti dal mercato ed elaborano soluzioni ad hoc per la produzione d'informazioni archeologiche e storiche.

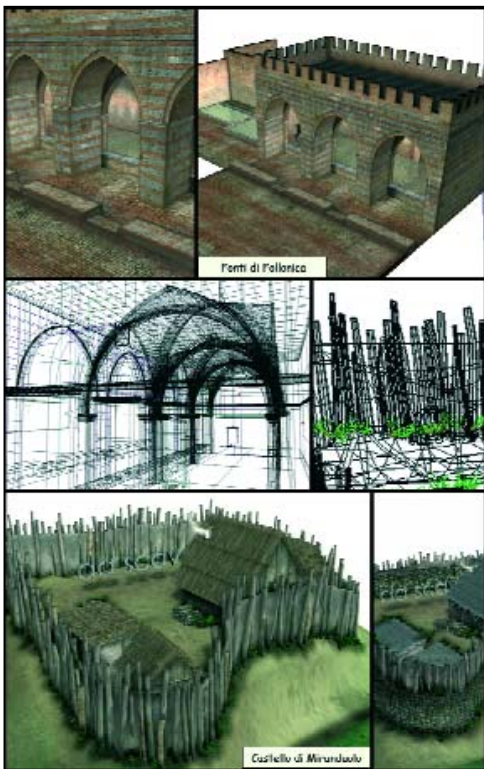
La costruzione di una sezione *web*, interna al *Portale di Archeologia Medievale* e appositamente dedicata al *3D scanning*, evidenzia come il carattere metodologico sia un elemento fondamentale nell'applicazione della tecnologia in ambito principalmente umanistico. Ma è soprattutto l'inserimento di cataloghi consultabili online, organizzati per diverse tipologie d'informazioni, per categorie di reperti e

documentazione prodotta, che si constata come un uso protratto nel tempo possa consentire la divulgazione del dato e dell'informazione nelle forme recepibili dall'intera comunità (scientifica, il grande pubblico, gli enti amministrativi e di tutela, il mercato).

A partire dal 2004 si è avviata la sperimentazione di un secondo scanner laser 3D a lunga gittata, il modello *iQsun LS 880 HE80*, prodotto dalla tedesca *iQvolution*, acquisita recentemente dall'americana *Faro* (<http://www.faro.com>), le cui specifiche tecniche si sono mostrate le più appropriate per il rilievo digitale di strutture architettoniche ed unità stratigrafiche in corso di scavo (*Figg. 6a e 6b*). La scelta, poi dimostratasi corretta, cadde sullo strumento migliore che il mercato era in grado di offrire, soprattutto per la superiore capacità di acquisizione, circa 120.000 punti al secondo. Inoltre, scegliere un prodotto di una piccola ditta e rappresentando di fatto i primi clienti a livello mondiale, al tempo, ma non solo, ad utilizzare la periferica in ambito archeologico ha reso possibile instaurare un proficuo rapporto di collaborazione.

Senza voler entrare nei dettagli tecnici, si tratta di uno strumento modulare costituito da quattro parti indipendenti e per questo sostituibili ed aggiornabili nel tempo, progettato per acquisire al computer, attraverso un fascio laser, informazioni geometriche delle superfici, riprodotte tramite una nuvola di punti per mezzo del software *iQscene*, prodotto dalla stessa casa tedesca, con cui è possibile effettuare alcune delle prime operazioni di gestione ed ottimizzazione, prima dell'e-





sportazione verso un software di *reverse engineering*. La sperimentazione si focalizza verso due diversi canali di ricerca: lo scavo archeologico ed il rilievo architettonico, con l'obiettivo di giungere ad una reale e completa documentazione 3D del dato.

Nel primo caso, se da un lato si ripropongono gli innumerevoli vantaggi di misurazione ed analisi di un sistema *GIS*, dall'altro s'introduce il nuovo concetto di tridimensionalità dello strato, che, in quanto tale, diventa liberamente misurabile e visualizzabile nelle sue tre dimensioni. Nel secondo caso, invece, risulta chiaro come la visione tridimensionale, la via più immediata, semplice e fedele per la rappresentazione della realtà, sia in grado di rendere con immediatezza una struttura architettonica, tanto per la creazione di documentazione d'interesse specialistico, quanto per la divulgazione verso il grande pubblico.

La ricerca si presenta, in maniera non poco presuntuosa, come una sperimenta-

zione metodologica, la cui fattibilità e utilità all'interno della ricerca archeologica resta ancora da dimostrare anche se rimane uno degli argomenti di discussione più ricorrenti nel campo dell'informatica applicata all'archeologia. Ma, se da un lato è sempre più comune dialogare facendo riferimento a questo particolare tipo di tecnologia, è ancora evidente la mancanza di un vero approccio metodologico al problema, con l'inevitabile conseguenza di limitare il 3D a qualche semplicistica vista per volumi, finendo per definire come tridimensionali delle immagini, su cui effettuare delle viste per rotazione. In realtà le potenzialità del 3D, applicato o meno all'archeologia, vanno ben oltre.

I miglioramenti nel campo dell'informatica da un lato e delle tecnologie tridimensionali dall'altro, hanno finalmente permesso di avviare un progetto di sviluppo di un *GIS 3D* dello scavo archeologico.

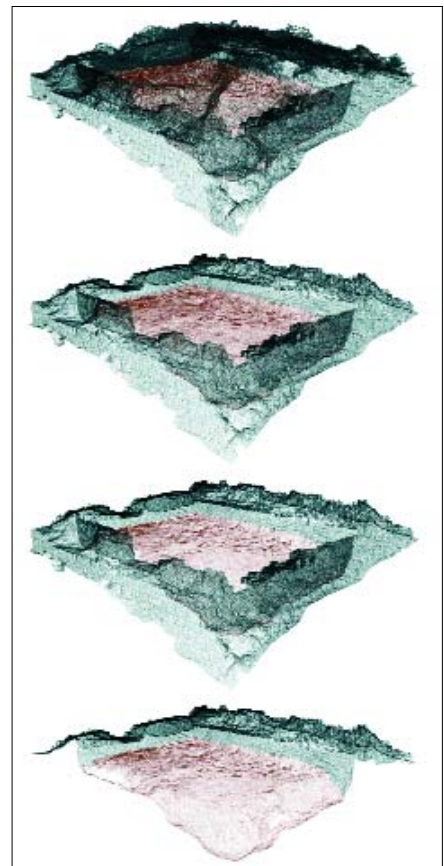
L'approccio al problema che si sta affrontando non vuole rappresentare un'ope-

Fig. 9. (In alto a sinistra). Ricostruzioni 3D eseguite all'interno del LIAAM per mezzo di software modellatori.

Fig. 10. (Sopra). Ricostruzione tridimensionale del castello di Miranduolo, Chiusdino SI (IX secolo).

Fig. 11. (In basso a sinistra). Ripresa aerea della parte sommitale del poggio di Miranduolo, oggetto di scavo del LIAAM dall'anno 2001.

Fig. 12. (Sotto). Parziale scomposizione 3D dello scavo archeologico dell'area palaziale del castello di Miranduolo, Chiusdino (SI).



razione di facciata, né, tanto meno, un tentativo di esasperazione dell'informatica applicata all'archeologia. Vuole piuttosto porsi un problema ed una domanda. È fattibile, in termini di tempo e di qualità finale del prodotto, realizzare ed impiegare regolarmente rego-

mente in archeologia un GIS 3D dello scavo?

Parallelamente alla documentazione 3D dello scavo stratigrafico la tecnologia laser viene applicata anche al rilievo architettonico, con lo scopo di redigere, tramite la rappresentazione, lo stato di fatto della forma effettiva dell'edificio, avendo come riferimento costante l'oggetto da rilevare. A differenza del tradizionale rilievo architettonico, l'utilizzo della nuova periferica consente di eliminare la soggettività, riducendo sensibilmente i margini d'errore con il fine ultimo di redigere le forme e le proporzioni dell'oggetto con un livello di dettaglio tale da non richiedere scelte o selezione delle informazioni a priori, eliminando di fatto astrazioni o limitazioni della realtà, giungendo ad una rappresentazione reale e fedele, da archiviare in qualità di rilievo oggettivo, e, quando richiesto a ricostruzioni dia-

In ambito ar-

cheologico, il principale campo di sperimentazione è rappresentato dallo scavo in corso presso il castello di *Miranduolo* (Chiusdino, SI, Fig. 11), caratterizzato dalla sperimentazione di tecnologie innovative come il rilievo per mezzo di scanner tridimensionale e l'uscita in tempo reale delle indagini sul web (<http://archeologiamedievale.unisi.it/NewPages/MIRANDUOLO/MIRscanner.html>).

Il sistema di documentazione dello scavo, allo stato attuale della ricerca, può essere definito come un visualizzatore 3D in ambiente GIS basato su nuvole di punti acquisite tramite tecniche *laser scanning* (Figg. 12-14).

Per correttezza si preferisce evitare il termine *GIS 3D*, in quanto il sistema non consente ancora tutta la serie di analisi, volumetriche in primis, che tali sistemi dovrebbero garantire. I punti di forza vanno invece ricercati nel grado di accuratezza del

dato, nella quantità di punti rilevati, nella bontà di visualizzazione e nell'incrociabilità dei dati grafici con i dati al-

fanumerici rappresentati dalle schede di unità stratigrafica compilate all'interno del database, grazie al sistema *Open Archeo*, riscritto per ambiente *Windows*.

In tal modo, la gestione 3D dello scavo all'interno di un programma commerciale di largo utilizzo è legata esclusivamente ad un buon file di esportazione. Tutto il lavoro si svolge all'interno del software proprietario dello scanner ed all'interno di programmi di *reverse engineering*. Il GIS diventa un semplice contenitore in cui importare file gestiti completamente all'interno di software di *reverse engineering*.

Parallelamente alla sperimentazione condotta sul sito di *Miranduolo*, lo scanner è stato impiegato nei seguenti casi: la *Cripta del Duomo di Siena*, la *Fonte di Follonica di Siena*, l'*Abbazia di San Galgano* e l'*Eremo di Montesièpi* (SI), famosi per la spada che la leggenda vuole il santo abbia infilato nella roccia, la torre di *Donoratico* (LI), il *Fortino delle Donne di Siena*, la chiesa del *Santuccio* (Siena), l'*ospedale di Santa Maria della Scala* (Siena), *Piazza Castellani* (Firenze) e *Palazzo Vecchio* (Firenze), per un totale di oltre 400 riprese (Figg. 15-19). La sperimentazione di tecniche 3D *laser scanning*, in pieno svolgimento, si focalizzerà, in futuro ancor più in ambito archeologico, con l'obiettivo finale di giungere allo sviluppo di un sistema di documentazione tridimensionale del deposito stratigrafico. In particolare, si vuole giungere ad un sistema che permetta non solo di visualizzare il deposito scavato, ma piuttosto di effettuare analisi volumetriche. A tale scopo sembra necessario confrontarsi con strumenti propri delle scienze geologiche e programmi *Open Source*. **CGA**

Fig. 15. Rilievo 3D per mezzo di tecniche *laser scanning* dell'*Eremo di Montesièpi*, in cui viene custodita la spada che San Galgano avrebbe infilato nella roccia.



Fig. 14. Castello di *Miranduolo*, Chiusdino (SI). La torre visualizzata all'interno del sistema GIS 3D sviluppato.





Fig. 16. (Sopra). Rilievo 3D del pellegrinaio di Santa Maria della Scala (Siena).
Fig. 18. (Sotto). Alcune immagini dei siti e monumenti rilevati.

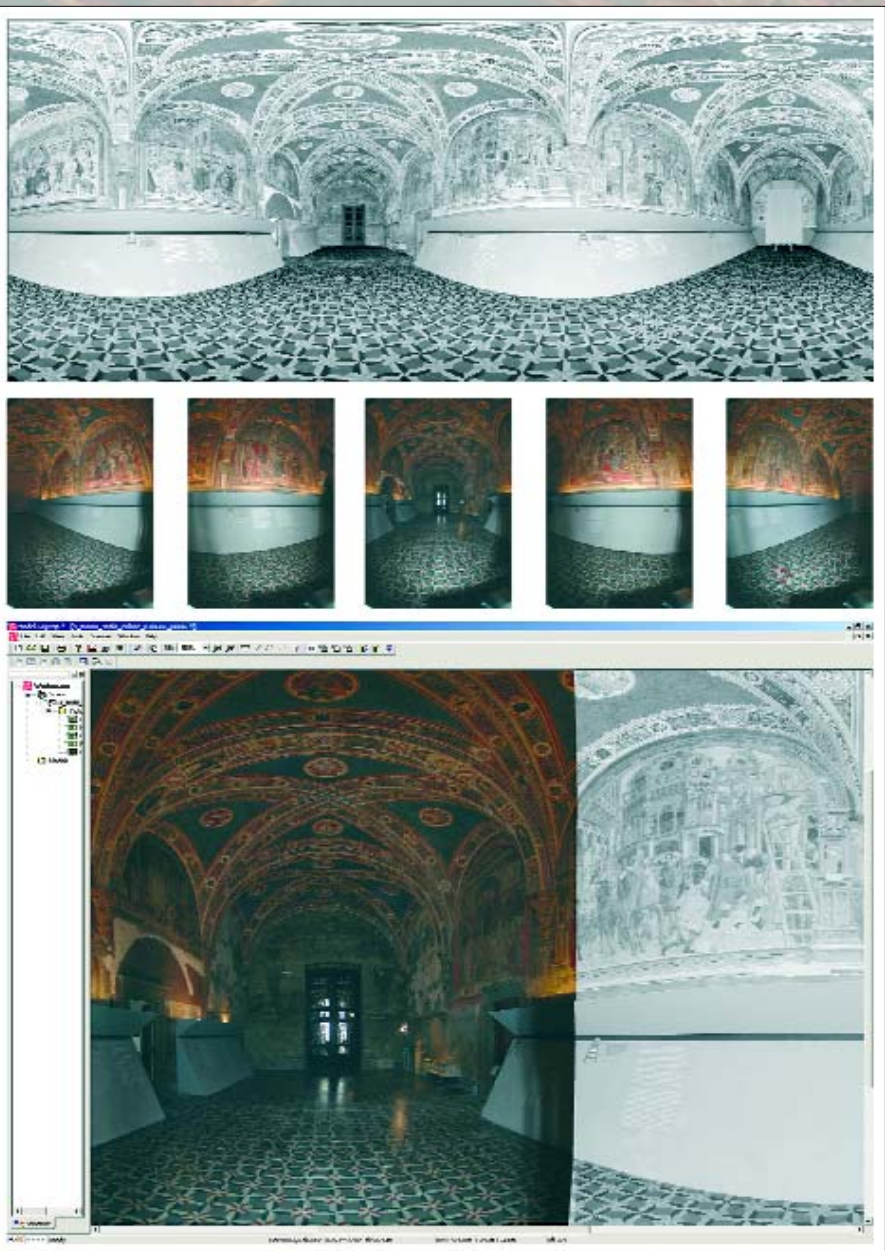


Fig. 17. (Sopra). Rilievo 3D del pellegrinaio di Santa Maria della Scala (Siena). Applicazione di informazioni colorimetriche al rilievo.
Fig. 19. (Sotto). Rilievo 3D di Palazzo Vecchio e Piazza della Signoria (Firenze).

