



Giovanni Pancani

Architetto e dottore di ricerca in Rilievo e rappresentazione dell'architettura e dell'ambiente. Dal 2016 è Ricercatore RTD-B, presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze, svolge inoltre regolare attività didattica presso l'Université Euro-Méditerranéenne de Fès nell'ambito della École Euro-Méditerranéenne d'Architecture et d'Urbanisme.

Il centro storico di Poppi, analisi a livello urbano per la valutazione del rischio sismico

The historic centre of Poppi, an urban-scale analysis for assesment of seismic risk

Il borgo di Poppi quale caso studio per affrontare la questione dell'analisi dei centri storici, declinandola secondo i temi della loro documentazione, conservazione e sicurezza.

Il lavoro si è articolato in tre tematiche: la realizzazione di un rilievo affidabile, un'appropriata restituzione dello stato di fatto e l'individuazione degli elementi di criticità del tessuto edilizio.

il rilievo è stato realizzato utilizzando la tecnologia laser scanner 3D, per ottenere una documentazione dei manufatti di elevata qualità ed una rappresentazione grafica in grado di restituirne il valore architettonico. La schedatura è servita a raccogliere le informazioni necessarie per la comprensione dei fenomeni edilizi. Il tema della sicurezza è stato affrontato sia con l'analisi dei fronti strada per individuarne le possibili deformazioni, sia con l'esame dell'inclinazione dei piedritti dei portici. Sulla base di tale sistema di dati è stata realizzata una cartografia tematica di sintesi.

The town of Poppi as a case study to address the question of analysing historic centres in terms of their documentation, preservation and safety.

The work was divided into three areas: the realization of a reliable survey, an appropriate reconstruction of the current state and the identification of the critical elements of the building fabric. The survey was carried out using 3D laser scanning technology to obtain high quality documentation of the artifacts and a graphic display able to show their architectural value. Cataloguing was used to gather the information needed to identify the building system. The question of safety was also addressed both through the analysis of street fronts to identify possible deformations, and by examining the inclination of the straight sides of the arcades. A thematic summary map was realized using this data system.

Parole chiave: rilievo urbano, certificazione del rilievo, protocollo di restituzione, deformazioni plastiche, verifica sicurezza sismica, inclinazione dei piedritti.

Keywords: urban survey, certification of the survey, drawing methods, plastic deformation, seismic safety, pillar inclination.

OBIETTIVI DEL CONTRIBUTO

Il contributo prende in esame il problema dell'analisi dei centri storici, affrontando i temi della loro documentazione, della conservazione e della loro sicurezza. Il territorio italiano, fortemente antropizzato anche nelle località più remote, è ricco di centri storici di assoluto valore storico architettonico, ma presenta una significativa fragilità, sia per quanto concerne il rischio sismico, sia riguardo al rischio idrogeologico. In considerazione dell'elevata sismicità della penisola italiana, tenendo conto dei recenti terremoti che hanno colpito alcune regioni del centro Italia, è stato ritenuto opportuno iniziare un percorso di studio che andasse ad analizzare le connessioni fra il patrimonio architettonico e le strategie necessarie per la sua conservazione.

Il progetto del caso studio sul centro abitato di Poppi, si è articolato attraverso tre tematiche principali: la realizzazione di un rilievo affidabile e certificabile a scala urbana, la documentazione dello stato attuale delle unità, l'individuazione degli elementi di criticità all'interno del tessuto urbano.

Il rilievo è stato effettuato attraverso l'utilizzo della tecnologia laser scanner 3D, in modo da ottenere una documentazione dei manufatti di elevata qualità dal punto di vista metrico e morfologico, alla quale però è stato affiancato un protocollo di controllo e certificazione dei dati acquisiti, soprattutto in considerazione della sensibilità del loro utilizzo, relativo soprattutto alle valutazioni sulla vulnerabilità sismica degli edifici. Per quanto riguarda la densità del rilievo, questa è stata prevista in modo da garantire una rappresentazione grafica adeguata a restituire pienamente il valore storico architettonico del borgo, ma anche adatta per cogliere gli eventuali segni di dissesto strutturale.

Infine, per la documentazione dello stato di fatto, è stato messo a punto un sistema di schede censuarie, con lo scopo di raccogliere le informazioni necessarie alla comprensione dei fenomeni edilizi.

Sulla base di questo sistema di dati, è stata quindi realizzata una cartografia tematica con tavole di merito per leggere i singoli fenomeni e con tavole di sintesi per la lettura del quadro d'insieme.

Il tema della sicurezza è stato affrontato con un'a-

nalisi non invasiva dei fronti strada, volta ad individuare le possibili deformazioni dei paramenti murari assieme ad un esame accurato dell'inclinazione dei piedritti dei portici, realizzati anche questi, sfruttando le potenzialità offerte dai dati del rilievo laser scanner.

TEMATICA GENERALE

Il tema prescelto per il caso studio è il borgo di Poppi (Fig. 1), capoluogo dell'omonimo comune, che è situato sulla sommità di un colle isolato dalla caratteristica forma ad L, posto lungo la riva destra dell'Arno, in una posizione centrale e dominante su tutta la valle del Casentino.

La vallata è stata un'importante via di comunicazione fin dalla preistoria. Sui percorsi di origine etrusca e romana si è impostata la viabilità medievale che collegava fra loro i numerosi piccoli centri casentinesi e li metteva in comunicazione con le valli circostanti. Queste strade che in epoca medievale percorrevano il Casentino, risultavano essere percorsi di particolare importanza per il superamento degli Appennini negli spostamenti fra il sud ed il nord della penisola [1].

La necessità di presidiare la viabilità nella vallata fece sviluppare, fra il X e il XIII secolo, un consistente incastellamento e pertanto il Casentino si presenta, oggi, ricco di centri storici nei quali è ancora possibile rintracciare l'impianto originario. Tra questi, Poppi, per la qualità delle sue architetture, rappre-



Fig. 1. Un'immagine del centro storico di Poppi, in particolare la zona oggetto della prima campagna di studi relativa alla dorsale della collina su cui si snoda via Cavour, vista dal Castello dei conti Guidi.

senta sicuramente il centro di maggior interesse e il meglio conservato. Ciò è stato possibile grazie all'attaccamento al borgo dei suoi abitanti che ha prodotto negli anni un'intensa attività di recupero dell'abitato, ma anche grazie alla sua posizione elevata sul crinale di un colle dai fianchi molto scoscesi che ne ha da sempre limitato le aree di espansione; questo soprattutto nel secondo dopoguerra del XX secolo quando è iniziata la ricostruzione post bellica e i centri storici si sono visti assediati da estese aree di nuova costruzione. Sono queste le condizioni favorevoli che hanno consentito alla cittadina di mantenere nel corso dei secoli il suo aspetto e le sue dimensioni originarie.

STATO DELL'ARTE

A partire dal disastroso terremoto dell'Aquila, è iniziato un processo legato al censimento e alla valutazione dei danni riportati in seguito al sisma. Per la prima volta, sono stati utilizzati in maniera sistematica gli strumenti e le potenzialità che la tecnologia laser scanner metteva a disposizione. La maturità tecnologica e metodologica raggiunta dalle strumentazioni laser scanner, ha consentito l'uso massiccio di tali tecnologie in ambito urbano. Mentre, la necessità di trovare soluzioni tecnologiche e metodologiche all'avanguardia, in grado di consentire adeguate mappature, con approfondimenti diagnostici sullo stato del patrimonio edilizio, ha spinto numerosi ricercatori a sperimentare le possibili applicazioni che i dati provenienti dalle nuvole di punti erano in grado di fornire. La nostra ricerca si inquadra esattamente in questo ambito, con la particolarità di andare a fotografare le condizioni del patrimonio edilizio ancora integro, ovvero quello che non ha subito eventi sismici di particolare intensità in epoche relativamente recenti, laddove risulti essere in buono stato di conservazione e gli interventi di trasformazione siano stati molto modesti. Si tratta, quindi, di andare ad effettuare la valutazione dello stato vigente e, contemporaneamente, di mettere a punto appropriati interventi di prevenzione. Il caso studio di Poppi affronta, dunque, il tema di un centro urbano, per valutarne la capacità nel resistere ad eventuali eventi sismici di magnitudo anche

importanti, ma soprattutto, per l'eventuale messa a punto di modelli e protocolli di salvaguardia per interventi facilmente assimilabili ad altri borghi storici con caratteristiche edilizie analoghe.

METODOLOGIA SEGUITA

Il lavoro di documentazione del centro storico di Poppi è stato realizzato con tre progressive campagne di rilievo, che si sono succedute ciascuna ad un anno di distanza dall'altra. La prima campagna è stata realizzata nella primavera del 2012, i cui risul-

tati sono stati trattati nella tesi di laurea di Marco Tocchi [2]; successivamente sono stati ampliati dallo scrivente [3] per confluire nel presente contributo. Alla prima campagna ha fatto seguito una successiva campagna nella primavera 2013 ed infine quella della primavera del 2014. Durante le tre fasi di lavoro è stato preso in esame tutto il centro storico di Poppi, in particolare tutto l'abitato all'interno della cerchia muraria del XIII secolo. Con il primo intervento è stato analizzato il percorso lungo il crinale del colle su cui sorge Poppi, segnatamente dalla chiesa di San Fedele alla Porta Santi Cascese o Porta a Fronzola (Fig. 2). Le strumentazioni laser scanner utilizzate

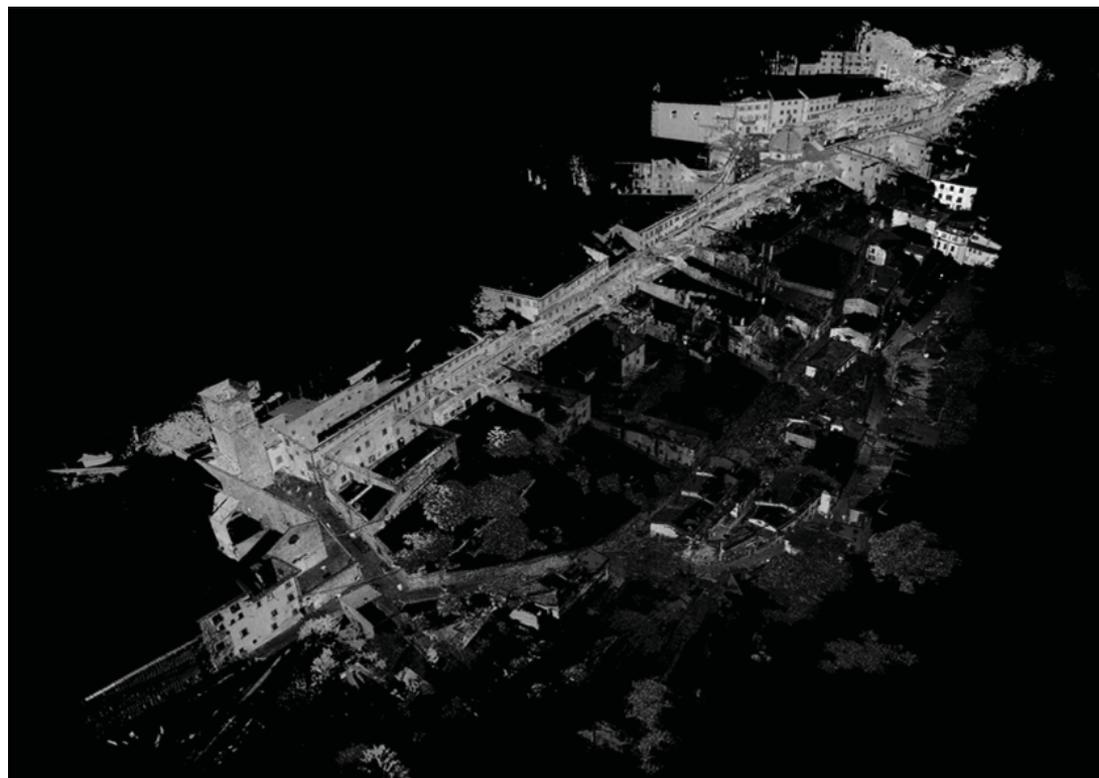


Fig. 2. La nuvola di punti del Borgo di Poppi dalla Chiesa di San Fedele alla porta di Santi Cascese.

nelle tre campagne di rilievo sono state diverse, ma i dati sono stati ben integrati fra loro. Nel 2012 il rilievo è stato affrontato con un Faro focus 3D, nella campagna successiva del 2013 è stato invece utilizzato un laser scanner Z+F image 5006, mentre nel 2014 è stato utilizzato un più moderno Z+F Image 5010. Gli apparecchi, sebbene molto diversi fra loro, per caratteristiche di portata, per precisione, per maneggevolezza e per capacità di contenere il rumore digitale, sono comunque tutti strumenti a differenza di fase.

Le dimensioni, certo non trascurabili, dell'intero centro storico e la sua complessità morfologica, accresciuta dalle differenze altimetriche che lo caratterizzano, hanno reso necessaria la realizzazione di una poligonale topografica di appoggio che si è rivelata indispensabile per unificare tutto il progetto, condotto in ben tre diverse sessioni di rilievo. Molto importante è stata, inoltre, la certificazione dei dati di rilievo e il controllo della loro affidabilità metrico-morfologica. Il processo di certificazione è stato eseguito a supporto della verifica per le registrazioni della nuvola di punti e per il riscontro delle digitalizzazioni in ambiente CAD con i dati della nuvola di punti.

Quindi, proprio la certificazione delle nuvole di punti ha costituito uno degli elementi di caratterizzazione del caso studio in oggetto, risultando fondamentale per dare certezza ai risultati delle elaborazioni sulle dinamiche deformative.

Eseguire il rilievo urbano di un intero centro storico, esteso e con sensibili variazioni delle quote altimetriche, come lo è quello del centro casentino, è un'operazione soggetta ad imprecisioni, dovute, sia alla complessità morfologico-altimetrica, sia agli eventuali errori che possono verificarsi durante il processo di acquisizione e la messa a registro⁴ delle nuvole di punti. Le strumentazioni, altamente tecnologiche, utilizzate nelle operazioni di rilievo, richiedono precisi protocolli di lavoro e di verifica, poiché la grande quantità di dati prodotta e il grande numero di interazioni che esistono per la messa a registro dei dati suddetti sono di difficile controllo e presentano la necessità di eseguire continue e ben individuate operazioni di verifica sulla quantità e sulla qualità dei dati del rilievo. Tuttavia, nel caso in oggetto, i controlli sulla qualità si sono resi ancora più

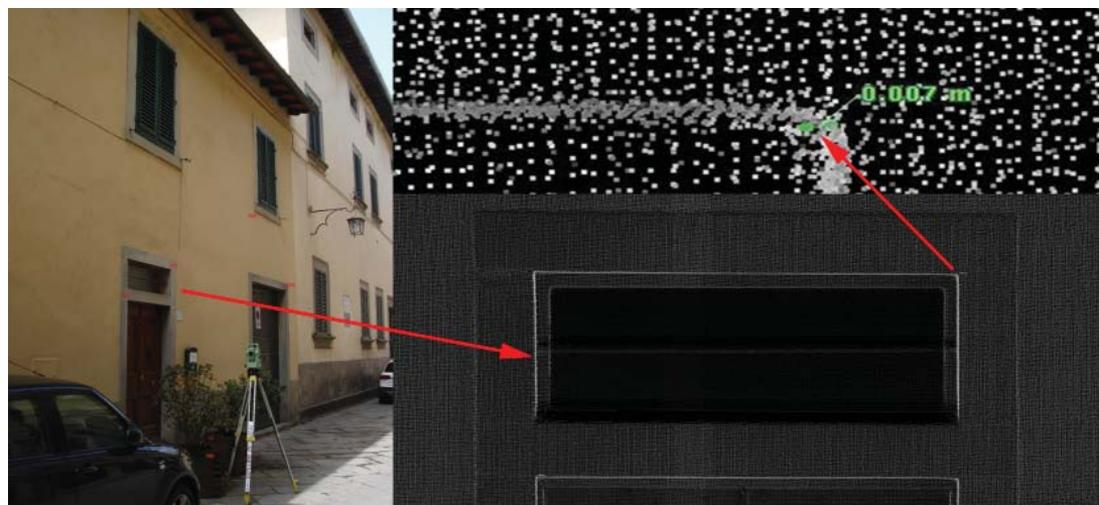
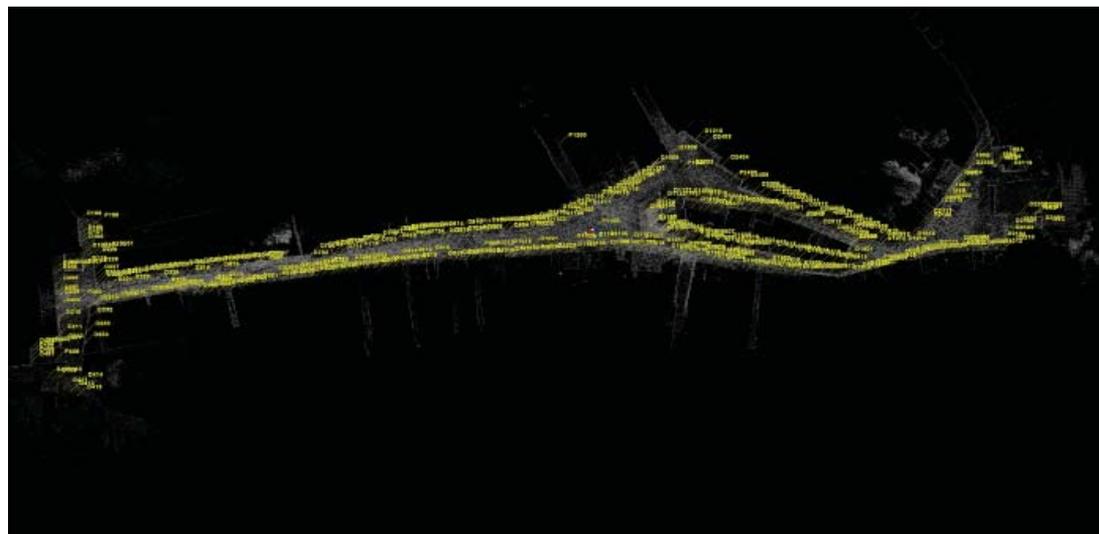


Fig. 3. Il rilievo topografico con i punti battuti sui target necessari per le registrazioni.

Fig. 4. La certificazione dei punti eseguita attraverso il rilievo topografico.

stringenti ed accurati, in quanto i dati raccolti sono serviti per applicazioni decisamente sensibili. Infatti, le elaborazioni per la verifica delle deformazioni plastiche dei fronti, ha richiesto delle nuvole di punti con standard qualitativi molto elevati. Occorre, tuttavia, precisare che, nonostante l'alto dettaglio acquisito con le scansioni, per raggiungere un risultato affidabile, è stato necessario stabilire criteri di ulteriore verifica aggiuntiva sui dettagli delle singole registrazioni e sul dato finale del data-base realizzato. Ben sapendo che il controllo e l'affidabilità intrinseca, offerti dai vari software per l'elaborazione delle nuvole di punti, non sono di per sé sufficienti a garantire la massima affidabilità del rilievo.

Il protocollo che il nostro gruppo di ricerca ha messo a punto per la realizzazione di rilievi molto estesi, si basa su più presidi di controllo che si incrociano fra loro ed è stato così strutturato.

Alla base del lavoro di rilevamento, troviamo il rilievo topografico (Fig. 3). Questo rappresenta l'infrastruttura principale su cui tutto il rilievo va ad agganciarsi. Si è trattato pertanto di realizzare una prima poligonale topografica che andasse a misurare i target per l'unione delle singole scansioni, mentre, in un secondo momento, è stato realizzato un'ulteriore rilievo topografico per misurare i particolari architettonici facilmente riconoscibili, da utilizzare per il controllo della corrispondenza fra il rilievo topografico (Fig. 4), la nuvola di punti e la corrispondenza della digitalizzazione con il disegno in ambiente CAD. Il secondo presidio di controllo è stato realizzato andando ad eseguire, sulle nuvole di punti registrate, delle sezioni di riscontro per la verifica degli allineamenti dei vari fili di sezione, relativi alle singole scansioni presenti nella registrazione, stabilendo inoltre, in base a precisi criteri di accuratezza⁵, che il disallineamento massimo fra i vari fili di sezione fosse di un centimetro (Fig. 5). Questo tipo di riscontro è stato utilizzato sia nelle registrazioni intermedie delle scansioni, sia nella registrazione finale di tutto il rilievo. Durante la registrazione e la verifica con il rilievo topografico, il controllo incrociato fra le sezioni ha permesso la certificazione del rilievo con un'apprezzabile livello di accuratezza, soprattutto in riferimento agli standard considerati.

La restituzione dei dati in formato *dwg*, è stata eseguita, utilizzando protocolli già sperimentati, con

procedure che prevedono l'esportazione di immagini raster scalate e referenziate automaticamente dal software di gestione della nuvola di punti (Fig. 6). La loro digitalizzazione all'interno di ambienti CAD ha prodotto elaborati altamente descrittivi, i quali sono stati a loro volta esportati per realizzare gli ortofotopiani dai cui ottenere le tavole tematiche relative al degrado ed alla descrizione materica dei fronti (Fig. 7).

Particolare attenzione merita un dato estratto direttamente dalle nuvole di punti, ovvero la valutazione della displarità dei punti di una facciata rispetto ad un piano ideale assegnato (Fig. 8 e 9). Questa metodologia, sperimentata dal nostro gruppo di ricerca negli aggregati dell'Aquila e dei comuni del cratere del sisma del 2009⁶, ha permesso di valutare le conseguenze e le deformazioni prodotte dall'even-

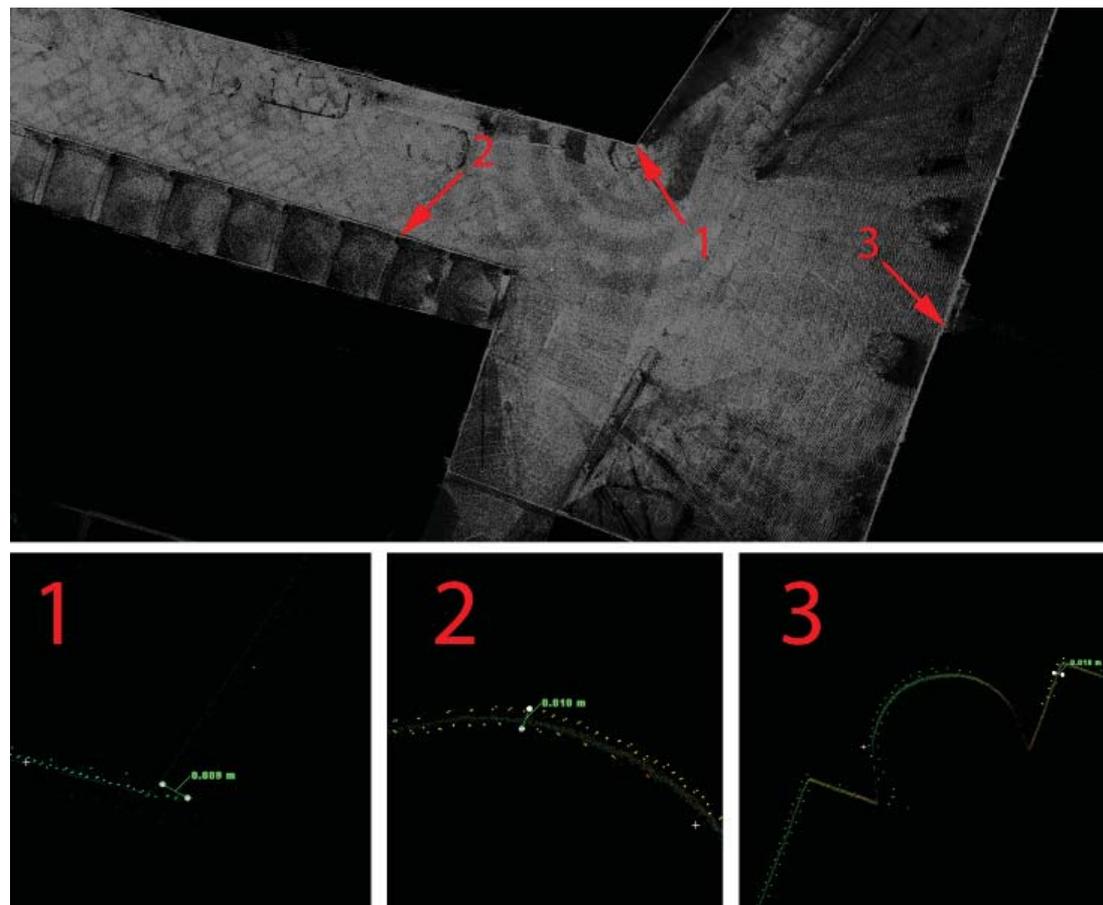


Fig. 5. La certificazione delle registrazioni eseguita attraverso la verifica delle sezioni.

to tellurico sugli edifici. Nell'occasione abruzzese, il metodo è stato sperimentato per valutare se, oltre alle macro deformazioni prodotte da un sisma di magnitudo elevata, fosse possibile misurare e classificare anche le più contenute deformazioni dovute agli assestamenti che il trascorrere del tempo e degli eventi, lasciano di solito nei fabbricati. Gli elaborati estratti da questa pratica sono serviti per elaborare le ipotesi di dissesto meccanico dei fronti (Fig. 10) che, assieme alle altre accurate indagini di carattere speditivo sulle condizioni di staticità degli edifici, hanno permesso la realizzazione delle tavole per la valutazione dello stato di sicurezza dei fabbricati che affacciano sulle strade cittadine (Fig. 11).

Il Centro storico di Poppi, sviluppatosi lungo l'asse viario che dal medievale monastero di San Fedele e dall'omonima chiesa conduce alla seicentesca cappella del morbo, si caratterizza, dal punto di vista morfologico, soprattutto per la presenza del porticato presente su quasi la totalità della spina centrale del borgo. In funzione di questo requisito è stato ritenuto opportuno condurre un'accurata analisi sullo stato dei piedritti dei portici (Fig. 12). Le colonne e i pilastri che sostengono i loggiati, si presentano, in molti casi, con evidenti spostamenti dalla condizione ideale di verticalità, pertanto è stato ritenuto opportuno, vista la quantità e qualità di dati disponibili dal rilievo laser scanner, andare ed eseguire delle misurazioni accurate per verificare la condizione di possibile ribaltamento degli elementi verticali. Tuttavia, anziché valutarne l'inclinazione secondo un unico piano di proiezione, è stato ritenuto necessario eseguire delle valutazioni dell'inclinazione reale, qualunque fosse o fossero le direzioni del possibile ribaltamento. Per realizzare questo proposito sono state eseguite due sezioni orizzontali, una alla base e l'altra alla sommità del piedritto, in corrispondenza dell'eventuale capitello. Per ogni sezione piana delle colonne e dei pilastri, è stato individuato il baricentro geometrico. Con il baricentro delle due sezioni, quella alla base e quella alla sommità dell'elemento verticale, appartene-

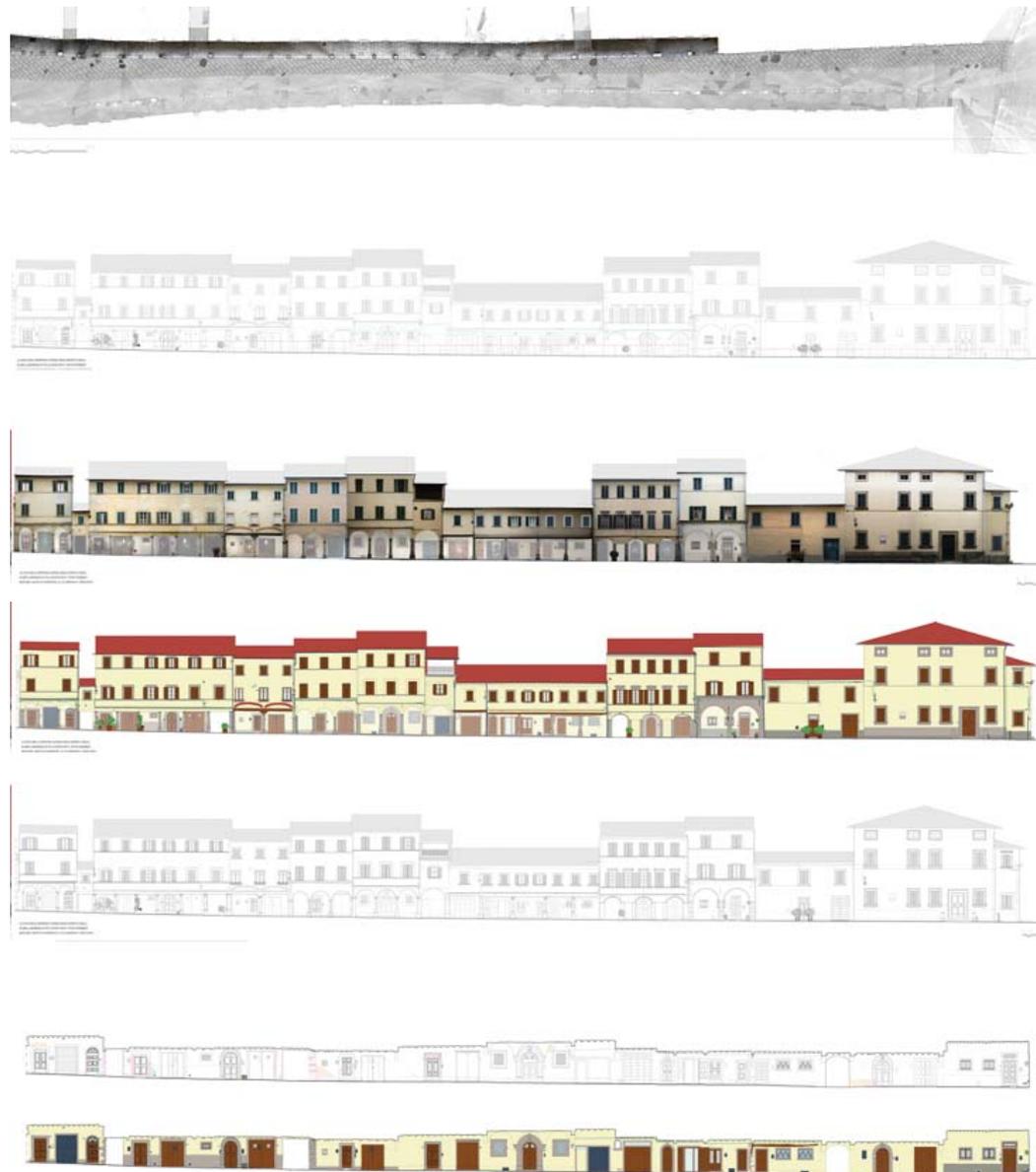
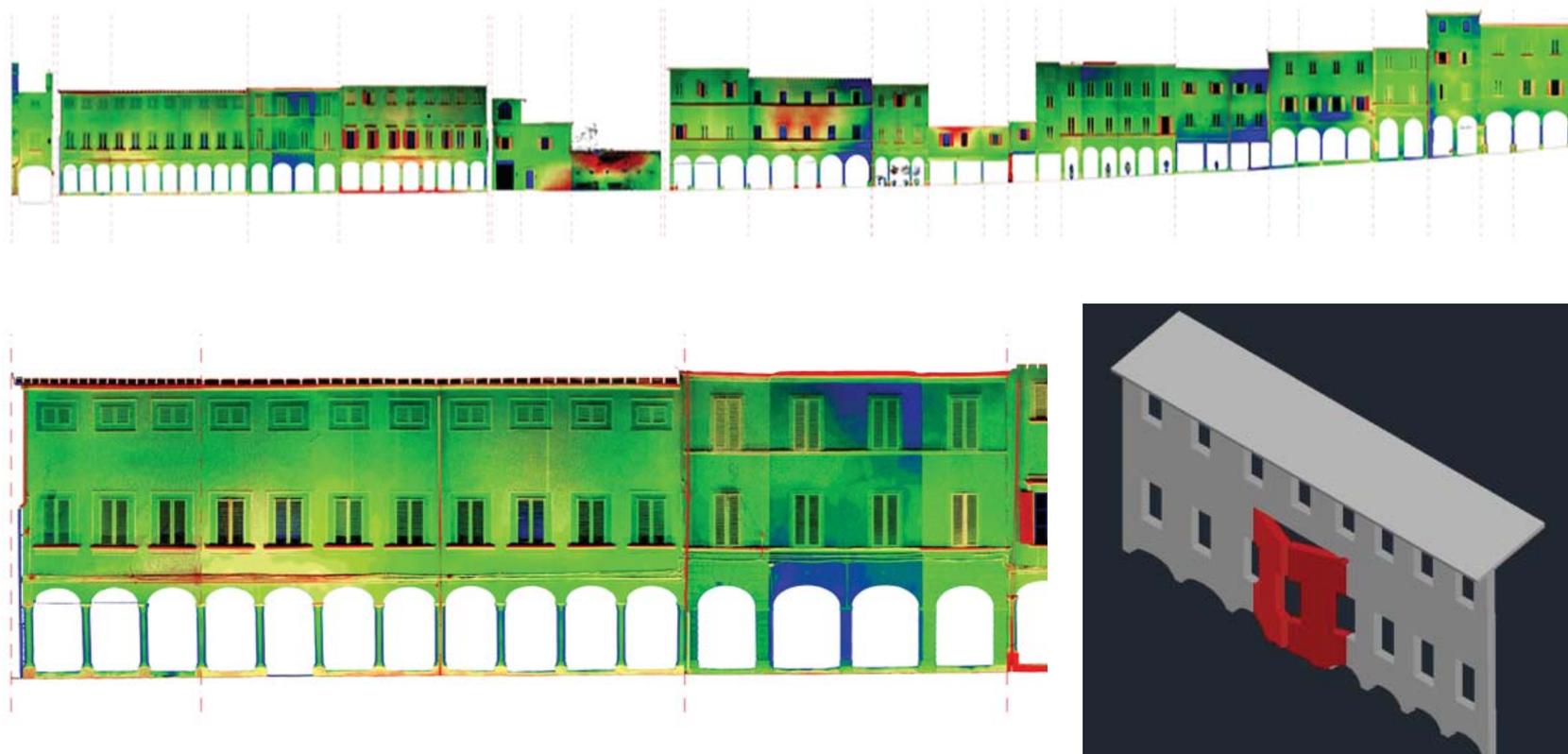


Fig. 6 e Fig. 7 Digitalizzazione dalla nuvola di punti e il fotopiano dei fronti urbani.



nenti entrambe ad un unico sistema di riferimento, è stato possibile misurare la proiezione, sul piano, dell'intensità e della direzione del vettore di spostamento generato dall'inclinazione della colonna (Fig. 13). Questa operazione è stata eseguita assegnando ad ogni singolo fabbricato un proprio sistema di riferimento, in modo da valutare assieme tutte le deformazioni e formulare un'analisi del rischio per eventuali dissesti a cui poteva andare incontro ogni singolo edificio. Infine, la valutazione delle inclinazioni è stata eseguita utilizzando un parametro assoluto e non i singoli spostamenti. Tale parametro, ot-

tenuto grazie alle informazioni risultanti dal nostro rilievo, corrisponde allo spostamento del baricentro per la distanza fra le due sezioni orizzontali. La schedatura del Borgo ha ulteriormente ampliato lo stato di conoscenza del piccolo centro urbano (Fig. 14). Il lavoro è stato condotto con lo scopo di documentare le caratteristiche architettoniche delle singole unità edilizie, le schede censuarie sono confluite in un data-base in grado di essere aggiornato e revisionato con il procedere dei lavori. La prima versione, molto descrittiva, ma poco agile da leggere ed interpretare, è stata con il tempo semplifica-

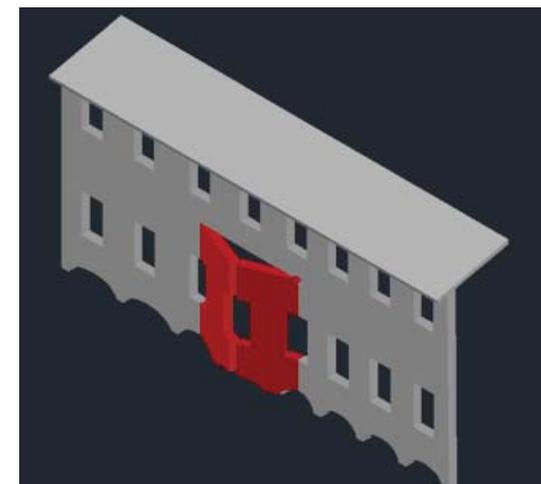
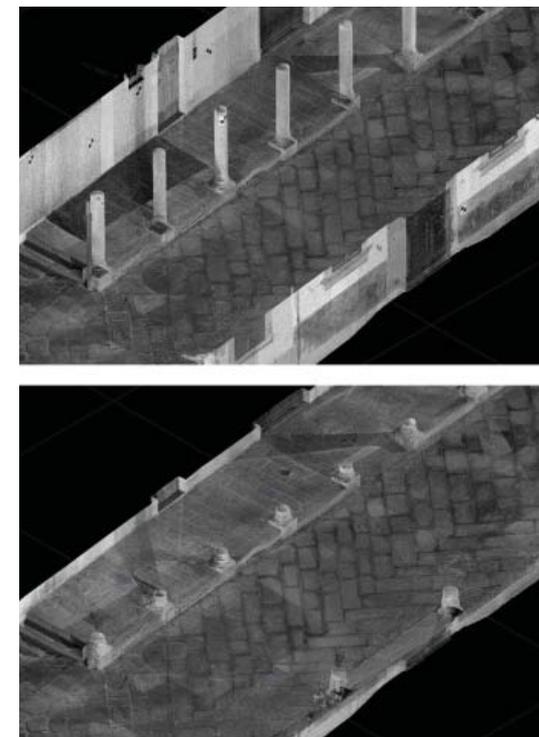
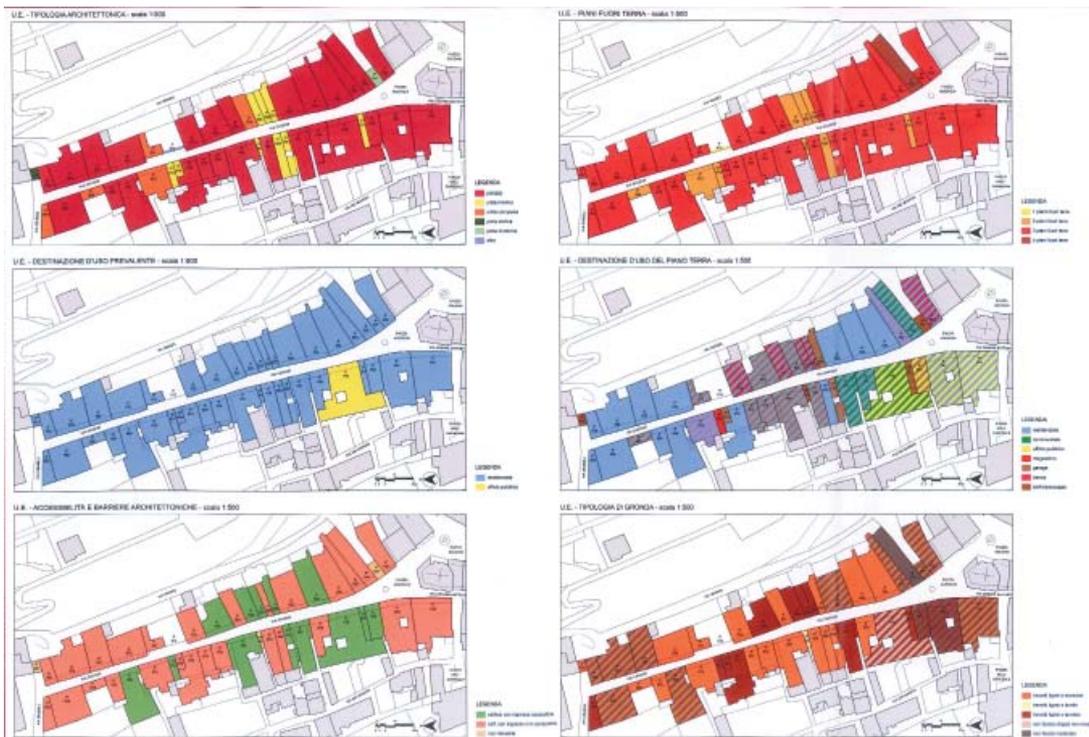


Fig. 8 e Fig. 9. Le visualizzazioni delle displanarità dei punti rispetto ad un piano assegnato dette anche elevation map.

Fig. 10. Modello dei dissesti presunti.



ta, proprio in funzione del fatto che tutto il lavoro di indagine sulla vulnerabilità sismica del centro di poppi doveva essere realizzato grazie ad interventi che fossero speditivi e, al tempo stesso, poco costosi, andando pertanto a selezionare le informazioni effettivamente indispensabili al raggiungimento del grado di confidenza richiesto.

RISULTATI CONSEGUITI

L'utilizzazione dei moderni sistemi di rilevamento laser scanner, grazie alla messa a punto di protocolli per l'implementazione dello sfruttamento dei dati prodotti, ha permesso di realizzare questo proto-

collo di intervento sui centri storici che ha prodotto un elevato grado di conoscenza. Le molteplici sfaccettature che sono state analizzate in questo caso studio, relative soprattutto agli aspetti morfologici del centro urbano, hanno permesso di valutare il grado di conservazione e gli aspetti più significativi del degrado. Tuttavia, grazie alle interazioni sulla meccanica dei dissesti degli edifici, ci si è potuti cimentare nella realizzazione di approfondite carte tematiche sui possibili elementi di pericolosità del centro cittadino. Tali elementi sono stati individuati sulle facciate e sui piedritti dei portici, sono stati raccolti e visualizzati in più carte tematiche e sintetizzati in un'unica carta riassuntiva, grazie alla quale è possibile avere un quadro complessivo del possibile

Fig. 11. Tavole tematiche risultate della sintesi delle schede.

Fig. 12. Immagini della nuvola di punti con sezioni sui punti di taglio dei piedritti.

rischio sismico e di dissesto di ogni unità edilizia esaminata (Fig. 14).
La natura dell'analisi, condotta su scala urbana, senza indagare la struttura interna degli edifici, non ha la pretesa di produrre un esame esaustivo e completo della natura statica e strutturale degli edifici, ma vuole porsi come uno strumento di indagine non invasivo che può essere messo in opera con tempi e modalità relativamente rapidi ed a costi tutto sommato modesti, ma capace di fornire con precisione ed accuratezza le informazioni necessarie per indirizzare indagini più approfondite che possono tradursi in interventi di consolidamento e messa in sicurezza delle strutture.

ASPETTI INNOVATIVI ED ELEMENTI ORIGINALI

In questo lavoro sono state raccolte, organizzate ed armonizzate le esperienze che, nel corso degli ultimi anni, il nostro gruppo di studio ha sviluppato. La possibilità di realizzare interazioni fra i dati provenienti dal rilievo laser scanner 3D, ha permesso di realizzare un procedimento speditivo per la valutazione del rischio sismico dei centri storici. Il procedimento può annoverare, fra gli elementi di novità, la certificazione del dato e del protocollo restitutivo, in assenza del quale, ogni considerazione soprattutto di carattere strutturale risulta vana. Un altro elemento significativo è, senz'altro, la valutazione delle deformazioni dei fronti, realizzata grazie alle potenzialità offerte dalla nuvola di punti, e in particolare, la verifica della displarità dei puti rispetto ad un piano assegnato. Così come il modo di valutazione dell'inclinazione dei piedritti dei portici è senz'altro frutto delle molteplici possibilità di sfruttamento dei dati provenienti della nuvola di punti.

P 002 - Δh=1,75m			P 002-3			P 003 - Δh=1,75m			P 003-7		
d=3,3 cm	d=5 cm	d=3,7 cm	d=3,9 cm	d=3,6 cm	d=4,7 cm	d=2,7 cm	d=1,1 cm	d=1,1 cm	d=0,6 cm	d=2,2 cm	d=1,7 cm

P 007 - Δh1,7m				P 007-10			P 010 - Δh=1,35m					
d=1,2 cm	d=0,3 cm	d=0,8 cm	d=1,5 cm	d=1,4 cm	d=1,4 cm	d=1,4 cm	d=0,9 cm	d=1,6 cm	d=2,4 cm	d=1,7 cm	d=1,8 cm	

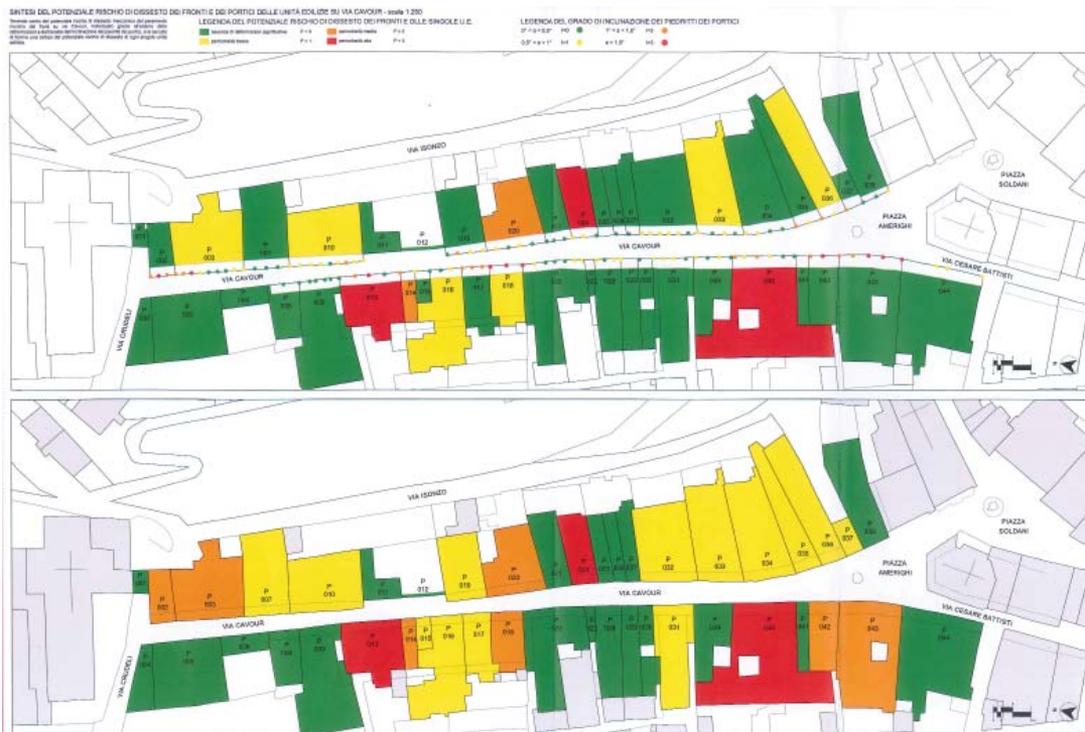


Fig. 13. Schema riassuntivo, con la visualizzazione del vettore d'inclinazione dei piedritti.

Fig. 14. Tavola riassuntiva sullo stato del rischio sismico degli edifici.

NOTE

[1] Si veda in Fatucchi A. (1970). *Le strade romane del Casentino*, in: *Atti e memorie dell'Accademia Petrarca*, Nuova serie, Vol XL, anni, 1970-72, Arezzo.

[2] Tocchi M. Il problema della documentazione conservazione e sicurezza nei centri storici: il caso studio di Poppi, Tesi di Laurea, relatore Prof. Bertocci S., correlatori: Dott. Arch. Pancani G., Dott. Arch. Minutoli G., Università degli studi di Firenze, Dipartimento di Architettura DiDA, A.A. 2012/2013.

[3] Alla elaborazione dei risultati della prima campagna di rilievo, ha contribuito l'ulteriore lavoro condotto in collaborazione con Giovanni Minutoli, sia nella correlazione nella tesi di Marco Tocchi, sia con il coordinamento dell'omonimo seminario (A.A. 2013/2014) nel laboratorio di restauro I, tenuto da Silvio V. Riel.

[4] Con il termine messa a registro o registrazione, si intende la rototraslazione rigida di tutte le scansioni in un unico sistema di riferimento», Rinaudo F. (2003) *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, pp. 134-136.

[5] Per la verifica delle risoluzioni alle varie scale si fa riferimento ai seguenti testi e normative: Dovendo stabilire le tolleranze di un rilievo non potremmo che rifarci a principi legati alle capacità percettive, alla manualistica e alle normative (ISO) poiché la normativa italiana in materia risulta piuttosto lacunosa. Quale bibliografia di riferimento si veda: Docci M., Maestri D. (2010). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*, Bari, laddove vengono stabiliti gli errori ammissibili (grado di affidabilità) relativi al graficismo alle varie scale

indicandoli nella tabella di seguito: Scala 1: 200 ± 40÷60 mm; Scala 1: 100 ± 20÷30 mm; Scala 1: 50 ± 10÷15 mm; Scala 1: 20 ± 4÷6 mm; Scala 1: 10 ± 2÷3 mm. 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.

[6] Bertocci S., Minutoli G. (2012). *Un database per il controllo della vulnerabilità sismica: il caso studio di Acciano*. *DisegnareCon*, vol(8) n14, ISSN:1828-5961

BIBLIOGRAFIA

Ballabeni A., Apollonio F.L., Gaiani M., Remondino F. (2012). *Advances in image pre-processing to improve automated 3D reconstruction*, «International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing Andpatial Information Sciences», XL-5/W4, pp. 315 - 323.

Bargiacchi R. (2008). in, I conti Guidi e l'incastellamento del Casentino: il caso di Poppi, in "Archeologia Medievale", XXV pp 315-332, Edizioni all'insegna del Giglio, Borgo San Lorenzo (FI), .

Bicchierai M. (2005). *Ai confini della Repubblica di Firenze. Poppi dalla signoria dei Guidi al vicariato del Casentino (1360-1480)*, Leo Olschki Editore, Firenze.

M. Bini S. Bertocci (2012). *Manuale di rilievo architettonico e urbano*, Novara, De Agostini Scuola S.p.A., 2012, ISBN 978-88-251-7362-8.

Bertocci S., Minutoli G., Pancani G. (2015). *Rilievo tridimensionale e analisi dei dissesti della Pieve di Romena*, "DisegnareCon", vol 8, n° XIV.

Detti E., Di Pietro G. F., Fanelli G., (1968). *Citta murate e sviluppo contemporaneo*, 42 centri della Toscana, Centro internazionale per lo studio delle cerchia urbane, Lucca.

Docci M., Maestri D. (2010). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*, Bari.

Docci M., Gaiani M., Maestri D. (2011). *Scienza del disegno*, Novara, De Agostini Scuola S.p.A.

Dogliani F., Moretti A., Petrini V. (1994). *Le chiese e il terremoto: dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro*, verso una politica di prevenzione, Trieste.

Fatucchi A. (1970). *Le strade romane del Casentino*, in: *Atti e memorie*

dell'Accademia Petrarca, Nuova serie, Vol XL, anni, 1970-72, Arezzo.

Giuffrè A. (2003). *La meccanica nell'architettura*.

Pancani G. (2016). *Piazza dei Miracoli a Pisa: il Battistero Metodologico di rappresentazione e documentazione digitale 3D*, Edifir, Firenze.

Repetti E. (1845). *Dizionario geografico fisico storico della Toscana*, coi tipi di Giovanni Manzoni, Firenze, 1845.

Rinaudo F. (2003). *La tecnica laser scanning: applicazioni architettoniche e urbanistiche*, In: *La tecnica laser scanning. Teoria e applicazioni / Crosilla F.; Galetto R.* Cism, Udine 2003, pp. 157-172. ISBN 9788885137271