



ReUSO 2016

CONTRIBUTI PER
LA DOCUMENTAZIONE, CONSERVAZIONE
E RECUPERO DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO
E PER LA TUTELA PAESAGGISTICA

a cura di

SANDRO PARRINELLO

DANIELA BESANA



edifir
EDIZIONI FIRENZE



ReUSO 2016

CONTRIBUTI PER
LA DOCUMENTAZIONE, CONSERVAZIONE
E RECUPERO DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO
E PER LA TUTELA PAESAGGISTICA

a cura di

SANDRO PARRINELLO

DANIELA BESANA

edifir
EDIZIONI FIRENZE

La collana “Disegno, rilievo e progettazione” nella quale rientra questa pubblicazione, ha un collegio di referee internazionali. “Contributi per la documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e per la tutela paesaggistica” ha un Comitato Scientifico ed il testo è stato sottoposto ad una commissione di referee composta da numerosi membri italiani e stranieri. “Contributi per la documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e per la tutela paesaggistica” is a peer-reviewed book.

© Copyright 2016
by Edifir Edizioni Firenze s.r.l.
Via Fiume, 8 – 50123 Firenze
Tel. 055289639 – Fax 055289478
www.edifir.it – edizioni-firenze@edifir.it

Responsabile del progetto editoriale
SIMONE GISMONDI

Responsabile editoriale
ELENA MARIOTTI

Progetto grafico
FRANCESCA PICCHIO

Impaginazione
FRANCESCA PICCHIO

ISBN 978-88-7970-8016-6

In copertina: *Immagine panoramica della città di Pavia dal campanile della Chiesa di San Michele.*
(foto di Francesca Picchio)

Fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, comma 4, della legge 22 aprile 1941 n. 633 ovvero dall'accordo stipulato tra SIAE, AIE, SNS e CNA, ConfArtigianato, CASA, CLAAI, ConfCommercio, ConfEsercenti il 18 dicembre 2000. Le riproduzioni per uso differente da quello personale sopracitato potranno avvenire solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.



ReUSO 2016

DIREZIONE

SANDRO PARRINELLO
Università degli Studi di Pavia

SEGRETARIO

DANIELA BESANA
Università degli Studi di Pavia

COMITATO D'ONORE

ACIDINI, CRISTINA
Presidente, Accademia delle Arti del Disegno Firenze

AURICCHIO, FERDINANDO
Professore, Direttore DICAR, Università di Pavia

CARBONARA, GIOVANNI
Professore, Università La Sapienza Roma

CIAPONI, CARLO
Professore, Preside Facoltà di Ingegneria, Università di Pavia

CONDE LÁZARO, CARLOS
Rector Magnífico Universidad Politécnica de Madrid

DEI, LUIGI
Magnífico Rettore, Università degli Studi di Firenze

DI BIASE, CAROLINA
Professoressa, Politecnico di Milano

FAGIOLO, MARCELLO
Professore, Università La Sapienza Roma

G^ª-GUITIÉRREZ MOSTEIRO, JAVIER
Catedrático, ETSAM. UPM

GARCÍA SANTOS, ALFONSO
Catedrático, DCTA. ETSAM. UPM

GARCÍA CODOÑER, ANGELA
Catedrática de la Universitat Politècnica de València

KADLUCZKA, ANDRZEJ
Professor, Polytechnic University of Cracow

MALDONADO RAMOS, LUIS
Catedrático y Director, ETSAM. UPM

MECCA, SAVERIO
Professore e Direttore, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze

MEDINA RAMÓN, FRANCISCO JAVIER
Titular Universidad y Director, ETSIE. UPV

MORA MÁS, FRANCISCO JOSÉ
Rector Magnífico de la Universitat Politècnica de València

MUÑOZ COSME, ILDEFONSO
Subdirector General, Instituto de Patrimonio Cultural de España

PEREZ DE PRADA LUIS
Jefe del Departamento de Planificación y Gestión Técnica del Patrimonio Nacional

RUGGE FABIO
Professore, Rettore Università di Pavia

SANTOS PINHEIRO, NUNO
Profesor, Universidade Lusíada de Lisboa

SUAREZ-INCLAN DUCASSI, M^ª ROSA
Presidenta, ICOMOS España

VALQUENDE PAYÁ, MANUEL
Director de Departamento de Construcción arquitectónicas

COMITATO SCIENTIFICO

ALONSO DURÀ, ADOLFO
Universitat Politècnica de València

AMIRANTE, ROBERT
Università degli Studi di Napoli Federico II

ANAYA DÍAZ, JESÚS
Universidad Politécnica de Madrid

ARROYO, CARLOS
Universidad Europea de Madrid

BERTOCCI, STEFANO
Università degli Studi di Firenze

BERIZZI, CARLO
Università di Pavia

BERNARDO, GRAZIELLA
Università degli Studi della Basilicata

BESANA, DANIELA
Università di Pavia

BEVILACQUA, MARIO
Università degli Studi di Firenze

CANO-LASSO PINTOS, DIEGO
Universidad San Pablo CEU

CAPOBIANCO, LORENZO
Seconda Università degli Studi di Napoli

CÁRCEL CARRASCO, JAVIER
Universitat Politècnica de València

CASAR FURIÓ, MARIA EMILIA
Universitat Politècnica de València

CASSINELLO PLAZA, PEPA
Universidad Politécnica de Madrid

CATTANEO, TIZIANO
Università di Pavia

CONTE, ANTONIO
Università degli studi della Basilicata

CRUZ FRANCO, PABLO ALEJANDRO
Universidad de Extremadura

DALLA NEGRA, RICCARDO
Università degli Studi di Ferrara

DE LOTTO, ROBERTO
Università di Pavia

DE VITA, MAURIZIO
Università di Firenze

DOGLIONI, FRANCESCO
Università IUAV di Venezia

EKSAREVA, NADIA
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

FARNETI, FAUZIA
Università degli Studi di Firenze

GALLI, LETIZIA
Università di Pavia

GARCÉS DESMAISON, MARCO ANTONIO
Universitat Jaume I

GAMBARDELLA, CHERUBINO
Seconda Università degli Studi di Napoli

GRECO, ALESSANDRO
Università di Pavia

GRITTI, ANDREA
Politecnico di Milano

GUIDARINI, STEFANO
Politecnico di Milano

GUIDA, ANTONELLA
Università degli studi della Basilicata

HIDALGO DELGADO, FRANCISCO
Universitat Politècnica de València

HUI, ZHAI
Kunming University of Science and Technology

ESTEBAN CHAPAPRÍA, JULIÁN
Conselleria de Cultura i Esport- Generalitat Valenciana

JURINA, LORENZO
Politecnico di Milano

LA VARRA, GIOVANNI
Università di Udine

LIONE, RAFFAELLA
Università degli Studi di Messina

LÓPEZ GONZÁLEZ, MARÍA CONCEPCIÓN
Universitat Politècnica de València

MANGANARO, MARIO
Università degli Studi di Messina

MANDELLI, EMMA
Università di Firenze

MARINI, SARA
Università IUAV di Venezia

MARIOTTONI, CARLOS ALBERTO
Universidade Estadual de Campinas

MECCA, IPPOLITA
Università degli Studi della Basilicata

MINUTOLI, FABIO
Università di Messina

MOLINARI, LUCA
Seconda Università degli Studi di Napoli

MONJO CARRIÓ, JUAN
Universidad Politécnica de Madrid

MORA ALONSO-MUÑOYERRO, SUSANA
Universidad Politécnica de Madrid

MORANDOTTI, MARCO
Università di Pavia

NANETTI, ANDREA
Nanyang Technological University

COMITATO ORGANIZZATORE

NAVARRO FAJARDO, JUAN CARLOS
Universitat Politècnica de València

NIGLIO, OLIMPIA
Kyoto University

OBRACAJ, PIOTR
Politechnika Opolska

ONAT HATTAP, SIBEL
Mimar Sinan Fine Arts University

PAGLIUCA, ANTONELLO
Università degli Studi della Basilicata

PALMERO IGLESIAS, LUIS
Universitat Politècnica de València

PARRINELLO, SANDRO
Università degli Studi di Pavia

PÉREZ ARROYO, SALVADOR
Universidad Politécnica de Madrid

PIZARRO POLO, ÁNGEL
Universidad de Extremadura

PUGNALONI, FAUSTO
Università Politecnica delle Marche

RAMÍREZ BLANCO, MANUEL JESÚS
Universitat Politècnica de València

ROBLES, EDUARDO
Florida A&M University

ROIG PICAZO, M. PILAR
Universitat Politècnica de València

ROSSI, ADRIANA
Seconda Università degli Studi di Napoli

RUEDA MÁRQUEZ DE LA PLATA, ADELA
Universidad de Extremadura

SAENZ GUERRA, JAVIER
Universi dad San Pablo CEU

SANCHIS SAMPEDRO, FRANCISCO JAVIER
Universitat Politècnica de València

SCALA, PAOLA
Università degli Studi di Napoli Federico II

SROCZYNSKA, JOLANTA
Cracow University of Technology

TIBERI, RIZIERO
Università degli Studi di Firenze

VAN RIEL, SILVIO
Università degli Studi di Firenze

VIERA DA ANDRADE JUNIOR, NIVALDO
Universidade Federal da Bahia

ZUCCHI, CINO
Politecnico di Milano

CARLO BERIZZI
DICAr – Università di Pavia

DANIELA BESANA
Università di Pavia

TIZIANO CATTANEO
DICAr – Università di Pavia

ROBERTO DE LOTTO
Università di Pavia

LETIZIA GALLI
Università di Pavia

ALESSANDRO GRECO
Università di Pavia

MARCO MORANDOTTI
Università di Pavia

LUIS PALMERO IGLESIAS
Università Politecnica di Valencia

SANDRO PARRINELLO
Università di Pavia

SEGRETERIA

*DICAr Dipartimento Ingegneria Civile e Architettura
Università di Pavia*

EMANUELE GIORGI

MATTEO LOCATELLI

SIMONE LUCENTI

DARIO MARINO

ROSAMARIA OLIVADESE

FRANCESCA PICCHIO

*DIDA Dipartimento di Architettura
Università di Firenze*

MONICA LUSOLI

PRESENTAZIONI

FABIO RUGGE 23
Rettore dell'Università di Pavia

CARLO CIAPONI 24
Preside di Ingegneria, Università di Pavia

FERDINANDO AURICCHIO 25
Rettore dell'Università di Pavia

L' ATTUALITÀ DEL "REUSO"

SANDRO PARRINELLO 26
Direttore Scientifico di Reuso 2016

INDICE

AREA TEMATICA 1 STRATEGIA DI DOCUMENTAZIONE DEL PATRIMONIO

Alfonso Ippolito, Martina Attenni, Carlo Inglese, Simone Russo 32
RILIEVO, MISURA E QUALITÀ. QUESTIONI SUL METODO

M. Centofanti, S. Brusaporci, P. Maiezza 42
TRA "HISTORICALBIM" ED "HERITAGEBIM": BUILDING INFORMATION MODELING
PER LA DOCUMENTAZIONE DEI BENI ARCHITETTONICI.

P. Tunzi 52
LA FOTOMODELLAZIONE PER DOCUMENTARE IL PATRIMONIO STORICO.
THE IMAGIN BASED TO DOCUMENT THE HISTORICAL HERITAGE.

E. Chiavoni 62
IL DISEGNO PER LA VALORIZZAZIONE DELLA CITTÀ. UN PROGETTO PER ROMA DI
WILLIAM KENTRIDGE.

N. Bruno, R. Roncella, M. Santise, C. Vernizzi, A. Zerbi 68
INTEGRATED SURVEY FOR ARCHITECTURAL RESTORATION: A METHODOLOGICAL
APPROACH IN THE CASE STUDY OF CODIPONTE (MS).

E. Asenjo Rubio 78
LA REUTILIZACIÓN DEL ANTIGUO CONVENTO DE LA TRINIDAD DE MÁLAGA
COMO PARQUE DE LOS CUENTOS. ESTUDIO HISTÓRICO DOCUMENTAL DE SUS
INTERVENCIONES.

A. Carolina Bierrenbac 88
ESTRATEGIAS PARA LA DOCUMENTACIÓN DE LAS ARQUITECTURAS MODERNAS
DE SALVADOR – EL ARCHIVO DEL DOCOMOMO-BAHIA.

M. Bigongiari 98
LA CATTEDRALE DI SASAMON: ANALISI DIAGNOSTICHE E RILIEVO STRUTTURALE
PRELIMINARI AL PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO.

<i>B. Barrio Rodríguez</i> LA CIUDAD DE ZAMORA. TERRITORIO, DEFENSA Y EVOLUCIÓN DE SUS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.	108
<i>K. Mezenina, J. Bushmakova</i> TRACES OF THE PAST IN A COMPLEXITY OF THE PRESENT: CENSUS OF USOLYE ARCHITECTURAL COMPLEX.	118
<i>M. Bostenaru Dan</i> PIONEER WOMEN IN ARCHITECTURE.	126
<i>C. Galli, M. Greco</i> RESTAURO E APPLICAZIONI INFORMATICHE. LA GESTIONE DIGITALE DELLA COMMESSA PER LA DOCUMENTAZIONE E IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DEGLI INTERVENTI DI CONSERVAZIONE DELLE SUPERFICI ARCHITETTONICHE.	136
<i>M. Vidal Rocío</i> CONSTRCCIÓN DE BÓVEDAS MEDIEVALES: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LAS DISTINTAS METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN, INTERPRETACIÓN Y PLETAMIENTO DE HIPÓTESIS.	148
<i>V. Campani, G. Berti, M. Tanganelli, S. Viti</i> VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELL'ACQUEDOTTO MONUMENTALE DI LUCCA, TEMPIETTO DI SAN CONCORDIO.	158
<i>G. Pancani</i> SCUOLA A PONTEDERA, IL RILIEVO PER L'ANALISI STATICA DELL'EDIFICIO.	168
<i>M. Bercigli</i> STRATEGIE DI RILIEVO PER LA DOCUMENTAZIONE DI VIA PALAZZUOLO A FIRENZE.	176
<i>A. Basso</i> IL RIUSO VIRTUALE DEGLI EDIFICI, RIVIVERE IL REALE CON LO STRUMENTO DIGITALE.	182
<i>S. Parrinello, S. Porzilli</i> RILIEVO LASER SCANNER 3D PER L'ANALISI MORFOLOGICA E IL MONITORAGGIO STRUTTURALE DI ALCUNI AMBIENTI DEGLI UFFIZI A FIRENZE.	188
<i>V. Bagnolo, A. Pirinu</i> LA FOSSA DI SAN GUGLIELMO A CAGLIARI. METODOLOGIE DI LETTURA PER IL RECUPERO E LA VALORIZZAZIONE DEL PAESAGGIO URBANO.	198
<i>D. Gambini, R. Mario Azzara, M. Tanganelli, S. Viti</i> STRUMENTI DI GESTIONE DI AREE URBANE COMPLESSE: APPLICAZIONE AD UN CASO STUDIO.	208
<i>R. Catuogno, D. De Crescenzo, A. di Luggo</i> IL RILIEVO COME STRUMENTO PER LA CONOSCENZA E LA VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO A CARATTERE RELIGIOSO DI NAPOLI .	218
<i>M. Pugnaletto, C. Paolini, M. Fulvimari</i> L'EDILIZIA DEI MANICOMI, CONOSCENZA E RECUPERO: IL CASO DEL MANICOMIO PROVINCIALE A L'AQUILA.	226
<i>F. Picchio, P. Becherini</i> SISTEMI DI ANALISI E METODOLOGIE DI RILIEVO INTEGRATO PER LA DOCUMENTAZIONE DELL'OLTREPÒ PAVESE: IL TERRITORIO COMUNALE DI BARBIANELLO.	240
<i>P. Becherini, R. De Marco</i> ESPERIENZE DI RILIEVO INTEGRATO NELLA FABBRICA DELLA CERTOSA DI PAVIA.	252



SESSIONE TEMATICA I

*Strategie di documentazione
del patrimonio*

SCUOLA A PONTEDERA, IL RILIEVO PER L'ANALISI STATICA DELL'EDIFICIO

Giovanni Pancani¹

¹ Dipartimento di Architettura (DiDA) Università degli Studi di Firenze, Italia.

ABSTRACT

The project for the evaluation of seismic adequacy of school "Curtatone e Montanara" in Pontedera it was the subject of a collaboration between municipality of Pontedera and the Department of Architecture of the University of Florence (DiDA). This study was faced with an interdisciplinary approach, they have added the experience of the course of Surveying, that of Restoration and the Consolidation, they were also interested the Survey laboratory and Official Laboratory Testing Materials and Structures of DiDA. Regarding the pad was faced with laser scanner and the topographical support pad designed to optimize the work of the recording scans. The survey was also subjected to the data certification process and the total point cloud. This in order to ensure the product and its morphometric elaborations, the reading of which has allowed to obtain thematic maps on the plastic deformations of the building. It therefore seems clear that the reliability of the survey and its certification are essential to making reliable structural conclusions from these operations have been obtained.

KEYWORDS

Survey, School, Reconstructed, certification, test.

1. Introduzione

Realizzata sul finire del XIX secolo, la scuola "Curtatone e Montanara" di Pontedera, fu commissionata dal comune della cittadina toscana all'ing. Ballantini, che realizzò un grande edificio neoclassico di due piani, di pianta quadrangolare e cortile porticato al centro. Durante la seconda guerra mondiale, la sua posizione, di fianco alla ferrovia e vicina al grande polo industriale della Piaggio, che all'epoca produceva aerei da guerra, la pose a rischio di pesanti bombardamenti, che furono la causa del crollo dell'intera ala nord.

Negli anni del secondo dopoguerra l'edificio fu ricostruito mantenendo l'impianto originale, tuttavia nell'ala demolita non fu ricostruito il porticato del cortile centrale e l'ala ricostruita fu rialzata di un piano.

Il grande fabbricato che ancora oggi assolve la funzione educativa accoglie, al piano terreno la scuola primaria e la scuola secondaria di primo livello al piano primo.

Il grande edificio quadrangolare è orientato con i quattro lati corrispondenti ai quattro punti cardinali, i due ingressi principali consentono di accedere, da quello a ovest al piano terra, mentre da quello a est si sale al piano primo. Tuttavia è presente un terzo ingresso sul lato a nord dal qua-

le si accede con una grande scala ai piani terreno primo e secondo.

In virtù dell'accordo di collaborazione fra il comune di Pontedera e il dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze DiDA, è stato approntato il progetto per il rilievo e la valutazione sismica dell'edificio scolastico.

Il progetto che ha valenza multidisciplinare è stato condotto in collaborazione con il corso di Restauro tenuto da Giovanni Minutoli e con il Laboratorio di Prove Materiali e Strutture, diretto da Mario De Stefano, i saggi sono stati realizzati grazie alla collaborazione e all'impegno di Marco Tanganelli.



Fig. 1 La scuola Curtatone e Montanara nel 1930

Il Progetto di rilievo predisposto per questo caso di studio doveva essere in grado di fornire una nuvola di punti con elevata risoluzione e molto affidabile, doveva quindi essere progettato con grande attenzione ed essere sottoposto a procedure di certificazione.

2. la certificazione del rilievo

A questo punto risulta necessario analizzare cosa si intende dire quando si parla di certificazione e collaudo di un rilievo, è necessario analizzare il problema seguendo tutti i processi che concorrono alla produzione del dato, ovvero prendere in considerazione tutte le procedure e le operazioni necessarie ad intraprendere una qualunque indagine metrico-morfologica di un manufatto, ovvero sia il progetto di rilievo che tutte le fasi esecutive dello stesso. E' necessario analizzare in primo luogo l'oggetto da indagare (il misurando) e le sue specifiche caratteristiche (materiche, morfologiche, volumetriche), ed avere chiare le finalità, lo scopo della misurazione e l'accuratezza della restituzione. Ciò significa che è importante stabilire in prima battuta il grado di accuratezza che è necessario utilizzare in fase di acquisizione dati, ed al contempo verificare le possibilità di elaborazione e restituzione dei dati, fino alla definizione della scala grafica che risulta necessaria per la restituzione finale.

Questi ultimi due aspetti sono fra loro strettamente legati, poiché se nel campo della restituzione digitale di fatto si è in grado di lavorare in scala reale (1:1), nella realtà operativa la scala di restituzione degli elaborati finali rappresenta una variabile certamente significativa.

E' infatti noto, come asserisce M. Docci, che "non'è possibile delineare ed apprezzare visivamente linee ricadenti in uno spessore inferiore a 2 o 3 decimi di millimetro."¹ Pertanto la stampa degli elaborati finali (quando si tratti di restituzioni bidimensionali), e soprattutto la loro consultazione non possono non tener conto delle capacità percettive del fruitore finale, dell'utilizzatore delle stampe (modelli o tavole grafiche) in studio come in cantiere, per le quali sarebbe inutile avere dati che, come in questo caso, non possono essere apprezzati.

D'altro canto, l'accuratezza di un rilievo laser scanner è direttamente funzione della maglia di acquisizione e della precisione strumentale, poiché appare chiaro che sarebbe improbabile e co-

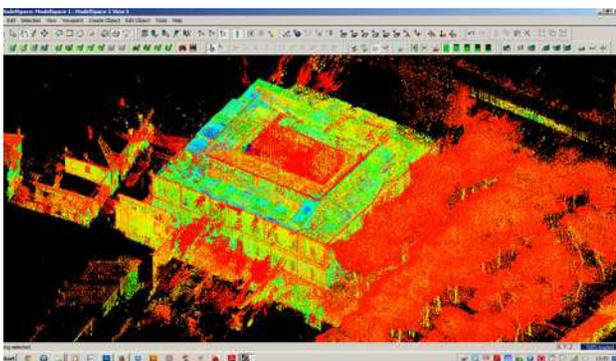
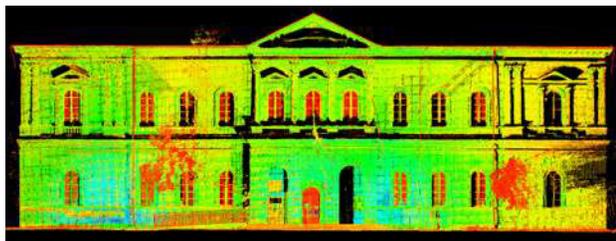


Fig. 2 La facciata ovest della scuola nella ortho-image dalla nuvola di punti.

Fig. 3 Vista prospettica della nuvola di punti texturizzata con i dati colore acquisiti con valori HDR dallo scanner.

Fig. 4 Il cortile interno della scuola.

Fig. 5 La schermata di Cyclone con la nuvola di punti di tutto il rilievo.

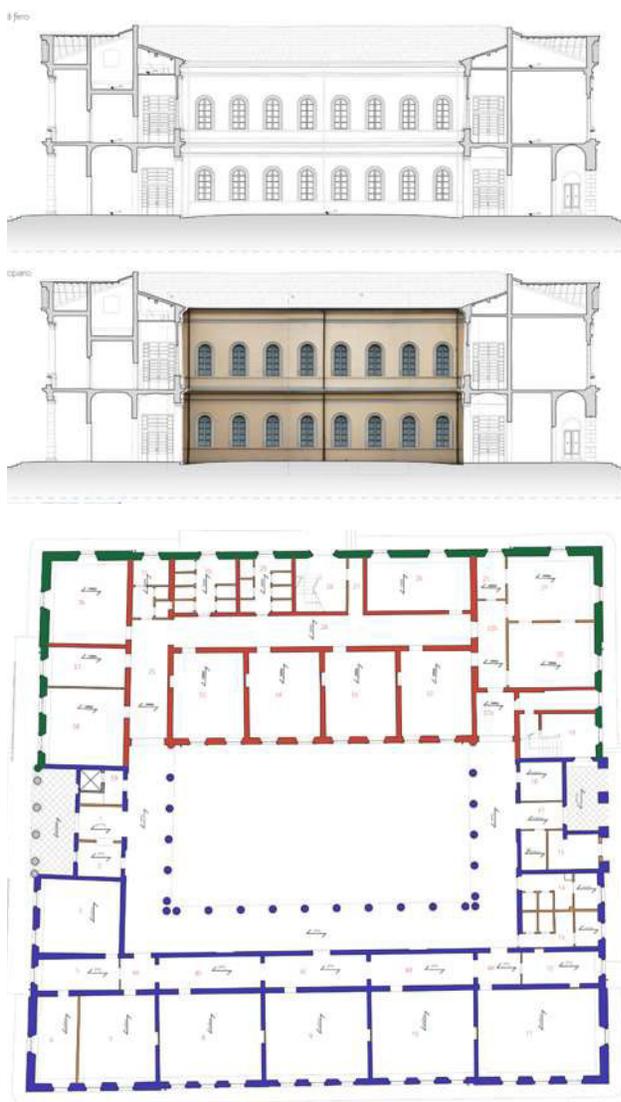


Fig. 6 Sezione al filo di ferro e con fotopiano.

Fig. 7 Pianta del piano terreno con individuazione dei versi dei solai e delle diverse tipologie di muratura.

munque scorretto, disegnare particolari di dimensioni uguali o inferiori alla somma fra la maglia di acquisizione e l'accuratezza strumentale. Questo rappresenta pertanto un nodo di primaria importanza, poiché già dall'inizio della operazioni di rilevamento e di presa delle misure, definisce una grandezza fisica al di sotto della quale è impossibile scendere indipendentemente dalle procedure di acquisizione adottate e dalle elaborazioni dei dati che semmai potranno soltanto incrementare, o al massimo equiparare, la suddetta grandezza.

Quindi verificati i limiti presenti nell'acquisizione dei dati, vediamo come nella fase di restituzione il concetto di scala, risulta di difficile definizione se non si parte dal concetto di restituzione

dei dati attraverso elaborazioni, bi o tridimensionali, che tengano conto delle caratteristiche della scala di esportazione, di stampa, di visualizzazione ed infine di percezione degli elaborati a stampa finali.

Quindi quando siamo in ambiente virtuale, come per esempio all'interno di un qualsiasi software di disegno vettoriale CAD o di modellazione 3D. sarebbe più opportuno parlare di accuratezza del disegno o meglio ancora di risoluzione, ma non di scala, poiché in fase di restituzione digitale, non si può mai parlare di disegno a scala reale, in quanto la realtà con cui abbiamo a che fare è funzione della dimensione fisica minima che l'accuratezza del rilievo ci consegna.

Riteniamo pertanto necessario introdurre il concetto di risoluzione del rilievo, concetto questo, dovuto all'introduzione delle strumentazioni laser scanner, poiché strettamente legato alla definizione o affidabilità strumentale ed alla maglia di acquisizione, che può raggiungere, anche nel rilievo architettonico, passi davvero ridotti. La risoluzione infatti sostituisce nella fase di acquisizione il concetto di discretizzazione del tradizionale disegno di rilievo architettonico che viene di fatto spostato alla fase di restituzione, dove l'operatore non decide più cosa misurare di un manufatto, ma cosa restituire e come restituire o tradurre il dato della nuvola dei punti.

Come sappiamo esistono i limiti fisiologici di persone normodotate che fissano gli spessori minimi e le distanze minime di lettura di segni grafici quantificabili in circa 2/3 decimi di millimetro, pertanto nella rappresentazione in scala, sarà inutile avere precisioni minori. Però è anche vero che la rappresentazione in scala è necessaria solo per la stampa degli elaborati, poiché nel formato digitale, la scala "non esiste", la visualizzazione infatti consente in maniera dinamica di avvicinarsi o allontanarsi dall'oggetto, quindi di ingrandirlo o rimpicciolirlo a nostro piacimento.

Va comunque detto che la scala di restituzione, oltre a quanto sopra accennato, rappresenta soprattutto una "gradazione" della restituzione del dato e della capacità descrittiva nominale del disegno: a seconda dello stato di definizione determinato dal progetto di rilievo del manufatto, questo deve essere rappresentato in maniera più o meno accurata; questi parametri non sono soggetti al supporto di visualizzazione, ma alla capacità descrittiva richiesta dalla tipologia di progetto.

Quindi la risoluzione della restituzione è

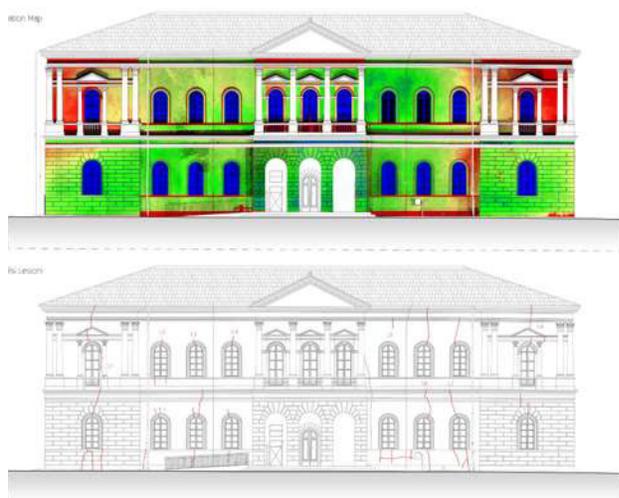


Fig. 8 Prospetto principale con individuazione delle lesioni e con visualizzazione delle deformazioni plastiche

senz'altro funzione dei suddetti parametri. Pertanto visto come nella restituzione la risoluzione massima ottenibile, dipenda dalla maglia utilizzata in fase di acquisizione e dalla precisione strumentale, sarà necessario esplicitare già al momento del progetto di rilievo le suddette necessità di restituzione grafica o del modello.

Infine ci preme ricordare come la rappresentazione tecnica, da allegare alle pratiche edilizie presso la pubblica amministrazione, deve essere, allo stato delle vigenti leggi, stampata su carta prevalentemente in 2D, in scala, per la maggior parte, 1:100 e 1:50 (anche se la recente normativa paesaggistica prevede per la prima volta la possibilità di modelli 3D da allegare ai progetti). Nella stessa tipologia di formato debbono essere anche gli allegati tecnici ai computi metrici ed agli elaborati esecutivi, necessari per la realizzazione dell'opera la cui consultazione avviene anche in cantiere. tuttavia occasionalmente sono necessari anche elaborati in 3d, come modelli renderizzati o particolari tecnici costruttivi, ma pur sempre su supporto cartaceo.

Pertanto visto il fine della nostra ricerca, orientata alla certificazione delle procedure di rilievo e successivo collaudo per rilievi laser scanner realizzati per la pubblica amministrazione, è palese che debbano essere individuati protocolli finalizzati alla restituzione del rilievo nel formato bidimensionale e con stampa su supporto cartaceo. Ovvero quello che allo stato attuale risulta il più funzionale per l'utilizzazione ultima che se ne dovrà fare.



Fig. 9 Esemplicazioni dei ribaltamenti possibili in base alle diverse condizioni di deformazione e dei cedimenti

Dovendo infine stabilire le tolleranze di un rilievo non potremmo che rifarci a principi legati alle capacità percettive, alla manualistica, alle normative (ISO) poiché la normativa italiana in materia risulta piuttosto lacunosa, ed alle caratteristiche strumentali.

Nella bibliografia di riferimento (ad ex. il Manuale di Rilevamento Architettonico e Urbano, Mario Docci), vengono stabiliti gli errori ammis-



Fig. 10 Un momento dei saggi eseguiti sul fabbricato, segnatamente la prova dei martinetti piatti.

sibili (grado di affidabilità) relativi al graficismo alle varie scale indicandoli nella tabella di seguito:

Scala 1: $200 \pm 40 \div 60$ mm

Scala 1: $100 \pm 20 \div 30$ mm

Scala 1: $50 \pm 10 \div 15$ mm

Scala 1: $20 \pm 4 \div 6$ mm

Scala 1: $10 \pm 2 \div 3$ mm

Mentre la norma ISO 4463-3 relativa alla precisione delle dimensioni dei disegni di rilievo stabilisce i limiti di accuratezza in:

Scala 1: 200 ± 50 mm

Scala 1: 100 ± 25 mm

Scala 1: 50 ± 12 mm

Dal confronto dei due esempi presi in considerazione appare chiaro come questi rappresentino concetti molto vicini fra loro e che potremmo tranquillamente fare nostri. Inoltre le caratteristiche delle strumentazioni laser scanner di moderna concezione, alla media distanza di circa 25 metri, permettono che tutti gli strumenti siano in grado di soddisfare almeno i requisiti di acquisizione fino alla rappresentazione in scala 1:50.

Rimane comunque importante comprendere come i dati possano modificarsi al cambiare delle piattaforme software sulle quali vengono letti ed elaborati. A questo proposito possiamo prevedere un supplemento di indagine, prima del quale però vorremo fare alcune considerazioni. Riteniamo che il maggior sforzo debba essere al riguardo indirizzato verso la comprensione delle modificazioni dei dati relativi alle figure complesse quali spiline, mesh e nurbs, poiché dati primitivi come punti e linee se specialmente specificati con soli tre numeri dopo la virgola come nel caso dei dati provenienti dalle nuvole di punti laser scanner e topografici espressi sempre in metri come unità di misura, non dovrebbero, a rigor di logica, esserci modificazioni significative.

Infine debbono essere previsti gli errori e le

tolleranze che possono generarsi nel corso delle elaborazioni delle nuvole di punti in ambiente CAD. Questa fase può essere affrontata con diverse metodologie, Infine, debbono essere previsti gli errori e le tolleranze che possono generarsi nel corso delle elaborazioni delle nuvole di punti in ambiente CAD. Questa fase può essere affrontata con diverse metodologie, che possono riassumersi in questi due sistemi di massima:

a) Esportazioni di porzioni di nuvola di punti, in formato 3D che con vari plug-in possono essere digitalizzati sia in formato 3D sia in formato 2D. b) Esportazioni di immagini raster in scala appropriata della nuvola di punti proiettata in vera grandezza.

Nel primo caso, nella digitalizzazione il punto di aggancio viene acquisito attraverso l'utilizzazione di snap automatici presenti nei vari software, questo sia nel caso di digitalizzazione tridimensionale che nel caso di digitalizzazione 2D. Nel secondo caso invece non sono presenti snap automatici, pertanto occorre stabilire alcuni principi che ci consentano di mantenere il livello di accuratezza e risoluzione desiderati. A tal fine sarà necessario prevedere nella rasterizzazione un livello di definizione di almeno 3 pixel per ogni unità minima stabilita dai limiti di accuratezza della scala di rappresentazione. ovvero nella scala di rappresentazione 1:50 dove il limite di accuratezza è stabilito in mm 12 sarà necessario prevedere una rasterizzazione di almeno 3 pixel ogni 12 mm. La lettura e la comprensione della nuvola di punti invece è strettamente legata alla professionalità ed alla competenza dell'operatore.

3. Il progetto di rilievo

Il lavoro di acquisizione è stato affrontato nell'estate 2014 disponendo di un laser scanner Zoller+Fröhlich, Z+F IMAGER® 5010C, strumentazione affidabile e precisa, il rilievo laser scanner è stato affiancato dal rilievo topografico di appoggio realizzato da Francesco Tioli del DiDa con una stazione totale Leica TPS7.

La fase di acquisizione è stata condotta con una campagna di rilievo di 4 giornate, durante le quali sono state eseguite un totale di 290 scansioni così suddivise: 112 al piano terreno, 97 al piano primo, 15 per lo scalone dal piano terreno al piano secondo, 6 per lo scalone di accesso al piano primo, 29 al piano secondo il tutto per un totale di 259 scansioni acquisite con la sola riflettanza, sono state re-

alizzate inoltre 31 scansioni degli esterni, acquisite anche con modalità HDR per il dato del colore.

Le scansioni sono state messe a registro, grazie al diffuso uso di target a Centro di Massa, che opportunamente posizionati sono stati, a loro volta acquisiti, sia nelle singole scansioni, sia nella poligonale realizzata con il rilievo topografico.

Le verifiche sul controllo della qualità del rilievo sono state eseguite, in un primo momento, durante le fasi intermedie di registrazione², accertando che per ogni rototraslazione rigida, nelle sezioni estratte dalla nuvola di punti risultante le linee delle singole scansioni fossero perfettamente corrispondenti fra loro e che qualora questa condizione non fosse rispettata, che fossero almeno in grado di soddisfare la condizione che vi fosse fra le linee delle scansioni più distanti, una distanza non superiore a sei/sette millimetri.

Nella successiva verifica, a registrazione terminata, oltre ai controlli descritti al punto precedente, è stato tuttavia effettuato un accurato riscontro sulla corrispondenza fra il rilievo topografico e la nuvola di punti, accertandosi che fossero rispettate le condizioni di accuratezza previste. Tale controllo è stato condotto, effettuando delle specifiche misurazioni su alcuni punti naturali dell'architettura, misurati nel rilievo laser scanner e nel rilievo topografico, punti posti sia al centro che al limite di ogni lato e naturalmente anche su tutti i target.

4. Le realizzazioni delle mappe per la valutazione delle deformazioni plastiche dell'edificio

La verifica dell'accuratezza della registrazione effettuata con condizioni così stringenti è stata essenziale poiché era necessario poter disporre di

una nuvola di punti precisa ed affidabile, in quanto per le sue elaborazioni successive dovevano essere eseguiti trattamenti molti impegnativi e puntuali per la verifica sismica dell'edificio, pertanto se eseguiti su dati non affidabili avrebbero compromesso il lavoro successivo e reso inutilizzabili i riscontri ottenuti. In particolare la possibilità di disporre di dati assolutamente affidabili è servita per eseguire gli scrupolosi elaborati per la valutazione delle deformazioni plastiche del fabbricato. La stima delle deformazioni plastiche dell'edificio, viene ottenuta impostando dei piani di proiezione sulle facciate interne ed esterne ai setti murari oggetto della valutazione, successivamente su ognuno di questi piani viene analizzata la displanarità di tutti i punti, appartenenti alla facciata stessa, rispetto ad un piano ideale precedentemente individuato; questa operazione è nota anche come esecuzione della *Elevation Map*³. questo metodo ci consente di ottenere mappe in cui i punti sono colorati a seconda della loro distanza dal piano pre-impostato, la scala di colori assegnata, determinata con variazioni dimensionali impostate sulla variazione dei toni che solitamente vanno dal blu al rosso e che di solito indicano rispettivamente la distanza dei punti più vicini e quelli più lontani dal piano assegnato. Le mappe ottenute sono state esportate grazie alle rasterizzazioni⁴ delle proiezioni in vera grandezza estratte da ogni piano di proiezione individuato nella nuvola di punti a seconda delle necessità di indagine del rilievo, questo tipo di elaborato è detto *ortho-image*, e in formato TIF e può essere importato, perfettamente scalato e orientato, anche su i più comuni programmi CAD.

NOTE

1 Mario Docci, Diego Maestri, *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*, Bari, 2010, p. 30

2 «Con il termine registrazione o messa a registro si intende la rototraslazione di tutte le scansioni in un unico sistema di riferimento», F. Rinaudo, F. Rinaudo, *La tecnica laser scanning: applicazioni architettoniche e urbanistiche*, in *La tecnica del laser scanning: teoria e applicazioni*, a cura di Fabio Crosilla e Riccardo Galetto, Udine, 2003, pp. 134-136.

3 Per *Elevation Map* si intende un preciso comando eseguito con il software *Cyclone*, grazie al quale è possibile valutare la displanarità di ogni punto analizzato rispetto ad un piano predefinito dall'operatore, il software rende esplicita la lettura di questa operazione diversificando il colore dei punti a seconda della loro distanza dal suddetto piano.

4 «Con il termine rasterizzazione si intende il processo di discretizzazione che consente di trasformare una primitiva geometrica definita in uno spazio continuo 2D nella sua rappresentazione discreta, composta da un insieme di pixel di un dispositivo di output» R. Scateni, P. Cignoni, C. Montani e R. Scopigno, *Fondamenti di Grafica Tridimensionale interattiva*, McGrawHill Italia, Milano, 2005.

5 Per ortho-image, si intende una rasterizzazione della visualizzazione a schermo, scalata e controllata, della proiezione ortogonale delle nuvole di punti su di un già pre-impostato piano di proiezione. Questo elaborato è possibile esportarlo direttamente su programmi CAD mantenendone la scala e l'origine, che si rivela di fondamentale importanza qualora si debbano utilizzare più ortho image per rappresentare una pianta o una sezione di un manufatto molto grande.

BIBLIOGRAFIA

- Bertocci S., Bini M. (2012). *Manuale di rilievo architettonico e urbano*, Novara, De Agostini Scuola S.p.A..
- Bertocci S., Minutoli G., Pancani G. (2015). *Rilievo tridimensionale e analisi dei dissesti della Pieve di Romanina*, "DisegnareCon", vol 8, n° XIV (2015), PDF 26.1-26.20. (ISSN 1828-5961)
- Bertocci S. Puma P. (2015). *Experiences of documentation and digital survey of some UNESCO world heritage sites*. In: *Contemporary problems of architecture and construction*, Firenze, La scuola di Pitagora editrice, pp. 679-684.
- Bertocci S. (2013). *Esperienze di documentazione e rilievo digitale di alcuni siti Patrimonio UNESCO: un importante contributo per i Piani di Gestione*. In: *35° Convegno Internazionale dei Docenti della Rappresentazione: Patrimoni e siti UNESCO. Memoria, Misura e Armonia, Matera, 24-26 Ottobre 2013*, Gangemi Editore, pp. 121-131.
- Docci M., Maestri D. (2010). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*, Bari.
- Gaiani, M., Apollonio F. I. (2015). *Innovative approach to the digital documentation and rendering of the total appearance of fine drawings and its validation on Leonardo's Vitruvian Man*, «JOURNAL OF CULTURAL HERITAGE», 16, pp. 805 - 812.
- Lo Turco M., Novello G. (2013). *From real to virtual (and back): survey and design applied to BIM approach*. In: *MO.DI.PHY. MODELING FROM DIGITAL TO PHYSICAL*, Lecco, 11-12 Novembre 2013. pp. 96-103
- A. Manzino, M. Roggero, (2003). *Il trattamento informatico del dato laser*, in (a cura di) Fabio Crosilla, Riccardo Galetto, *La tecnica del laser scanning: teoria e applicazioni*, pp. 131-155.
- Marotta A. (2010). *Metodologie di analisi per l'architettura: il Rilievo come conoscenza complessa in forma di database*. In: *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano / Mario Centofanti*. Gangemi Editore, Roma, pp. 69-141. ISBN 9788849218602
- Pancani G. (2005). *I Quartieri Estivi di Palazzo Pitti, gestione di una banca dati di rilievo integrato*, tesi di dottorato di ricerca in Rilievo e rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente, XVIII ciclo, Firenze.
- Pancani G. (2015). *Il rilievo laser scanner della cattedrale di Sasamón*, in S. Bertocci G. Minutoli S. Mora G. Pancani (a cura di), *Complessi religiosi e sistemi difensivi sul Camino di Santiago de Compostela: Rilievi e analisi per la valorizzazione e il restauro della cattedrale di Santa Maria la Real a Sasamón*, pp. 61-75, Firenze, Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze, aprile.
- Parrinello S., Picchio F. (2013). *Dalla fotografia digitale al modello 3D dell'architettura storica*. DISEGNARE CON..., pp. 1-14, ISSN:1828-5961
- Scateni R., Cignoni P., Montani C. e Scopigno R. (2005). *Fondamenti di Grafica Tridimensionale interattiva*, McGrawHill Italia, Milano.