

**MODELLI COMPLESSI
PER IL PATRIMONIO ARCHITETTONICO-URBANO**

**COMPLEX MODELS FOR ARCHITECTURAL
AND URBAN HERITAGE**

coordinatore scientifico nazionale

MARIO CENTOFANTI

a cura di

STEFANO BRUSAPORCI

GANGEMI EDITORE

Il volume raccoglie gli esiti della ricerca *Modelli Complessi per il Patrimonio Architettonico-Urbano*, realizzata con il finanziamento del MIUR nell'ambito dei Programmi di Ricerca Scientifica di Rilevante Interesse Nazionale Cofin 2008.

Alla ricerca hanno partecipato:

MARIO CENTOFANTI

Coordinatore scientifico nazionale e responsabile scientifico unità di ricerca
Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale

ANNA MAROTTA

Responsabile scientifico unità di ricerca del Politecnico di Torino
Dipartimento di Architettura e Design

ROBERTO MINGUCCI

Responsabile scientifico unità di ricerca Alma Mater Studiorum Università di
Bologna
Dipartimento di Architettura

MICHELA CIGOLA

Responsabile scientifico unità di ricerca Università degli Studi di Cassino
Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica

ELENA IPPOLITI

Responsabile scientifico unità di ricerca La Sapienza Università di Roma
Dipartimento DISDRA – Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura

©

Proprietà letteraria riservata
Gangemi Editore spa
Piazza San Pantaleo 4, Roma
www.gangemieditore.it

Nessuna parte di questa
pubblicazione può essere
memorizzata, fotocopiata o
comunque riprodotta senza
le dovute autorizzazioni.

*Le nostre edizioni sono disponibili
in Italia e all'estero anche in
versione ebook.*

*Our publications, both as books
and ebooks, are available in Italy
and abroad.*

ISBN 978-88-492-2692-8

In copertina: Modello di un isolato del centro storico dell'Aquila (Elaborazione Francesca Cerasoli)

Pubblicazione finanziata dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della
Ricerca nell'ambito dei Programmi di Ricerca Scientifica di Rilevante Interesse
Nazionale, Cofin 2008

Indice

- 5 **Modelli complessi per il patrimonio architettonico-urbano**
Complex Models for Architectural and Urban Heritage
Mario Centofanti, Coordinatore scientifico nazionale
- 15 **Modellazione tridimensionale integrata nei sistemi informativi per l'architettura**
UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA
Responsabile scientifico Mario Centofanti
- 16 Modellazione tridimensionale integrata nei sistemi informativi per l'architettura
Mario Centofanti
- 18 Modellazione e rappresentazione digitale per i beni architettonici
Stefano Brusaporci
- 25 Modelli per lo studio e la documentazione dell'architettura moderna
Vittorio Lucchese
- 30 Modellazione 3D per la rappresentazione del tessuto urbano storico
Francesca Cerasoli
- 33 SIArch della chiesa di Santa Maria del Carmine a Penne
Il bene architettonico e la costruzione del suo Sistema Informativo
Romolo Continenza
- 38 SIArch della chiesa di Santa Maria del Carmine a Penne
Seguire e documentare il cantiere
Alessia Rasetta
- 40 SIArch della chiesa di Santa Maria del Carmine a Penne
Procedure e strumenti per il rilievo e l'indicizzazione dell'apparato decorativo
Ilaria Trizio
- 45 **Data-base nel rilievo dell'architettura, come sistema per la comparazione delle complessità**
UNITÀ DI RICERCA POLITECNICO DI TORINO
Responsabile scientifico Anna Marotta
- 46 Il "Progetto Logico del Rilievo" in rete: la versione "Marilyn", ovvero una *Matrice di Rilievo Logico Integrata*
Anna Marotta, Marco Bailo
- 52 Il "Progetto Logico del Rilievo" come strumento di conoscenza rivolto alla progettazione consapevole.
Dalla tradizione al recupero sostenibile
Anna Marotta, Serena Abello, Gaetano De Simone

- 65 **Modellazione integrata per la gestione del progetto di restauro**
UNITÀ DI RICERCA ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Responsabile scientifico Roberto Mingucci
- 66 Modellazione integrata per la gestione del progetto di restauro
Roberto Mingucci, Luca Cipriani, Cristiana Bartolomei, Anna Maria Manferdini, Simone Garagnani
- 83 **Integrazione di tecniche informatiche per il rilievo e la rappresentazione del patrimonio architettonico-urbano**
UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO
Responsabile scientifico Michela Cigola
- 84 Integrazione di tecniche informatiche per il rilievo e la rappresentazione del patrimonio architettonico-urbano
Il gruppo di ricerca, le attività, il caso di studio
Michela Cigola
- 89 Il rilievo dei "Luoghi Eutopici": integrazione di tecniche tradizionali e informatiche nel caso di S. Pietro Infine
Assunta Pelliccio
- 97 **Modelli informativi integrati per conoscere, valorizzare e condividere il patrimonio culturale. Sperimentare interfacce 3D per "oggetti culturali geografici"**
UNITÀ DI RICERCA LA SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA
Responsabile scientifico Elena Ippoliti
- 98 Modelli informativi integrati per conoscere, valorizzare e condividere il patrimonio urbano: tra interfacce 3D e tecnologie visual 3D
Elena Ippoliti, Alessandra Meschini, Annika Moscati, Daniele Rossi

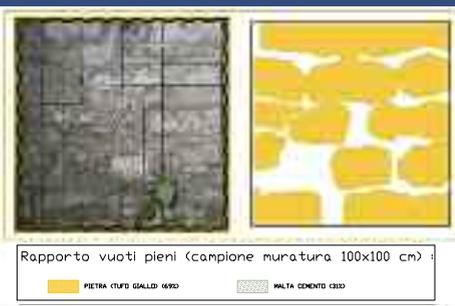
UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Responsabile scientifico MICHELA CIGOLA

Componenti dell'Unità di Ricerca

Michela Cigola
Assunta Pelliccio
Mauro Vallerotonda

Integrazione di tecniche informatiche per il rilievo e la rappresentazione del patrimonio architettonico-urbano



Posizione Strutturale :

- muratura d'ambito
- muratura di spina
- pilastro
- tamponamento
- muratura interna

Tipologia :

- in pietra
- in mattoni
- in blocchi di cls
- in blocchi di tufo
- mista

Configurazione Planimetrica :



Il Rilievo dei “Luoghi Eutopici”: integrazione di tecniche tradizionali e informatiche nel caso di S. Pietro Infine

Assunta PELLICCIO

Università degli Studi di Cassino - Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica

89

The Survey Of “Eu-Topic Places”: Integration Of Traditional Survey With Computer Techniques To The Case Of San Pietro Infine

The ancient village of San Pietro Infine, located near the border between the regions of Lazio, Molise and Campania, is representative of the situation of many other Italian cities, which for natural or anthropic events, such as earthquakes or wars, suffered abrupt devastations which turned them into “non-places”. Remained as it was immediately after disruption, since a new town was built elsewhere, San Pietro Infine has become a place for memory (eu-topic), where the nature is progressively reclaiming its former space. The survey for these sites assumes the special function of revitalization, as it determines a simplified process of knowledge aimed at “reconstructing” at least in part the urban reality, now composed of elements so tightly interconnected to be not easily intelligible even to the eyes of expert visitors. The complexity of the area requires to integrate traditional survey methods with innovative, nowadays increasingly used, instrumentations such as laser scanning and to combine them within representation tools able to offer not only a graphic reconstruction of the detected area but, moreover, to create an interoperability of heterogeneous alphanumeric and iconographic data. This paper describes the procedure adopted for the survey of San Pietro Infine: starting from a visual inspection, reports have been created in the form of tables according to the format defined by the National Group for the Defense of Territory (GNdT); a system has been then structured to combine the collected information with a 3D graphical model built by elaborating the cloud of dots obtained with laser scanning. While the first phase has been particularly complex due to the difficulty of inspecting the destroyed buildings, the mapping of information did not present particular problems, since the cadastral pre-war maps were available; for the building of the 3D models an auxiliary procedure has been implemented, initially tested on geometrically simple elements of smaller dimensions, aimed at handling the cloud of points in the information system. The results of this latter procedure has revealed encouraging. The key objectives of the research is to build a complex model of systemic knowledge and provide the basis for a virtual reconstruction of the former city, even with the use of holograms. An additional goal of the research consists in defining an algorithm capable of reducing the number of dots in the cloud and to make the latter more manageable by the information system.

L'interesse per il piccolo centro antico di S. Pietro Infine¹ nasce dalle sue vicissitudini, molto simili a numerosi altri piccoli paesi, arroccati sui pendii o impiantati nelle valli fluviali, i quali per eventi naturali, legati alle caratteristiche sismiche e geomorfologiche del territorio, o per mano dell'uomo, distruzioni dovute

ai conflitti bellici, si sono trasformati in “non luoghi”, o meglio in “non città” [Fig. 1]. L'analisi di queste realtà conduce ad un interessante paradosso: immobili, “congelati” al momento dell'evento che interrompe la continuità dell'esistenza, di un individuo o di una intera popolazione, privi, quindi, di qualsiasi forma di insediamento umano, hanno riconquistato un accenno di vita trovando il loro punto di forza nei resti, come la struttura urbana, seppure solo a tratti preservata, trasformandosi così in monumenti alla memoria. La vita, in queste realtà è fatta di attimi fugaci e momenti sporadici dovuta alla presenza dei visitatori, ma soprattutto della natura che lentamente sta riappropriandosi di ciò che l'uomo le aveva sottratto² [Fig. 2].

Eppure nel silenzio sacrale di questi luoghi è possibile ancora raccogliere frammenti di memoria e l'identità stessa dei popoli. Questa nuova conformazione trasforma tali centri da utopici [*Où* (non) – *τοπεία* (luogo), dal greco “non-luogo”, luogo inesistente o immobile], ad eutopici [dal greco *εὖ* (“buono” o “bene”) e *τόπος* (“luogo”) ovvero buon luogo]: preservati dalle incisive trasformazioni urbanistiche post industriali, in essi è possibile, infatti, cogliere alcuni degli aspetti positivi che la società ha tramandato, ovvero la sapienza dell'arte e dell'architettura, unici elementi capaci di offrire da sempre una visione dell'edificazione mirata ad una forma di felicità per l'essere umano.

Le strade lastricate in ciottoli di pietra calcarea, apparecchi murari ad opera incerta e portali in pietra, testimoniano infatti la meritevole esperienza delle maestranze locali [Fig. 3].

Lo studio e l'analisi di questi luoghi contribuiscono, essi stessi, ad una forma di rivitalizzazione offrendo ai visitatori una lettura semplificata degli elementi superstiti, ormai tra loro inerpicati in maniera molto complessa, e la ricostruzione della loro realtà, attraverso congegnati percorsi di ricognizione.

Il rilievo, inteso come processo di conoscenza, diventa pertanto uno strumento vitale per questi siti, soprattutto grazie all'ausilio di nuove tecnologie che consentono, innanzitutto di leggere oggetti così fortemente trasformati e di svolgere analisi differen-



1. (A pagina precedente) S. Pietro Infine (Ce). La città come si presentava immediatamente dopo i bombardamenti delle truppe alleate.
2. (A pagina precedente) S. Pietro Infine (Ce). A) Il nucleo antico oggi: la natura ha ricoperto la maggior parte dei resti. B) e C) Due esempi di dettaglio dello stato attuale di molte architetture di questo centro
3. S. Pietro Infine (Ce). Il nucleo antico oggi: alcuni scorci di strade e architetture



4. S. Pietro Infine (Ce). Impianto urbano, su base catastale, vettorializzato. A) Il nucleo antico, in rosso, probabilmente di origine castrense e l'individuazione delle destinazioni d'uso dei vari edifici. B) Compartimentazione del centro necessaria per procedere alle operazioni di rilievo.

ziate per dati molto eterogenei, migliorando le caratteristiche dell'oggetto stesso. Tecnologie basate sull'immagine, come la fotogrammetria o i G.I.S., su range di valori numerici e di RGB, come il laser scanner, o sul rilevamento topologico e metrico, come le *Total stations*, sono strutturate sulla restituzione o creazione di modelli grafici 3D. Per siti architettonici o urbani particolarmente complessi, come questo di S. Pietro Infine, in cui la comprensione del "concatenamento" strutturale e tipologica è fondamentale per la scelta degli interventi più idonei non solo di recupero conservativo ma anche di messa in sicurezza, è però necessario ricorrere spesso all'uso combinato delle differenti tecnologie, partendo comunque da procedure tradizionali del rilievo.

In questo contributo si vuole relazionare, sostanzialmente, sulla possibilità di superare le considerevoli difficoltà del rilevamento, dovute allo stato dei luoghi del sito stesso, mediante l'uso delle tecnologie a nostra disposizione, come un rilievo a scansione laser e un potente strumento di rappresentazione, anche alfanumerico, come un sistema informativo territoriale. L'obiettivo fondamentale è quello di comprendere le caratteristiche urbane e architettoniche di questa realtà, che a giusta ragione può essere definita come la "Pompei moderna", e di consentire una lettura semplificata delle informazioni raccolte mediante l'associazione di banche dati complesse ad un modello grafico tridimensionale, risultato di operazioni di rilievo diretto e strumentale. Gli esiti del rilievo potrebbero fornire anche il supporto per realizzare, sulle rovine esistenti degli ologrammi delle parti mancanti, restituendo virtualmente l'immagine del centro prima della distruzione e allo stesso tempo rispettando l'attuale stato di fatto.

Il percorso di conoscenza è iniziato grazie ad una Convenzione di Ricerca stipulata tra il nostro gruppo di ricerca e il comune di San Pietro Infine³ con il quale abbiamo iniziato a collaborare per l'analisi, la documentazione ed il recupero conservativo di questo centro antico. Ha fatto seguito il rilievo diretto che nel rispetto della procedura tradizionale ha richiesto la necessità di una compartimentazione del nucleo storico in isolati, scelti in base alla orografia del territorio, alle tipologie edi-

lizie omogenee, al concatenamento strutturale e soprattutto alle possibilità di accesso⁴.

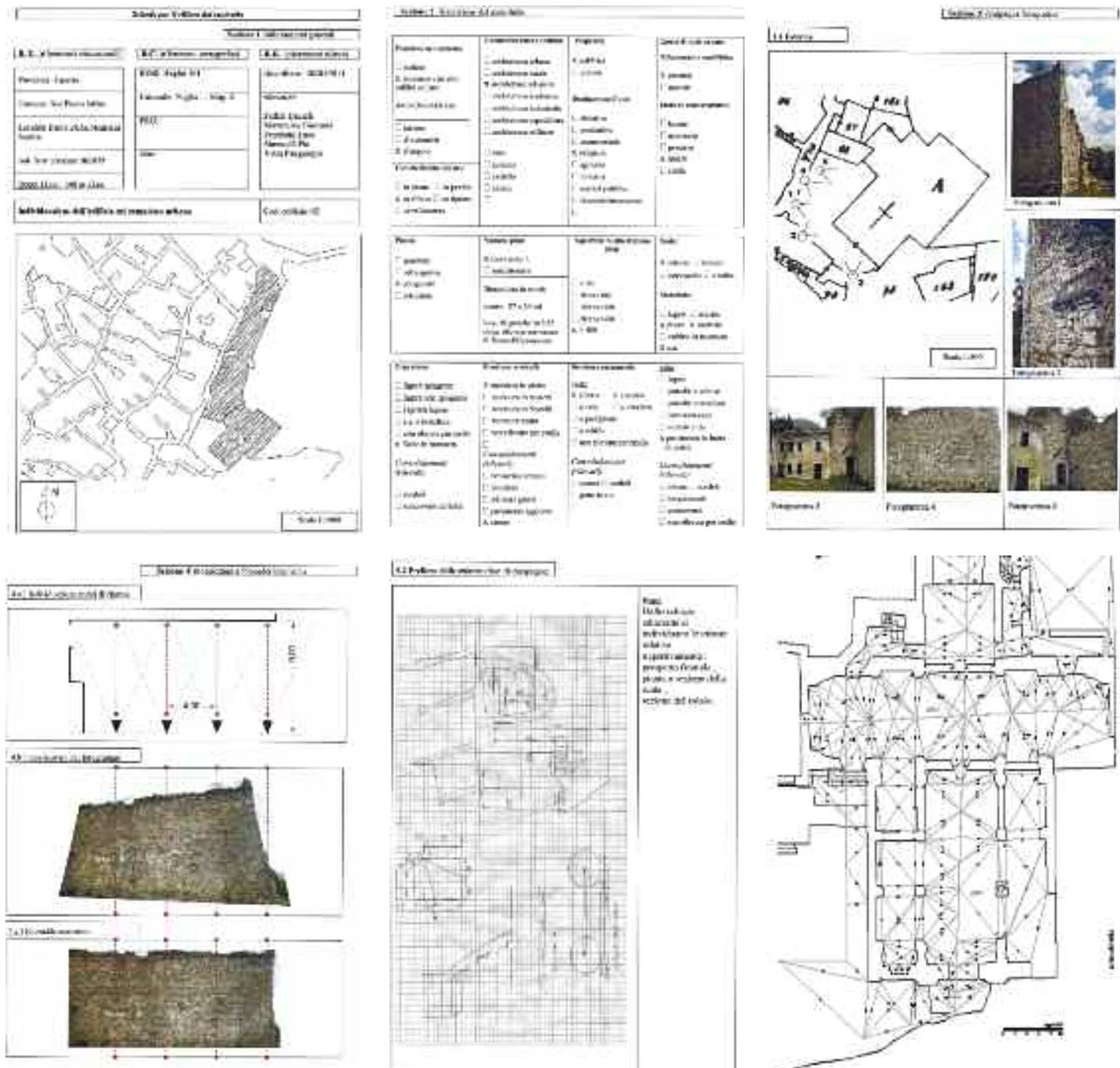
L'operazione di accesso agli isolati è risultata, infatti, la più complicata e impossibile per alcuni di essi: solo grazie ad interventi di pulizia dei detriti, naturali e artificiali, accumulatisi nel corso degli anni, da parte di collaboratori ausiliari della Protezione Civile, è stata garantita la possibilità di rilevare alcuni edifici di alcuni isolati⁵. La compartimentazione ha previsto un unico isolato [n. 1], per il nucleo più antico di S. Pietro, il quale presenta una maglia ortogonale di derivazione ippodamea: l'orientamento dei due assi stradali principali, la maglia urbana a scacchiera, deducibile purtroppo soltanto dalla lettura della carta catastale anteguerra, e l'ubicazione orografica particolarmente elevata, lascerebbero supporre un antico *castrum* romano, probabilmente a controllo dell'importante crocevia tra la via Casilina verso sud e le arterie di accesso all'Adriatico [Fig. 4].

Per ciascun isolato è stata poi applicata la procedura che il Gruppo Nazionale Difesa del Territorio [GNDT], ha messo a punto per il terremoto dell'Umbria, vista la consistente analogia di questo luogo con aree colpite da importanti eventi sismici: si tratta di una schedatura degli edifici numerati per singoli isolati, rielaborata sulla base delle nostre esigenze e strutturata in se-



5. S. Pietro Infine (Ce). Schede utilizzate per il rilievo diretto: Sezioni 1-2-3

6. S. Pietro Infine (Ce). Schede utilizzate per il rilievo diretto: Sezioni 4-5



zioni [Fig. 5-6-7] che contengono: informazioni generali e localizzazione [Sezione 1]; descrizione del manufatto come la sua posizione rispetto al contesto, gli orizzontamenti e le strutture

di elevazione [Sezione 2]; campagna fotografica interna ed esterna, quando possibile [Sezione 3]; fotoraddrizzamento e mosaicatura delle immagini, per su-

7. S. Pietro Infine (Ce). Schede utilizzate per il rilievo diretto: Sezione 6

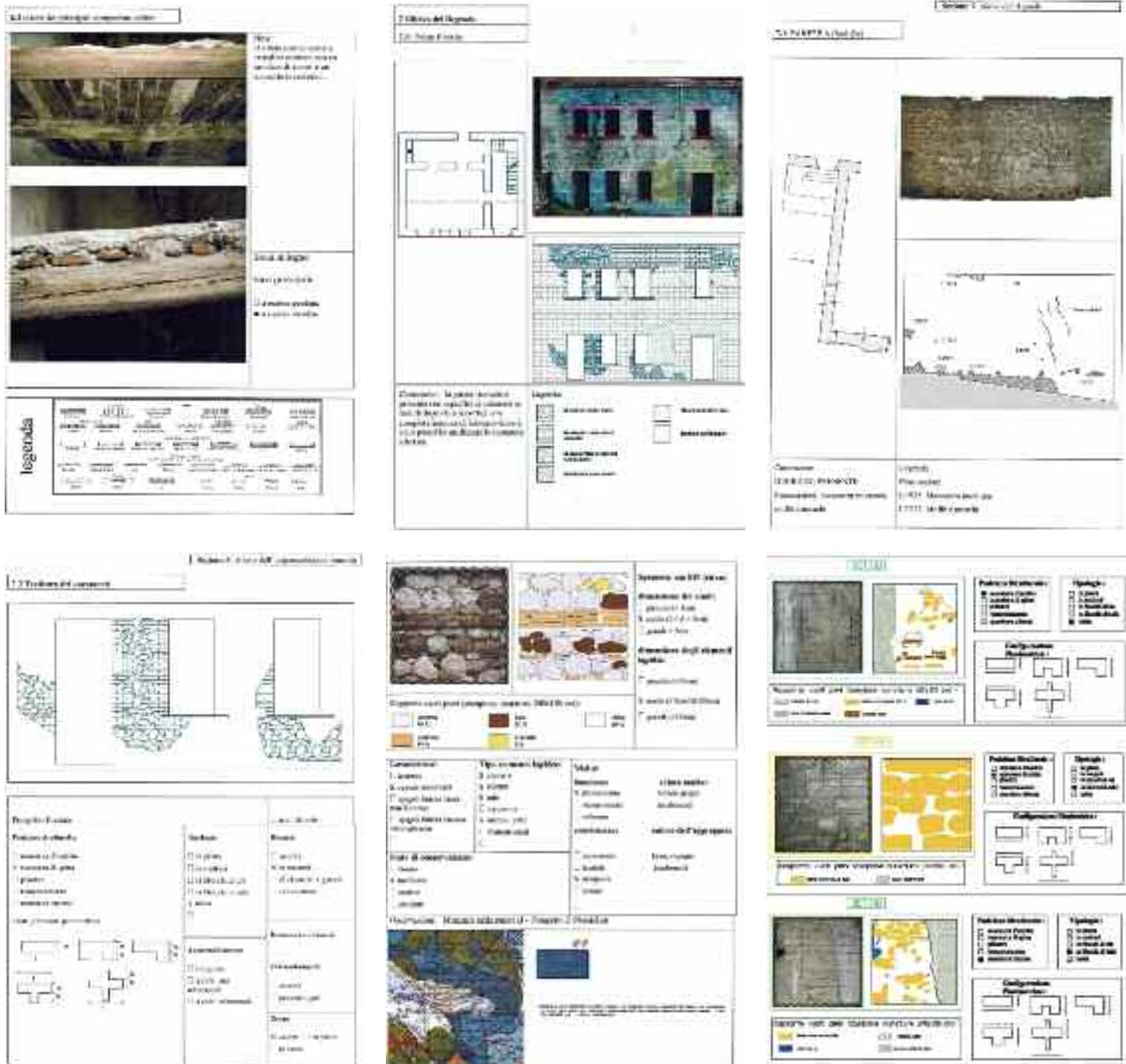
8. S. Pietro Infine (Ce). Il rilievo degli apparecchi murari realizzati con pannelli graduati di 1 mq e su cui sono state condotte differenti analisi, nella Sezione 7.

9-10. (A pagina seguente) S. Pietro Infine. Esiti del rilievo a scansione laser (nuvola di punti) della Piazza S. Nicola e stato attuale.

11-12. (A pagina seguente) S. Pietro Infine. Esiti del rilievo a scansione laser (nuvola di punti) della Piazza S. Nicola e stato attuale

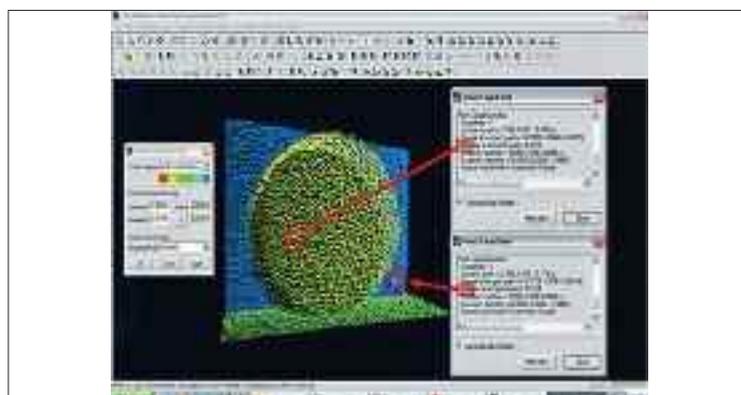
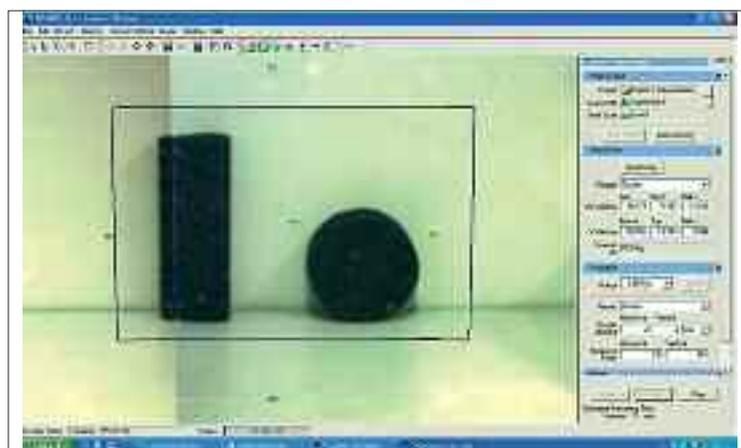
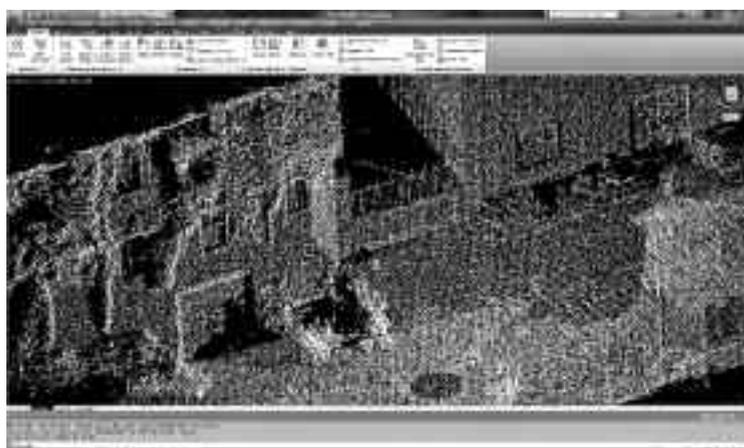
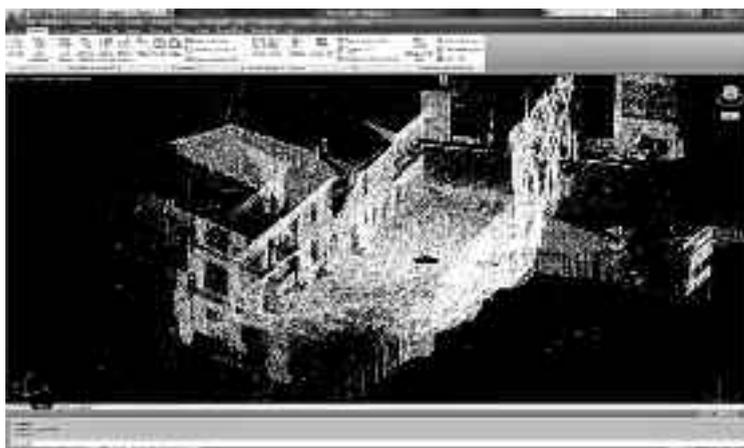
13-14. (A pagina seguente) S. Pietro Infine. Esiti del rilievo a scansione laser (nuvola di punti) della Piazza S. Nicola e stato attuale.

15-16. (A pagina seguente) Rilievo a scansione laser: provini in fase di rilevamento. Lettura dell'Intensity at last pick point nel software Cyclone.



perfici particolarmente complesse e ove possibile [Sezione 4]; prelievo delle misure con una fase di campagna e a tavolino con post processing di vettorializzazione [Sezione 5]; il rilievo strut-

urale, delle superfici voltate, del quadro fessurativo e del degrado [Sezione 6]; rilievo e analisi, infine, degli apparecchi murari [Sezione 7].



L'attenzione si è soffermata maggiormente sulla Sezione 7 in cui sono stati studiati i singoli apparecchi murari, rilevati per 1mq di muratura omogenea e su cui sono state condotte ana-

lisi relative al litotipo, risultato essenzialmente composto da dolomie di colore argento, tufo campano, laterizio, brecce cementate di colore grigio/bianco e arenaria [Fig. 8]. Per ciascun

pannello è stato individuato il rapporto dei pieni e vuoti della muratura, con la vettorializzazione del materiale lapideo: gli apparecchi murari superstiti sono risultati sufficientemente compatti poiché nella maggior parte dei casi la muratura, ad opera incerta o listellata, è risultata superiore al 60% e la malta inferiore al 30%. La scelta dei pannelli da analizzare è stata dettata anche dall'analisi dei quadri fessurativi, realizzati nella precedente Sezione 6. L'esame della muratura diventa un ausilio fondamentale sia per programmare eventuali interventi di messa in sicurezza che di tecniche di anastilosi per la ricomposizione in sito dei resti trovati.

Le schede realizzate sono state importate all'interno di un DBMS (*Database Management System*) e collegate, mediante l'identificativo trovato per singoli edifici nei differenti isolati, ai poligoni topologici, realizzati sulla base catastale, all'interno di un sistema informativo. Questa procedura, come è noto, consente di osservare ed analizzare i dati all'interno di modelli 3D-GIS, costituiti da unità elementari scelte dell'operatore, proiettate "geograficamente" nel loro contesto di appartenenza: modelli complessi, esplorabili ed interrogabili su dati che possono riguardare anche i singoli elementi che costituiscono e conformano l'architettura⁶. Modelli grafico/numerici ma soprattutto topologici che creano un collegamento diretto tra il contesto e l'oggetto, nel pieno rispetto del significato di bene culturale. In un luogo in cui numerosi sono gli edifici con consistenti parti mancanti e molto scarse le fonti documentarie, soprattutto iconografiche, dello stato dei luoghi prima della distruzione, sono fortemente aumentate le difficoltà per la realizzazione di un modello grafico 3D tanto da ricorrere all'ausilio di un rilievo a scansione laser, il quale discretizza l'oggetto in milioni di punti [cloud] e ne restituisce un modello tridimensionale. Il rilievo ha riguardato la piazza S Nicola [Figg. 9-10-11-12], di accesso al nucleo urbano, e, su richiesta dell'Amministrazione, anche delle grotte, un'interessante area in cui si sono rifugiati durante i bombardamenti gli abitanti di S. Pietro, salvandosi: queste grotte, cavate per mano dell'uomo, sono in una pineta adiacente il borgo antico, facilmente raggiungibili e fanno attualmente parte del percorso musivo⁷ [figg. 13-14].

Per unire le informazioni ricavate dal rilievo diretto, strutturato in un dbase complesso di un sistema informativo, al modello metrico 3D realizzato con una scansione laser, è stata sfruttata la procedura di georeferenziazione, comune ad entrambe le tecnologie, e mediante la quale è possibile trattare gli elementi [punti, linee o poligoni] da un punto di vista topologico, proiettandoli in un medesimo Datum cartografico. In sintesi si propone di individuare la possibilità di confrontare/leggere il modello 3D-Digital Surface Model (DSM), risultato dell'elaborazione della nuvola di punti acquisiti e georeferenziati con la scansione laser, all'interno di strutture G.I.S: questa operazione consentirebbe la creazione di un modello 3D, ottenuto con un rilievo strumentale e quindi metricamente corretto e collegato ad una banca dati. Un modello interattivo, ovvero capace di offrire un'ispe-

	Rilievo N. 1	Rilievo N. 2	Rilievo N. 3
Parte Verniciata in Rosso	0,5018 - 0,5180	0,5130 - 0,5250	0,0140 - 0,0370
Parte di stucco a intonaco	0,4020 - 0,4074	0,4210 - 0,4750	0,4240 - 0,4790
Componente Muraria Provino Distrutta	0,0000 - 0,4497	0,0000 - 0,4620	0,4020 - 0,4500
Componente Muraria Provino Distrutta	0,4190 - 0,4427	0,4100 - 0,4470	0,4220 - 0,4490
Resti	0,5010 - 0,4933	0,4600 - 0,4801	0,4630 - 0,4340

zione virtuale delle architetture che compongono questo nucleo urbano e in grado di offrire una conoscenza sistemica e immediata del sito. È noto, inoltre, che gli apparecchi a scansione laser consentono di registrare, oltre alle informazioni geometriche, anche i valori di riflettività dei materiali, coefficiente radiometrico (*Intensity at last pick point*), ovvero la risposta cromatica, in scale di falsi colori, differente che il laser fornisce per materiali con caratteristiche chimiche e fisiche differenti e per condizioni ambientali e di luce diverse. Questo determina una variazione cromatica dei punti acquisiti, la quale non corrisponde ai colori reali ma in ogni caso consente di distinguere i diversi materiali di cui è costituito l'oggetto rilevato. I sistemi informativi, invece, leggono, per ogni punto P (x; y; z), il valore cromatico dello spazio colore RGB (Modello Red, Green, Blue) e li segmentano per *layers* consentendo un'organizzazione ordinata dei diversi materiali a cui corrispondono diverse colorazioni. È possibile quindi leggere e ordinare ogni punto rilevato dal laser, in funzione del colore, la rispondenza materica all'interno di un GIS.

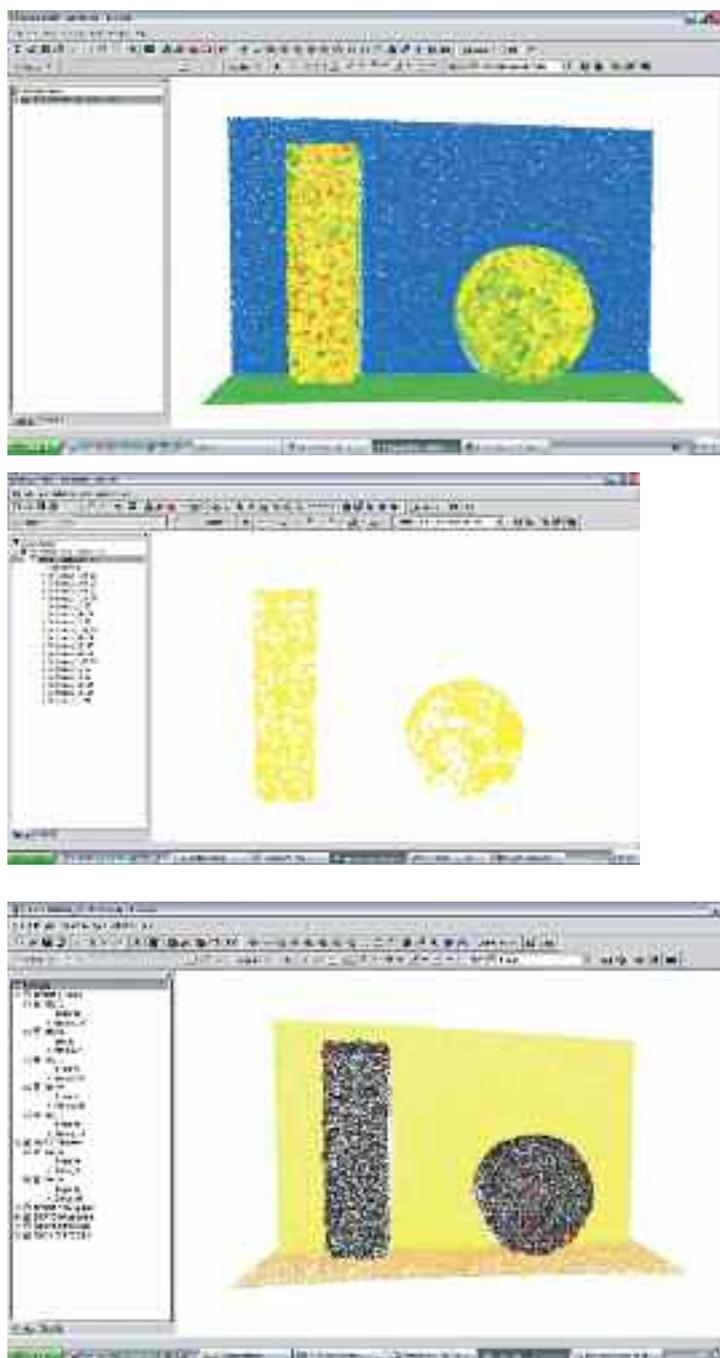
Per testare queste possibilità è stata condotta una sperimentazione su due provini di manto stradale in conglomerato bituminoso convenzionale e drenante⁸.

La scelta è stata dettata da due esigenze: la necessità di oggetti di dimensioni ridotte e geometricamente semplici, in modo da riuscire a gestire adeguatamente la nuvola di punti del rilievo a scansione all'interno di un sistema informativo; l'uso di un materiale particolarmente omogeneo con ridotte discontinuità. Per il rilievo a scansione laser sono stati usati sia il Leica HDS 3000⁹ che il Minolta VIVID-700¹⁰ il primo destinato a grandi superfici, il secondo a oggetti archeologici. Sono stati eseguiti differenti rilievi in differenti condizioni ambientali su medesime basi di appoggio.

Dall'analisi dei punti della *cloud* si sono ricavati dei *range* di riflettività per ciascun materiale, verificati in uno step successivo mediante il confronto dal vero dei provini e mediante la sovrapposizione del rilievo ad una immagine ortorettificata del provino stesso. Il rilievo con il laser scanner permette dunque di

18-19. Elaborazione nel GIS delle nuvola di punti rilevati: Si conserva il valore del RGB e si può separare l'informazione organizzandola su singoli layer.

20. Elaborazione nel GIS delle nuvola di punti rilevati: è possibile anche cambiare il valore del RGB attribuendone un altro simile a quello reale del materiale.



associare a ciascun punto rilevato un valore numerico funzione della propria riflettività, tale valore risulta essere compreso in un range che varia da materiale a materiale, e rimane simile in condizioni differenti. Compito del rilevatore è dunque associare a ciascun intervallo di valori il materiale corrispondente sulla base dell'osservazione al vero [Fig.].

L'importazione degli esiti del rilievo a scansione all'interno di un sistema informativo, conserva tutte le informazioni acquisite per ogni singolo punto: geolocalizzazione, geometria, ma soprattutto il valore cromatico attribuito a ciascun punto. Il sistema ha, infatti, individuato i differenti materiali e li ha segmentati per *layer*: in tal modo è stato possibile suddividere l'intera nuvola di punti in layer differenti, a ciascuno dei quali corrisponde un determinato valore di RGB. Anche in questo caso è stata poi verificata la rispondenza dei vari materiali sovrapponendo una foto ortorettificata del provino e l'esito del rilievo all'interno del GIS.

Questa operazione consente di eseguire valutazioni metriche e materiche con sufficiente rispondenza oltre ad essere di grande ausilio nel miglioramento del processo di segmentazione della fase *post processing* della tecnica laser scanning. Dall'analisi dei rilievi a scansione laser il problema più annoso emerso è quello della segmentazione/classificazione della *mesh* che pur essendo stata preordinata dall'operatore sulla base di un criterio logico, in modo da creare sotto-oggetti primari da classificare o segmentare per uniformità tipologiche, geometriche ecc. essa si presenta come un unico oggetto senza distinzioni fra insiemi di singole entità che abbiano in comune determinate proprietà (fondamentali nello studio di architetture e nello specifico di una realtà così complessa come questa di S. Pietro Infine).

Ad oggi non esistono procedure standardizzate e software consolidati per migliorare la classificazione della *mesh*.

Il problema più annoso emerso, nel momento in cui la procedura è stata applicata al caso di S. Pietro Infine, riguarda la dimensione della nuvola da gestire all'interno di un GIS la quale blocca l'operatività del sistema. Per questo motivo, la ricerca in corso sta orientandosi, attualmente sull'individuazione di un algoritmo in grado di ridurre in maniera logica la nuvola di punti, lasciando quelli più significativi per la creazione del modello.

Conclusioni

Il caso S. Pietro Infine, un borgo completamente distrutto per mano dell'uomo, si presenta come un importante laboratorio per testare le possibilità di realizzare un rilievo complesso, necessario per la rivitalizzazione del luogo stesso, avvalendosi sia delle procedure tradizionali che delle tecniche strumentali che oggi il mercato offre. Il processo di conoscenza è iniziato, infatti, applicando la procedura tradizionale del rilievo diretto che ha presentato molte difficoltà soprattutto per l'accesso ai singoli isolati e architetture. È stato poi necessario avvalersi del rilevamento a scansione laser per la creazione di modelli 3D, a cui è stata testata la possibilità di associare una banca dati complessa mediante l'uso di un sistema informativo. La procedura, messa a punto su piccoli campioni con esiti positivi; applicata al caso di S. Pietro Infine, ha presentato difficoltà

nella gestione della nuvola all'interno di un GIS tale da richiedere un algoritmo di riduzione della nuvola stessa, ancora oggi in corso di elaborazione. Il gruppo di ricerca intende continuare lo sviluppo di questo iter perché si pone come obiettivo ultimo la possibilità di restituire, almeno virtualmente, il borgo antico ai suoi cittadini.

Ringraziamenti:

Si ringraziano l'arch. Paolo Vacca per la disponibilità dimostrata; l'ing. Tiziana Viperino per le elaborazioni realizzate

NOTE

¹ L'antico borgo di S. Pietro Infine (Ce), comune al confine con il Lazio, il Molise e la Campania, situato sulla linea Reinhard, e occupato dalle truppe tedesche, ha subito violenti bombardamenti con numerose vittime civili e la distruzione totale dell'abitato. Lasciato a memoria degli eventi il nuovo nucleo urbano è stato ricostruito più a valle e l'antico borgo trasformato in Parco della Memoria Storica

² Negli anni la vegetazione, tipica dell'Appennino centrale, e le essenze aromatiche autoctone, hanno ripopolato questo luogo tanto che si è resa necessaria la creazione di un orto botanico, in un'area, limitrofa l'antica Piazza del Municipio, già precedentemente adibita a giardino privato dell'antica famiglia Brunetti.

³ Convenzione quadro stipulata nel maggio 2011 "Integrazione di tecniche informatiche, per il rilievo e la rappresentazione del patrimonio architettonico -urbano nel centro antico di S. Pietro Infine". Responsabile per il Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica: arch. Assunta Pelliccio, responsabile per il Comune di San Pietro Infine: arch. Paolo Luigi Vacca.

⁴ Gli isolati n. 6 e 11 sono già stati oggetto di recupero: all'interno dell'isolato 6 è stato realizzato un albergo ristorante, nell'isolato 11, corrispondente all'area di un vecchio frantoio è stato realizzato il museo della memoria storica, allestita da Rambaldi.

⁵ In alcune aree sono state rinvenute ancora munizioni e ordigni esplosivi risalenti al periodo bellico.

⁶ A. Pelliccio, Sistemi informativi per la gestione e valorizzazione del patrimonio urbano. Dal SIT al SIA. Rappresentazione per i centri storici, in S. Bru-

saporci a cura di, Sistemi Informativi Integrati per la tutela la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano, Gangemi editore, Roma 2010.

⁷ Tali grotte furono cavate all'interno della pineta adiacente il nucleo storico nell'autunno del 1943 dagli abitanti di S. Pietro con qualsiasi attrezzo avessero a disposizione, pale, picconi ecc., per assicurarsi un luogo di protezione dai bombardamenti. Tali grotte infatti hanno poi salvato 500 persone.

⁸ I provini sono stati forniti dal prof. Mauro D'Apuzzo, docente di Strade presso l'Università di Cassino.

⁹ Le caratteristiche tecniche del Leica HDS 3000 sono le seguenti: massimo angolo di scansione: 360°x270°; Dimensione dello spot: 6mm a 50m; Precisione di posizionamento: 6mm a 50m; Spaziatura minima tra i punti: 2mm; Tasso di campionatura: 1800p/sec; Portata ottima: 1m-100m; Principio di funzionamento: tempo di volo. La strumentazione è stata fornita dal Dipartimento R.A.D.A.A.R. dell'Università La Sapienza di Roma.

¹⁰ Le caratteristiche tecniche del Minolta VIVID-700 sono le seguenti: Area di scansione: 7x7cm-110x110cm; Tempo di scansione: 0.6sec; Portata ottima: 0.6m-2.5m; Accuratezza relativa: 0.11mm a 60cm; Accuratezza assoluta: 2-3%; Principio di funzionamento: triangolazione. La strumentazione è stata fornita dal Dipartimento R.A.D.A.A.R. dell'Università La Sapienza di Roma.

BIBLIOGRAFIA

[1] A. Artusi, *L'importanza del colore in Computer Graphic*, DDD_Il colore, Disegno e Design Digitale, anno_2 numero 5_giu/sett.2003.

[2] A. Meschini, *La progettazione del modello dei dati: tra standard e caso studio*, in *Sistemi informativi integrati per la tutela la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, a cura di S. Brusaporci. Gangemi, Roma, 2010.

[3] M. Balzani, *Tecniche di rilievo con laser scanner 3D per la creazione di banche dati integrate per l'architettura e il paesaggio*, in *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la realizzazione di modelli virtuali dell'architettura della città*, a cura di P. Chiavoni, E. Paolini, Gangemi, Roma, 2009.

[4] C. Bianchini, *Laser scanning X*, in M. Chiavoni, P. Paolini a cura di, *Metodi e Tecniche integrate di rilevamento per la realizzazione di modelli virtuali della architettura della città*, Gangemi Editore, Roma, 2007 – ISBN: 88-492-1415-4.

[5] T. Viperino, *Il rilievo a scansione laser: caratteristiche tecniche, potenzialità e limiti. Un'applicazione alla misura della tessitura delle superfici stradali*. Tesi di Laurea Università di Cassino, 2006-2007.

