

# Arte e tecnica dei ponti romani in pietra

a cura di  
Carlo Inglese e Leonardo Paris



Collana Materiali e documenti 58

# Arte e tecnica dei ponti romani in pietra

*a cura di*  
*Carlo Inglese e Leonardo Paris*



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ EDITRICE

2020

Il presente volume è stato pubblicato grazie al finanziamento  
Progetto di Università Medio - Anno: 2015 - prot. C26A15SRLR

Gli elaborati grafici, le cui dimensioni e alta risoluzione  
non sono compatibili con il formato della presente pubblicazione,  
sono reperibili al seguente link: <http://www.editricesapienza.it/node/7935>

Copyright © 2020

**Sapienza Università Editrice**

Piazzale Aldo Moro 5 – 00185 Roma

[www.editricesapienza.it](http://www.editricesapienza.it)

[editrice.sapienza@uniroma1.it](mailto:editrice.sapienza@uniroma1.it)

Iscrizione Registro Operatori Comunicazione n. 11420

ISBN 978-88-9377-150-4

DOI 10.13133/9788893771504

Pubblicato a luglio 2020



Quest'opera è distribuita  
con licenza Creative Commons 3.0  
diffusa in modalità *open access*.

Cura redazionale: Monica Filippa

Impaginazione/layout a cura di: Carlo Inglese, Leonardo Paris, Monica Filippa

In copertina: Il Ponte di Augusto a Narni (elaborazione grafica di Leonardo Paris)

*L'eurythmia o armonia è quella bellezza  
dell'insieme che risulta dal perfetto accordo  
delle parti.*

*Si ottiene quando tutti i dettagli dell'opera  
si corrispondono simmetricamente  
in altezza, larghezza e lunghezza.*

MARCO VITRUVIO POLLIONE  
*De Architectura*, Libro I, cap. II

# Indice

<b>Presentazione</b>	1
<i>Carlo Bianchini</i>	
<b>I ponti lapidei di epoca romana. Ricerca e sperimentazione interdisciplinare</b>	3
<i>Carlo Inglese, Leonardo Paris</i>	
<b>Prima parte</b>	
<b>Rilievo e modellazione digitale: acquisizione, elaborazione, interpretazione</b>	15
<i>Carlo Inglese, Leonardo Paris</i>	
<b>Fonti iconografiche per lo studio dei ponti di Roma: il Ponte Emilio e il Ponte Fabricio</b>	29
<i>Paola Quattrini, Monica Filippa</i>	
<b>Rappresentazione multimediale e interattiva per i ponti romani</b>	59
<i>Tommaso Empler, Adriana Caldarone</i>	
<b>La raccolta dati in ambiente QGIS per un modello territoriale nazionale dei ponti antichi</b>	77
<i>Francesca Pierdominici</i>	
<b>Analisi formale, costruttiva e dimensionale dei ponti romani lapidei</b>	101
<i>Carlo Inglese, Leonardo Paris</i>	

## Seconda parte

<b>Ponte Emilio a Roma</b>	117
<i>Giulia Umana</i>	
<b>Ponte Fabricio a Roma</b>	137
<i>Carlo Inglese, Daniele Maiorino</i>	
<b>Ponte di Augusto a Narni</b>	153
<i>Maria Laura Rossi</i>	
<b>Ponte romano a Rieti</b>	173
<i>Leonardo Paris</i>	
<b>Ponte romano ad Alcántara in Spagna</b>	189
<i>Carlo Inglese, Antonio Pizzzo, Roberto Barni</i>	
<b>Bibliografia generale</b>	205
<b>Autori</b>	215





# PRIMA PARTE



# Rilievo e modellazione digitale: acquisizione, elaborazione, interpretazione

*Carlo Inglese, Leonardo Paris*

## 1. Introduzione

Gli strumenti e i metodi di indagine per la conoscenza dei manufatti architettonici hanno ricevuto un notevole impulso nell'ultimo decennio grazie alla rapida evoluzione di tecnologie quali lo scanner laser 3D, i nuovi strumenti topografici (*Range-based Modeling*) e la fotogrammetria digitale (*Image-based Modeling*). L'utilizzo coordinato di tali tecnologie, in una metodologia digitale integrata, consente di restituire accurati modelli tridimensionali dell'architettura<sup>1</sup>.

L'applicazione delle metodologie di rilievo in un ambito specifico come quello dei ponti antichi ha messo in evidenza alcune peculiarità: la prima è che il ponte non può essere rilevato se non in continuità con il contesto ambientale di cui ne è parte integrante; la seconda è che il ponte mostra una forte componente archeologica e che pertanto vanno adottati gli stessi criteri di rilievo utilizzati delle aree archeologiche; il ponte infine, essendo di fatto anche un'opera infrastrutturale (diremmo oggi di ingegneria civile), va indagato anche dal punto di vista del suo comportamento strutturale.

Sebbene l'attività di rilevamento vada sempre intesa come un unico processo scientifico di conoscenza, da un punto di vista metodologico di valutazione delle principali peculiarità e criticità si possono distinguere tre fasi: acquisizione, elaborazione e interpretazione, ciascuna delle quali con specifiche problematiche.

Ogni attività di rilievo rappresenta evidentemente un *unicum*, in quanto oggi oggetto è un *unicum*. Tuttavia le sperimentazioni messe in atto nello svolgimento della nostra ricerca su alcuni dei più importanti ponti antichi lapidei di epoca romana (tutti rilievi inediti) hanno consentito di definire un protocollo procedurale e di codi-

ficare una metodologia utilizzabile e ripetibile in esempi analoghi. L'impostazione di un simile protocollo non è da intendersi quale semplificazione e standardizzazione del processo di rilevamento, quanto piuttosto quale ausilio all'interno di un percorso critico, al fine di ottenere una ottimizzazione dell'intero processo di rilevamento e analisi.

La codificazione della prassi operativa relativa allo studio dell'architettura romana è parte della metodologia relativa alla "archeologia della costruzione"<sup>2</sup>, disciplina che si allontana dalla lettura stilistica tradizionale dell'architettura per affrontare l'analisi della nascita e la trasformazione dei modelli architettonici in rapporto alle soluzioni tecniche e alle dinamiche operative impiegate nei cantieri edilizi.

L'omogeneizzazione dei rilievi dei ponti di una determinata regione – nella quale vengono impiegati materiali con le stesse caratteristiche fisiche, durezza e grado di lavorazione – risulta fondamentale per comprendere i vari passaggi dell'organizzazione del lavoro in cantiere, partendo dall'analisi del progetto teorico iniziale fino all'esecuzione finale. In questo senso ad esempio si è potuto costatare, partecipando ad altri progetti di ricerca legati al rilievo dei ponti in Lusitania (Penisola Iberica), l'impiego, in specifiche circostanze orografiche, di soluzioni tecnologiche e di modelli teorici diversi da quelli riscontrati in altre zone.

## 2. La conoscenza tramite modelli

Le tecniche di acquisizione digitale della forma (*3D shape acquisition*) – basate su strumentazioni ormai consuete quali scanner laser 3D a tempo di volo e a differenza di fase<sup>3</sup>, georeferenziazione delle scansioni con battute topografiche utilizzando stazioni integrate e metodologia GPS, realizzazione di immagini panoramiche ad alta definizione, comunemente note con il nome di Gigapixel, effettuate mediante una camera di tipo *full-frame* montata su di una testa panoramica motorizzata<sup>4</sup> – hanno determinato una settorializzazione del processo in sostanziale discontinuità rispetto al rilievo per così dire "tradizionale"; ed è per questo che è oggi possibile analizzarne i diversi aspetti valutando separatamente le tre fasi, dotate di una propria specificità ma pur sempre interconnesse tra loro.

Il ricorso a tecniche di acquisizione digitale che negli ultimi anni hanno avuto una sempre maggiore diffusione – anche grazie a una maggiore maneggevolezza, riduzione dei costi e sviluppo di software

in grado di gestire al meglio dimensioni e interscambiabilità dei file – porta a una tendenziale oggettivazione della fase di acquisizione dei dati. In questa fase pertanto non c'è, o almeno non ci dovrebbe essere, alcun livello di interpretazione o selezione dell'informazione relativa alla conformazione dell'oggetto rilevato. Di contro, come si è potuto sperimentare in tutti i casi studio, una acquisizione fatta senza un'adeguata progettazione che tenesse conto delle condizioni ambientali e degli inevitabili vincoli comporta inevitabilmente una riduzione della qualità nell'elaborazione dei modelli interpretativi.

Prima però di arrivare alla fase di elaborazione dei modelli c'è un altro passaggio altrettanto importante cui porre attenzione per evitare la compromissione dei dati.

La fase di elaborazione riguarda l'insieme delle procedure di ottimizzazione dell'enorme quantità di informazioni resa disponibile con procedure scanner laser (TLS) e fotogrammetriche (anche grazie all'uso di droni, SAPR). Le procedure di registrazione delle diverse nuvole di punti, l'applicazione di filtri di riduzione del rumore, l'omogeneizzazione delle densità, si basano molto spesso su algoritmi automatici o semi automatici di cui occorre conoscere le eventuali controindicazioni onde evitare, appunto, una possibile corruzione del dato che verrà poi utilizzato per l'elaborazione dei modelli<sup>5</sup>.

La fotogrammetria inoltre rende possibile eseguire operazioni di rilevamento in cui si sommano con grande efficacia al puro dato metrico numerose altre informazioni che solo la fotografia riesce a restituire, quali per esempio le tessiture murarie più minute, le differenze stratigrafiche, lo stato di conservazione. Attraverso la fotografia digitale è possibile anche, con i software oggi di uso comune, proporre delle vere e proprie prefigurazioni di progetto molto realistiche. In questo senso un'altra metodologia ampiamente usata è il raddrizzamento fotografico che, grazie all'impiego di software<sup>6</sup>, offre la possibilità di raddrizzare fotogrammi. Questi vengono sottoposti a un trattamento dal punto di vista geometrico al fine di trasformarli in proiezioni ortogonali e, dal punto di vista metrico, potendone controllare la scala, direttamente misurabili. L'impiego di questa metodologia consente di mantenere la precisione geometrica delle singole immagini che possono essere riunite, generando un'unica immagine, e di eliminare le differenze radiometriche esistenti tra le immagini di partenza, dovute alla differente illuminazione in fase di presa o a errori della scansione (Fig. 1).



*Fig. 1. Ponte Fabricio, prospetto attuale a monte. Fotoraddrizzamento, dettaglio (elaborazione di Carlo Inglese).*

I modelli ottenuti tramite le tecniche di acquisizione digitale – che in prima istanza sono sempre modelli numerici discreti<sup>7</sup> – lavorano direttamente nello spazio tridimensionale e anche questo fattore rappresenta una sostanziale discontinuità rispetto al rilievo “tradizionale”. I classici modelli grafici come per esempio le doppie proiezioni ortogonali derivano dal modello 3D attraverso idonee interrogazioni ed estrapolazioni di dati (vettoriali o raster). La modellazione tridimensionale consente inoltre di uscire dallo schema a volte troppo rigido dei modelli grafici tradizionali perché è in grado di restituire molteplici viste e, attraverso il movimento, di proporre una nuova dimensione percettiva dell’oggetto rappresentato in una simulazione virtuale di grande valenza comunicativa.

La texturizzazione fotografica di modelli tridimensionali matematici o numerici è senza dubbio oggi il massimo risultato ottenibile come prodotto di un rilievo digitale integrato condotto con le più moderne tecnologie, soprattutto nel campo archeologico (e, come detto, lo studio dei ponti antichi rientra in questo ambito). Vi sono però anche delle controindicazioni all’uso spinto di queste nuove tecnologie perché, per esempio, i modelli tridimensionali texturizzati non sono ancora pienamente standardizzati e pertanto possono risultare difficilmente gestibili sia dagli esperti del settore che da chi ha necessità di acquisire informazioni per fini divulgativi. Inoltre molto spesso questi modelli non hanno come fine la selezione, ma la “semplice” riproposizione di una realtà il più possibile fedele al reale.

C’è da chiedersi quindi in primo luogo quanto questi modelli siano effettivamente oggettivi o se non siano invece il risultato di

elaborazioni che, in quanto tali, operano delle selezioni. Si pensi per esempio alla qualità di una nuvola di punti in cui lo spazio continuo, reale, viene discretizzato in una quantità di punti con differenti risoluzioni, con presenza di vuoti, con renderizzazioni fotografiche che a loro volta possono contenere fattori di disomogeneità nella messa a fuoco o nell'esposizione. Si pensi ancora, come detto, ai processi di trasformazione "automatica" in superfici continue numeriche (*mesh*) o matematiche (NURBS) in cui si fa spesso ricorso a filtri di riduzione del "rumore", sulla base di algoritmi sviluppati per altre applicazioni.

### 3. La fase di acquisizione

Il primo modello tridimensionale che scaturisce dalla prima fase di acquisizione è la nuvola di punti composta da una matrice che raccoglie prima di tutto le informazioni posizionali di punti nello spazio in coordinate  $xyz$  riferite a un sistema cartesiano che può essere relativo o assoluto. A ogni punto è possibile associare altre informazioni come per esempio quelle relative al valore della riflettanza e al colore (RGB). Le nuvole di punti ottenute da scanner laser sono sostanzialmente diverse da quelle ottenute con procedura fotogrammetrica. Questo ha evidenti conseguenze nel momento in cui, soprattutto nei rilievi archeologici, si rende necessario utilizzare entrambe le procedure e integrare le informazioni in un unico modello. Nell'utilizzo dello scanner laser è importante valutare attentamente, in funzione dell'oggetto rilevato, il numero delle stazioni di presa, la loro posizione, la risoluzione strumentale, la risoluzione reale, le interferenze interne ed esterne (Fig. 2).

Tutti questi aspetti, che costituiscono la base indispensabile del progetto di presa, hanno notevoli ripercussioni sul rapporto tra qualità e quantità del modello finale<sup>8</sup>. Diversamente dai beni architettonici nei quali è sempre possibile riconoscere una specifica conformazione (anche nel caso di ruderi), in ambito archeologico ci si trova spesso in situazioni di forte incertezza e indeterminazione della forma e delle stratificazioni che ne sono il fondamento. La nuvola di punti, anche se molto densa, non riesce a rappresentare a volte questa complessità. L'aspetto scaturito dalle molte esperienze di rilievo archeologico digitale e dalle sperimentazioni sui ponti antichi è quello che alcune informazioni fondamentali acquisite dagli archeologi direttamente sul campo, evidenti alla vista, spesso

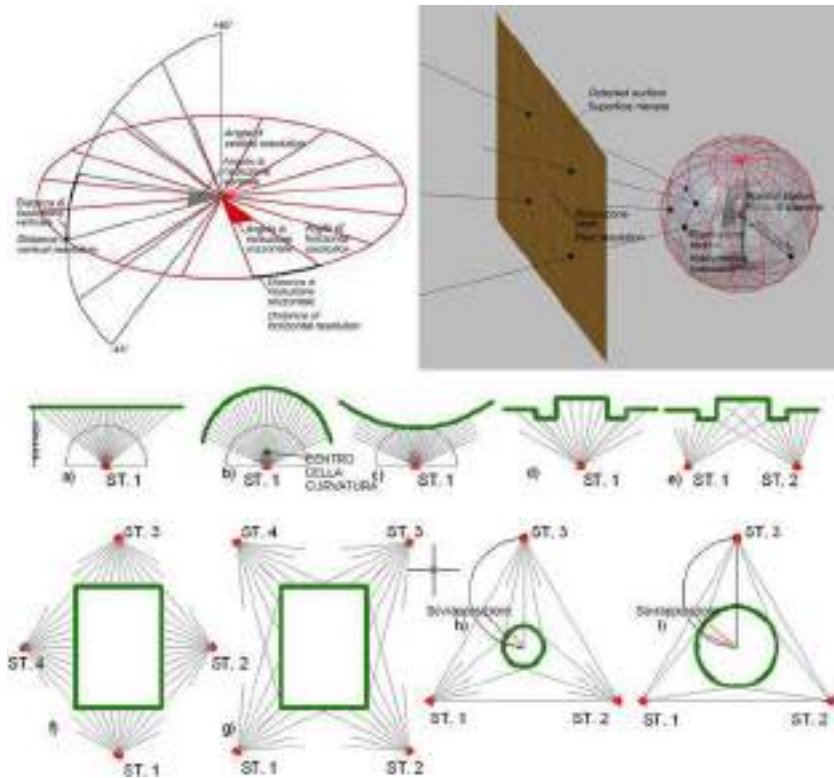


Fig. 2. Risoluzione strumentale e risoluzione reale sono due fattori che condizionano il rapporto tra quantità e qualità di una nuvola di punti; anche il posizionamento dello strumento influenza tale rapporto non solo per interferenze esterne ma anche per la conformazione geometrica della superficie rilevata (elaborazione di Leonardo Paris, da PARIS 2010, pp. 283, 284).

non trovano un riscontro altrettanto evidente nel modello della nuvola di punti<sup>9</sup>.

Questo problema può essere in parte risolto (ma non sempre) nelle applicazioni fotogrammetriche in cui la posizione  $xyz$ , al contrario della tecnologia laser, deriva dall'informazione colore. A tutte le considerazioni fatte per la tecnologia *scan laser* occorre aggiungere in questo caso tutte quelle valutazioni riguardanti la qualità dell'immagine fotografica condizionata da numerosi fattori quali la distanza, le caratteristiche del sensore e dell'obiettivo, le condizioni ambientali di ripresa, la sequenza delle diverse immagini utilizzate nell'applicazione dell'algoritmo fotogrammetrico.

Risulta così evidente che il modello scaturito dalla fase di acquisizione, conseguente all'applicazione di metodologie scientifiche





Fig. 3. Difficoltà nel posizionamento dello scanner laser e dei target a riconoscimento automatico. A sinistra: Ponte Emilio; al centro e a destra: Ponte di Augusto a Narni (foto di Leonardo Paris e Wissam Wabbeh).

(quindi necessariamente oggettive, non soggette a interpretazione), deve essere inteso come prodotto in cui il grado di rispondenza con l'oggetto rilevato dipende dal rapporto tra qualità e quantità che deve essere esplicitato dalle scelte e dalle condizioni determinatesi nella fase di acquisizione.

Nelle sperimentazioni eseguite sui casi studio è emersa una ricorrente difficoltà nel posizionamento dello scanner laser per i forti vincoli ambientali, nell'individuazione dei punti ottimali di ripresa in grado di garantire la massima omogeneità della risoluzione reale dei punti acquisiti. Anche la distanza tra strumento e superfici rilevate, così come la distanza tra le diverse stazioni, è stata molto spesso condizionata da impedimenti orografici<sup>10</sup> e dalla presenza, per esempio, di vegetazione<sup>11</sup>, con la necessità di valutare attentamente anche l'utilizzo dei target a riconoscimento automatico necessari per l'ottimizzazione della fase di *post processing*<sup>12</sup> (Fig. 3).

#### 4. Elaborazione di modelli interpretativi

Nel momento in cui il dato, opportunamente elaborato, restituisce una informazione occorre evidenziare come in ambito archeologico l'elaborazione dei modelli interpretativi assume una specifica valenza. Ai "tradizionali" modelli grafici si associa sempre più spesso il modello tridimensionale. Anzi, come detto, il modello grafico bidimensionale molto spesso deriva dal modello tridimensionale che a sua volta deriva direttamente dalla nuvola di punti.



Fig. 4. Conversione di un modello per punti in mesh: pilone del Ponte di Augusto a Narni (elaborazione di Wissam Wabbeh).

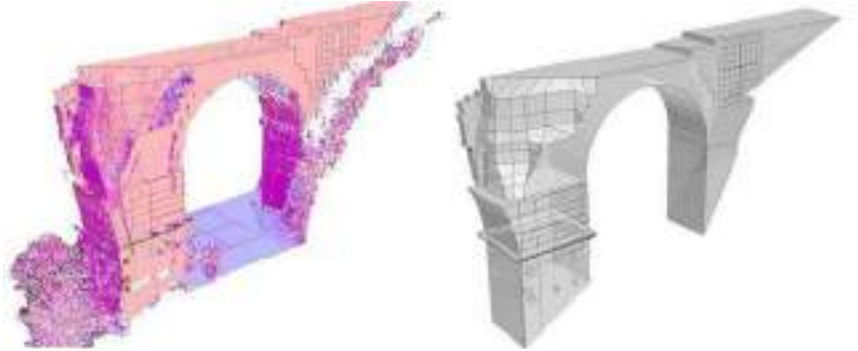


Fig. 5. Elaborazione di un modello numerico semplificato da nuvola di punti utilizzato per verifica strutturale: prima arcata del Ponte di Augusto a Narni (elaborazione di Wissam Wabbeh).

Tutte le informazioni metriche dedotte da una nuvola di punti possono essere tradotte mantenendo il formato vettoriale (e quindi utilizzabili con altri software di modellazione informatica) oppure possono essere convertite in modalità raster. In quest'ultimo caso diventa ancor più importante valutare attentamente il risultato finale del rilievo in funzione delle diverse scale grafiche di rappresentazione con il conseguente margine di errore grafico.

Nel momento in cui si ritiene opportuno convertire il modello numerico per punti in mesh occorre valutare attentamente quanto accennato in precedenza e cioè che dal punto di vista metrico non vi è alcuna implementazione (Fig. 4). Al contrario è molto probabile che l'applicazione di algoritmi di generazione di superfici *mesh* comporti una perdita di dati per aumentarne la gestibilità software a

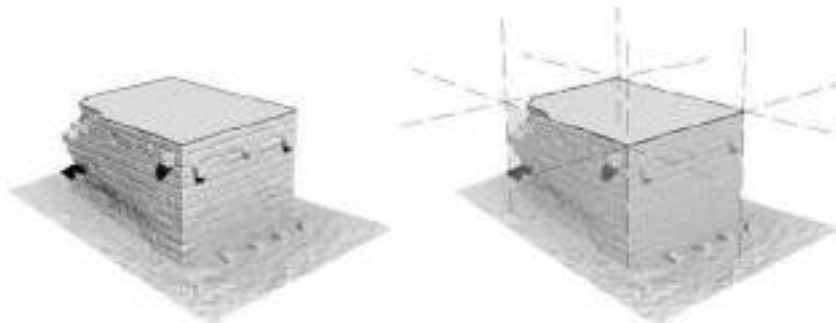


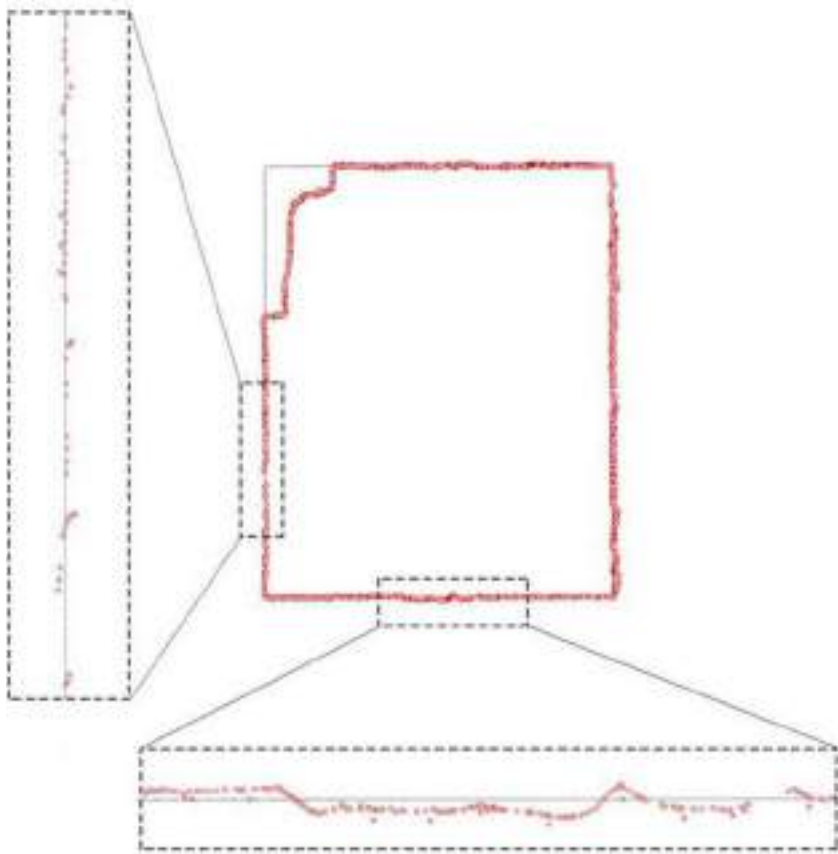
Fig. 6. Interrogazione della nuvola di punti per sezionamento orizzontale e determinazione dei principali allineamenti: pilone del Ponte di Augusto a Narni (elaborazione di Wissam Wabbeh).

scapito della qualità di rispondenza del modello con il reale. Questa perdita di informazioni può essere compensata nel momento in cui si riesce ad abbinare a una superficie l'informazione colore derivata da immagini fotografiche opportunamente elaborate e associate alla superficie stessa garantendone la congruenza metrica (e il conseguente valore di accuratezza).

Questa procedura è in molti casi integrata nei processi di fotogrammetria in cui, come già accennato, il dato metrico deriva dal dato colore anche se occorre rimarcare come la qualità del modello è solo in parte attribuibile alle procedure di acquisizione fotografica. Molto dipende infatti dall'oggetto rilevato e dal suo grado di caratterizzazione delle superfici di cui si compone, cosa che in ambito archeologico è molto frequente.

Le procedure fin qui descritte sono per la maggior parte di tipo automatico o semi automatico; sono pertanto elaborazioni in cui non si è ancora pienamente entrati nel merito dell'oggetto di studio in termini di conoscenza. Compito di chi si occupa di rilievo e rappresentazione non è solo dunque quello di produrre "calchi digitali" ma anche di elaborare modelli in grado di rendere evidenti quegli aspetti peculiari dell'oggetto di studio che, come detto, presenta molte componenti dal punto di vista archeologico, costruttivo, tecnologico, di ingegneria strutturale, di relazione con il contesto urbano e ambientale (solo per citarne alcuni)<sup>13</sup> (Fig. 5).

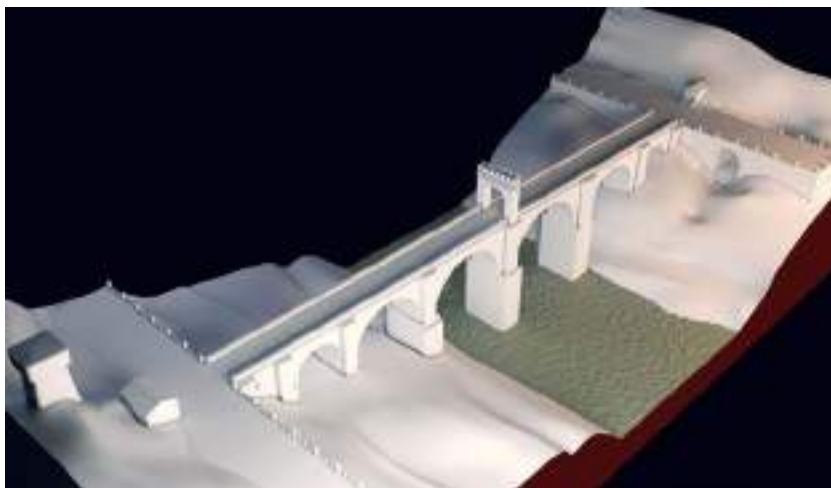
È bene ricordare che l'obiettivo principale nel rilievo architettonico o archeologico è la ricerca del cosiddetto "modello geometrico", fatto di punti linee superfici, che è il fondamento di qualsiasi



*Fig. 7. Interpolazione di punti per l'individuazione dell'allineamento di uno dei piloni del Ponte di Augusto a Narni (elaborazione di Wissam Wabbeh).*

artefatto. La rappresentazione del modello geometrico nella sua modalità sintetica – modelli tridimensionali o anche semplicemente bidimensionali (cioè i classici “modelli grafici” come piante, prospetti e sezioni) – consente di indagare la complessità del reale e ricavare informazioni utili per una effettiva conoscenza del manufatto<sup>14</sup>.

Applicando una prassi ormai consolidata di gestione della nuvola di punti si è ritenuto in una prima fase più opportuno ricavare sezioni significative (Fig. 6) piuttosto che ricercare soluzioni di conversione dei punti in un modello numerico *mesh*, procedura, quest'ultima, che richiede capacità elaborative molto alte per ottenere alla fine un modello tridimensionale che non contiene informazioni aggiuntive rispetto alla nuvola di punti e che anzi produce degli aggiustamenti automatici o semi automatici dipendenti dagli



*Figg. 8, 9. Ponte di Alcántara: render concettuale (elaborazione di Roberto Barni).*

algoritmi applicati e dai settaggi dei filtri di riduzione del rumore e del numero di vertici della *mesh* (Fig. 7).

Tuttavia, volendo impiegare i modelli numerici per superfici *mesh* generati a partire da nuvole di punti, bisogna considerare l'infinito numero di poligoni che essi presentano che ne rendono limitata la lavorabilità dal punto di vista della modellazione. Per semplificarli, si ricorre ai modelli cosiddetti matematici, o *low poly*, costituiti cioè



*Fig. 10. Modello matematico texturizzato del Ponte Emilio a Roma. Vista render (elaborazione di Giulia Umana).*

da pochi poligoni. Su alcuni dei ponti analizzati è stata impiegata una modellazione detta poligonale, che si differenzia da quella NURBS per l'algoritmo che sta alla base del processo di creazione del modello<sup>15</sup> (Figg. 8, 9).

Si è invece voluto privilegiare nei diversi casi studio l'individuazione delle possibili matrici formali che sono state il fondamento del progetto e che consentono oggi di comprendere, anche attraverso comparazione, gli elementi intrinseci nel manufatto<sup>16</sup>. Ciò anche al fine di sperimentare nuove forme di rappresentazione attraverso l'elaborazione di modelli tridimensionali matematici.

La elaborazione dei modelli grafici e digitali 3D ha comportato inevitabilmente una selezione e interpretazione dei dati digitali acquisiti, rimarcando pertanto il fatto che il rilievo, pur partendo da dati acquisiti attraverso strumenti digitali avanzati molto affidabili e quindi in qualche modo oggettivi, si concretizza attraverso modelli che sono il prodotto di una sintesi operata e quindi condizionata da scelte che si sono poste man mano (Fig. 10).

## 5. Conclusioni

Oltre all'applicazione di procedure di acquisizione ed elaborazione di modelli tridimensionali consolidate negli ultimi anni ma

che, come dimostrato, necessitano sempre di adeguamenti e affinamenti in relazione alle specificità del tema di studio, si è voluto anche testare (in particolare nel caso del Ponte di Augusto a Narni) la potenzialità dei processi BIM (*Building Information Modeling*) applicati ai Beni Culturali – si parla in questo caso di HBIM (*Heritage BIM*)<sup>17</sup>–. Seppure la ricerca evolva molto rapidamente, il processo e la relativa modellazione BIM applicati ai beni archeologici richiede ancora ulteriori approfondimenti. Difatti, i correnti modelli non permettono di relazionare in modo efficace ed esaustivo tutte le componenti che caratterizzano lo studio di un ponte antico. Diverso, anche se altrettanto complesso, è invece l'utilizzo di piattaforme GIS<sup>18</sup> per le quali non è importante – al momento – la gestione dell'informazione dettagliata tridimensionale (ancora poco gestibile) quanto piuttosto la progettazione di un sistema in grado di gestire e visualizzare informazioni alla scala territoriale nazionale.

<sup>1</sup> Cfr. BIANCHINI ET AL. 2016b.

<sup>2</sup> Cfr. nota 3 del capitolo di questo volume “I ponti lapidei di epoca romana. Ricerca e sperimentazione interdisciplinare” di Carlo Inglese e Leonardo Paris.

<sup>3</sup> Laser scanner 3D Leica C10 e FARO Cam2; stazioni totali Leica TCR 1201, FLEXLIN TS02; stazione GPS Leica 1250.

<sup>4</sup> Camera digitale di tipo *full-frame* Nikon D800 – sensore da 3.2 Megapixel – con obiettivo Nikon AF 200mm f/4 D ED IF Micro, montata su di una testa panoramica motorizzata Gigapan Epic Pro. Sull'uso dei panorami sferici per il rilievo cfr. PARIS ET AL. 2017.

<sup>5</sup> I software più diffusi sperimentati nei diversi casi studio sono stati CloudeCube, Rapidform, 3DReshaper, Geomagic, Jrs 3D Reconstructor, Cloud Compare.

<sup>6</sup> Tra i software più noti si citano RDF, MSR Rollei, Acca FOCUS, Ortho 3D.

<sup>7</sup> La modellazione tridimensionale si compone di modelli matematici, in cui le forme geometriche sono descritte per mezzo di equazioni, e modelli numerici o poligonali in cui tutte le superfici vengono scomposte in forme piane semplici, nella maggior parte dei casi triangoli, attraverso l'individuazione dei vertici. Nel primo caso si ha una rappresentazione di tipo continuo, nel secondo di tipo discreto. Una nuvola di punti, se si immagina che ogni punto sia il vertice di un triangolo, può pertanto essere intesa come un vero e proprio modello tridimensionale di tipo discreto, in quanto la pura e semplice conversione in mesh (cioè in superficie numerica) della nuvola di punti non modifica in alcun modo le informazioni di base. Da quanto detto la nuvola di punti può essere definita come modello nu-

merico per punti, a differenza di una mesh definita come modello numerico per superfici. Cfr. BIANCHINI 2001.

<sup>8</sup> Cfr. PARIS 2010.

<sup>9</sup> Cfr. PARIS ET AL. 2012; D'AMELIO, LO BRUTTO 2009.

<sup>10</sup> Lo scanner laser Faro C130X utilizzato ha di fatto una distanza massima di presa affidabile non oltre i 90 m.

<sup>11</sup> La maggior parte delle acquisizioni sono state eseguite, per questo motivo, nel periodo invernale.

<sup>12</sup> Trattandosi di rilievo “archeologico” l'uso dei target a riconoscimento automatico (come per esempio le sfere) è fortemente consigliato visto che gli algoritmi automatici di registrazione nuvola da nuvola, basandosi sulle corrispondenze della forma, possono essere condizionati sia dalla scarsa riconoscibilità di forme omologhe sia dalla non sufficiente sovrapposizione di nuvole contigue.

<sup>13</sup> Cfr. RUSSO, GUIDI 2011.

<sup>14</sup> Cfr. PARIS 2015.

<sup>15</sup> Come è noto la modellazione NURBS – Non Uniform Rational Be Spline – si basa sulla creazione di curve di Bezier e Spline, che permettono un controllo molto elevato delle superfici che si vanno a generare. La modellazione NURBS, dunque, si configura come un metodo intrinsecamente preciso, che permette di descrivere analiticamente una superficie attraverso la sua equazione. La modellazione poligonale, al contrario, si basa sull'approssimazione – più o meno verosimile – degli oggetti reali, permettendo al contempo una gestione più flessibile della geometria del modello. Ad esempio, in un software come Rhinoceros, che si basa sulla modellazione NURBS, un quadrato è il risultato delle quattro curve che lo delimitano e solo queste curve saranno modificabili. Mentre nei software di modellazione poligonale, come Cinema 4D o Modo un quadrato è l'esito della combinazione di vertici (*vertex*), spigoli (*edge*) e facce (*poligon*): tutti e tre questi elementi saranno modificabili.

<sup>16</sup> Un aspetto che accomuna tutti i casi di studio è la ricerca della matrice formale in relazione all'unità di misura del piede romano. Ciò, sia nei ponti ancora in funzione – ma che hanno in ogni caso subito dei cambiamenti (Fabricio e Alcántara), sia nell'analisi dei “resti” (Augusto, Emilio e Rieti), ha consentito interessanti valutazioni per formulare ipotesi sulla conformazione originaria e sulle eventuali modifiche che si sono succedute nel tempo. Per una disamina più approfondita, oltre ai contributi dettagliati di ciascun caso studio (seconda parte di questo volume), si rimanda anche al capitolo di questo volume “Analisi formale, costruttiva e dimensionale dei ponti romani lapidei” di Carlo Inglese e Leonardo Paris.

<sup>17</sup> Cfr. BIANCHINI ET AL. 2016a.

<sup>18</sup> Per una analisi approfondita della sperimentazione si rimanda al capitolo di questo volume “La raccolta dati in ambiente QGIS per un modello territoriale nazionale dei ponti antichi” di Francesca Pierdominici.



## Bibliografia generale

ALVINO, Lezzi 2014: GIOVANNA ALVINO, FRANCESCA LEZZI. Reate/Rieti. Archeologia Urbana. 27-29 marzo 2012). Roma: Quasar Edizioni, 2014, pp. 145-150.

ALIPERTA, GIRA 2015: ANDREA ALIPERTA, CARLO GIRA. The Church of Meryemana in Göreme, Cappadocia. New life in prototyping and augmented reality. In *Proceedings of the 19th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies* (Vienna, Austria, 3-5 novembre 2014). Vienna: Museen der Stadt Wien - Stadtarchäologie, 2015, pp. 1-16.

AMADEI 1948: EMMA AMADEI. *I ponti di Roma*. Roma: Fratelli Palombi Editori, 1948.

BERTOLESI, MILANI, LOPANE, ACITO 2017: ELISA BERTOLESI, GABRIELE MILANI, FULVIO DOMENICO LOPANE, MAURIZIO ACITO. Augustus Bridge in Narni (Italy): Seismic Vulnerability Assessment of the Sill Standing Part, Possible Causes of Collapse, and Importance of the Roman concrete Infill in the Seismic-Resistant Behavior. *International Journal of Architectural Heritage*, 2007, vol. 11, n. 5, pp. 717-746. DOI: 10.1080/15583058.2017.1300712.

BETOCCHI 1900: ALESSANDRO BETOCCHI. *L'Isola Tiberina e i lavori del Tevere*. Roma: Tipo-litografia del Genio Civile, 1900.

BEVILACQUA, FAGIOLO 2012: MARIO BEVILACQUA, MARCELLO FAGIOLO (a cura di). *Piante di Roma dal Rinascimento ai Catasti*. Roma: Artemide 2012.

BIANCHINI 2001: CARLO BIANCHINI. Modelli discreti e modelli continui nel rilievo e rappresentazione informatizzata dell'architettura. *Disegnare. Idee Immagini*, 22, 2001, pp. 51-60.

BIANCHINI ET AL. 2016A: CARLO BIANCHINI, CARLO INGLESE, ALFONSO IPPOLITO. The role of BIM (Building Information Modeling) for representation and managing of built and historic artifacts. *DisegnareCon*, 9, 16, 2016, pp. 10.1-10.9.

BIANCHINI ET AL. 2016B: CARLO BIANCHINI, CARLO INGLESE, ALFONSO IPPOLITO. *I teatri antichi del Mediterraneo come esperienza di rilievo integrato. The Ancient Theatres of the Mediterranean as integrated survey experience*. Roma: Sapienza Università Editrice, 2016.

BIFOLCO, RONCA 2018: STEFANO BIFOLCO, FABRIZIO RONCA. *Cartografia rara italiana: XVI secolo. L'Italia e i suoi territori*. Catalogo ragionato delle carte a stampa. Roma: Antiquarius Edizioni, 2018.

BONATZ, LEONHARDT 1956: BONATZ PAUL, LEONHARDT FRITZ. 1956. *Brücken*. Königstein im Taunus (Germany): Karl Robert Langewiesche Verlag, 1956.

BORGHINI, CARLANI 2011: STEFANO BORGHINI, RAFFAELE CARLANI. La restituzione virtuale dell'architettura antica come strumento di ricerca e comunicazione dei beni culturali: ricerca estetica e gestione delle fonti. In ELENA IPPOLITI, ALESSANDRA MESCHINI (a cura di). *Tecnologie per la comunicazione del patrimonio culturale*. *DisegnareCon*, 4, 8, 2011, pp. 71-79.

BROWN 1993: DAVID J. BROWN. *Bridges*. New York: Macmillan Publishing Company, 1993.

CAIROLI GIULIANI 1997: FULVIO GIULIANI CAIROLI. *L'edilizia nell'antichità*. Roma: NIS, 1997.

CAIROLI GIULIANI 2018: FULVIO GIULIANI CAIROLI. *L'edilizia nell'antichità*. Roma: Carocci editore, 2018.

CAMPANELLA 1928: GIUSEPPE CAMPANELLA. *Ponti in muratura*. Milano: Vallardi, 1928.

CALABI, CONFORTI 2002: DONATELLA CALABI, CLAUDIA CONFORTI. *I ponti delle capitali d'Europa. Dal Corno d'oro alla Senna*. Milano: Electa Editore, 2002.

CAMERIERI, DE SANTIS 2009: PAOLO CAMERIERI, ANDREA DE SANTIS. La Via Curia. In FILIPPO COARELLI, ANDREA DE SANTIS (a cura di). *Reate e l'Ager Reatinus. Vespasiano e la Sabina: dalle origini all'impero*. Collana DIVUS VESPASIANUS, il Bimillenario dei Flavi. Roma: Edizioni Quasar, 2009. pp. 59-61.

CAMPANELLA 1928: GIUSEPPE. CAMPANELLA. *Ponti in muratura*. Milano: Vallardi, 1928.

CARANDINI 2012: ANDREA CARANDINI. *Atlante di Roma antica: biografia e ritratti della città*. Vol. I: Testi e immagini. Vol. II: Tavole e indici. Milano: Electa Editore, 2012.

CARBONI 2007: LUCA CARBONI. *I ponti di Roma*. Roma: Aracne, 2007.

CASCAVILLA 2005: RAFFAELE CASCAVILLA. *Una mutevole permanenza: Ponte Rotto a Roma*. *Palladio*, 36, 2005, pp. 53-66.

CATELLI ISOLA, BELTRAME QUATTROCCHI 1975: MARIA CATELLI ISOLA, ENRICHETTA BELTRAME QUATTROCCHI. *I ponti di Roma dalle Collezioni del Gabinetto Nazionale delle Stampe*. Catalogo di mostra. Roma: De Luca editore: 1975.

CECCHI 2003: ALBERTO CECCHI. Il Ponte di Augusto a Narni: metodi informativi per il rilievo delle rovine, la ricostruzione virtuale, la modellazione solida con il metodo degli elementi finiti. *Quaderni di Leonardo*, n. 2/2003.

COZZA 1907: LUIGI COZZA. *La riattivazione del ramo del Tevere a sinistra dell'Isola di S. Bartolomeo e le riparazioni dei danni arrecati ai Muraglioni dalla piena del 2 dicembre 1900*. Roma: Stabilimento tipo-litografico del Genio Civile, 1907.

CORSI, RAGIONIERI 2018: STEFANO CORSI, PINA RAGIONIERI (a cura di). *Speculum Romanae Magnificentiae, Roma nell'incisione del Cinquecento*. Catalogo di mostra (Firenze, Casa Buonarroti, 6 giugno-26 agosto 2018).

CRUZ 2002-2003: MARIA CRUZ VILLALÒWN. EL PUENTE DE ALCÁNTARA EN LOS SIGLOS XVII Y XVIII. NOTICIAS SOBRE SU ESTADO Y PLANTEAMIENTO DE RESTAURACIÓN. NORBA-ARTE, VOL. XXII-XXIII, 2002-2003, pp. 89-99.

D'AMELIO, LO BRUTTO 2009: SALVATORE D'AMELIO, MAURO LO BRUTTO. Analisi e comparazione di modelli di superficie di reperti archeologici realizzati tramite laser scanner e fotogrammetria. In *Atti della XIII Conferenza Nazionale ASITA* (Bari 1-4 dicembre 2009). Bari 2009, pp. 841-846.

D'ONOFRIO 1970: CESARE D'ONOFRIO. *Il Tevere e Roma*. Roma: Ugo Bozzi Editore, 1970.

D'ONOFRIO 1980: CESARE D'ONOFRIO. *Il Tevere. L'Isola tiberina, le inondazioni, i molini, i porti, le rive, i muraglioni, i ponti di Roma*. Roma: Romana Società Editrice, 1980.

DE BENEDETTIS, CAIAZZA 2011: GIANFRANCO DE BENEDETTIS, DOMENICO CAIAZZA (a cura di). *La provincia Samnii e la viabilità romana. Cervo al Volturno (IS)*: Volturnia Edizioni, 2011.

DE FELICE 2016: GIULIANO DE FELICE. The New Trend of 3D Archaeology is... Going 2D!. In *Proceedings of the 43rd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* (Siena, 3 aprile 2015). Siena: Università di Siena 1240, 2016, pp. 363-368.

DEMETRESCU 2011: EMANUEL DEMETRESCU. Modellazione 3d, visualizzazione scientifica e realtà virtuale. In *Archeologia virtuale, la metodologia prima del software*. Atti del Seminario di Archeologia Virtuale (Roma, 5-6 aprile 2011). Roma: Edizioni Espera, 2011, pp. 149-155.

DI ROCCO 2009: GABRIELLA DI ROCCO. *Castelli e borghi murati della contea di Molise (secoli X-XIV)*, collana: Quaderni di archeologia medievale, Editore: All'Insegna del Giglio, 2009.

DURÁN FUENTES 2005: MANUEL DURÁN FUENTES. *La construcción de puentes romanos en Hispania*. Santiago de Compostela: Xunta De Galicia 2005.

EMPLER TOMMASO. 2017. *ICT per il Cultural Heritage. Rappresentare, Comunicare, Divulgare*. Roma: dei, 2017.

FERDANI, FORLANI, PALOMBINI, PIETRONI, RUFA 2016. DANIELE FERDANI, MASSIMILIANO FORLANI, AUGUSTO PALOMBINI, EVA PIETRONI, CLAUDIO RUFA. Lucus Feroniae and Tiber Valley Virtual Museum: from Documentation and 3d reconstruction, up to a novel approach in storytelling, combining Virtual Reality, theatrical and cinematographic rules, gesture-based interaction and augmented perception of the archaeological context. In *Proceedings of the 43rd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* (Siena, 3 aprile 2015). Siena: Università di Siena 1240, 2016, pp. 51-57.

FERNÁNDEZ CASADO 2005: CARLOS FERNANDEZ CASADO. *La arquitectura del ingeniero*. 2nd edition, Colegio de Ingenieros de Caminos. Madrid: Canales y Puertos, 2005 (spec. pp. 369-396).

FERNÁNDEZ CASADO 2008: CARLOS FERNANDEZ CASADO. *Historia del puente en Hispania: Los puentes romanos*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2008.

FORNASIERO 2012: PAOLA FORNASIERO. *Itinerari nella Roma pittoresca di Ettore Roesler Franz – Journey into picturesque Rome of Ettore Roesler Franz*. Roma: Palombi Editore - Zetema Progetto Cultura, 2012.

FRUTAZ 1962. AMATO PIETRO FRUTAZ. *Le piante di Roma*. Vol. I e II. Roma: Istituto Studi Romani, 1962.

GALLIAZZO 1994: VITTORIO GALLIAZZO. *I ponti romani. Catalogo generale*, Bd. 2. Treviso: Edizioni Canova, 1994.

GALLIAZZO 1995: VITTORIO GALLIAZZO. *I ponti romani*. 2 voll. Treviso: Canova Editore, 1995.

GALLIAZZO 2004: VITTORIO GALLIAZZO. I ponti romani. In Raúl Alba, Isaac Moreno Gallo, Ricardo Gabriel Rodríguez (eds). *Elementos de ingeniería romana. Congreso europeo "Las Obras Publicas romana"* (Tarragona 3-6 noviembre 2004). Madrid: Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Publicas, 2004, pp. 9-23.

GAZZOLA 1963: PIERO GAZZOLA. *Ponti romani: contributo ad un indice sistematico con studio critico bibliografico*. Firenze: Leo S. Olschki, 1963.

GAZZOLA, BASCIÀ 2002: LUIGI GAZZOLA, LUCIANA BASCIÀ. *La testata etrusca di Ponte Emilio in Trastevere. Rilievo murario, documentazione d'archivio e processo di formazione del tessuto*. Roma: Officina Edizioni, 2002.

GIOVANNONI 1969: GUSTAVO GIOVANNONI. *La tecnica della costruzione presso i romani*. Roma: Bardi, 1969.

GILOTTE 2006: SOPHIE GILOTTE. Al-Mu'tadd y el puente de Alcántara (Cáceres). *Mélanges de la Casa de Velázquez* n 36-2, 2006, pp. 211-231.

GIRALDI 2008: ALESSANDRO GIRALDI. *Ponti di Roma*. Roma: GimaFoto, 2008.

GRAF 2002: BERNHARD GRAF. *Bridges that Changed the World*. Munich: Prestel, 2002.

JANNATTONI 1988: LIVIO JANNATTONI. *Roma sparita negli acquerelli di Ettore Roesler Franz*. Roma: Newton Compton Editori, 1988.

LANCIANI 1826: PIETRO LANCIANI. *Del ponte Senatorio ora Ponte Rotto. Osservazioni, e parere dell'architetto Pietro Lanciani romano*. Roma, 1826.

LANCIANI 1893-1901: RODOLFO LANCIANI. *Forma Urbis Romae*. Roma: Edizioni Quasar, 1893-1901.

LANCIANI. 1995: RODOLFO LANCIANI. *Rovine e scavi di Roma antica*, Roma, 1995.

LAPAINÉ, USERY 2016: MILJENKO LAPAINÉ, E. LYNN USERY. Map projection aspects. *International Journal of Cartography*, 2, 2016 - Issue 1, pp. 38-58.

LEONI 2008. BRUNO LEONI. *Il Ponte Emilio. Dal Pons Aemilius al Ponte Rotto, la storia del più antico ponte in muratura di Roma*. [www.ilmiolibro.it](http://www.ilmiolibro.it), 2008.

LEONI 2015: BRUNO LEONI. *Roma sparita. La capitale com'era e com'è. 120 anni dopo gli acquerelli di Ettore Roesler Franz*. Roma: Edizioni Intra Moenia, 2015.

LIZ 1988: JESÚS LIZ GUIRAL, J. *El puente de Alcántara. Historia y Arqueología*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1988.

LORENZETTI 2013: ROBERTO LORENZETTI. Rieti e il Velino. L'evoluzione di un lungo rapporto. In CARLO CELLAMARE (a cura di). *La Città e il fiume*. Gorizia: EdicomEdizioni, 2013, pp. 75-94.

LUGLI 1934: GIUSEPPE LUGLI. *I monumenti antichi di Roma e suburbio*, II. Roma: G. Bardi, 1934.

LUGLI 1939: GIUSEPPE LUGLI. *Acque urbane in Roma Antica. Fonti - Sorgenti - Acque - Strutture*. A cura di M. E. GARCIA BARRACCO. Roma: Scienze e lettere, 2009.

LUGLI 1957: GIUSEPPE LUGLI. *La tecnica edilizia romana con particolare riguardo a Roma e Lazio*, I. Roma: G. Bardi, 1957.

MACERA 2016: MARCELLA MACERA. *I ponti dell'Isola Tiberina, Documentazione, rappresentazione e comunicazione di un patrimonio architettonico urbano*. Tesi di Dottorato di Ricerca. Ciclo XXVIII, I sessione 2016. Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura. Dottorato di Ricerca in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo - Settore Disciplinare ICAR 17.

MALIZIA 1994: GIULIANO MALIZIA. *I Ponti di Roma antichi e moderni, esistenti e scomparsi*. Roma: Tascabili economici Newton, 1994.

MALIZIA 1995: GIULIANO MALIZIA. *I ponti di Roma antichi e moderni, esistenti e scomparsi*. Roma: Newton Compton, 1995.

MALIZIA 1997: GIULIANO MALIZIA. *I ponti di Roma*, Roma: Newton Compton, 1997.

MARSIC, MEDL, FLANAGAN 2000: IVAN MARSIC, ATTILA MEDL, JAMES FLANAGAN. *Natural communication with information systems*. Piscataway: Rutgers Univ., 2000.

MARTA 1989: ROBERTO MARTA. *Tecnica costruttiva romana*. Roma: Edizioni Kappa, 1989.

MESCHINI 2011: ALESSANDRA MESCHINI. Tecnologie digitali e comunicazione dei beni culturali. Stato dell'arte e prospettive di sviluppo. In ELENA IPPOLITI, ALESSANDRA MESCHINI (a cura di). *Tecnologie per la comunicazione del patrimonio culturale*. DisegnareCon, 4, 8, 2011, pp. 14-24.

MICHELI 1995: GIUSEPPE MICHELI. *L'Isola Tiberina e i Fatebenefratelli: la storia dell'insula inter duos pontes*. Milano: CENS, 1995.

MIGLIARI 2008: RICCARDO MIGLIARI. *Prospettiva dinamica interattiva. La tecnologia dei videogiochi per l'esplorazione dei modelli 3d di architettura*. Roma: Edizioni Kappa, 2008.

MORELLI 1980: GIORGIO MORELLI. *Il Tevere e i suoi ponti*. Roma: Edizioni Kappa, 1980.

NIBBY 1942: ANTONIO NIBBY. *Tivoli e le sue vicinanze*, Sezione della R. Deputazione Romana di Storia Patria Valle D'este, 1942-XX.

NORMAN 1998: DONALD A. NORMAN. *The design of everyday things*. Cambridge: MIT PRESS, 1998.

NORMAN 1999: DONALD A. NORMAN. *The invisible computer*. Cambridge: MIT PRESS, 1999.

O'CONNOR 1993: COLIN O'CONNOR. *Roman Bridges*. Cambridge University Press, 1993 (spec. pp. 109-111).

ORLANDI 2008: SILVIA ORLANDI. Le iscrizioni del ponte Fabricio viste da vicino. In *Epigrafia 2006*. Atti della XIV Rencontre sur l'épigraphie in onore di Silvio Panciera, con altri contributi di colleghi, allievi e collaboratori. A cura di Maria Letizia Caldelli, Gian Luca Gregori, Silvia Orlandi.. Roma: Edizioni Quasar, 2008, pp. 177-186.

PANZA 2012: PIERLUIGI PANZA. *Piranesei architetto. Immaginazione, materia, memoria*. Milano: Guerini, 2012 (II edizione);

PARIS 2010: LEONARDO PARIS. Quantità e qualità nell'utilizzo dello scanner laser 3D per il rilievo dell'architettura. In *New lines of research in Building Engineering*. APEGA 2010. X Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación (Alicante, 2, 3, 4 dicembre 2010). Alicante: editorial Marfil: 2010, vol. 1, pp. 279-289.

PARIS 2014: LEONARDO PARIS. Ponti antichi tra passato e futuro: il ponte romano a Rieti. In PAOLO BELARDI ET AL. (a cura di). *Idee per la rappresentazione 6. Impronte*. Roma: Artegrafica, 2014, pp. 281-291.

PARIS 2015: LEONARDO PARIS. Shape and Geometry in the Integrated Digital Survey. In STEFANO BRUSPAORCI (ed.). *Handbook of research on emerging Digital tools for architectural Surveying, Modeling and representation*. IGI Global 2015, pp. 214-238.

PARIS ET AL. 2012: LEONARDO PARIS, DANIELA LIBERATORE, WISSAM WAHBEH. Digital Representation of Archeological Sites. Recent Excavation at Alba Fucens. In CARMINE GAMBARDELLA (ed).

*Less More Architecture Design Landscape*. Napoli: La Scuola di Pitagora 2012, pp. 295-304.

PARIS ET AL. 2017: LEONARDO PARIS, MICHELE CALVANO, CARLA NARDINOCCHI. Web spherical panorama for cultural heritage 3D modeling. In MARCO CECCARELLI, MICHELA CIGOLA, GIUSEPPE RECINTO (eds.). *New activities for cultural heritage*. Cham: Springer, 2017, pp.182-189.

PARIS, INGLESE, WAHBEH 2014: LEONARDO PARIS, CARLO INGLESE, WISSAM WAHBEH. Modelli digitali per la conoscenza delle stratificazioni urbane nel centro storico di Narni. In PAOLO GIANDEBIAGGI, CHIARA VERNIZZI (a cura di). *Italian survey & International experience*. Roma: Gangemi Editore, 2015, pp. 439-448.

PASQUALI PASSERI 1983: GIUSEPPE PASQUALI, ALBERTO PASSERI. *La nave di pietra: storia, architettura e archeologia dell'Isola Tiberina*. Milano: Electa, 1983.

PESCARIN, FANINI, LUCCI BALDASSARRI, FERDANI, CALORI 2011: SOFIA PESCARIN, BRUNO FANINI, GUIDO LUCCI BALDASSARRI, DANIELE FERDANI, LUIGI CALORI. Archeologia virtuale, realismo, interattività e performance: dalla ricostruzione alla fruizione on line. In ELENA IPPOLITI, ALESSANDRA MESCHINI (a cura di). *Tecnologie per la comunicazione del patrimonio culturale*. DisegnareCon, 4, 8, 2011, pp. 62-70.

PIZZO 2016: ANTONIO PIZZO. El puente romano de Alcántara: nueva documentación arqueológica y evidencias constructivas previas. *Arqueología de la Arquitectura* 13, 2016, pp. 1-22. DOI: <<http://dx.doi.org/10.3989/arqarqt.2016.i13>>.

PUPILLO 1998: MARCO PUPILLO. *S. Bartolomeo all'Isola Tiberina: mille anni di storia e di arte*. Milano: A. Guerini, 1998.

QUILICI, QUILICI GIGLI 1995: LORENZO QUILICI, STEFANIA QUILICI GIGLI. *Opere di assetto territoriale ed urban*. Collana Atlante tematico di topografia antica. Roma: L'Erma di Bretschneider 1995.

QUILICI, QUILICI GIGLI 2015: LORENZO QUILICI, STEFANIA QUILICI GIGLI. *Atlante tematico di topografia antica. Roma, strade e infrastrutture, città e monumenti*. ATTA 25 - 0215. Roma: L'Erma di Bretschneider, 2015.

RAMIERI 2003: ANNAMARIA RAMIERI. *I Ponti di Roma*. Roma: Editore Colombo, 2003.

RICHIELLO 2001: MARIA RICHIELLO. *S. Bartolomeo all'Isola: storia e restauro*. Roma: Bonsignori, 2001 (stampa 2002).



RODRÍGUEZ PULGAR 1992: MA DEL CARMEN RODRÍGUEZ PULGA. *El puente romano de Alcantara: reconstrucción en el siglo XIX*. Salamanca 1992.

RUSSO, GUIDI 2011: MICHELE RUSSO, GABRIELE GUIDI. La modellazione digitale reality-based ed interpretativa per la valorizzazione del patrimonio culturale. In *La ricerca nel disegno di design*. Atti della giornata di studio (20 ottobre 2010). Santangelo di Romagna: Maggioli Editore, 2010, pp. 202-211

SAFFER 2006: DAN SAFFER. *Designing for Interaction: Creating Smart Applications and Clever Devices*. San Francisco: Peachpit Press, 2006.

SALADINO, SOMMA 1993: LAURA SALADINO, MARIA CARLA SOMMA. Elementi per una topografia di Rieti in età tardoantica ed altomedievale. *Mélanges de l'École française de Rome. Moyen-Âge*, tome 105, 1, 1993, pp. 23-122.

SEGARRA LAGUNES 2004: MARIA MARGARITA SEGARRA LAGUNES. *Il Tevere e Roma. Storia di una simbiosi*. Roma: Gangemi Editore, 2004.

TAGLIAFERRI, VARRIALE 2007: ALBERTO TAGLIAFERRI, VALERIO VARRIALE. *I ponti di Roma*. Roma: Newton Compton, 2007.

TATTOLI, TATTOLI 2000: MICHELE TATTOLI, PAOLO TATTOLI. *Narni, un ponte nella storia degli antichi viaggiatori, raccolta di incisioni (1676/1927)*. Narni: Citta di Narni, 2000.

TEDESCHI 2010: ARTURO TEDESCHI. *Architettura parametrica. Introduzione a Grasshopper*. Potenza: Edizioni Le Penseur, 2010 (II edizione). 208 p. ISBN 978-88-95315-08-9.

TOSTO 2010. DOMENICO TOSTO. Piattaforma multimediale e interattiva, per la conoscenza e la salvaguardia del patrimonio Ambientale ed Architettonico in area Mediterranea con particolare riferimento alla regione del Maghreb. In CRISTIANA BARTOLOMEI (a cura di). *La comunicazione dei beni culturali*. DisegnareCon, 3, 6, 2010, pp. 105-110.

VECCHIETTI 2004: ERIKA VECCHIETTI. *La viabilità di Forlimpopoli nell'antichità. I ponti*, in «Forlimpopoli. Documenti e Studi» XV, 2004.

VESPIGNANI 1692: CARLO VESPIGNANI. *Discorso di monsignor Gio: Carlo Vespignani sopra la facile riuscita di restaurare il Ponte Senatorio, hoggi detto Ponte Rotto*. Roma, 1692.

I Romani furono maestri nell'edificazione dei ponti in pietra a partire soprattutto dall'età augustea. Il nostro territorio è costellato da numerose presenze archeologiche riconducibili a ponti lapidei romani, alcuni dei quali ancora funzionanti, nonostante le modificazioni susseguitesesi nei secoli; tra questi il ponte augusteo di Narni rappresenta ancora oggi una delle opere di ingegneria più imponenti. Numerosi esempi si trovano anche nelle Province dell'Impero, segni tangibili di un approccio culturale fondato anche sulla diffusione dell'arte e della tecnica delle costruzioni.

Il volume raccoglie gli esiti di una ricerca finalizzata alla definizione di un quadro metodologico per l'implementazione di una piattaforma informativa multidisciplinare e multiscalare condivisa. I cinque casi di studio – i ponti Emilio e Fabricio a Roma e di Augusto a Narni, i ponti romani di Rieti e di Alcántara (Spagna) – si basano su un'attività di rilievo digitale e di ricerca storico-documentale e soprattutto di analisi critica e di approfondimento tecnico-costruttivo sulle caratteristiche principali del progetto, della sua realizzazione e della sua trasformazione nel corso di ben due millenni di storia.

Il volume diventa così l'occasione per intraprendere un affascinante viaggio nel tempo, per immergersi con l'immaginazione nel pieno di un periodo, quello dell'Impero Romano, sempre affascinante, coinvolgente e a volte misterioso.

**Carlo Inglese**, architetto, PhD, professore associato della Sapienza Università di Roma. Si occupa delle discipline della rappresentazione e rilievo in ambito architettonico e archeologico, attraverso l'applicazione delle nuove tecnologie informatiche al rilievo integrato complesso. Ha realizzato numerose campagne di rilievo ed è autore di pubblicazioni inerenti il *Cultural Heritage*.

**Leonardo Paris**, architetto, PhD, professore associato della Sapienza Università di Roma. La sua attività di ricerca è incentrata sullo studio della forma e della geometria nell'architettura, nell'ingegneria e nel design. Si occupa da anni di rilievo digitale integrato e modellazione tridimensionale. Ha curato numerosi rilievi nell'ambito dei Beni Culturali.

ISBN 978-88-9377-150-4



9 788893 771504

