

drawing disegnare

n. 47
idee immagini
ideas images

Rivista semestrale del Dipartimento di Storia, Disegno
e Restauro dell'Architettura – "Sapienza" Università di Roma
*Biannual Magazine of the Department of History, Drawing
and Restoration of Architecture – "Sapienza" Rome University*

Worldwide distribution and digital version EBOOK
www.gangemeditore.it

Anno XXIV, n. 47/2013
Italia € 15 - USA and Canada \$ 20,00

Full english text



Rivista semestrale del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, finanziata da Sapienza, Università di Roma
Biannual Magazine of the Department of History, Drawing and Restoration of Architecture, financed by Sapienza, University of Rome

Registrazione presso il Tribunale di Roma
n. 00072 dell'11/02/1991

Proprietà letteraria riservata



GANGEMI EDITORE SPA
piazza San Pantaleo 4, 00186 Roma
tel. 0039 6 6872774 fax 0039 6 68806189
e-mail info@gangemieditore.it
catalogo on line www.gangemieditore.it
Le nostre edizioni sono disponibili in Italia e all'estero anche in versione ebook.
Our publications, both as books and ebooks, are available in Italy and abroad.

Un numero € 15 – estero € 30
Arretrati € 30 – estero € 60
Abbonamento annuo € 30 – estero € 60
One issue € 15 – Overseas € 30
Back issues € 30 – Overseas € 60
Annual Subscription € 30 – Overseas € 60

Abbonamenti/Annual Subscription
Versamento sul c/c postale 343509
intestato a: Licosa Spa – Via Duca di Calabria 1/1
50125 Firenze
*Payable to: Licosa Spa – Via Duca di Calabria 1/1
50125 Firenze*
post office account n. 343509

Distribuzione/Distribution
Librerie in Italia/Bookstores in Italy
Joo distribuzione – Via F. Argelati, 35
20134 Milano
Librerie all'estero/Bookstores overseas
Licosa Spa – Via Duca di Calabria 1/1
50125 Firenze
Edicole in Italia/Newsstands in Italy
C.D.M. – Viale Don Pasquino Borghi, 174
00144 Roma

ISBN 978-88-492-2797-0
ISSN IT 1123-9247

Direttore scientifico/Editor-in-Chief
Mario Docci, Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, "Sapienza", Università di Roma, piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
mario.docci@uniroma1.it

Direttore responsabile/Managing editor
Piero Albisinni, Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, "Sapienza", Università di Roma, piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
piero.albisinni@uniroma1.it

Comitato Scientifico/Scientific Committee
Piero Albisinni, Roma, Italia
Giovanni Carbonara, Roma, Italia
Secondino Coppo, Torino, Italia
Cesare Cundari, Roma, Italia
Laura De Carlo, Italia
Mario Docci, Roma, Italia
Mario Fondelli, Firenze, Italia
Marco Gaiani, Bologna, Italia
Angela García Codoñer, Valenza, Spagna
Diego Maestri, Roma, Italia
Emma Mandelli, Firenze, Italia
Riccardo Migliari, Roma, Italia
Alberto Pratelli, Udine, Italia
Franco Purini, Roma, Italia
José A. Franco Taboada, La Coruña, Spagna

Comitato di Redazione/Editorial Staff
Laura Carlevaris
Emanuela Chiavoni
Laura De Carlo (coordinatore)
Alfonso Ippolito
Paola Quattrini

Coordinamento editoriale/Editorial coordination
Monica Filippa

Traduzioni/Translation
Erika G. Young

Segreteria/Secretarial services
Marina Finocchi Vitale

Redazione/Editorial office
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
tel. 0039 6 49918890

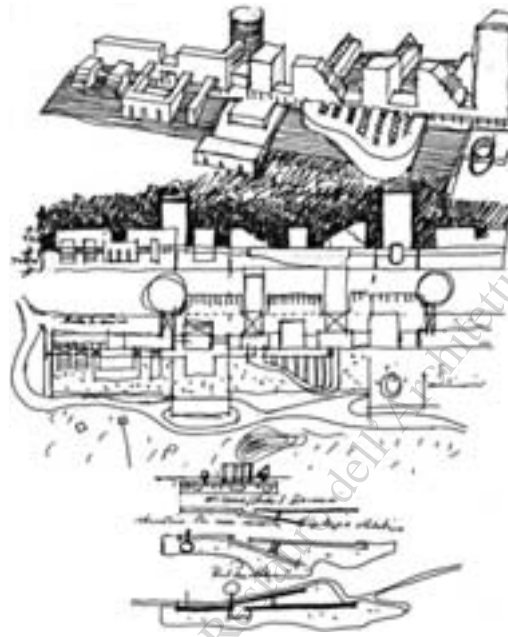
In copertina/Cover
Raffaele Panella, Progetto per Sesto San Giovanni, 1994.
Raffaele Panella, Design for Sesto San Giovanni, 1994.

Anno XXIV, n. 47, dicembre 2013

- 3 *Mario Docci*
Editoriale/Editorial
Frank Ching di-segna il Convegno di Matera
Frank Ching de-signs the Matera Conference
- 7 *Raffaele Panella*
Disegnare per l'architettura
Drawing for architecture
- 12 *Barbara Aterini*
Il campanile del Duomo di Pietrasanta: dalla complessità alla semplicità dell'idea progettuale
The bell tower of the Cathedral in Pietrasanta: from the complexity to the simplicity of the design concept
- 24 *Adriana Rossi*
I disegni di Carlo Borgo e il trattato di Filone di Bisanzio
Drawings by Carlo Borgo and the Treatise by Philo of Byzantium
- 36 *Mohammad El-Khalili, Nizar Al Adarbeh, Yahya Al Shawabkeh, Abdulraouf Mayyas*
Il Ninfeo romano di Amman. Documentazione e indagine architettonica
Roman Nymphaeum in Amman. Documentation and Architectural Study
- 46 *Fabrizio Ivan Apollonio, Simone Baldissini, Guido Beltramini, Maria Malvina Boygherini, Paolo Clini, Marco Gaiani, Caterina Palestini, Livio Sacchi, Camillo Trevisan*
I geo-modelli per la PALLADIOLibrary: un archivio condiviso e in divenire
Geo-models for the PALLADIOLibrary: a shared archive in the making
- 60 *Carlo Bianchini, Gaia Lisa Tacchi*
Il Rilievo come Sistema di Conoscenza: la Casa dei Cavalieri di Rodi
Survey as a Knowledge System: the House of the Knights of Rhodes
- 72 *Jorge Llopis Verdu*
Lavorare con le mani: il modello plastico e l'architettura digitale
Working with hands: architectural models and digital architecture
- 82 *Laura Inzerillo, Cettina Santagati*
Il progetto del rilievo nell'utilizzo di tecniche di modellazione dense stereo matching
Using dense stereo matching techniques in survey
- 92 **Attualità/Events**
- 93 **Mostre/Exhibitions**
- 94 **Libri/Books**

Raffaele Panella, Progetto per Sesto San Giovanni, 1994.
Disegno di studio in pianta, prospetto e vista assonometrica
dell'unità di intervento.

*Raffaele Panella, Design for Sesto San Giovanni, 1994.
Studio drawing of the plan, elevation and axonometric view
of the project.*



Copia riservata al Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura della Sapienza Università di Roma

editoriale

Frank Ching di-segna il Convegno di Matera

Il ricordo di un Convegno può essere legato a numerosi avvenimenti, quali alcune relazioni di qualità molto elevata, la perfetta organizzazione, i caratteri del luogo in cui si svolge, l'incontro con un collega particolarmente stimolante, etc. Il Convegno UID di Matera è stato segnato e disegnato da Frank Ching che ha voluto presenziare al nostro incontro e disegnare gli spazi urbani di Matera accanto ai suoi studenti.

Per un docente di disegno come me, che ha avuto la fortuna di conoscere il professor Ching attraverso i suoi lavori, è stato un grande piacere poterlo incontrare e conferirgli la targa d'oro UID per il contributo dato alla diffusione della scienza del Disegno. Per molti altri, e soprattutto per molti dei nostri giovani, è stata una sorpresa incontrare questo maestro americano che da numerosi anni sviluppa la sua attività di ricerca all'interno di una delle discipline più antiche del mondo.

La sua attività di docente di Disegno ebbe inizio nel 1972 nell'Ohio University e già nel 1975 pubblicò un volume dal titolo *Architectural Graphics*, opera che lo rese subito molto noto a tutta la comunità scientifica internazionale. A questa prima opera Ching ne fece seguire molte altre – tra le più significative *Architecture: Form, Space & Order* e *Visual Dictionary of Architecture* – che hanno fatto il giro del mondo e che sono state per molti docenti di Disegno, nelle facoltà di Architettura e di Ingegneria di tutto il mondo, base formativa ed elemento di riflessione per le proprie ricerche.

Personalmente, quando nel lontano 1983 insieme ad alcuni dei miei collaboratori dell'epoca che mi piace ricordare – Adriano Bentivegna, Carlo Carreras, Luigi Corvaja, Antonino Gurgone, Diego Maestri e Alessandro Sartor – scrissi un contributo didattico per i nostri allievi dal titolo *Disegno e Analisi Grafica*, non conoscevo ancora le opere di Frank Ching. I nostri sforzi per creare una didattica del Disegno capace di far apprendere agli allievi una metodologia per leggere l'architettura attraverso il disegno non erano però molto distanti da quanto che Ching stava sperimentando con i suoi allievi al di là dell'oceano.

Quando all'inizio degli anni Novanta ebbi modo di vedere i primi lavori di Ching, scoprii non solo un grande maestro del Disegno ma un docente rigoroso che insegnava ai propri allievi a leggere l'architettura attraverso l'uso del Disegno.

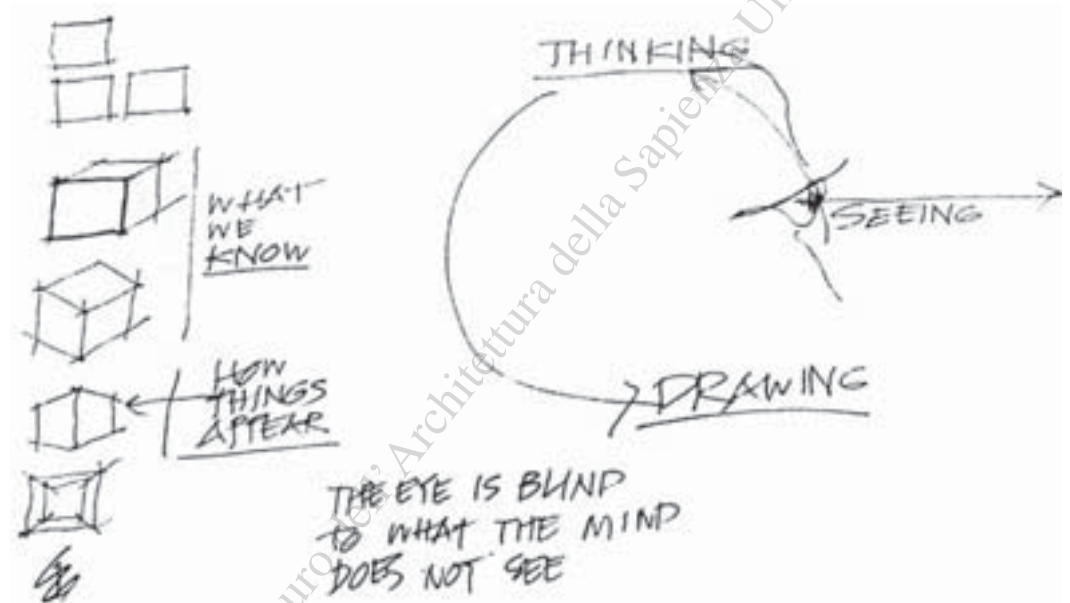
Nelle prime opere Ching analizzava la spazialità dell'architettura attraverso disegni, condotti con un segno essenziale, che sintetizzava l'opera per coglierne i suoi caratteri sostanziali.

Il suo segno elementare, poco incline alle variazioni di spessore, in alcuni casi perfino rigido, è tutto finalizzato a sottolineare gli elementi caratterizzanti l'opera stessa, eliminando tutto ciò che è superfluo ai fini della lettura dell'edificio. Generalmente la rappresentazione è prospettica, ma in alcuni casi non mancano i riferimenti ad altri tipi di rappresentazione quali ad esempio l'assonometria, le piante e i prospetti, e gli schizzi di ambientazione. Il ricorso alle ombre è saltuariamente presente, proprio perché il suo disegno è finalizzato alla conoscenza del linguaggio dell'architettura e a questo fine esso non può alludere ad effetti chiaroscurali o coloristici. Pur senza seguire un metodo di lettura collegato a metodologie di analisi legate a determinati movimenti di pensiero, nell'opera forse più nota – *Architecture: Form, Space & Order* – egli analizza la forma architettonica smontando la scatola spaziale per mostrarne le relazioni compositive attraverso gli elementi componenti. Egli analizza i vari edifici non seguendo un ordine cronologico ma secondo la messa in evidenza di alcuni aspetti, come ad esempio gli elementi primari, le forme, il rapporto tra forma e spazio, l'organizzazione, la circolazione e i rapporti proporzionali.

Un'altra peculiarità delle opere di Ching è quella di essere solo disegnate, il testo è quasi assente e quando è presente è molto sintetico e in forma di note; in altre parole si potrebbe dire che il professor Ching sia convinto che valga più un piccolo disegno che mille discorsi.

Come si può comprendere da queste poche note, la presenza di una tale personalità non poteva che suscitare grandi interessi sia nei docenti che nei giovani ricercatori. Prima dell'incontro egli ha approfittato della sua presenza a Matera per recarsi, con i suoi allievi che lo avevano seguito, a disegnarne dal vero la spazialità urbana, grazie ai suoi caratteri peculiari di città rica-

Disegno di Frank Ching al Convegno di Matera.
Drawing by Frank Ching at the Conference in Matera.



vata dentro la roccia. Questa esperienza ha inciso notevolmente sul Maestro americano, tanto che egli ha voluto presentarsi ai colleghi italiani mostrando i suoi disegni appena realizzati durante il giro della città. L'incisività e il fascino dei suoi disegni hanno conquistato i partecipanti al Congresso che hanno anche potuto porre domande e ottenere chiarimenti in merito al suo pensiero sul Disegno.

Al termine dell'incontro, l'UID ha consegnato la targa d'oro al professor Ching per lo straordinario contributo offerto allo sviluppo e alla valorizzazione del Disegno e mi sembra significativo trascriverne la motivazione: "Studioso ampiamente riconosciuto a livello internazionale per il suo importante contributo nell'ambito del Disegno e dell'analisi grafica, per la sua dedizione alle discipline del Disegno che l'hanno visto protagonista di studi di ampia portata nel settore, con prestigiosi ruoli accademici in varie Università del mondo. Questi pregevoli successi gli hanno fatto conferire il titolo di Professore emerito. È stato inoltre autore di alcune delle più importanti opere sul Disegno, pubblicate in molti paesi. L'UID Unione Italiana Disegno vuole sottolineare in particolar modo, tra i suoi meriti, il carattere di un Disegno dal tratto geometrico dal quale trapela una profonda interiorità. Per queste motivazioni si conferisce la targa d'oro al professor Frank Ching".

Con tutto ciò si comprende come la sua forte personalità abbia "segnato" e caratterizzato l'incontro di Matera, che sarà ricordato come il Convegno di questo grande disegnatore.

Mario Docci

editorial

Frank Ching de-signs the Matera Conference

There are many reasons why you remember a conference: excellent presentations, perfect organisation, the venue, meeting an exceptionally inspiring colleague, etc. What stands out about the UID Conference in Matera are the drawings signed and de-signed by Frank Ching who participated in our meeting and drew the city of Matera together with his students.

I was lucky enough to be familiar with Professor Ching's works, but as a teacher of drawing it gave me great pleasure to meet him in person and present him with the UID Gold Award for his contribution to the dissemination of the science of drawing. Instead many other people, especially many youngsters, were surprised to meet this American master draughtsman whose research has for many years focused on one of the oldest disciplines in the world.

He began teaching drawing in 1972 at Ohio University. In 1975 he published a book entitled Architectural Graphics which almost immediately made him a household name within the international scientific community. His first book was followed by many others – the most important are Architecture: Form, Space and Order, and the Visual Dictionary of Architecture – which became worldwide bestsellers as well as instructive manuals and food for thought for many teachers of drawing in faculties of architecture and engineering all over the world.

Many years ago in 1983, together with several colleagues (which I remember here with pleasure – Adriano Bentivegna, Carlo Carreras, Luigi Corvaja, Antonino Gurgone, Diego Maestri and Alessandro Sartor –), I wrote a didactic paper for our students entitled Disegno e Analisi Grafica. At the time I was not familiar with Ching's works, nevertheless our efforts to create a didactic method to teach our students how to use drawings to interpret architecture were not very different to what Ching was trying out with his pupils on the other side of the ocean.

When I came across Ching's first works in the early nineties I discovered not only a great master draughtsman, but also a strict teacher who taught his students to use drawing to interpret architecture.

In his first works Ching used drawings to analyse the spatial nature of architecture; he used basic signs summarising the work in order to capture its most significant features.

His basic sign – which never varied much in thickness and in some cases was even rigid – focuses entirely on emphasising the characteristic features of the work by eliminating anything that is not needed to interpret the building. Generally speaking his representations are perspectives, but sometimes they recall other kinds of representation such as axonometric images, plans, façades, and sketches of settings. He doesn't often use shadows, simply because his drawings are meant to convey the language of architecture and so he avoids using chiaroscuro or colour.

In what can be considered his most famous work – Architecture: Form, Space & Order – he avoids using an interpretation method linked to analytical methodologies inspired by certain philosophies and instead analyses the architectural form by dismantling the spatial box in order to use its component elements to illustrate its compositional ties. To analyse the buildings he doesn't follow a chronological order but emphasises certain features, for example primary elements, forms, the relationship between form and space, set up, flows and proportions.

Another characteristic feature of Ching's works is the fact that his drawings have almost no text, it's the drawing alone that's important; on those rare occasions when notes are present, they are very brief. In other words, we feel authorised to say that Professor Ching is convinced that one small drawing is worth a thousand words.

It's easy to understand from this brief description how extremely interested both the teachers and young research students were in such a larger-than-life character. Before the conference, Ching took the time to take the students who had travelled with him to make real life drawings of the urban area with its unique characteristics as a cave city hewn out of the hillside. The city made a huge impression on Ching; in fact as soon as he arrived at the conference he immediately showed his Italian colleagues the drawings he had just made while touring the city. The incisive and magnetic nature of his drawings completely won over the congress participants who were also able to question him about his thoughts and approach to drawing.

At the end of the conference we presented the UID Gold Award to Professor Ching for his outstanding contribution to the development and enhancement of drawing. I think it appropriate to record the citation: "An internationally acclaimed scholar, for his important contribution in the field of drawing and graphic analysis, for his dedication to the disciplines of drawing, leading role in wide-ranging studies on this topic, and prestigious academic positions in several universities all over the globe. These commendable achievements have earned him the title of Professor Emeritus. He has also written some of the most important books on drawing, published in many countries. Among his many other merits, the UID, Unione Italiana Disegno, wishes to emphasise, in particular, his geometric-style drawings which betray an intense and deep inner nature. For these merits the UID confers the Gold Award to Professor Frank Ching". I think there is no doubt as to why his strong personality left his 'mark' on the meeting in Matera, and made it his own; it will be remembered as the conference of this great draughtsman.

Mario Docci

disegno / drawing

Raffaele Panella

Disegnare per l'architettura
Drawing for architecture



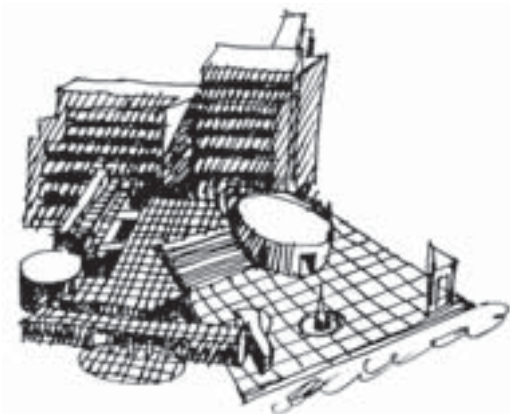
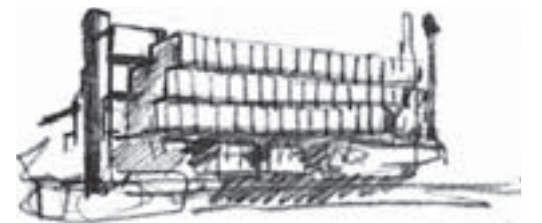
Ho sempre pensato al disegno come a una pratica finalizzata alla realizzazione di un manufatto architettonico o, come mi è capitato con minore frequenza ma spesso con maggior interesse, alla realizzazione di una parte o di un pezzo di città. Ho pensato quindi al disegno per l'Architettura piuttosto che al disegno della Architettura. Naturalmente ci riferiamo al disegno a mano, di cui riconosco il valore estetico, anche perché ho avuto modo di frequentare ambienti che hanno fatto del disegno di Architettura un'arte e, d'altra parte, ho fatto un apprendistato piuttosto duro nel campo della rappresentazione come usava negli anni Cinquanta in tutte le maggiori scuole di Architettura italiane, per sottovalutare questa branca dell'arte figurativa e sottacere i contributi che ha dato all'Architettura in quanto tale, anche nella contemporaneità. Ma l'urgenza del prevedere i manufatti nel loro progressivo configurarsi e nella consapevolezza che i segni lasciati sulla carta sarebbero divenuti ordini per una costruzione reale o solo immaginata, nei cinquant'anni di lavoro che ho dedicato all'Architettura, hanno sempre preso il sopravvento. Forse è stata la frequentazione di Giuseppe Samonà all'IUAV, tra la fine degli anni Cinquanta e gli anni Sessanta, a indirizzarmi sulla via di una assoluta concisione della rappresentazione, senza altre finalità se non quella di comunicare con un insieme realmente essenziale di segni l'invenzione architettonica, il concept, alla base di una determinata architettura. D'altra parte, Samonà era molto vicino a Le Corbusier che in quegli anni progettava l'Ospedale di Venezia e ne divulgava l'insegnamento, anche nel modo di avvicinarsi al di-

segno. Egli usava spesso accompagnare il ragionamento con rapidi schizzi di grande scala per mostrarci il come. Ma in quel crogiolo di fermenti che era Venezia alla fine degli anni Cinquanta, come fare a non vedere la matita tagliente di Ignazio Gardella che richiamava inesorabilmente alla *misura delle cose* (Purini), come per altro l'inflessibile Albini e, su un altro versante, come non subire la fascinazione – malgrado le raccomandazioni preoccupate di Samonà – della profondità mitica dei segni lasciati dalla matita di Carlo Scarpa? Solo più tardi sono venuti a Venezia Aldo Rossi e Carlo Aymonino.

Ecco, a rivedere i miei disegni a mano, di quella scuola ritrovo la ricerca di una certa concisione e perentorietà del segno, proteso a rappresentare i caratteri evidenti di un manufatto, ma anche a conquistarne lo spazio. Contemporaneamente, rilevo la ricerca incessante della dimensione esatta dell'oggetto pensato, delle relazioni spaziali con l'intorno, della denuncia immediata senza inutili attese della scala dell'intervento. Molti miei disegni riportano le misure essenziali; e di recente aggiungono piccole note sul carattere delle parti. Sono note che si aggiungono al testo – il disegno – al fine di sciogliere, per quanto possibile, le sue naturali ambiguità.

Il disegno a mano ha costituito sempre la traiettoria dinamica del mio avvicinamento al progetto e mi ha accompagnato nel percorso progettuale, che è uno dei nodi da sciogliere nell'epoca del disegno automatico, come dirò appresso. Rivedendo i miei disegni a distanza di qualche decennio, mi rendo conto che solo alcuni schizzi iniziali sono prospettici

I've always considered drawing as something you do to create an architectural object or a part or portion of a city (although this happens less often it's more interesting). So I've always concentrated on drawing for architecture rather than drawing architecture. Obviously I'm talking about freehand drawing which I consider aesthetically valid because I was lucky enough not only to meet people for whom architectural drawings were an art, but also because I underwent the rather severe apprenticeship regarding representation typical of most Italian schools of architecture in the fifties. So I never underestimated this branch of figurative art or underrated its contribution to architecture, even in this day and age. However, in the fifty years I've dedicated to architecture



1/ *Pagina precedente*. Roma, progetto di sistemazione dell'area archeologica tra piazza Venezia e il Colosseo, 2008 (scala 1:500; in R. Panella. Roma la città dei Fori. Roma: Prospettive Edizioni, 2013).

Previous page. Rome, new plan for the archaeological site between Piazza Venezia and the Colosseum, 2008 (scale 1:500; in R. Panella. Roma la città dei Fori. Roma: Prospettive Edizioni, 2013).

2/ *Pagina precedente*. Val Basento, la scuola convitto nella valle scavata dal fiume Basento. Concept iniziale e finale, 1968.

Previous page. Val Basento, the boarding school in the Basento river valley. Initial and final concept, 1968.

3/ *Pagina precedente*. Matera, il broletto di piazza Matteotti, 1988. Progetto di concorso.

Previous page. Matera, the open area in Piazza Matteotti, 1988. Competition design.

4/ Progetto per Roma Nord, 1990 (concorso ACER). Design for Roma Nord, 1990 (ACER competition).

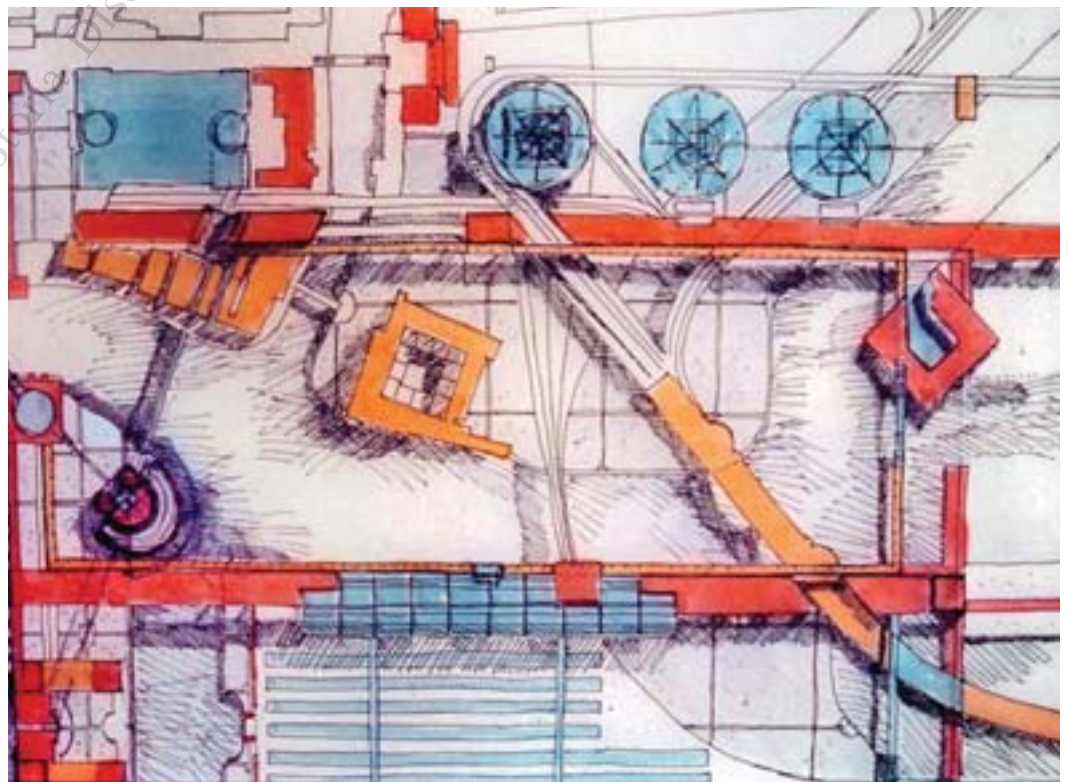
5/ Progetto della nuova Stazione di Bologna, 2005. Studio di progettazione.

Design for the new Station in Bologna, 2005. Studio design. 6/ Venezia, la conclusione del Canal Grande, 1985. Ricerca di progettazione dipartimentale.

Venice, the end of the Grand Canal, 1985. Departmental design research.

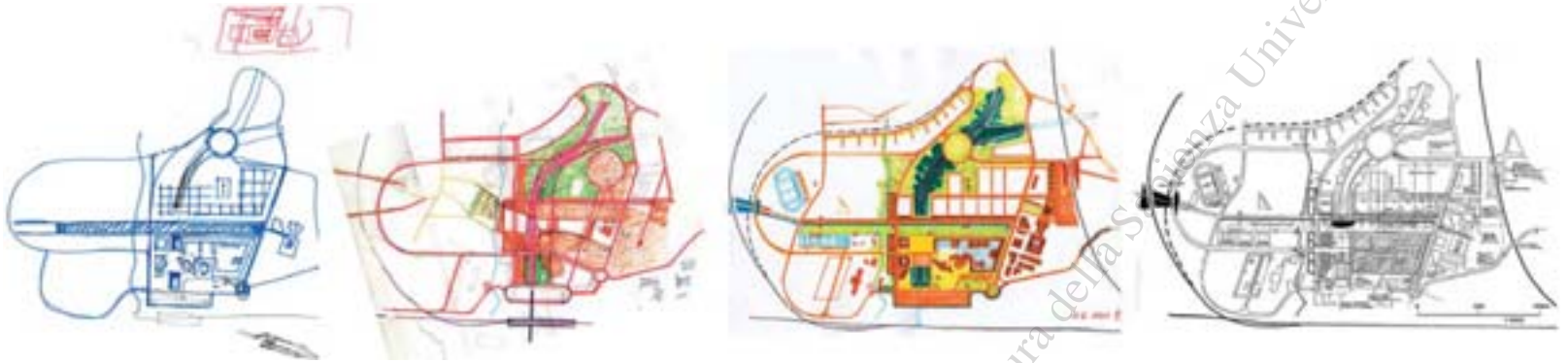


what has always remained paramount is the need to fore-see the artefacts as they develop and the fact I realised that the signs left on a piece of paper would become orders for a real or merely imagined construction. Or perhaps it's because I worked with Giuseppe Samonà at the IUAV in the late fifties early sixties that my representations have always been very concise; my only goal was to use a really basic set of signs to communicate the architectural design, the concept behind an architectural artefact. Since Samonà was very close to Le Corbusier who at that time was designing the hospital in Venice, he disseminated the latter's teachings, including how to approach drawing. He often used to illustrate his thought process using quickly-drawn, large scale sketches to show us how it was done. In the late fifties Venice was like a crucible; it was impossible to ignore Ignazio Gardella's sharp-edged and incisive pencil relentlessly recalling the measure of things (Purini). The same was true of the inflexible Albini, but it was also impossible to avoid being mesmerised – despite Samonà's fretful warnings – by the mythical depth of the signs left by Carlo Scarpa's pencil. Only later did Aldo Rossi and Carlo Aymonino come to Venice. My freehand drawings reflect my search for a certain conciseness and peremptoriness of signs intended to represent the more obvious features of an artefact, but also to capture space. At the same time, I perceive my tireless search for the exact dimension of the imagined object, its spatial relations with the surroundings, or the immediate statement not willing to wait in vain for the scale of the design. While many of my drawings contain basic measurements, I've



7/ Progetto del nuovo quartiere integrato Università/Città a Bertalia Lazzaretto in Bologna, 2001. Fasi del percorso progettuale (concorso di progettazione).

Design for the new integrated University/City district in Bertalia Lazzaretto, Bologna, 2001. Design stages (design competition).



(Val Basento, Matera, Roma Est), molti prestano maggiore attenzione al valore plastico dell'Architettura sia attraverso una rappresentazione assonometrica sia in una visione zenitale con ombre, alla ricerca di una maggiore oggettività e di un più esteso dominio dello spazio. Questo tipo di disegno ricorre, come è del tutto ovvio, nei progetti di parti di città, dove assume importanza il pattern urbano e, alla fine, il rapporto interattivo con il luogo. Infine, a un certo livello di maturazione progettuale, quasi tutti i miei disegni a mano propongono un quadro più o meno completo dell'edificio o del pezzo di città, descritto in pianta, prospetti e sezioni (penso soprattutto a Sesto San Giovanni, favorito dalla circostanza richiesta dalla Triennale di Milano del 1995 di rappresentare in una sorta di manifesto un'idea di città nuova, compiuta in tutte le sue parti. con un evidenti contenuti interscalari). Ma al di là dello schizzo, prospettico o assonometrico o dell'apparecchio grafico mongiano, è il percorso progettuale, appuntato sempre con una successione di disegni a mano, a rappresentare forse meglio il mio modo di progettare (attraverso il disegno). Paradigmatico in questo senso è il progetto di una parte di città complessa come il nuovo quartiere di Bertalia Lazzaretto o come la nuova Stazione di Bologna, entrambi oggetto di concorsi internazionali di progettazione, sul secondo dei quali, che sapevo di perdere, mi sono dilungato ad affinarne le forme quasi nel dettaglio (siamo comunque alla scala urbana) al di là dei limiti temporali del concorso stesso. Del polo Chimico dell'Università di Bologna al Navile, concorso internazionale coevo al Lazzaretto, questa volta vinto, agli inizi del Duemila, ho invece sequenze di schizzi/concept e disegni ricalcati su basi digitali, quasi a legittimarne la so-

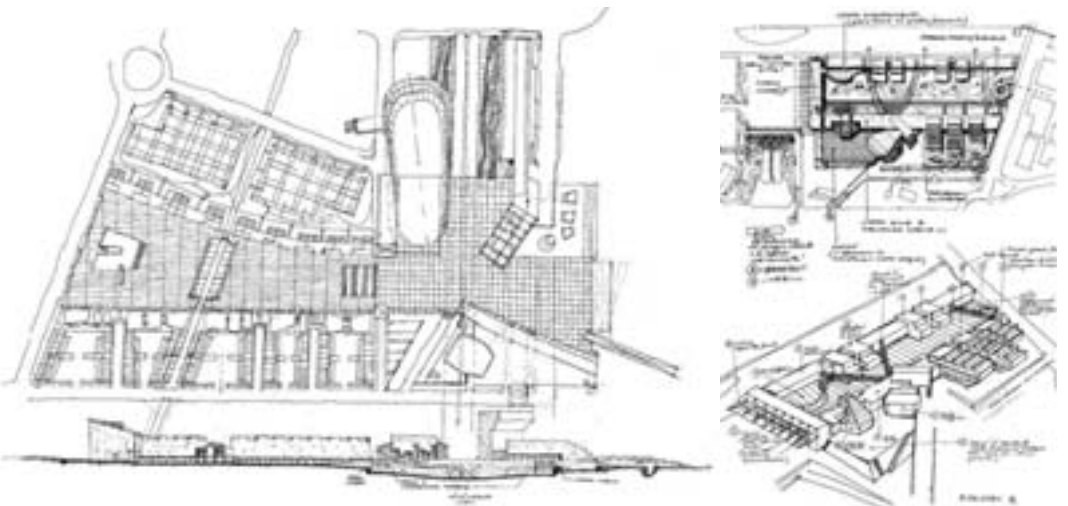
8/ Nuovo quartiere integrato Università/Città a Bertalia Lazzaretto in Bologna. A sinistra: disegno costruttivo del sistema residenziale e della Porta del nuovo quartiere; a destra: disegni costruttivi della nuova sede dell'Università in pianta e in una vista assonometrica.

Design of the new integrated University/City district in Bertalia Lazzaretto, Bologna. Left: drawing of the residential system and gateway to the new district; right: drawings of the new site of the university, plan and axonometric projection.

stanza con il segno a mano. Sono disegni popolati da note e riflessioni tanto più utili in vista di una effettiva realizzazione. Regnava una tensione progettuale grandissima nel mio studio nei tre anni spesi per passare dalle linee guida del progetto agli esecutivi, perché non si poteva divagare e impartire ordini imprecisi, avendo deciso che il progetto dovesse essere elaborato in quattro città diverse, e i tempi a disposizione imposti dall'Università di Bologna e dall'Agenzia che curava l'appalto del progetto erano sempre troppo brevi e i funzionari pubblici che controllavano la sicurezza, i consumi energetici e le ricadute sull'ambiente del più grande complesso edilizio nuovo dell'Alma Mater, sempre più inflessibili. Il ricalco del disegno a mano su quello digitale ha dato origine a una nuova generazione di elaborati grafici che ho definiti ibridi (Pietralata).

Ora, agli inizi del nuovo secolo, si è estesa la generazione dei progetti elaborati con il ricorso al disegno automatico e in questo campo si vanno offrendo nuove opportunità con la creazione di nuove metodiche della modellazione. Se

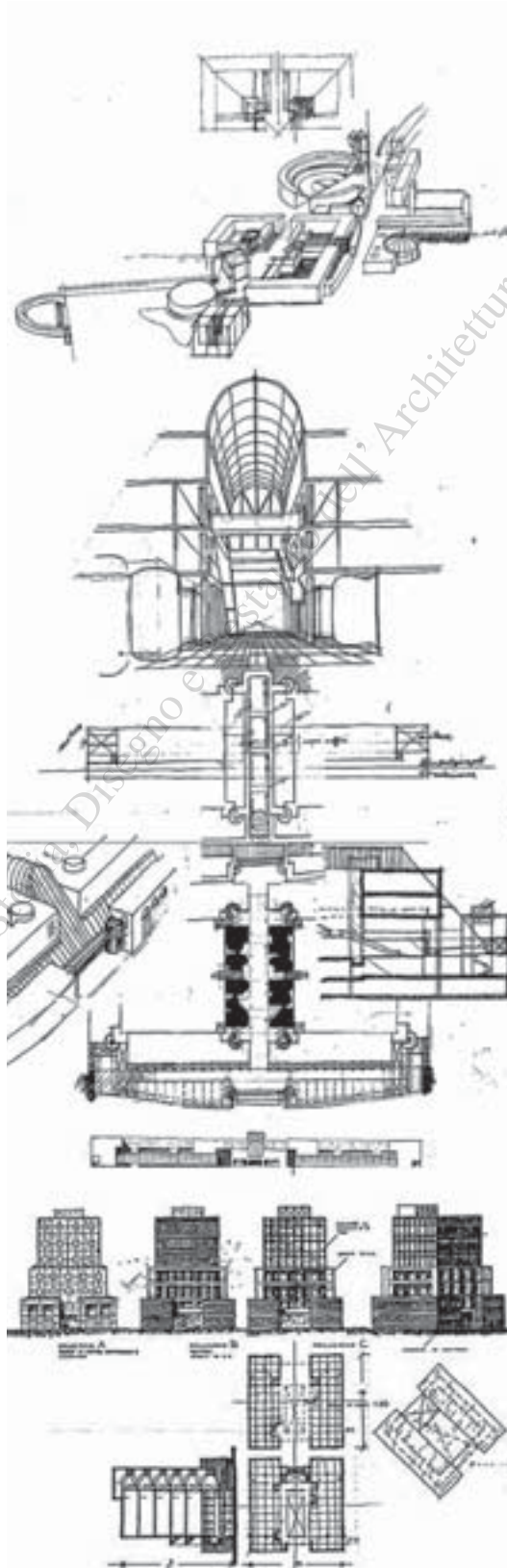
recently begun to add short notes on the features of the parts. These notes are in addition to the text – the drawing – and are intended to explain their natural ambiguities, whenever possible. Freehand drawings have always been the way I approach a project as well as part of the entire design process, and this is one of the problems we need to solve in this age of automatic drawings, as I will explain later. When I look at my drawings after a few decades I realise that only some of my initial sketches are perspectives (Val Basento, Matera, and East Rome); most of them focus on the plastic aspect of architecture either by using an axonometric representation or a zenith vision with shadows. I'm looking for greater objectivity and a more extensive control of space. This kind of drawing is obviously important when designing parts of cities where the urban pattern and interactive relationship with the site are crucial. At a certain point in the development of a design, nearly all my freehand drawings provide a more or less complete image of the building or part of the city illustrated in the plan, elevations and sections (I'm thinking above all about Sesto San Giovanni, a design enhanced of the request



9/ Progetto del nuovo Centro di Abano, 1985. Vista prospettica, disegni costruttivi correlati per lo sviluppo progettuale della Porta di accesso alla quadra centrale e dell'edificio/torre.

Design of the new centre of Albano, 1985. Perspective view, related drawings to develop the design of the entry gateway to the central area and building/tower.

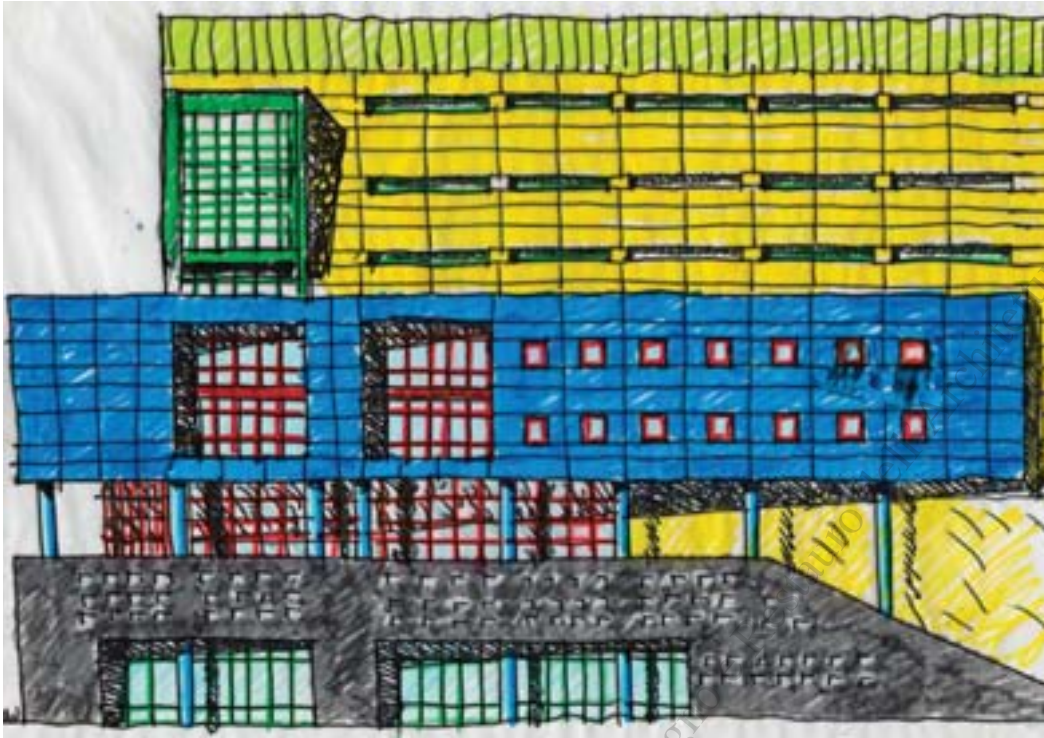
by the 1995 Milan Triennale to represent a sort of manifesto of the concept of a new, completely equipped city with obvious interscalar contents). However, apart from the perspective or axonometric sketch or Monge-style graphic device, it's the design process (always a sequence of freehand drawings) which perhaps best represents my personal design method (using drawings). A paradigmatic example is the design of part of a complex city, such as the new Bertalia Lazzaretto district or the new railway station in Bologna. Both were developed for an international design competition; I knew I would never win the latter competition but nevertheless I focused for a long time on the details of its form (on an urban scale) even after the competition was over. I have a series of concept sketches and drawings of the Chemical Complex of the University of Bologna along the Navile Canal developed for the international competition in early 2000 (which I won) held at the same time as the Lazzaretto competition. The sketches and drawings were digitally traced, almost as if I wanted to legitimise the contents with hand-drawn signs. They are covered in notes and considerations intended to be useful during construction. The tension was palpable during the three years we worked on the design in my studio to turn the guidelines into the final project. We couldn't afford to be careless or provide inaccurate instructions because we'd decided to develop the project in four different cities and not only was the schedule established by the University of Bologna and the Agency responsible for the design tender always very tight, but the public officials who checked the safety, energy consumption and environmental impact of the big new Alma Mater building complex were always so strict and meticulous. Digitally mastering the freehand drawings gave rise to a whole new generation of graphic images which I call hybrid (Pietralata). Now, at the dawn of a new century, more and more projects and designs are being developed using automatic drawing; new opportunities are opening up thanks to the invention of new modelling methods. If these methods are able to reformulate the twentieth-century architectural design process using new premises, then there is still hope that architecture will survive as the art of construction of our human space, and not as a branch – as complex as you like – of the production method of a



queste metodiche riescono a riformulare su basi nuove quella processualità progettuale che caratterizzava il farsi dell'Architettura del Novecento possiamo sperare che l'Architettura sopravviva come *arte della costruzione dello spazio dell'uomo* e non come branca – complessa quanto si vuole – della produzione di un bene di consumo. Perché il nodo è esattamente questo: come garantire, nella restituzione di un concept, quei margini di indeterminatezza che garantiscono quella maturazione non solo pratica (tecnologica costruttiva) ma concettuale ed estetica del progetto, negata dalla inesorabile esattezza, e finitezza, del disegno automatico stesso. E quindi, quale tipo di percorso progettuale si propone in alternativa a quello tradizionale basato sull'affinamento progressivo di una idea di Architettura che diventa via via manufatto da realizzare. Il pericolo sta nella sostituzione iniziale del concept con un modello predefinito, scambiando appena dopo la maturazione progettuale con la scelta delle tecnologie più adatte a realizzarlo. E poiché viviamo in un'epoca nella quale il sembrare è più accreditato dell'essere, quel modello è semplicemente un'immagine scelta tra altre mille per il suo carattere accattivante, magari pescata – per sorprendere il “consumatore” – dall'universo geo-zoo- antropomorfo, come mostrano le tante balene e altri cetacei, i dinosauri e i volatili, i nidi di rondine, le onde e i serpenti, i tanti canneti, i falli giganti (fino ad oggi due) e quant'altro.

Il fatto è che l'Architettura dei maestri era basata su un metodo, associato in modo anche non immediato a un linguaggio. Il percorso progettuale aveva una guida razionalista o organica, costruttiva o decostruttiva, alla fine, dopo la ribellione italiana del BPR, dei Gabetti e Isola, dei De Carlo e dei neorealisti romani, con la fine del CIAM, era divenuto più inclusivo di storia, di paesaggio e di senso del luogo. D'altra parte, come spiegarsi la prevedibilità delle opere grandi di architettura contemporanea, quando nessuno avrebbe potuto prevedere le esili colonne di acciaio con cui Giuseppe Samonà sollevava dal suolo della Roma antica gli uffici della Camera dei Deputati? O il rullo dei tamburi di Quaroni sul bordo della Laguna di Venezia, se non inseguendo il metodo che ne aveva ispirato e guidato la costruzione? E facendo un piccolo passo indietro, come non

- 10/ Pietralata, Centro di Biotecnologie, 2012. Prospetto lato sud.
Pietralata, Centre of Biotechnologies, 2012. South side.
- 11/ Pietralata, centro di Biotecnologie, 2012. Prospetto lato sud.
Pietralata, Centre of Biotechnologies, 2012. South façade.
- 12/ Pietralata, Centro di Biotecnologie, 2012. A sinistra: angolo nord-ovest della grande quadra; a destra: angolo sud-est.
Pietralata, Centre of Biotechnologies, 2012. Left: northwest corner of the large square; right: southeast corner.



attribuire a una metodica (che aveva forzato il metodo razionalista aprendo al valore della storia e dell'“ambiente”) la goticeggiante Torre Velasca al centro di Milano e, più in là ancora nel tempo, lo stupefacente *redent* che segue il

profilo sinuoso delle colline della baia di Algeri, dopo aver digerito la tetragona *Ville contemporaine de trois millions d'habitants* con il terribile tappeto di grattacieli a croce del maestro di tutti noi?

consumer product. Undoubtedly the million dollar question is: how can the restitution of a concept ensure the margins of uncertainty that guarantee the practical (construction technology), conceptual and aesthetic development of the design not provided by the inexorably accurate and finite nature of automatic drawings? What kind of design process can we develop as an alternative to the traditional design process based on the gradual refinement of an architectural idea which slowly evolves into a building to be constructed? The danger lies in initially replacing the concept with a predefined model, and then swapping the elaboration of the design with the best technology to achieve it. And since we live in an age in which appearances are more important than substance, the chosen model is simply one image selected from thousands of others thanks to its attractive and engaging form; to surprise the 'consumer', perhaps it is chosen from the geo-zoo-anthropomorphic universe. Proof lies in the many whales and other cetaceans, dinosaurs, birds, swallow's nests, waves, snakes, groves of reeds, and gigantic phalluses (two so far), etc., constructed today. The fact is that the architecture of the masters was based on a method associated, even indirectly, with a language. The design process was governed by a rationalist, organic, constructive or deconstructive idea, but after the Italian rebellion staged by the BPR, Gabetti & Isola, De Carlo and Roman neorealists, and the end of the CIAM, the design process finally included history, landscape and a sense of place. Is there any other way to explain the predictability of contemporary large scale works when no-one would have been able to foresee the slender steel columns Giuseppe Samonà used to raise the Chamber of Deputies off the ground of ancient Rome? And only by following the method which inspired and guided the construction of Quaroni's drum roll along the banks of the Lagoon in Venice would we be able to understand it. And if we take a small step backwards, how else could we attribute the Gothic-like Torre Velasca in the centre of Milan to a method (one which had pushed the rationalist method beyond its limits and introduced history and the 'environment')? Or later, the breathtaking *redent* reminiscent of the wavy profile of the hills in the bay of Algiers after having digested the tetragon *Ville contemporaine de trois millions d'habitants* with its terrible array of cross-shaped skyscrapers designed by the master of us all?



Barbara Aterini

Il campanile del Duomo di Pietrasanta: dalla complessità alla semplicità dell'idea progettuale *The bell tower of the Cathedral in Pietrasanta: from the complexity to the simplicity of the design concept*

The exterior brick structure differs from the interior where a unique spiral staircase dug out of the wall rises along a helicoidal trajectory and circling around the ideal axis of the tower, creates an 'eye' that acts like the shaft of a column, which in this case is replaced by empty space: a magnificent negative cochlear-like sculpture. It is an extremely important Renaissance architecture, a design in which its incredibly complex geometry is accompanied by a brilliant technological and building expertise. This association points to Michelangelo as the designer due to the similarities between the principles governing this architecture and the ones which inspired his sculptures.

Key words: geometry, drawing, survey, bell tower, Michelangelo.

Geometry is used to analyse old architectures and reveal their most secret relationships. Geometry is also the tool we use to survey a monument, represent it, understand its design concept, and interpret the worksite where it was built. And in fact, this paper was inspired by a simple geometric form: the circumference of the bell tower in Pietrasanta. Pietrasanta is a small town famous as the capital of sculpture and the industrious workplace of many artists, a town whose fame and destiny is still linked to its marble quarries. Pietrasanta was founded roughly in the mid-thirteenth century as a planned town controlled by Lucca; its urban structure, an exquisite urban and social paradigm, is the town's most interesting trait. It is located in a plain between the coast and the gentle slopes of the mountains behind it; its orthogonal layout, made up of rectangular blocks, creates a uniform checkerboard cut in two at its barycentre by a large transversal square, the civilian and religious heart of the city. The Convent of St. Augustine acts as a backdrop along the short side of the square, while the façade of the Cathedral of St. Martin is located along the long side. The Cathedral bell tower¹ is an independent structure; it has a square plan and is 35 metres high. The unfinished extrados is indicative of the fact that marble cladding had been envisaged, but is still lacking; likewise the church façade. The interior of the bell tower is, very surprisingly, quite unique: as the steps cut out of the wall rise upwards they evolve into a spiral.²

La struttura esterna in mattoni si diversifica dall'interno dove una singolare scala a chiocciola ricavata nella sezione muraria sale secondo una traiettoria elicoidale e, avvolgendosi intorno all'asse ideale della fabbrica, genera un occhio che si comporta come il fusto di una colonna, qui sostituito dal vuoto: una grandiosa scultura in negativo a volume coclide. Un'architettura rinascimentale di altissimo valore, un'invenzione in cui la straordinaria complessità geometrica che si accompagna a una geniale sapienza tecnologico-costruttiva fa ipotizzare Michelangelo quale progettista, evidenziando le congruità di questa architettura con i suoi principi scultorei.

Parole chiave: geometria, disegno, rilievo, campanile, Michelangelo.

La geometria, che è alla base dell'analisi delle architetture antiche e ne svela le più recondite relazioni, ci fornisce anche i mezzi per rilevare il monumento, rappresentarlo, comprenderne l'idea progettuale di base e leggere il cantiere che l'ha prodotto. Proprio partendo da una forma geometrica semplice, come la circonferenza, prende spunto questo lavoro di ricerca sul campanile di Pietrasanta, cittadina nota come capitale della scultura e operoso centro di attività per molti artisti che ancora oggi lega il suo destino e la sua fama alle cave di marmo. Nata intorno alla metà del Duecento come *terra nova* lucchese, attira l'attenzione per la sua struttura urbana di città fondata, squisito paradigma dal punto di vista urbanistico e sociale. L'abitato sorge in pianura tra la linea di costa e le pendici dei monti con un impianto ortogonale formato da isolati rettangolari la cui scacchiera omogenea è divisa in due da un ampio taglio trasversale; nel baricentro si apre la piazza, cuore civile e religioso. Questa è domina-

ta dal convento di Sant'Agostino che si propone come quinta, mentre il lato lungo si precisa secondo la facciata del Duomo dedicato a san Martino.

Il campanile¹ del Duomo si presenta come una struttura autonoma, a pianta quadrata, sviluppato per circa 35 metri di altezza. L'esterno mostra un estradosso non finito che rivela l'intenzione di un rivestimento marmoreo, ancora oggi mancante, in analogia con la facciata della chiesa. L'interno del campanile, contrariamente a qualunque aspettativa, presenta una singolarità costituita dalla scala che appare ricavata nella sezione muraria e man mano salendo si avvolge in un andamento a chiocciola².

Inizialmente queste strutture coclearie si nascondono nello spessore delle mura, all'interno delle colonne marmoree celebranti le glorie degli imperatori romani, nei campanili e nei pilastri delle cattedrali medioevali. In seguito «nei primi due, tre decenni del Cinquecento, il tema millenario della scala a chio-



1/ *Pagina precedente*. Il campanile del Duomo di San Martino a Pietrasanta: una struttura autonoma in laterizio, a pianta quadrata, che si sviluppa in altezza per circa 35 metri. Previous page. *The bell tower of the Cathedral of St. Martin in Pietrasanta: a free-standing, 35 metre high brick structure with a square base.*

ciola conobbe un'accelerazione della sua fortuna in chiave tanto di *sviluppo* sia morfologico che strutturale, quanto di amplificazione sia *retorica* sia oggettivamente qualitativa»³. Infatti – ad eccezione delle chioccioline gemelle nelle torri⁴ situate ai lati della facciata del palazzo ducale di Urbino e delle rampe elicoidali di Francesco di Giorgio Martini⁵, tutte realizzate verso la fine del Quattrocento – gli esempi più celebri – come la rampa elicoidale realizzata dal Bramante nel cortile del Belvedere in Vaticano⁶ che ha il piantone traforato grazie all'ardita sovrapposizione di colonne disposte a spirale; gli scaloni a chiocciola progettati per i Medici da Leonardo da Vinci che, trasferitosi in Francia nel 1518, progetta la rampa a doppia elica sovrapposta dello scalone centrale del Castello di Chambord⁷ sulla Loira realizzato solo dopo la sua morte; la doppia coclea dentro il Pozzo di San Patrizio⁸ a Orvieto, ideata da Antonio da Sangallo il Giovane per Papa Clemente VII – sono opere cinquecentesche.

Si deve annotare che la scala a spirale nasosta dentro le murature esce allo scoperto solo nel Rinascimento, dilatando le proprie dimensioni e allontanandosi dalla oscurità che per millenni era stata una sua caratteristica: così la luce entra nel campanile di San Nicola a Pisa⁹ come nelle monumentali rampe dei palazzi dei papi romani o dei re di Francia. Ma tutte queste strutture presentano un vincolo: il pilastro centrale cilindrico, strutturalmente necessario, intorno al quale si sviluppa la scala. A Pietrasanta questo concetto è stato superato dal suo progettista.

La porta di ingresso al campanile immette in un vano piccolo e stretto, che dovrebbe suscitare angoscia e che invece produce una tensione irrefrenabile verso l'alto. Si ha proprio la sensazione di un'ascesa che matura progredendo nell'alzato e ripropone, scalino dopo scalino, gli stessi atti cadenzati, ma sempre più consapevoli, sempre più necessari per evolvere, ovvero per arrivare alla sommità. Tutto ciò fa pensare a uno spazio allegorico di un concetto della vita umana che, nel ripetersi delle vicende quotidiane, progredisce verso un percorso di maturità in una tensione prettamente cristiana di *pathos*. Tanto colpisce questa torsione ascendente tanto appare fuo-

ri luogo la conclusione di una simile struttura con una cella campanaria dall'aria anonima e banale.

La complessità dell'interno, costituito da superfici curve, ha richiesto un progetto di rilievo accurato in funzione della successiva rappresentazione: un'architettura così complessa doveva essere studiata e letta nei minimi particolari¹⁰. Infatti anche una differenza di pochi centimetri poteva ingenerare errori di valutazione nelle analisi che avrebbero portato fuori strada e, sicuramente, non avrebbero condotto a un risultato coerente e documentato.

Nella prima fase di levata si è pensato di determinare una serie di sezioni verticali del campanile tramite piani ideali perpendicolari al piano di riferimento posizionato sulla soglia di ingresso; una sorta di tagli secondo l'asse dell'edificio che sezionassero l'architettura per permetterci di studiarla in maniera approfondita. Così rifacendosi alle operazioni fondamentali della geometria proiettiva¹¹ è apparso utile proiettare con un laser delle rette che materializzassero questi piani ed evidenziassero la loro giacitura sulla muratura di mattoni. Una volta posizionati e scelti i punti da rilevare, sono state effettuate le sezioni del manufatto impiegando una stazione totale e applicando così i principi della geometria proiettiva; sezione dopo sezione si è determinato l'andamento della superficie volvente. I dati ottenuti sono stati integrati da un rilievo diretto, per verifica e completezza del dato metrico. Contestualmente sono state rilevate le sezioni orizzontali per valutare la variabilità della pianta interna alle diverse quote; dalle misurazioni effettuate in corrispondenza delle finestre sono emerse significative variazioni come se la scala, avvolgendosi, generasse un occhio che si comporta alla maniera di un *fusto di colonna*.

Vista la complessità del manufatto, il metodo di rappresentazione da utilizzare doveva garantire controlli puntuali e costanti ed evitare approssimazioni ed errori tali da non permettere la descrizione delle superfici curve che si stavano delineando; perciò il rilievo è stato restituito graficamente tramite il metodo della prospettiva parallela¹², una scelta effettuata in funzione della possibilità di ricostruire necessariamente l'oggetto in pianta, visualizzarlo imme-

These cochlear structures were initially hidden in the thickness of the walls, or inside marble columns celebrating the glory of Roman emperors, in bell towers, or in the pilasters of medieval cathedrals. Later on, "in the second and third decades of the sixteenth century, the age-old idea of spiral staircases suddenly became topical; improvements were made to their morphology, structure, and quality, and they became the object of great rhetoric".³ In fact, except for the two spirals in the towers⁴ on either side of the façade of the Duke's palace in Urbino, and the helicoidal ramps designed by Francesco di Giorgio Martini,⁵ all built towards the end of the fifteenth century, the most famous examples of these cochlear structures were built in the sixteenth century: the helicoidal ramp built by Bramante in the Belvedere Courtyard in the Vatican⁶ with a pierced stairwell thanks to the daring superimposition of columns arranged in a spiral; the spiral staircases designed for the Medici family by Leonardo da Vinci who, when he moved to France in 1518, designed the double-helix superimposed ramp of the main staircase in Chambord Castle along the Loire,⁷ built after he died; and finally the double cochlea in St. Patrick's Well⁸ in Orvieto, designed by Antonio da Sangallo the Younger for Pope Clement VII.

We should point out that spiral staircases had to wait for the Renaissance to be freed from their hiding place in walls; once free, they became bigger and left the shadows to which they had been relegated for thousands of years. For example the St. Nicholas bell tower in Pisa,⁹ or the monumental ramp of the buildings belonging to Roman popes or the King of France. But all they all have one thing in common: they had to have a cylindrical central pilaster around which the staircase could rise. On the contrary, in Pietrasanta the designer overcame this limitation.

The small, narrow room behind the entrance door to the bell tower should make anyone entering feel cramped and hemmed in. Instead it induces an irrepressible feeling of wanting to move upwards. This upward-moving feeling increases as one rises, step by step; it's the same increasingly conscious rhythm one needs to evolve, in other words, to

2/ Interno del campanile, vista dal basso. La scala a chiocciola appare ricavata nella sezione muraria i cui mattoni generano la rampa su cui poggiano gli scalini in pietra serena.

The bell tower: interior, seen from below. The spiral staircase appears to be dug out of the wall. The bricks in the wall create the ramp supporting the sandstone steps.

3/ Interno del campanile: le superfici elicoidali “scolpiscono” il vuoto centrale. Vista della superficie di laterizio e delle particolari curve del piano di posa dei letti di mattoni.

The bell tower, interior. The helicoidal surfaces ‘sculpt’ the empty central space. View of the brick surface and special curves of the bed on which the bricks rest.

reach the top. It reminds you of an allegorical space representing the concept of life: as we repeat the same gestures day after day we progress towards maturity in a strictly Christian tension of pathos. This ascending torsion is so impressive that it makes the top of the structure, with its nondescript and ordinary belfry, seem out of place. The complex interior with its curved surfaces obviously required a very accurate survey prior to its representation: such a complex architecture had to be meticulously and thoroughly studied and interpreted.¹⁰ In fact, even a difference of a few centimetres could lead to miscalculations which would have been misleading and would certainly not produce a coherent and documented end product. During the first stage of the survey we decided to establish a series of vertical sections of the bell tower using ideal planes perpendicular to the reference plane along the entrance threshold, much like cuts along the axis of the building; these cuts were intended to divide the architecture into sections so we could study it more closely. Since we used basic operations of projective geometry¹¹ we thought it would be helpful to use a laser beam to project straight lines which would materialise these planes and outline their position on the brick wall. Once we had chosen and positioned the points to be surveyed we sectioned the bell tower using a total station and the principles of projective geometry; section after section we determined the alignment of the circling surface. We integrated the data with the results of a direct survey to verify and complete the metric data. We also surveyed the horizontal sections to assess the inconsistencies of the interior layout at different heights; the measurements taken at the windows revealed significant discrepancies, as if the staircase, as it rose, created an ‘eye’ that behaved like the shaft of a column. Since the bell tower is so complex, the representation method had to include accurate, regular checks to avoid approximations and mistakes because the latter would have stopped us from representing the curved surfaces as we went up the tower. This prompted us to graphically draw the survey using parallel perspective¹²; we did this because we could



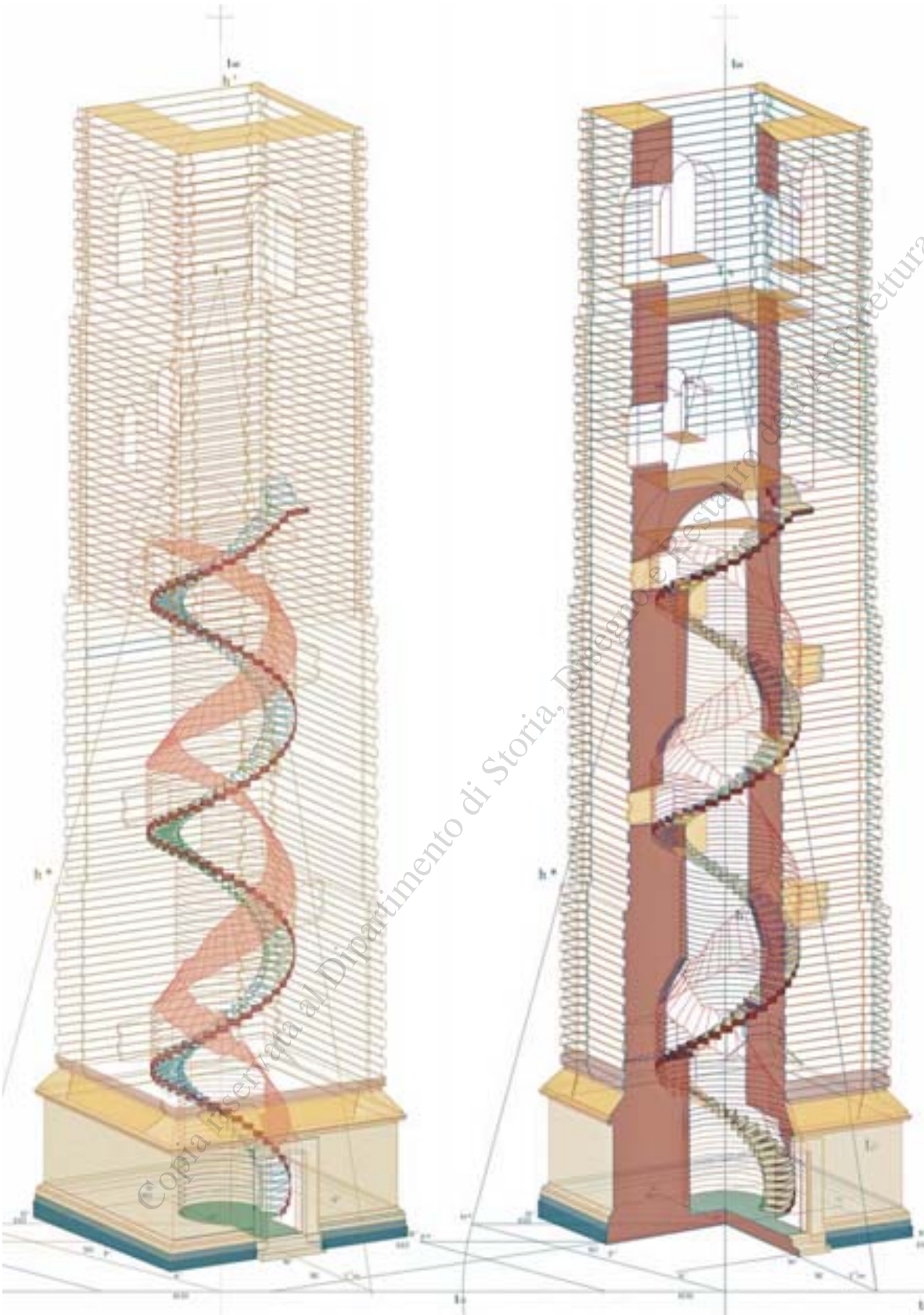
diatamente in sezione e al contempo studiarlo nella sua rappresentazione tridimensionale. Questo modo di rappresentare l’architettura presenta diversi vantaggi, soprattutto quello di esprimere il dato metrico e controllarlo non in auto-referenziazione ma, al contrario, effettuando continue verifiche in pianta, sezione e vista tridimensionale. Inoltre la crescita dell’edificio che viene rappresentato obbliga a verificare il dato a tante quote quante sono le sezioni orizzontali, per tutti i punti individuati in alzato durante la fase di levata. Tanti piani verticali dunque, passanti per quegli stessi punti, e ortogonali al piano di riferimento. Inoltre bisogna evidenziare il fatto che l’operatività metodologica porta ad avere una consapevolezza edilizia quasi come se si operasse in cantiere. Alla luce di queste operazioni la curvatura principale, che si è rivelata in sezione, individua una particolare superficie che sale secondo una traiettoria elicoidale: si tratta di un *elicoide cerchiato retto aperto*, cioè una superficie generata da una curva aperta che si sposta con moto elicoidale intorno all’asse. Dunque la scala, svolgendosi intorno all’asse ideale del campanile, realizza una grandiosa

scultura in negativo a volume coclide, costituita dal vuoto, che pare intagliare “per via di levare” nello spessore della superficie interna un *fusto* di colonna.

Alla luce dell’analisi effettuata si è operato un rilievo tridimensionale più approfondito¹³ per valutare se la rastremazione emersa possa essere causata non da una variazione planimetrica, ma da una curvatura di affusolatura. Il dubbio nasce dal fatto che i ricorsi laterizi variano nel numero di elementi a scansioni ben precise e, parallelamente, vi è una rastremazione esterna della sezione muraria che ingenera il sospetto di un possibile andamento non costante del vuoto interno; proponiamo la nuvola di punti grezza che illustra il primo possibile passo verso questo ulteriore approfondimento. Per riassumere: la questione diventa quella di individuare una colonna con fusto tronco-conico, o fusto regolato dalla *concoide di Nicomede*¹⁴. In tal modo tutti gli elementi distintivi di un fusto sono stati rintracciati e verificati; la colonna immaterica, la cui superficie è l’*elicoide cerchiato retto aperto* a sezione mistilinea, è modellata dalle eliche di massimo e di minimo secondo un’*elica di gola*, quella più inter-

4/ Restituzione in prospettiva parallela del rilievo del campanile: a sinistra in evidenza la copertura dei gradini generata dall'elicoide; a destra il cartiglio della scala che si avvolge intorno alla "colonna di vuoto".

Restitution in parallel perspective of the survey of the bell tower. Left: the ceiling of the steps created by the helicoid. Right: the unravelling of the staircase around the 'empty column'.



then reconstruct the tower on a plan, visualise it immediately as a section, and at the same time study its three-dimensional representation. This method has several advantages, first and foremost it conveys the metric data. Secondly instead of using self-referencing, we could repeatedly check the plan, section, and three-dimensional view.

Furthermore, the represented development of the tower meant we had to check the data at the level of each horizontal section, and for all the vertical points we had established during the survey, in other words the many vertical planes passing through those points and orthogonal to the reference plane. We should also mention that the method we used made us more aware of how the tower had been built, almost as if we were actually working on the worksite.

After we performed these operations the main curvature, which could be seen in the section, created a unique surface which rose along a helicoidal trajectory: it was a straight circled helicoid, in other words, a surface generated by an open curve moving in a helicoidal manner around an axis.

By winding around the ideal axis of the bell tower, the staircase generates a magnificent negative sculpture with a cochlea-like volume created by the empty space which seems to carve, 'per via di levare' (by subtraction), the shaft of a column out of the thickness of the inner surface.

After this analysis we proceeded to perform a more in-depth three-dimensional survey¹³ to assess whether the tapering could have been caused by a narrowing of the curvature rather than a variation in the plan. Our doubts were instilled by the fact that accurate scansions showed a variation in the number of elements in the rows of bricks, and a tapering of the external section of the wall. This made us think that the inner void was not constant.

The illustration shows the raw points cloud, a first step towards a more thorough and in-depth study. In short: the problem involved checking whether the column has a truncated cone shaft, or whether the shaft was governed by the conchoid of Nicomedes.¹⁴

All the characteristic features of a shaft were identified and verified; the immaterial column,

5/ Immagine del campanile e della piazza del Duomo di San Martino a Pietrasanta, derivata dalla nuvola dei punti del rilievo tridimensionale (2013).

The bell tower and square in front of the Cathedral of St. Martin in Pietrasanta based on the points cloud of the 3D survey (2013).

the surface of which is a straight circled helicoid with a mixtilinear section, is shaped by the maximum and minimum helixes according to a lower curve that creates the empty space, the innermost helix, and the outer curvature that defines the flat position of the steps attached to the wall; both could belong to the conchoids or to the truncated cone surface. We needed extremely accurate metric measurements to identify which curvature is used here; to this end, a study is currently underway based on the recent integrated survey.¹⁵

The inner void is defined by the intersection of the second order curved surfaces and by a fourth order curve.

It's easy to understand that the main difficulty lies in the fact that we have to compare geometric figures with an incomplete physical element.

Our procedure involves 'subtraction', in other words using the logic by which a sculpture is created by chipping pieces away from the marble block.

Using this principle we tackled not only the problem of which unit of measure was used in its construction, but also how it was used on the worksite.

The fact we used self-referencing to work upwards from the bottom, i.e., to find control points and levels of development inside the construction, triggered verification of the design principles behind its execution.

We began with an internal base 10 scansion: in other words, every 10 steps, corresponding to a quarter turn, we determined the plane of the window in the central part of the outer façade. This check of the internal/external plane is the only way to verify the external tapering of the wall and the irregular internal curvature.

Such a well-defined rhythm (the windows) and the need for an internal constant (the rise of the steps) prompted us to find a geometric logic which could be easily repeated, controlled and implemented.

The worksite influences any construction because it is there that theoretical geometric axes have to be turned into practical physical elements with their own thickness.

The measure that regulates the building is the Roman foot. The identified geometric rules

na, e un'elica equatoriale, identificabile con l'attacco dei gradini alla parete; ambedue potrebbero appartenere alla conoide o alla superficie tronco-conica.

Poiché è determinante, per accreditare uno dei due tipi di curvatura, una elevata affidabilità metrica, è in corso uno studio che poggia sul rilievo integrato¹⁵ recentemente realizzato. Il vuoto interno risulta definito dalla intersezione delle superfici curve di secondo ordine ed è costituito da una curva di quarto ordine.

È immediatamente comprensibile che la difficoltà maggiore risiede nel fatto di avere delle accezioni geometriche da confrontare con un elemento fisicamente non determinato nella sua interezza.

L'operazione che si sta mettendo in campo procede per sottrazione e dunque secondo quella logica scultorea che definisce una figura per sottrazione della materia.

Seguendo questo principio è evidente che si è affrontato non solo la tematica del canone sensorio che gestisce la costruzione, ma anche il suo aggregarsi in fase cantieristica.

Il progredire nella costruzione dal basso verso l'alto in auto referenziazione, ovvero nel trovare all'interno della costruzione stessa punti di controllo e livelli di crescita, ha innescato una verifica sui principi progettuali che hanno dovuto guidare l'esecuzione.

In prima istanza si è individuata una scansione interna in base 10: ovvero ogni 10 scalini si compie un quarto di giro e si determina il piano del vano della finestra che occupa sul

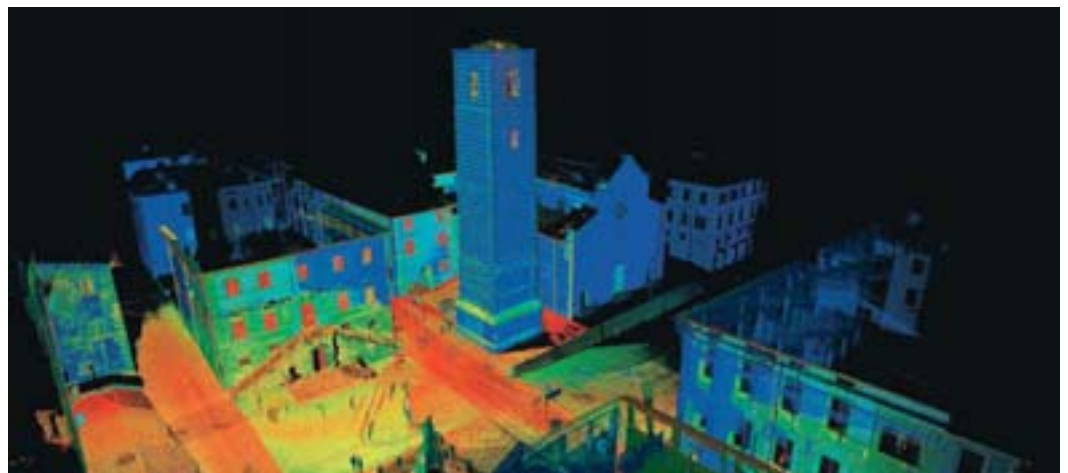
prospetto esterno la parte centrale. Questo stesso piano è l'unico controllo fra interno ed esterno che regola la rastremazione esterna del muro e l'andamento non costante della curvatura interna.

Un ritmo così definito (quello delle aperture) e una necessità di avere una costante interna (l'alzata dei gradini) hanno indotto a ricercare una logica geometrica che doveva essere ripetibile, controllabile e realizzabile in modo semplice.

Qualunque costruzione deve fare riferimento al cantiere, ove gli assi geometrici teorici devono tradursi in pratici elementi fisici con spessori propri.

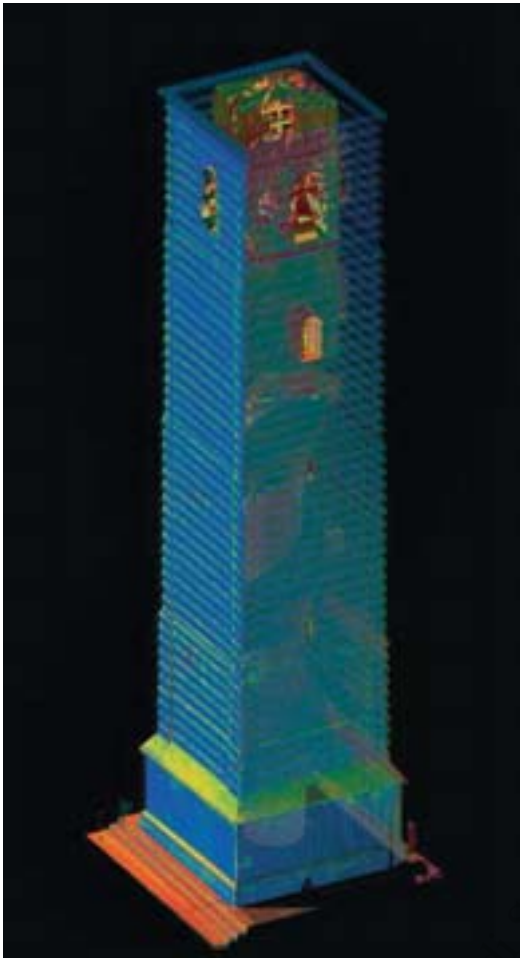
Poiché in nessun modo la caratteristica sensoria riusciva a gestire, se non con ampi margini di errore, la messa in opera degli elementi edilizi, trovando che lo studio finora condotto suggeriva la presenza di un asse proprio¹⁶ nell'organizzazione di cantiere, caratteristica questa non soddisfatta dall'aggregazione regolata dal braccio fiorentino, ci siamo rivolti al *piède romano* che, con la sua espressione in *palmi*, si componeva secondo due assialità, riuscendo a spiegare perfettamente la giacitura radiale dei mattoni, divenendo guida per la lettura del manufatto sia in pianta che in alzato.

La scansione in base 10 rilevata nel ritmo dei gradini è rintracciabile anche nella composizione in pianta che rivela come l'aggregazione di 5 moduli sia la matrice geometrica di ogni quarto di curvatura. Infatti la griglia in palmi romani sovrapposta alla pianta del campanile svela come questa sia stata pensata come una composizione di 5 moduli dei quali 4



6/ Elaborazione del rilievo tridimensionale del campanile: la colonna di vuoto modellata dalle superfici elicoidali. Sinistra: vista dell'esterno, destra: vista dell'elica interna.

Elaboration of the 3D survey of the bell tower: the empty column shaped by the helicoidal surfaces. Left: exterior view, right: internal helix.



pieni e 1, che è l'asse, vuoto; cioè si può suddividere la base quadrata di 36 palmi di lato in 4 quadranti di 18 palmi, considerandone un quinto, sempre di 18 palmi, al centro ovvero all'incrocio delle diagonali del quadrato maggiore della base, il quale darà appunto la misura del diametro della *colonna* di vuoto contenente sia la mensola spirale della scala, sia l'ulteriore pozzo vuoto centrale.

È evidente che il manufatto doveva assorbire gli errori ingenerati nella fase costruttiva e, trattandosi di una struttura chiusa, l'errore poteva compromettere in modo significativo l'esecuzione finale dell'idea progettuale. All'inizio della costruzione vi è la traccia dell'errore: i primi quattro gradini, infatti, denunciano un andamento dell'elica equatoriale saltato, cioè non pienamente definito con gli aggetti dei mattoni; subito dopo dal sesto gradino in poi l'elica

appare netta, continua fino al solaio della cella campanaria. L'errore dunque è stato corretto ed è stato assorbito negli unici punti di controllo e di possibile slittamento della struttura, ovvero le finestre, le quali hanno un'ampiezza di 18 palmi, corrispondenti alla misura dell'asse planimetrico e diventano così loro stesse assi propri di controllo verticali. Ancora una volta un vuoto salvaguarda e rende regolare il pieno.

Il fatto che la costante interna rappresentata dagli scalini subisca piccole variazioni, dell'ordine di 1 o 2 centimetri nell'alzata, solo in prossimità del livello che condividono con la finestra, significa che in quel punto in fase esecutiva è stato ricalcolato e riassetato il quadrante successivo.

L'apparato mensorio così individuato, che sembra descrivere ottimamente le varie pro-

divide the structure into four quadrants, the axis of which is not theoretical but real¹⁶ and explains the construction both in plan and elevation. This was the perfect explanation for the radial layout of the bricks and became the guidelines with which we interpreted the plan and elevation of the bell tower.

The scansion in base 10 of the rhythm of the steps is also visible in the layout of the plan which shows how the aggregation of 5 modules is the geometric matrix of every fourth part of the curvature. In fact, the grid in Roman palms superimposed on the plan of the bell tower shows how the latter was designed as a composition of 5 modules of which 4 solid and 1 (the axis) empty; in other words, the square base of 36 palms per side can be divided into 4 quadrants of 18 palms, considering a fifth one (again 18 palms) in the centre, i.e., the crossover point of the diagonals of the major squares of the base. This will give the diameter of the empty column enclosing both the spiral bracket of the stair, and the empty central stairwell.

Obviously the bell tower had to compensate the mistakes made during construction, and since this is a closed structure, any mistake might have seriously compromised the final execution of the design idea. Traces of this mistake can be seen on the ground floor: in fact, the outer curve defining the flat position of the first four steps is missing, i.e., it is not fully defined with the projecting bricks. Immediately afterwards, from the sixth step onwards the helix is sharper and continues up to the floor of the belfry. The mistake was corrected and absorbed in the control points and possible points where the structure might 'slip', i.e., the windows. The width of the windows (18 palms) corresponds to width of the planimetric axis, making the windows themselves the vertical control axes. Once again a solid space is safeguarded and made regular by an empty space.

The steps represent the internal constant, so the fact that the height of the rise changes by 1 or 2 centimetres when it nears the level of the window means that during construction the next quadrant was recalculated and rearranged.

This measurement system is an excellent example of the structural problems of the bell

7/ La scala, svolgendosi intorno all'asse ideale del campanile, realizza una grandiosa scultura in negativo a volume coelide costituita dal vuoto che riproduce un fusto di colonna.

By circling the ideal axis of the bell tower, the staircase generates a magnificent negative cochlear-like sculpture created by the empty space reproducing the shaft of a column.

tower and how they were tackled at the worksite. In actual fact, inside the bell tower the scansion jumps to the intrados of the floor of the belfry, while the external modularity appears to remain constant. This first problem cannot be solved by the building itself.

However, the increase in the height of the rise depends strictly on the way the building elements are laid; it also reveals the expertise of the Magister, the worksite manager responsible for the overall design and construction of the building.

This is the moment when the concept of traditional control is implemented using a new building plan.

If the designer wanted to create a cylindrical telescope inside the tower he would have used a circle which – to use a term as popular as it is incorrect – if extruded would generate a cylinder. Instead, if he wanted to taper towards the top he would have used concentric circles defining the consecutive sections of a cone.

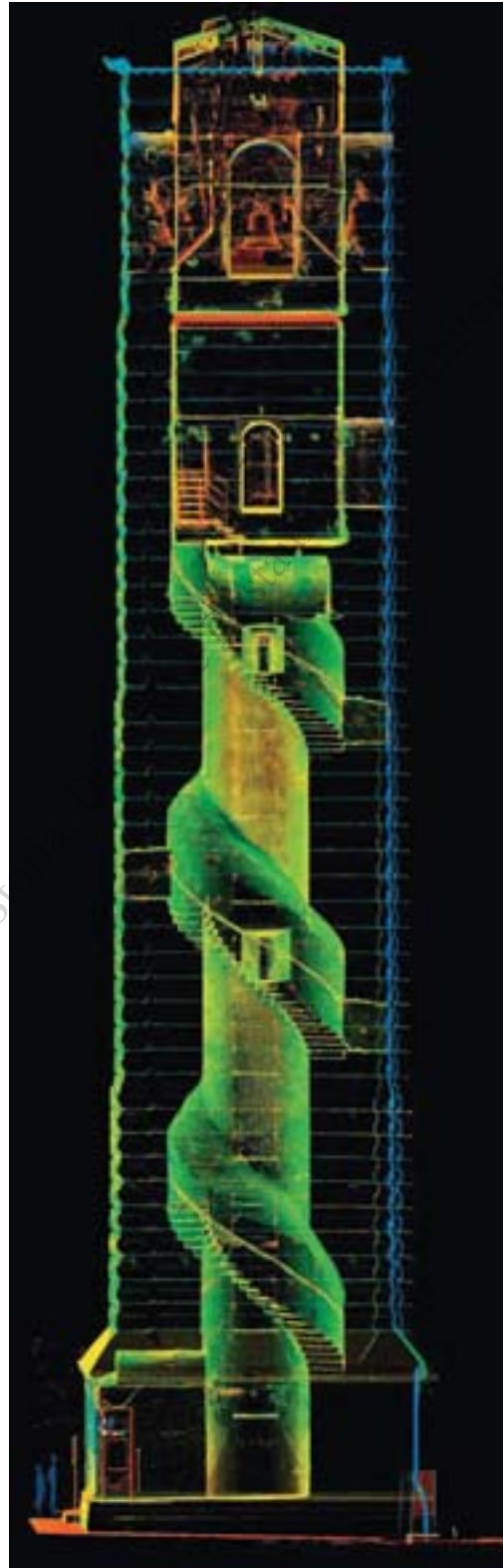
The bell tower in Pietrasanta appears to be much more complicated; although the surface is geometrically perfect, its development is by no means constant.

One of the most famous architectural curves, the Ionic volute, evolves proportionally by taking into account the relationship between the radiuses of each of the four quadrants and their relative chords. Accordingly, it would have been easy to use its geometric characteristic. We focused primarily on this particular curve because the whole structure is clearly based on a 1:10 ratio.

The modularity of the base square, the different heights of the windows, and the number of steps needed to do a quarter turn are all elements which can be interpreted with base 10. This is visible in the height of the structure up to the belfry, again in base 10; this is why the 1:10 ratio begins to reveal a possible trait of the geometric structure.

The Ionic volute uses quadrants, does not have a constant radius, and has a known ratio between the radius, chord and corresponding arc; these ratios can produce inclined surfaces with a regular pitch and a different radius.

This curve has another important characteristic: for every quadrant it can achieve maximum tangency and therefore be



blematiche della struttura e della fase cantieristica, in realtà salta nella scansione interna all'intradosso del solaio della cella campanaria, mentre all'esterno la modularità sembra proseguire in maniera coerente. Ciò concretizza un primo problema che il manufatto di per sé non può risolvere.

Ma la crescita dell'alzato obbedisce rigorosamente alla disposizione della messa in opera dell'elemento edilizio ed è in questo spazio gestionale che emerge l'acutezza del *Magister*, la figura direzionale del cantiere, che detiene il protocollo completo dell'edificio costruendo.

È esattamente in questo momento che la concezione di controllo tradizionale viene applicata secondo uno schema costruttivo nuovo. Se il progettista avesse voluto realizzare un canocchiale cilindrico nell'impianto si sarebbe servito delle proprietà del cerchio che, per usare un termine tanto attuale quanto sbagliato, estruso, genera un cilindro; oppure se avesse voluto dare una rastremazione verso l'alto si sarebbe servito di cerchi concentrici che definiscono le sezioni successive di un cono.

Il campanile di Pietrasanta sembra complicarsi molto di più, lo sviluppo della superficie non è assolutamente costante anche se geometricamente perfetto.

Una, fra le *curve celebri* dell'architettura, ha in sé la caratteristica di accrescersi secondo un andamento proporzionale tenendo conto del rapporto che intercorre fra i raggi di ciascuno dei quattro quadranti necessari e le relative corde: la *voluta ionica*. Dunque poteva essere stata usata senza difficoltà la sua caratteristica geometrica. L'attenzione viene rivolta alle peculiarità di questa particolare curva perché tutta la struttura obbedisce in maniera esplicita ad un rapporto *uno a dieci*.

La modularità del dado di base, la differenza di quota fra le aperture, il numero degli scalini necessari a fare un quarto di giro sono tutti elementi leggibili in base 10. Nella medesima altezza della struttura fino alla cella campanaria è leggibile, sempre in base 10; ecco che il rapporto 1 a 10 inizia ad assumere una qualità narrante della possibile struttura geometrica messa in campo.

La *voluta ionica* procede per quadranti, non ha raggio costante e ha un rapporto noto fra raggio, corda ed arco di cerchio corrispon-

8/ Vista verso il basso. Si è individuata una scansione interna in base 10: ogni 10 scalini si compie un quarto di giro e si determina il piano della finestra che occupa sul prospetto esterno la parte centrale.

Seen from below. The interior was scanned in base 10: every 10 steps constitutes a quarter turn and establishes the level of the window on the central part of the outer façade.



dente; tali rapporti sono capaci di sviluppare superfici inclinate con passo regolare e differente raggio. Un'ulteriore caratteristica principale di questa curva è quella di riuscire a raggiungere a ogni quadrante il punto di massima tangenza e quindi raccordarsi in maniera armonica con una linea retta.

Se si pensa a come gli scultori traggano da un cubo di marmo la curva di una voluta, segnandone i punti notevoli di tangenza, potremmo capire quanto fosse prassi gestire i rapporti fra curva raggio e punto di tangenza¹⁷.

I rapporti della voluta sembrano regolare l'allettamento piano dei mattoni, e controllano il vuoto lasciato dalle scale, contrapposto ai mattoni che man mano radialmente giungono a disporsi secondo le direttrici del quadrato verso l'esterno, riuscendo a costruire così, una struttura autoportante.

Una forma all'apparenza tanto complessa si rivela, alla luce del rilievo e della relativa analisi geometrica descrittiva, di estrema semplicità nel tracciamento in cantiere e quindi nella esecuzione da parte delle maestranze.

Quale può essere stato il modello per questa

idea progettuale che scolpisce il vuoto? Il riferimento classico, noto dalla trattatistica coeva, è stato individuato in una colonna, probabilmente di ordine ionico. In altre parole, sia nella sezione sia nella vista tridimensionale, il vuoto è geometricamente un fusto di colonna, mentre la pianta risulta controllata nella crescita secondo i rapporti di una voluta ionica, ornamento classico non privo di significati che rimandano al tema della fioritura della gemma: la bellezza che fiorisce in una prassi totalmente greca di geometrizzare la natura per rappresentarla.

Il passo successivo è stato quello di mettere insieme le varie evidenze: la geometria della coclide che richiama il fusto di colonna, la voluta che regola la spazialità della pianta e la giacitura dei mattoni. Solo con tali dati geometrici, con questo tipo di rappresentazione e questo modo di analizzare la forma, applicando tutti i principi proiettivi più evoluti, siamo riusciti a visualizzare l'idea progettuale in maniera analitica e quindi univoca, perciò scientificamente affidabile.

In realtà, se paragonata a quelle più famose realizzate verso la fine del Quattrocento, questa scala non si identifica con le consuete tipologie, i gradini a sbalzo e incastrati nella parete oppure appoggiati al *puntone* centrale, cioè realizzate secondo il sistema trilitico che vede il peso del gradino scaricato sui due elementi laterali¹⁸.

Il campanile di Pietrasanta sembra superare questa impostazione più usuale con la creazione di un oggetto generato dalla muratura di mattoni sul quale poggiano i gradini e in tal modo la scala risulta auto-portante, girando su se stessa e determinando con tale movimento l'occhio centrale, cioè il vuoto circolare che più colpisce l'osservatore.

La composizione architettonica del campanile rimanda in modo palese alle monumentali colonne romane, quella Traiana e quella di Marco Aurelio, per il cartiglio avvolgente che si sviluppa in altezza; per l'ingresso ricavato nel dado di base e per la scala coclide interna, scolpita nei rocchi di marmo, come quella realizzata all'interno del campanile¹⁹. In entrambi i casi una narrazione che a Roma si legge dall'esterno e a Pietrasanta dall'interno.

Per riassumere alcuni punti salienti dei risul-

harmonically linked to a straight line.

Just imagine how sculptors chisel the curve of a volute from a block of marble by marking the most important tangent points; this will perhaps explain how contemporaries dealt with the relationship between radius curve and point of tangency.¹⁷

The ratios of the volute appear to govern the way bricks are laid flat and control the empty space left by the stairs, unlike the bricks which gradually spread out radially and arranged themselves according to the directrices of the square towards the exterior. In this manner they create a self-supporting structure.

When surveyed and analysed using descriptive geometry, this seemingly complex form reveals itself to be very simple when it was designed on the worksite, and then executed by the labourers.

What model could have inspired a design idea that sculpts empty space?

The classical reference, well-known in contemporary treatises, was the column, probably an Ionic column. In other words, in the section and three-dimensional view, the empty space is geometrically the shaft of a column, while the evolution of the design appears to be controlled by the ratios of a Ionic volute, an important classical ornament reminiscent of the image of a blooming bud: beauty flowering in an entirely Greek approach involving the geometrisation of nature in order to represent it.

The next step was to put together the evidence: the geometry of the cochlea reminiscent of the shaft of a column, the volute governing the spatiality of the plan, and the arrangement of the bricks. Only by using this geometric data, this kind of representation, and this analysis of the form could we analytically and therefore univocally visualise the design concept in a scientifically reliable manner.

In actual fact, a comparison between this staircase and the more famous ones built towards the end of the fifteenth century shows it to be very different from traditional staircases with their cantilever steps embedded in the wall or resting on the centre strut, in other words built using the trilit system where the weight of the step is discharged onto the two lateral elements.¹⁸

9/ Verifica mensoria in piedi romani sulla sezione verticale del campanile, con definizione dell'asse proprio.
Measurements in Roman feet taken along the vertical section of the bell tower, and definition of its axis.

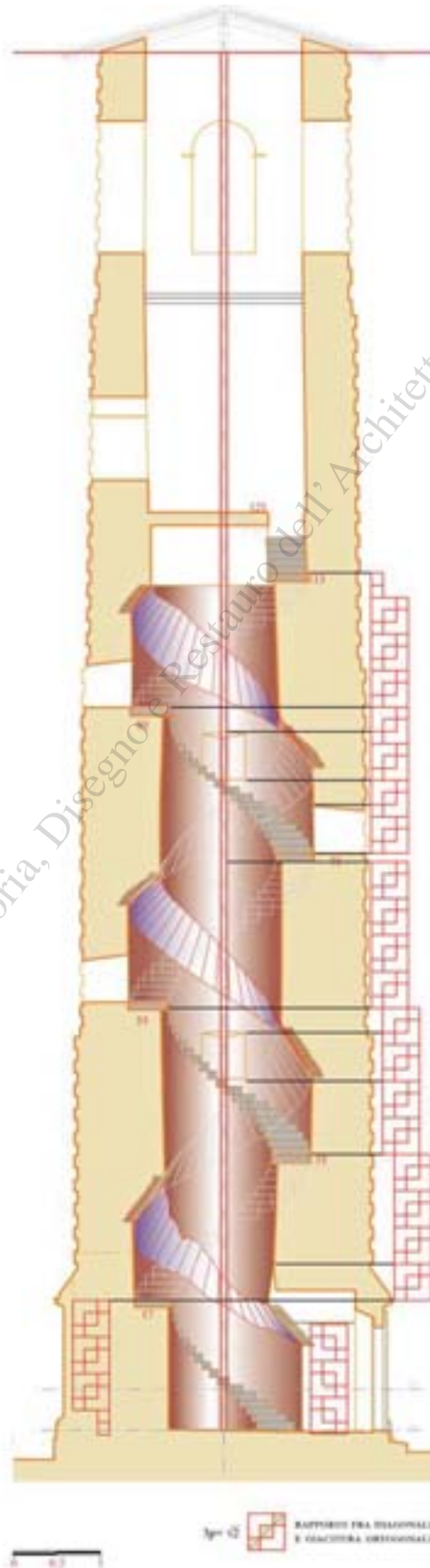
The bell tower in Pietrasanta appears to move beyond this more usual approach; it creates a projecting part generated by the brick wall on which the steps rest and making the staircase self-supporting. By turning on itself it creates a central eye, in other words the circular void which so impresses observers.

The design of the bell tower is clearly reminiscent of the monumental Roman columns dedicated to Trajan and Marcus Aurelius; they both have the same encircling vertical scroll, an entrance created in the square base, and an inner spiral staircase carved out of the marble blocks, similar to the one inside the bell tower.¹⁹ In Rome, however, the design is visible on the outside, and in Pietrasanta on the inside.

In short, the most important results of the study have led us to conclude the following: a Roman measurement system was used to build a structure as important as this cathedral bell tower in an area under the influence of Florence and after arbitration by the Medici Pope Leo X; the structure has uniform modular aggregations up to the belfry; the design concept is based more on a sculptural rather than a purely architectural approach. These three features made us immediately turn to the archival documents specifying that construction began between 1518 and 1520.

As mentioned above, the Pietrasanta bell tower was meant to have a marble cladding. Furthermore, we can theorise that the disjointed stretch of the wall at the base of the tower to the right of the entrance (due to incorrect laying of the bricks) was not rectified because the bell tower was meant to be completely plastered. The contrast between the white walls and grey stone, an effect reminiscent of Renaissance iconography, could actually confirm the theory that the same chromatic material was to be used inside the tower to emphasise the plasticity of the volume and create a link with the exterior marble cladding; the unfinished brickwork is tangible proof of this hypothesis.

If we wanted to speculate who invented such an unusual architectural space we would have to ask ourselves: what kind of architect would reason like a sculptor in order to find his sculpture inside a block of marble?



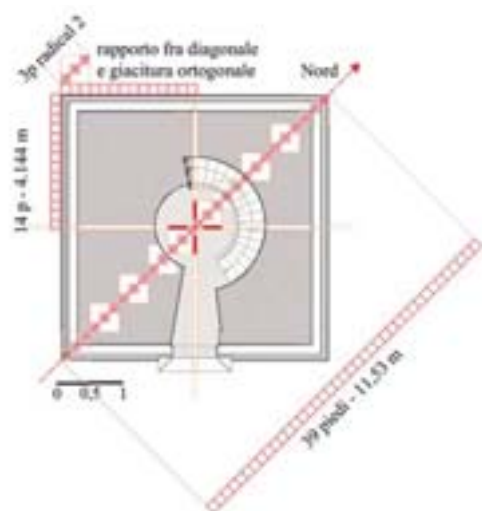
tati acquisiti dobbiamo osservare che: in un'area di forte influsso fiorentino, in un periodo successivo al Lodo di Leone X, papa Medici, viene usato per costruire una struttura importante come il campanile del Duomo un canone mensorio romano; la struttura si propone omogenea per aggregazioni modulari e impostazione progettuale fino alla cella campanaria; l'idea che promuove il progetto deriva più da un atteggiamento scultoreo che non da un atteggiamento puramente architettonico. Questi tre aspetti ci fanno rivolgere immediatamente ai documenti di archivio che attestano l'inizio della costruzione del campanile dal 1518 al 1520.

Come già detto sopra, il campanile di Pietrasanta prevede una finitura esterna in marmo; inoltre si può ipotizzare che il tratto di muratura sconnesso nella parte bassa della torre, sul lato destro per chi entra, dovuto all'errore nella posa dei mattoni, sia stato lasciato perché il campanile doveva essere internamente intonato. Il contrasto fra il bianco delle pareti e il grigio della pietra, un effetto che tanto ricorda l'iconografia rinascimentale, in realtà potrebbe avvalorare l'ipotesi che anche all'interno del campanile venisse proposto un tale cromatismo materico per accentuare la plasticità del volume, da relazionarsi con il marmoreo paramento esterno di cui il laterizio non finito è prova tangibile.

Per quanto riguarda l'ipotesi sul nome dell'ideatore di uno spazio architettonico tanto insolito dobbiamo chiederci: quale è quell'architetto che, ragionando da scultore, trova all'interno del blocco di marmo la sua scultura? Evidentemente chi pensa che all'interno di ciascun blocco di marmo esista l'idea in sé, secondo un principio neoplatonico ampiamente discusso fra gli artisti nei primi del Cinquecento. Si facciano ora delle riflessioni sugli avvenimenti che gli storici forniscono come dati di fatto: a Pietrasanta, in concomitanza con il cantiere del campanile²⁰, era presente Michelangelo che stava scegliendo i marmi per la tomba di papa Giulio II. Ad oggi il campanile è unanimemente attribuito al Benti²¹, stretto collaboratore del Buonarroti.

Dall'interpretazione dei pochi documenti rinvenuti sappiamo che la costruzione della torre campanaria cominciò sotto la direzione del-

10/ Verifica mensoria sulla sezione orizzontale a mezzo dell'aggregazione modulare in piedi romani.
Measurements of the horizontal section using modular aggregation in Roman feet.



l'architetto-scultore Donato Benti, ma notizie certe sulla paternità del progetto non ne esistono, questa è solo dedotta da un unico documento che, ad un esame più attento, fa riferimento a questi solo per il pagamento dei gradini di pietra della scala e non per il progetto della struttura coclearia. Inoltre dagli stessi documenti si trae notizia che la committenza pagò lire 14 e 12 «per 'suo servi(t)io più far detti in più giorni per disegno della scala a chiocera facta nel campanile»²² allo scultore Donato Benti per la costruzione del campanile²³. Si fa osservare che allo stesso Benti per la realizzazione «per arme del Pontefice fatta a lo Comune e posta in la chiesa di San Martino stimata per lo nostro commissario e come a libro de la spesa a carta 128» vennero pagate 116 lire²⁴. L'incongruenza del dato documentale non convince riguardo al fatto che Benti sia il progettista e il direttore dei lavori del campanile.

Date le premesse, ed annotando il fatto che Michelangelo abbandona Pietrasanta nel 1520, potremmo addirittura spiegarci la disomogeneità fra la cella campanaria e il resto della struttura, attribuibile all'abbandono del cantiere da parte del vero progettista.

Dunque non possiamo che avanzare l'ipotesi di un *progetto* concepito dalla genialità scultorea di Michelangelo che avrebbe riproposto ordine e rapporti analoghi a quelli delle colonne dell'Urbe, a lui ben note, in una visione onirica ove il positivo diventa negativo: ovvero la colonna, oggetto tangibile, è qui costituita dal vuoto²⁵.

D'altra parte l'apparato teoretico sul quale si fondano atteggiamenti progettuali e artistici di questo periodo fa riferimento alla scuola neoplatonica che, rinvigorita dagli scritti di Marsilio Ficino, nei primi anni del Cinquecento diventa ginnasio formativo e luogo di grande dibattito fra gli artisti per individuare la funzione dell'opera d'arte e la sua potenza evocativa. E fra i più celebri rappresentanti di questo pensiero si deve annoverare proprio la personalità del Buonarroti, che denuncia l'esistenza dell'*idea* come innata e connaturata nell'essenza delle cose, tanto che usa definire l'azione scultorea come eliminazione del sovrappiù, finalizzata a liberare la forma che ha vita autonoma all'interno del blocco di marmo, come l'anima all'interno del corpo umano.

Una struttura di questo tipo è stata concepita e realizzata da una persona sensibile, profondamente cristiana e declinata nel pensiero neoplatonico. Che sia Benti o che sia Michelangelo, ciò non sposta l'ammirazione verso colui che è riuscito non solo a concepire questa architettura, ma a gestirla secondo precise geometrie e a realizzarla seguendo schemi rigorosi.

Siamo di fronte a un esempio monumentale dell'architettura che ha un carattere innovativo rispetto al periodo, introducendo il concetto di spazio dinamico, preludio all'impostazione barocca.

Un altro aspetto da sottolineare di questa magnifica struttura è quello di far tesoro di una tradizione classica consolidata superandola, non nel negarla o tradirla, bensì sviluppandola nelle sue più profonde potenzialità. È tale pensiero che si ha l'intenzione di trasmettere, cioè la profonda innovazione che abbiamo avuto l'onore di intuire, sperando che gli studiosi si sforzino nel non scambiare come scoperta eclatante il *personaggio* piuttosto che l'*idea*²⁶.

1. Studiata nella tesi di laurea di Enrico Venturini dal titolo *La scala a chiocciola del campanile del Duomo di San Martino ai Pietrasanta-Lucca*, discussa il 6 aprile 2009, relatori Barbara Aterini e Gabriele Morolli, e successivamente oggetto di analisi più approfondite.

2. Vedi anche: Barbara Aterini. Michelangelo e la visione scultorea dell'architettura. Saggio in appendice al volume Venturini 2013, pp. 386-397.

Obviously a person who believes that the design idea is already inside the block of marble, a neo-platonic principle widely debated by artists in the early sixteenth century. Let's now focus on real events reported by historians: while the bell tower was being built,²⁰ Michelangelo was in Pietrasanta, intent on choosing the marble he needed for the tomb of Pope Julius II. The bell tower is currently and unanimously attributed to Benti,²¹ one of Michelangelo's closest collaborators.

From the information provided by the very few surviving documents we know that construction of the bell tower was supervised by the architect and sculptor Donato Benti. But we have no reliable information about who designed it; only one document mentions his name (prompting people to conclude he was the designer). The document refers to the payment of the stone steps of the staircase, not the design of the spiral structure. The document also reports that the client paid the sculptor Donato Benti 14 lira and 12 "per 'suo servi(t)io più far detti in più giorni per disegno della scala a chiocera facta nel campanile"²² for the construction of the bell tower.²³ The document also reports that Benti was paid 116 lire "per arme del Pontefice fatta a lo Comune e posta in la chiesa di San Martino stimata per lo nostro commissario e come a libro de la spesa a carta 128".²⁴ The document does not provide enough convincing evidence that Benti was the designer and site manager of the construction of the bell tower. Given the above, and the fact that Michelangelo left Pietrasanta in 1520, we could imagine that the differences between the belfry and the rest of the structure are due to the fact that the real designer left the worksite before the bell tower was finished.

So we are duty bound to propose that the design is the brainchild of Michelangelo's sculptural genius and that he used the same order and ratios as the columns in Rome with which he was familiar; he designed an oneiric vision of these columns in which he exchanged positive and negative, in other words he used empty space to create the tangible object: the column.²⁵

We shouldn't forget that during that period

designs and artistic concepts were based on a theoretical approach inspired by the neo-platonic school. Boosted by the writings of Marsilio Ficino, in the early sixteenth century the school became a training camp and a place where artists fuelled the great debate about the role of artworks and their evocative power. Michelangelo was one of the most famous supporters of this philosophy; he believed that the idea was innate and inborn in the essence of objects, so much so that he used to define sculpting as the elimination of the superfluous intended to free the form imprisoned inside the block of marble, like the soul in the human body. The bell tower was designed and built by a sensitive, profoundly Christian person well-versed in neo-platonic philosophy. Whether the person was Benti or Michelangelo is of no consequence: our deserved admiration goes to the person who not only designed the tower, but also managed to govern it using specific geometries and build it by following very strict rules. This outstanding monument is very innovative compared to the period in which it was built; to all intents and purposes it introduced the concept of dynamic space, a prelude to the Baroque approach. This magnificent structure has another important feature: it exploits a well-tested classical tradition and takes it further, not by betraying or ignoring it, but by developing its innermost potential. This is the message we wish to convey. Ours is the honour of speculating and presuming this brilliant innovation in the hope that scholars will make an effort to appreciate the concept, and not the person, behind the tower.²⁶

1. Studied as part of Enrico Venturini's degree thesis entitled *La scala a chiocciola del campanile del Duomo di San Martino ai Pietrasanta-Lucca, discussed on April 6, 2009. Rapporteurs Barbara Aterini and Gabriele Morolli. The tower was later studied more in-depth.*

2. See also: Barbara Aterini. *Michelangelo e la visione scultorea dell'architettura. Paper in the appendix to the book by Venturini 2013, pp. 386-397.*

3. Cfr. Gabriele Morolli. *Eadem mutata resurgo: la vite della vita. In Venturini 2013, pp. 449-496.*

3. Cfr. Gabriele Morolli. *Eadem mutata resurgo: la vite della vita. In Venturini 2013, pp. 449-496.*

4. Dette "Torricini" (1445-1483).

5. La rampa elicoidale nel Palazzo Ducale di Urbino (1472-1480).

6. 1510-1513.

7. Scala a doppia elica (1526-1527).

8. 1527-1537.

9. Il campanile di forma ottagonale ideato da Nicola Pisano nel XIII secolo.

10. Cfr. Barbara Aterini. *La rappresentazione scientifica del rilievo di architettura. Saggio in appendice al volume Venturini 2013, pp. 438-441.*

11. Proiezione e sezione.

12. Cfr. Aterini 1995.

13. Nell'ambito della Convenzione di Ricerca "Il campanile del Duomo di San Martino a Pietrasanta" stipulata fra la Parrocchia di San Martino e il Dipartimento di Architettura (DIDA) dell'Università degli Studi di Firenze, responsabile scientifico Barbara Aterini, aprile 2013.

14. Questa curva, studiata dallo scienziato greco nel II secolo a.C. per risolvere il problema della trisezione dell'angolo, veniva comunemente usata per ricavare l'affusolatura delle colonne: concetto vitruviano di cui oggi conosciamo la costruzione grazie a un disegno di Leon Battista Alberti.

15. Campagna di rilievo 8/13 maggio 2013.

16. Per la ricerca del modulo metrico cfr. Cecilia M.R. Luschi. *Dal progetto al cantiere geometrie della forma. Il canone mensorio e l'esecuzione in cantiere come disegno di progetto. Saggio in appendice al volume Venturini 2013, pp. 380-389.*

17. Leon Battista Alberti, *De Statua*, datato intorno al 1464 (la datazione è controversa; cfr. Rudolf Wittkower. *La scultura raccontata da Rudolf Wittkower. Dall'antichità al Novecento.* Torino: Einaudi, 1993. Trad. di *Sculpture. Processes and principles.* London: Penguin Books, 1977).

18. Fra le altre possiamo prendere ad esempio la ben nota scala del Belvedere Vaticano di Bramante.

19. Il ritrovamento della Colonna Traiana è avvenuto a Roma nei pressi dell'alloggio di Michelangelo. Appare estremamente plausibile che egli avesse preso visione

della colonna fra i primi, poiché sin da giovane aveva fama di "scolpire come gli antichi".

20. 1519-1520.

21. Donato Benti nasce a Firenze nel 1470. A Pietrasanta realizza varie opere di scultura fra le quali la tazza del pulpito marmoreo per il Duomo di San Martino (1508), un'acquasantiera, il fonte battesimale del Battistero (1525), la colonna del Marzocco in piazza del Duomo (1514). Muore nel 1537.

22. Cfr. *Opera di Pietrasanta libri di Affitti – conti di spese. Inginzioni di debitori e creditori, etc.* dal 1496 al 1523; note di pagamenti riguardanti mastro Donato Benti di Firenze, scarpellino, 19 agosto 24 Ottobre 1519 e 13 Gennaio 1520; pp. 63-64 ASD San Martino di Pietrasanta.

23. Cfr. Vincenzo Santini. *Commentari Storici sulla Versilia Centrale.* Pisa: Tipografia Pieraccini, 1862, vol. IV, pp. 95-97.

24. Cfr. *Libro antico dei conti 1511 annotazioni di pagamento*, p. 110, A.S.C.P.; carta 110 R.

25. A questo proposito sembra calzante ciò che egli stesso ha scritto: «non ha l'ottimo artista alcun concetto c' un marmo solo n sé non circoscriva-col suo superchio, e solo a quello arriva-la man che ubbidisce all'intelletto». Cfr. Michelangelo Buonarroti. *Rime.* Milano: Garzanti, 2006.

26. Cfr. Barbara Aterini. Il vuoto svela il progetto. *Firenze Architettura, Architettura e ambiente: rilievo e documentazione*, periodico semestrale del Dipartimento di Progettazione dell'Architettura, Firenze, La Sezione, n. 1, anno XIII, maggio 2009, pp. 110-115. Traduzione in inglese: *The Empty discloses design*, pp. 143-144. Cfr. Ead. *Le geometrie nascoste nel campanile del Duomo di San Martino a Pietrasanta / The unknown geometry in the bell tower of Saint Martin in Pietrasanta.* In *Actas 13 Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universitat Politècnica de Valencia editorial.* Valencia, 27-29 maggio 2010, pp. 59-64.

4. Known as ‘Torricini’ (1445-1483).
5. *The helicoidal ramp in the Duke’s Palace in Urbino (1472-1480).*
6. 1510-1513.
7. *Double helix staircase (1526-1527).*
8. 1527-1537.
9. *The octagonal bell tower designed by Nicola Pisano in the thirteenth century.*
10. Cfr. Barbara Aterini. *La rappresentazione scientifica del rilievo di architettura. Paper in the appendix of the book by Venturini 2013, pp. 438-441.*
11. *Projection and section.*
12. Cfr. Aterini 1995.
13. *Part of the Research Agreement ‘Il campanile del Duomo di San Martino a Pietrasanta’ signed between the Parish of St. Martin and the Department of Architecture (DIDA), University of Florence. Scientific Director, Barbara Aterini, April 2013.*
14. *This curve, studied by the Greek scientist in the second century B.C. to solve the problem of the trisectrices of the angle, was normally used to establish the tapering of columns. This is a Vitruvian concept; we know how to construct it thanks to a drawing by Leon Battista Alberti.*
15. *Survey campaign, May 8/13, 2013.*
16. *Regarding the search for a metric module, cfr. Cecilia M.R. Luschi. Dal progetto al cantiere geometrie della forma. Il canone mensorio e l’esecuzione in cantiere come disegno di progetto. Paper in the appendix to the book Venturini 2013, pp. 380-389.*
17. *Leon Battista Alberti, De Statua, dated around 1464 (there is no agreement on the date; cfr. Rudolf Wittkower. Sculpture. Processes and principles. London: Penguin Books, 1977.*
18. *Amongst others, the well-known and famous spiral staircase by Bramante in the Vatican Belvedere.*
19. *Trajan’s Column was found in Rome near Michelangelo’s house. It’s very possible he was one of the first to see the column, because from a very early age he was known to ‘sculpt like the ancients’.*
20. 1519-1520.
21. *Donato Benti was born in Florence in 1470. He sculpted several artworks in Pietrasanta including the marble pulpit in the Cathedral of St. Martin (1508), a holy water font and the Baptismal font in the Baptistery (1525), and the Marzocco column in Piazza del Duomo (1514). He died in 1537.*
22. *“For his work and extra days spent designing the spiral staircase in the bell tower”. Cfr. Opera di Pietrasanta libri di Affitti – conti di spese. Ingionzioni di debitori e creditori, etc. dal 1496 al 1523; note di pagamenti riguardanti mastro Donato Benti di Fiorenza, scarpellino, 19 August - 24 October 1519 and 13 January 1520; pp. 63-64, ASD San Martino di Pietrasanta.*
23. Cfr. Vincenzo Santini. *Commentari Storici sulla Versilia Centrale. Pisa: Tipografia Pieraccini, 1862, vol. IV, pp. 95-97.*
24. *“For the Pope’s coat of arms made for the Commune and placed in the Church of St. Martin, an expense estimated by the commissioner and recorded on page 128 of the ledger accounts”. Cfr. Libro antico dei conti 1511 annotazioni di pagamento, p. 110, A.S.C.P; charter 110 R.*
25. *On this issue, his writings are revealing: “non ha l’ottimo artista alcun concetto-c’ un marmo solo n sé non circoscriva-col suo superchio, e solo a quello arriva-la man che ubbidisce all’intelletto”. Cfr. Michelangelo Buonarroti. Rime. Milano: Garzanti, 2006.*
26. Cfr. Barbara Aterini. *Il vuoto svela il progetto. Firenze Architettura, Architettura e ambiente: rilievo e documentazione, biannual magazine by the Department of Architectural Design, Florence, La Sezione, n. 1, Year XIII, May 2009, pp. 110-115. Translation in English: The Empty discloses design, pp. 143-144. Cfr. Ead. Le geometrie nascoste nel campanile del Duomo di San Martino a Pietrasanta / The unknown geometry in the bell tower of Saint Martin in Pietrasanta. In Actas 13 Congreso Internacional de Expresion Grafica Arquitectonica, Universitat Politcnica de Valencia editorial. Valencia, 27-29 May 2010, pp. 59-64.*

References

- AA.VV. 2001. *Matematica e Architettura. Metodi analitici, metodi geometrici e rappresentazione in architettura.* Firenze: Alinea editrice, 2001. ISBN: 978-88-8125-473-6.
- Argan Giulio Carlo, Contardi Bruno. 1990. *Michelangelo architetto.* Milano: Electa, 1990. ISBN: 978-88-4353-363-3.
- Aterini Barbara. 1995. *La Prospettiva Parallela.* Firenze: Alinea editrice, 1995. ISBN: 88-8125-038-1.
- Aterini Barbara. 1997. *Restituzione Prospettica - Misura di elementi rappresentati in una immagine fotografica per il rilievo di architettura.* Firenze: Alinea editrice, 1997. ISBN: 88-8125-154-4.
- Aterini Barbara. 2008. Il ruolo dello “strumento” geometria nella lettura e nella rappresentazione dell’architettura. In Barbara Aterini, Roberto Corazzi, a cura di. *La geometria tra didattica e ricerca.* Firenze: AREA, 2008.
- Aterini Barbara. 2009. *Introduzione ai Metodi di Rappresentazione della Geometria Descrittiva.* Firenze: Alinea editrice, 2009. ISBN: 88-8125-442-5.
- Bevilacqua Mario, Romby Giuseppina Carla. 2007. *Atlante del Barocco in Italia. Firenze e il Granducato.* Roma: De Luca, 2007. ISBN: 88-8016-571-2.
- Bini Marco, Luschi Cecilia, Bacci Andrea. 2005. *Il Castello di Prato: strategie per un insediamento medioevale.* Firenze: Alinea editrice, 2005. ISBN: 88-8125-948-6.
- Boyer Carl Benjamin. 1980. *Storia della Matematica.* Milano: Mondadori, 1980. ISBN: 978-88-0433-431-6.
- Mussolin Mauro, Altavista Clara. 2009. *Michelangelo architetto a Roma.* Milano: Silvana Editoriale, 2009. ISBN: 83-6615-018-6.
- Venturini Enrico. 2013. *Il segreto del campanile di San Martino. A Pietrasanta la mano di un genio nell’innovativa scala dall’architettura rivoluzionaria?* Pietrasanta (LU): Petrartedizioni, 2013.

Adriana Rossi

I disegni di Carlo Borgo e il trattato di Filone di Bisanzio Drawings by Carlo Borgo and the Treatise by Philo of Byzantium

With the advent of flexible artillery, mathematicians studied an imperceptible and optional perimeter of fortifications, including turreted and zigzag walls. Compared to the theoretical model inspired by Hellenistic treatises, this solution led to an deliberately avant-garde Roman design. As a result, the “extremely new” defence plan presented by Carlo Borgo, an enthusiastic scholar of classical texts, appears to be the product of the principles speculated by Philo of Byzantium.

Key words: flanking tactics, short curtain walls, geometric configuration, Telesia, Miletus, Priene, Apollonia.

Siege engines became widespread in the fourth century B.C. thanks to research on geometric drawings used to improve the defence tactics of besieged cities. In fact, the performance of ballistic artillery depended on whether or not it was possible to use elastic materials to exploit the energy accumulated during their deformation: when arrows were shot either horizontally or downward from the overhangs of a wall they could be lethal up to a distance of roughly one hundred metres, and even if shot at random they could strike anyone in their line of fire. On the contrary, if an arrow were shot parallel to the wall (enfilade) it could strike and kill several assailants side-on. This is why the wall overhangs initially built over entrance gates were added to perimeter walls and later transformed into towers. According to Vitruvius the distance between each tower was not to exceed an arrow's flight.¹ By the end of the fourth century B.C., the shape of the towers had changed from square to circular and would later become polygonal. As a result the corners faced frontward and the sides of the towers were in defilade, unless the assailants moved either to the right or left of the corner, in which case they became more vulnerable to enemy fire. However, turreted walls were expensive: the cost of weaponry and the money needed to pay archers and artillerymen had to be added to the cost of construction. Because of these drawbacks contemporary studies focused on how to build a wall that could provide an equivalent level of safety, but without towers. The result was the invention of the zigzag layout. An excellent example of this type of design is the north wall

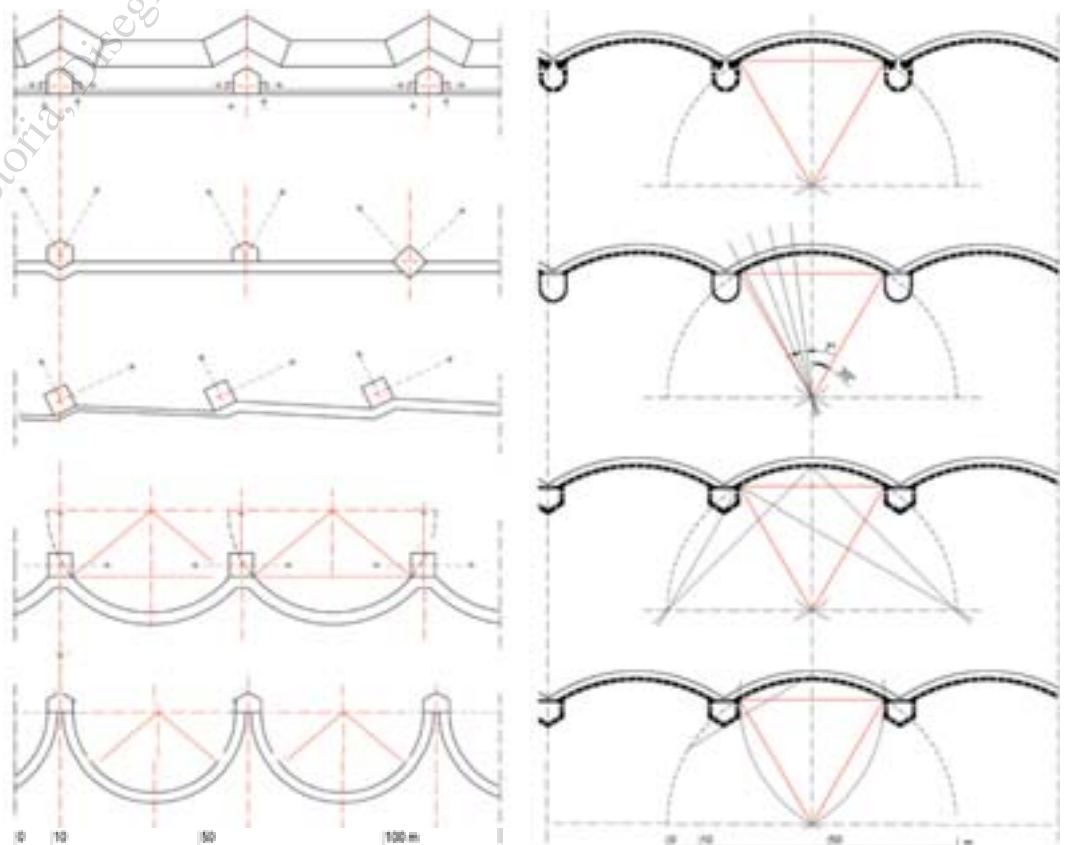
Con l'avvento delle artiglierie elastiche, i matematici studiarono un perimetro di fortificazione non ovvio, né obbligato; tra le conseguenze, il muro turrato e il tracciato a zig-zag. Questi, se confrontati con un modello teorizzato alla luce dei trattati ellenistici, consentono di ricostruire un disegno intenzionale all'avanguardia della cultura romana. In quest'ottica il “nuovissimo” piano di difesa presentato da Carlo Borgo, cultore dei testi classici, appare il punto di arrivo di una speculazione nei suoi principi delineati da Filone di Bisanzio.

Parole chiave: tattiche di fiancheggiamento, cortine curve, configurazione geometrica, Telesia, Mileto, Priene, Apollonia.

Alla diffusione delle macchine da lancio nel IV secolo a.C. si lega il disegno di ricerca geometrica, ausilio alle tattiche di difesa ossidionale delle città. Le prestazioni delle artiglierie neuro-balistiche si basavano, infatti, sulla capacità di impiegare materiali elastici per sfruttare l'energia accumulata nella loro deformazione: i dardi scagliati dagli avancorpi sporgenti dalla cortina muraria, se diretti orizzontali e bassi, non esaurivano la loro letalità prima di un centinaio di metri; anche se tirati a casaccio, riuscivano perciò a colpire chiunque si trovasse lungo la traiettoria e se quest'ultima fosse stata parallela alle mura (tiro d'infilata), un gran numero di assediati sarebbe

perito trafitto ai fianchi. Per questa ragione le sporgenze murarie che generalmente proteggevano le porte della città furono prima distribuite lungo il perimetro e, poi, trasformate in torri. Stando a Vitruvio la loro distanza non doveva superare quella coperta dalle traiettorie di un dardo¹.

Dalla fine del IV secolo a.C. mutò anche il perimetro delle torri che da quadrate divennero circolari, per poi assumere la forma poligonale così che i lati della torre, volgendo gli spigoli verso il fronte, erano defilati, a meno che gli assediati non si fossero spostati, verso destra o sinistra dello spigolo, con il risultato di esporsi maggiormente ai tiri nemici. Il muro



1/ *Pagina precedente*. Tipologie a mesopirgi. Interpretazione grafica delle variazioni esaminate da Filone di Bisanzio.

Previous page. *Different types of mesopyrgos. Graphic interpretation of the variations studied by Philo of Byzantium.*

2/ *Pagina precedente*. Interpretazione grafica degli schemi planimetrici per le diverse cerchie non lineari proposte da Filone di Bisanzio.

Previous page. *Graphic interpretation of the planimetric patterns for the non linear circle proposed by Philo of Byzantium.*

3 / Pianta delle mura di Telesia (immagine di repertorio).
Plan of the walls of Telesia (archival image).

4/ Configurazione di un segmento concavo di cortina con torre esagonale rilevato presso la porta a settentrione di Telesia.
Configuration of a concave segment of the curtain wall with a hexagonal tower measured near the north gate of Telesia.

5/ Schema della copertura balistica antistante le mura di Telesia.
Diagram of the ballistic range in front of the walls of Telesia.

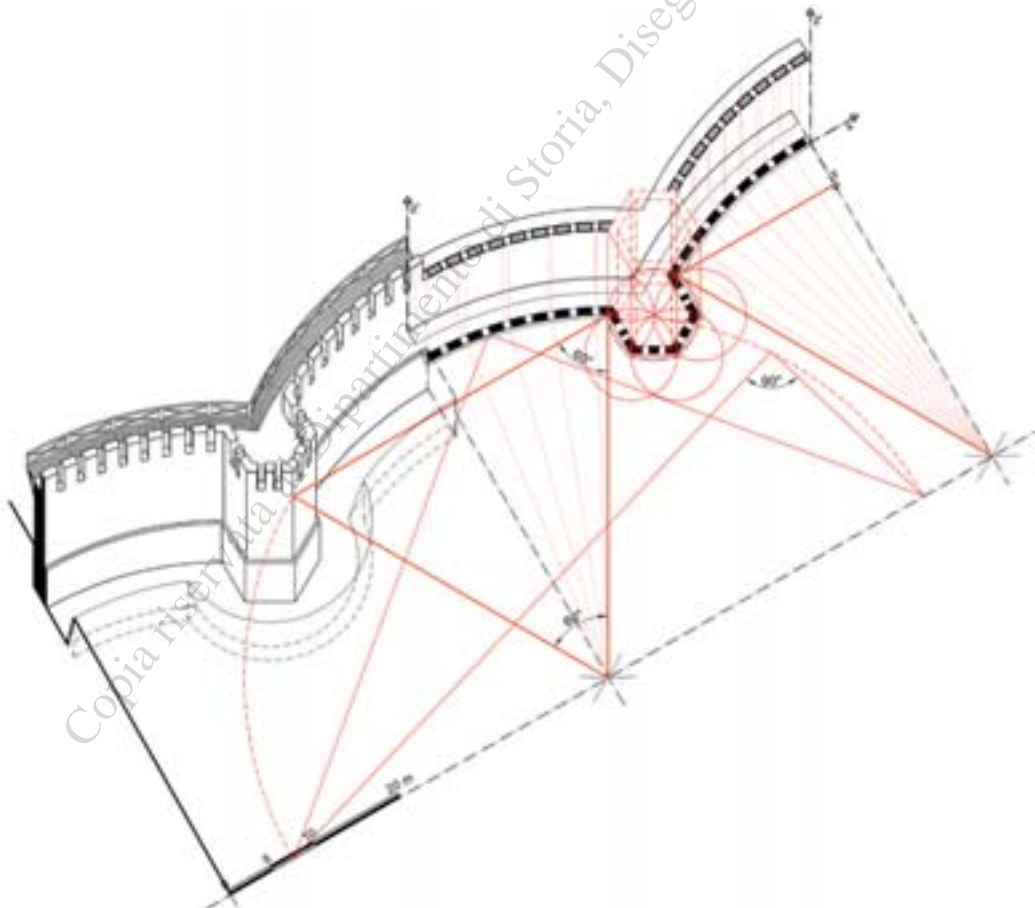


turrito, però, era di costo elevato: agli oneri di costruzione occorre aggiungere quelli dell'armamento, oltre il soldo per arcieri e artiglieri. Da questa penalizzante realtà derivò l'i-

potesi di studiare una cinta senza torri ma capace di garantire un'analogia sicurezza. Si progettò perciò un tracciato a zig-zag. Tra gli esempi emblematici il tratto settentrionale della cinta di Siracusa, costruita tra il 402 e il 397 a.C. per volere del tiranno Dionigi I, ottimizzata, un secolo e mezzo dopo, da Archimede (287-212 a.C.), secondo la tradizione cittadino e cognato del tiranno Ierone. La cortina forgiata da una sequenza di vertici, salienti e rientranti in cui si aprivano le feritoie per la difesa di fianco, fu replicata, tra il IV e III secolo a.C. in diverse città del bacino orientale del Mediterraneo: tra le più note quelle di Mileto e Priene. Quale che fosse la disposizione razionale da dare ai tratti obliqui, cui corrispondevano i lati contigui di un triangolo isoscele o rettangolo, restava una faccenda studiata "a tavolino": la scelta era subordinata ai problemi di meccanica, ovvero al calcolo di angoli e direttrici dei proiettili. In ogni caso, la mancanza di elementi sommitali posti a cavaliere delle mura si rivelò un punto debole del



of the city of Syracuse, built between 402 and 397 B.C. by the Greek tyrant Dionysius I and improved 150 years later by Archimedes (287-212 B.C.) who lived in the city and, legend has it, was the brother-in-law of the tyrant Hieron II. The curtain wall created by a series of zigzag vertexes with embrasures for firing sideways was used in several cities in the eastern area of the Mediterranean between the fourth and third centuries B.C.: the most famous of these walls are the ones in Miletus and Priene. The rational layout used for the oblique sections (corresponding to the adjacent sides of an isosceles triangle or rectangle) had to be studied 'on the drawing board': mechanical problems, such as the calculation of the angles and directrices of the projectile, dictated the decisions to be made. One weak point in the zigzag layout was that the walls did not have higher vantage points, and in order to offset this drawback towers again began to be built at the corners. In the end, as the solution used in Apollonia was no less costly than the previous one, designers began to reassess which would be the best type of turreted circuit wall. Philo of Byzantium (280-220 B.C.) studied a system which was "very simple to build and capable of providing enough safety".² The author of *Mechanike Syntaxis* began by examining a circle 'with saw blade teeth', his definition of the zigzag layout, designed for the first time during the reign of Philip the Macedonian (382-336 B.C.) by Polyeidus who at the time was involved in the siege of Megalopolis. Philo continued to study the obstructive potential of crossfire; he noted that if the stretches of the circuit wall interrupted by towers, the so-called 'mesopyrgos' (from the Greek, *mesos*, middle, and *pyrgos*, tower), were inwardly concave, the number of launch



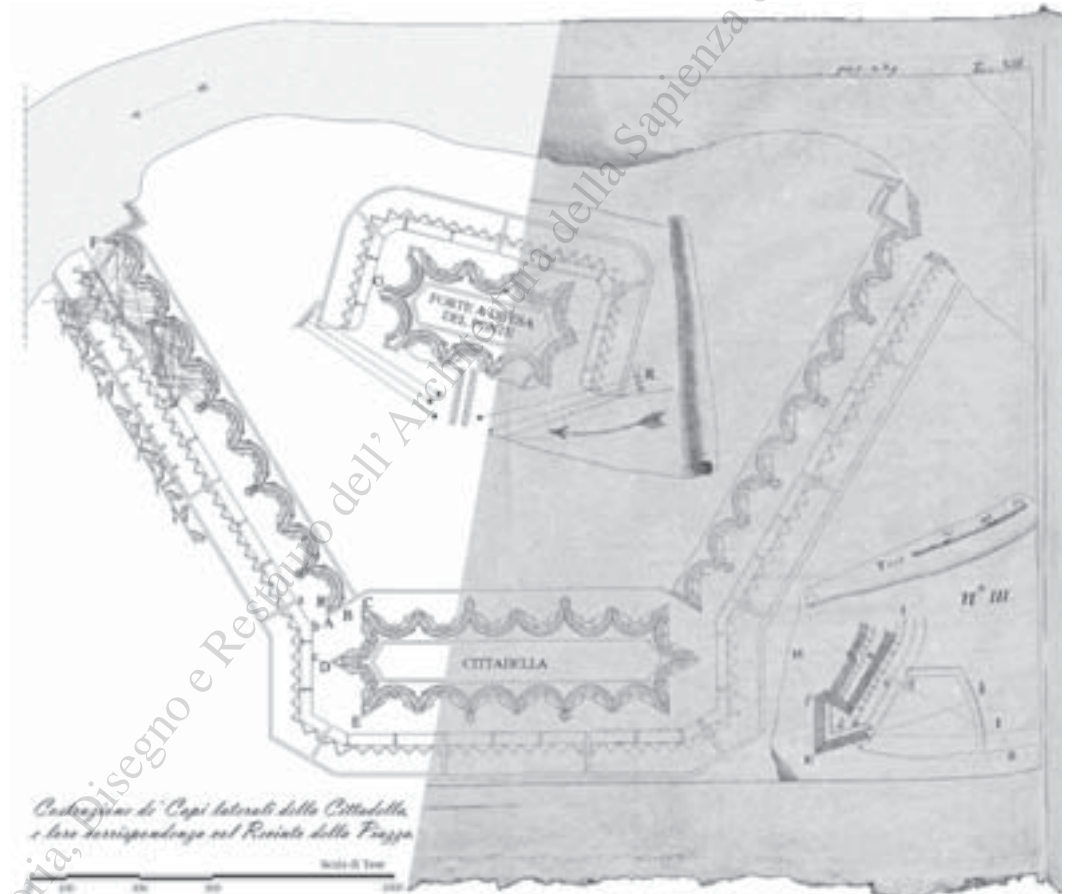
6/ "Giro della magistrale: uso e ragione della piazza".
 Da Carlo Borgo, tav. XIII (cfr. nota 8).
 'Giro della magistrale: uso e ragione della piazza'.
 From Carlo Borgo, tab XIII (note 8).

stations increased and a defending army could strike the assailants not only on its flanks but also from behind.

Philo, a pupil of Ctesibius, goes on to write: "Another fortification system exists, no less successful than the previous one; it involves half-circles arranged so that their concave parts face the enemy. In this system the ends of the arcs of a circle have to pass through the towers so that they join and connect them at the corners; starting at the extrados of the circumference the width has to be equal to the width of the inner wall of the gorge of the bastions"³ (fig. 1). Philo explains that slightly curved segments will suffice and clarifies that the towers have to be "hexagonal, pentagonal or tetragonal in shape, with a single projecting corner so that they protect each other thanks to the projectiles shot from the side walls against the siege engines pushed forward during the attack, so that until the ballista and catapults smash them they will do no harm. Because the shots that strike the walls perpendicularly will yield all their energy, while the ones deflected by a pointed corner will lose all energy"⁴ (fig. 2).

Philo's suggestions appear to have inspired the unknown designer of the walls of Telesia (near Teleso, province of Benevento), a Roman city founded by the Samnites, a Sullan colony known as Herculea Telesina. The walls consist of a series of outwardly concave curtain walls, some of which are still well preserved (fig. 3). I personally measured the segment to the left of the north gate using a tachometer and a stadia; since there were no obstructions to prevent it from being representative of an ideal model, I verified that the chord of the concavity measured 44.49 m, while the height was 5.95 m.

It was possible to verify that the shape of the perimeter corresponded to that of a segmental arch by measuring six points of the curve at the same level as the perimeter; six was the number needed to determine with absolute certainty a homological transformation of a circle from a polyline.⁵ Since the segmental arch did not have an oval profile, points equidistant from the centre are drawn as the geometric locus. The geometric configuration is obtained by measuring the distance between



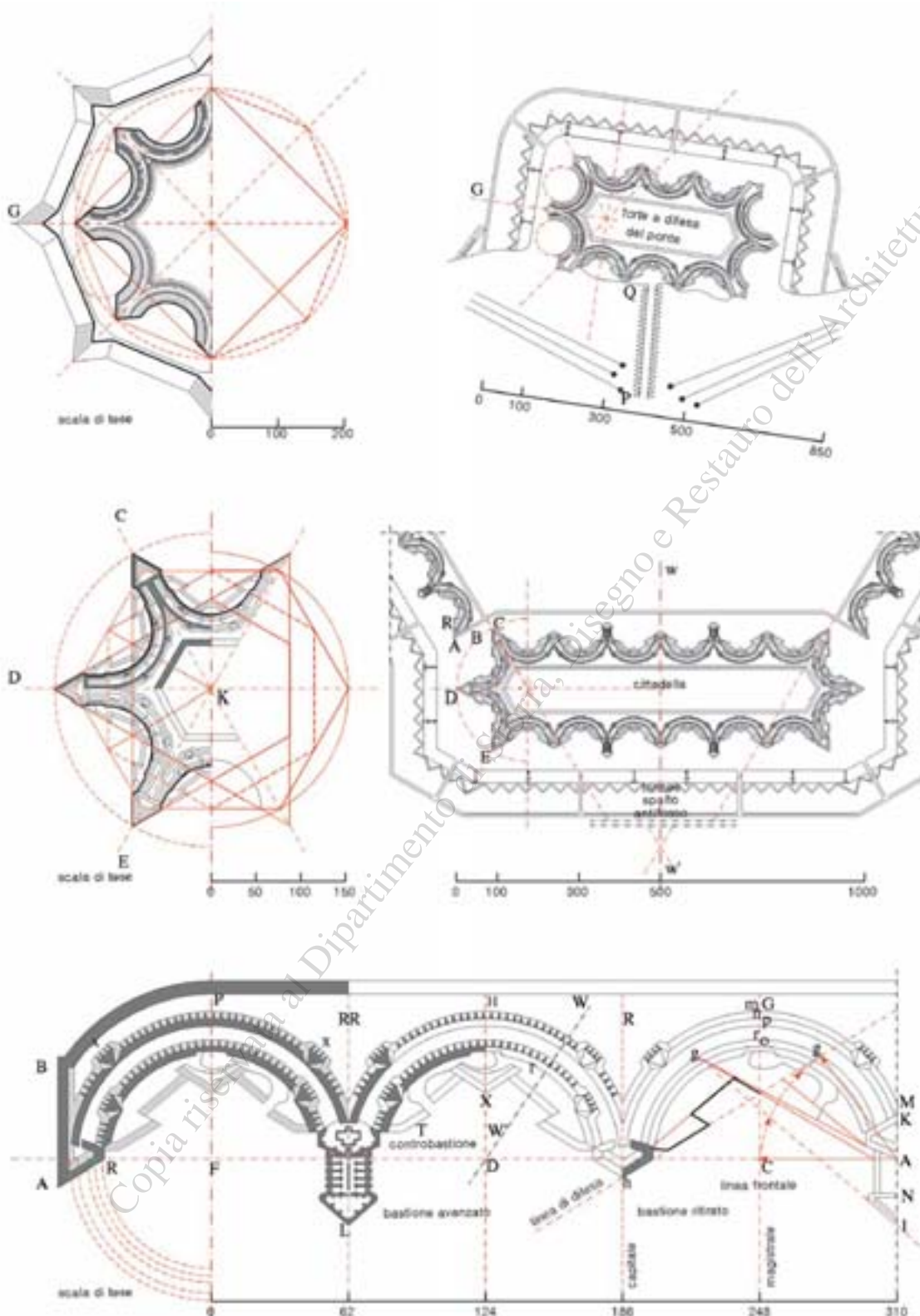
tracciato a zig-zag, costringendo nuovamente ad introdurre torri agli angoli. Il rimedio adottato ad Apollonia finì per annullare l'originaria convenienza economica inducendo nuovamente a riflettere sui più adeguati perimetri turrati.

Un sistema «molto semplice da costruire e in grado di fornire una sufficiente sicurezza» fu studiato da Filone di Bisanzio, vissuto tra il 280 e il 220 a.C.². L'autore della *Sintassi Meccanica* comincia con l'esaminare la cerchia a "denti di sega", come egli stesso definisce l'opera a zig zag che ricorda essere stata tracciata per la prima volta al tempo di Filippo di Macedonia (382-336 a.C.) da Polyeidios, impegnato nell'assedio di Megalopoli. Continuando a ragionare sulle potenzialità ostative del tiro incrociato, Filone nota che i tratti della cortina spezzati dalle torri, i cosiddetti "mesopirgi" (dal gr. *mesos*, semi e *pirgos* torri), se concavi verso l'interno moltiplicano le posta-

zioni di lancio, colpendo gli attaccanti, oltre che ai fianchi, anche alle spalle. «Esiste un altro sistema di fortificazione – scrive a riguardo l'allievo di Ctesibio – per nulla inferiore ai precedenti e composto da semicerchi disposti in maniera tale che le loro parti concave siano rivolte verso il nemico. In questo sistema, le estremità degli archi di cerchio devono innestarsi alle torri in modo da saldarsi ai loro spigoli inglobandoli tra loro, a partire dall'estradosso della circonferenza per una larghezza pari a quella del muro interno della gola delle torri»³ (fig. 1). Allo scopo possano bastare segmenti anche solo leggermente curvi, spiega Filone nel precisare che le torri devono essere «realizzate in forma di esagono, di pentagono e di tetragono, con un solo spigolo sporgente, per proteggersi reciprocamente grazie ai proiettili che saranno scagliati dalle mura di fiancheggiamento, contro le macchine d'assedio spinte avanti per l'assalto in maniera tale

7/ "Giro della magistrale: uso e ragione della piazza".
I moduli di fortificazione a semicerchi.

'Giro della magistrale: uso e ragione della piazza'.
The semi circular fortification modules.



two adjacent mesopyrgos towers: the survey confirmed that the chord corresponds to the radius of the circumference (fig. 4). The criteria behind the range of a projectile remained the same even when catapults and trebuchets were replaced by powder artillery, i.e., between the fourteenth and fifteenth centuries (fig. 5).

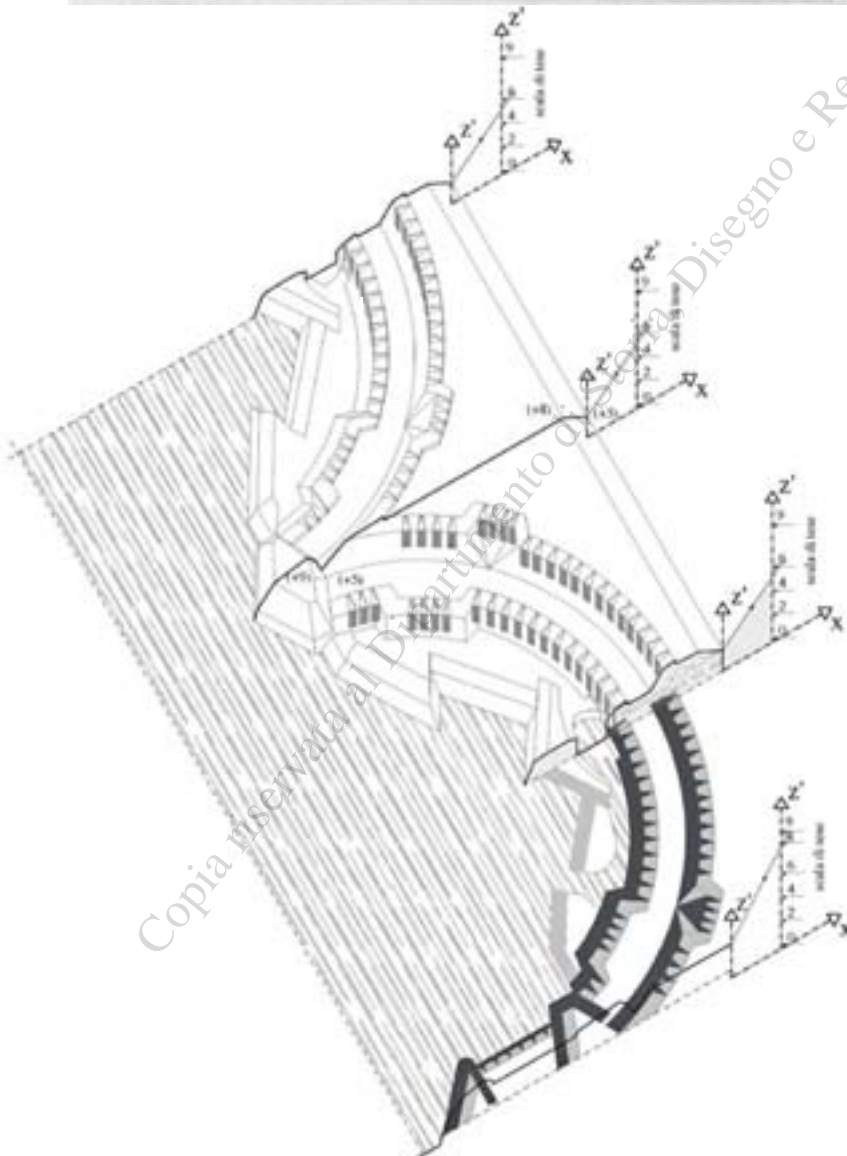
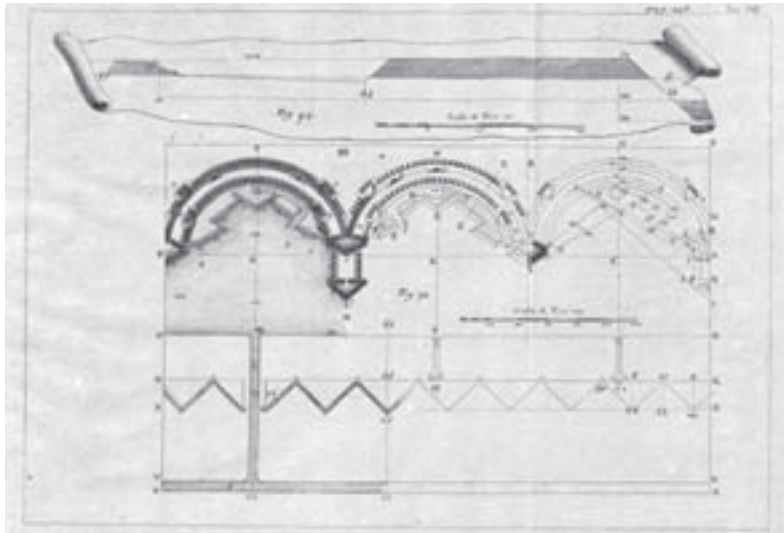
In 1777, Carlo Borgo proposed semicircular curtain walls with outward-facing concavities in his *Analisi ed esame dell'arte della fortificazione e difesa delle piazze*.⁶ Borgo, a Jesuit father and theologian at the University of Modena, had taught humanities in several Jesuit colleges. Since he was well-versed in Greek and Latin, it is not surprising that he loved classical texts and was also a scholar of geometry. However, it would be naïve of us to underestimate the important historical events that led him to dedicate his writings to Frederick II, the great Prussian king who made him an honorary Lieutenant Colonel of the Corps of Engineers. The King was one of the great reformers of the military institution and he welcomed into his kingdom any exiled member of the Jesuit Order that had been disbanded in 1773 by Pope Clement XIV (edict: Dominus ac Redemptor). Moreover, Borgo's motives were certainly not dictated by theology alone. Apart from any real or alleged controversy surrounding the purpose of his work, his treatise was intended to complete the one written by Sébastien Le Prestre, Marquis of Vauban (1633-1707) and Maréchal de France, who had built and conquered countless strongholds a century earlier.

About thirty of the three hundred pages of the treatise (the thirty most interesting in this case) contain such incredible new concepts that Borgo flatters the author for having discovered vast areas of knowledge where modern minds can enter and return with completely new and wonderful inventions.⁷ Five of the commented tables are useful to demonstrate that there was no variation in the obstructive criteria.

In the first table (n. XIII), Borgo presents a general plan of the fortified site: "Let us first consider the complete structure of my fortification. [...]. I have placed it on the shores of a great river, 300 toises wide without obstructions, or the help of islands, or shallows,

8/ I caratteri distintivi del fronte curvilineo. In alto: da Carlo Borgo, tav. XII (cfr. nota 10); in basso: stralcio assonometrico.

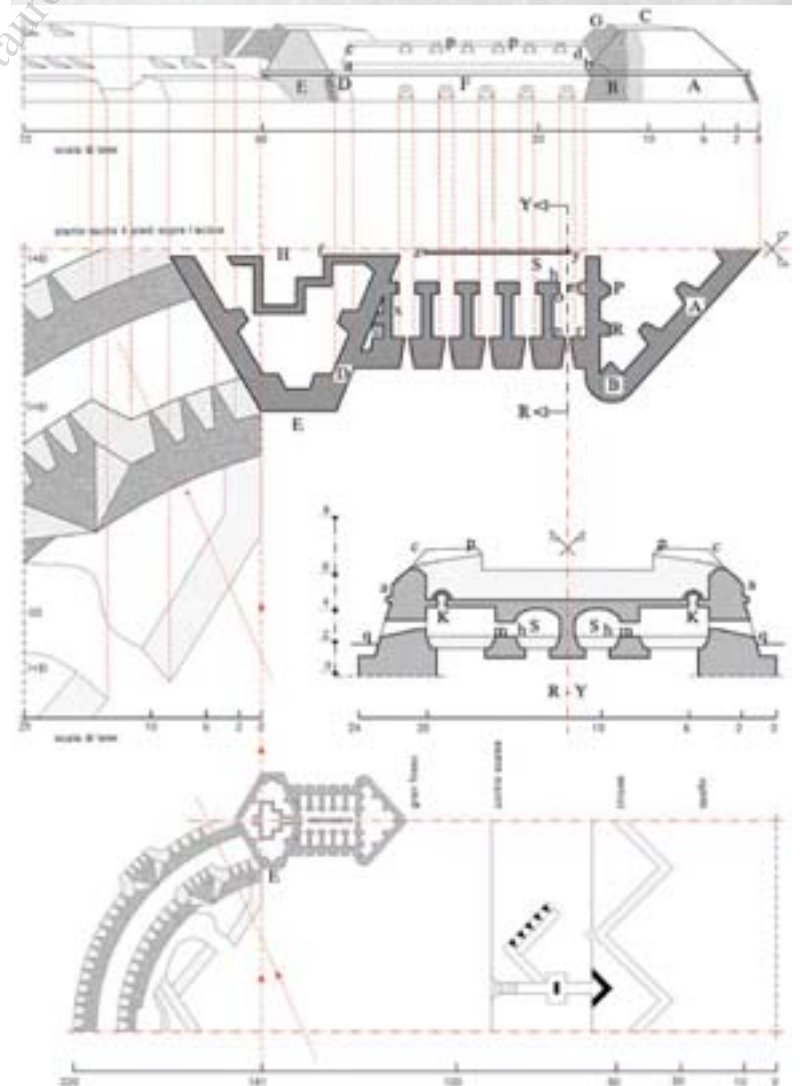
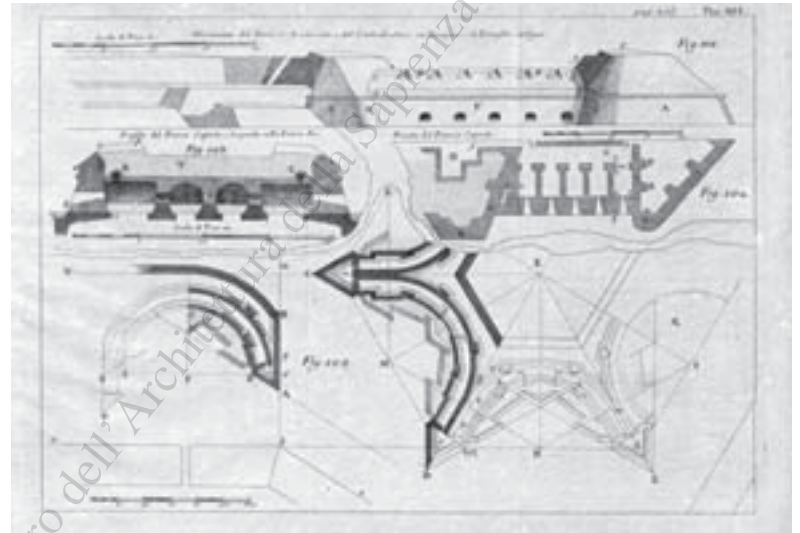
The distinctive features of the curved front. Above: Carlo Borgo, tab. XII (note 10); below: the distinctive features of the curved front. Axonometric extract.



9/ "Spirito del piano: uso e ragione delle sue parti".

In alto: da Carlo Borgo, tav. XVI (cfr. nota 12); in basso: ridisegno del bastione avanzato (cfr. nota 13).

'Spirito del piano: uso e ragione delle sue parti'. Above: Carlo Borgo, tab. XVI (note 12); below: redesign of the projecting bastion (note 13).



che fin quando le baliste e le catapulte le fracasseranno, non gli producano alcun danno. Perché i colpi che impatteranno perpendicolarmente sulle facce cedono interamente la loro energia, mentre quelli che vengono deviati da un angolo saliente la perdono interamente»⁴ (fig. 2).

Ai consigli di Filone sembra ispirarsi l'ignoto progettista della cerchia muraria di Telesia (presso Telesse, provincia di Benevento) – città romana di origini sannite, colonia sillana con il nome di *Herculea Telesina*. Le mura sono costituite da una serie di cortine concave verso l'esterno, divise da avancorpi pieni di forma esagonale e circolare, a tratti ben conservate (fig. 3). Il rilievo del segmento a sinistra della porta settentrionale, personalmente effettuato con tacheometro e stadia, essendo esente da condizionamenti naturali e quindi tali da inficiare l'eventuale aderenza a un modello ideale, ha verificato che la corda della concavità è di 44,49 m, mentre la freccia è di 5,95 m. Misurando allo stesso livello del perimetro sei punti della curva situati poco sopra l'imposta, quanti necessari a distinguere con assoluta certezza una trasformata omologica del cerchio da una polilinea⁵, si è verificato che la forma del perimetro risponde a quella di un arco ribassato. Questo, non avendo nulla del profilo ovale, si traccia come luogo geometrico dei punti equidistanti dal centro. Per trovarlo basta prendere la distanza tra i due mesopirgi contigui: la corda – e il rilievo lo conferma – corrisponde al raggio della circonferenza (fig. 4). Ne consegue uno schema di copertura balistica che nei criteri resterà immutato anche quando l'artiglieria elastica sarà sostituita da quella a polvere, ossia tra il XIV e il XV secolo (fig. 5).

Cortine semicirculari, con la concavità verso l'esterno, sono proposte da Carlo Borgo, autore nel 1777 di *Analisi ed esame ragionato dell'arte della fortificazione e difesa delle piazze*⁶. Padre gesuita e teologo presso l'università di Modena, Borgo aveva insegnato lettere nei collegi della Compagnia. Conoscendo il greco e il latino, non meraviglia come egli fosse un cultore dei testi classici e uno studioso di logica geometrica. Sarebbe, tuttavia, ingenuo sottovalutare la portata degli eventi storici

che lo indussero a dedicare la sua opera a Federico II, il grande re di Prussia, che lo insignì del grado di tenente colonnello onorario del Genio: il sovrano, fra i massimi riformatori dell'istituzione militare, accoglieva nel suo regno gli esiliati membri della Compagnia, sciolta nel 1773 dal pontefice Clemente XIV (editto *Dominus ac Redemptor*), e questo non certo per mere motivazioni teologiche. Oltre le polemiche – vere o presunte – nelle intenzioni di Borgo il suo trattato doveva completare quello di Sébastien Le Prestre, marchese di Vauban (1633-1707) e maresciallo di Francia che nel secolo precedente aveva costruito innumerevoli piazzeforti ed espuginate altrettante.

Delle trecento pagine che compongono l'opera, circa una trentina – le più interessanti ai nostri fini – espongono delle concezioni così nuove che lusingano l'autore per aver scoperto dei regni vastissimi dove i moderni ingegni possono entrare e riportarne del tutto nuove e grandi invenzioni⁷. Tra le tavole a commento, cinque sono funzionali a dimostrare l'invarianza dei criteri ostativi.

Nella prima tavola selezionata (tav. XIII), Borgo presenta una planimetria generale del sito fortificato: «Diasi prima un'occhiata al corpo intero della mia Piazza. [...] Io l'ho posta alle sponde d'un gran fiume largo 300 tese senza l'imbarazzo, o l'aiuto d'isole, o secche, o paludi. Due gran lati d'oltre 1000 Tese ciascuno appoggiansi al fiume; dove convergono, lasciano tra i loro capi luogo alla *Cittadella* di circa 1000 tese anch'essa in lunghezza per cui la strettezza delle consuete nostre maggiore viene compensata»⁸ (fig. 6). Nella successiva tavola XII annuncia le peculiarità dei fronti (fig. 7), non senza aver premesso che la «fortificazione alla moderna» «non è di sua natura suscettibile di un sistema di Difese, in cui il Cannone abbia le prime parti»⁹. Affida, perciò, un ruolo di primo piano al volume di fuoco sviluppato dai moschetti imbracciati dai singoli fanti, declinando le componenti che articolano il fronte¹⁰ (fig. 8). Il tratto curvilineo, compreso tra gli estremi rinforzati e sporgenti (lunghi appena 20 Tese, circa 39 m), consentiva, nonostante lo sviluppo contenuto del muro di difesa, di realizzare camminamenti sicuri e spediti; dietro ad ogni bastione avanzato vi

or swamps. Two sides of more than 1000 toises each resting on the river; where they converge, leaving between them sufficient space for the Citadel, also approximately 1000 toises in length»⁸ (fig. 6). In the next table (n. XII) Borgo displays the special features of the frontlines (fig. 7); he specifies that the 'modern fortification' "does not by its very nature require a defence system in which rules play a major role"⁹. In fact, he entrusts this important role to the volume of fire of the muskets used by foot soldiers, and also lists the elements of the frontline¹⁰ (fig. 8).

Despite the rather small defence wall, the curvilinear stretch between the reinforced projecting extremities, just 20 toises in length (roughly 39 m) made it possible to build safe, fast walkways. In fact behind each bastion there was a counter-bastion which, depending on the height of the curtain wall, connected the extremities of each concave section. Since the interaxis between the semi-circumferences is 120 toises, the modular distance is equal to the diameter of the semicircles, i.e., 248 m. Note that this is a little less than the range of the artillery armed with a machine gun or contemporary rifles, approximately 250 m (fig. 9).

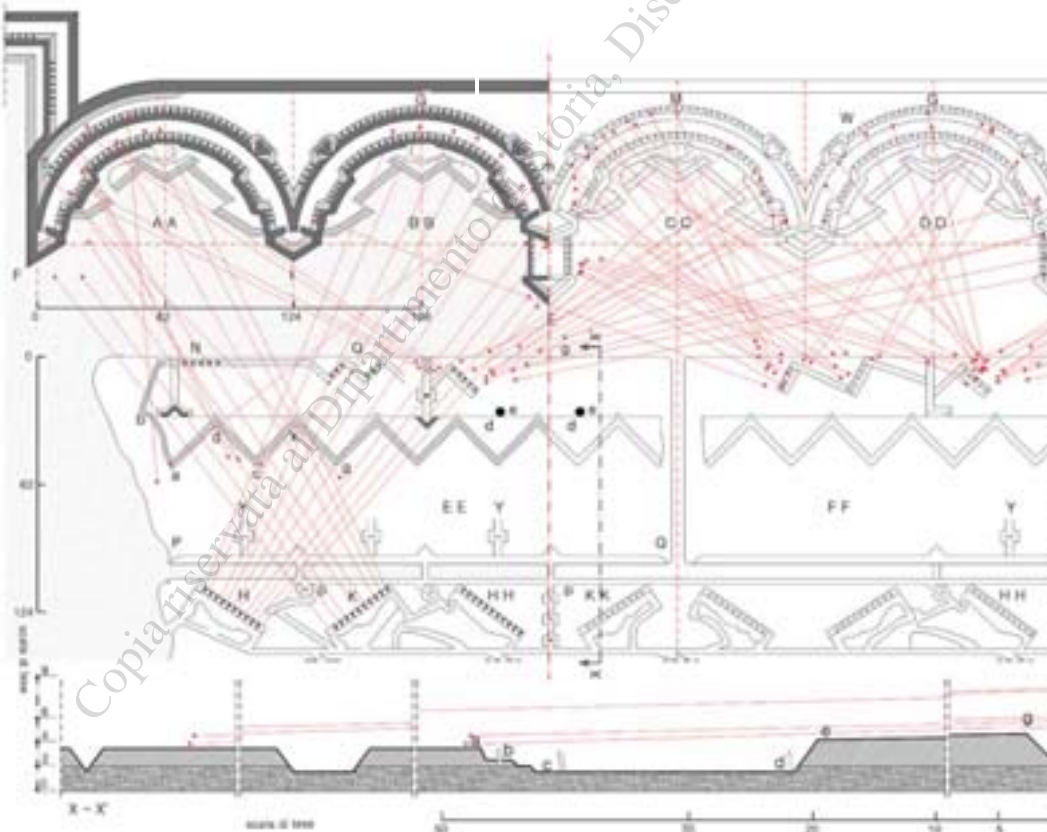
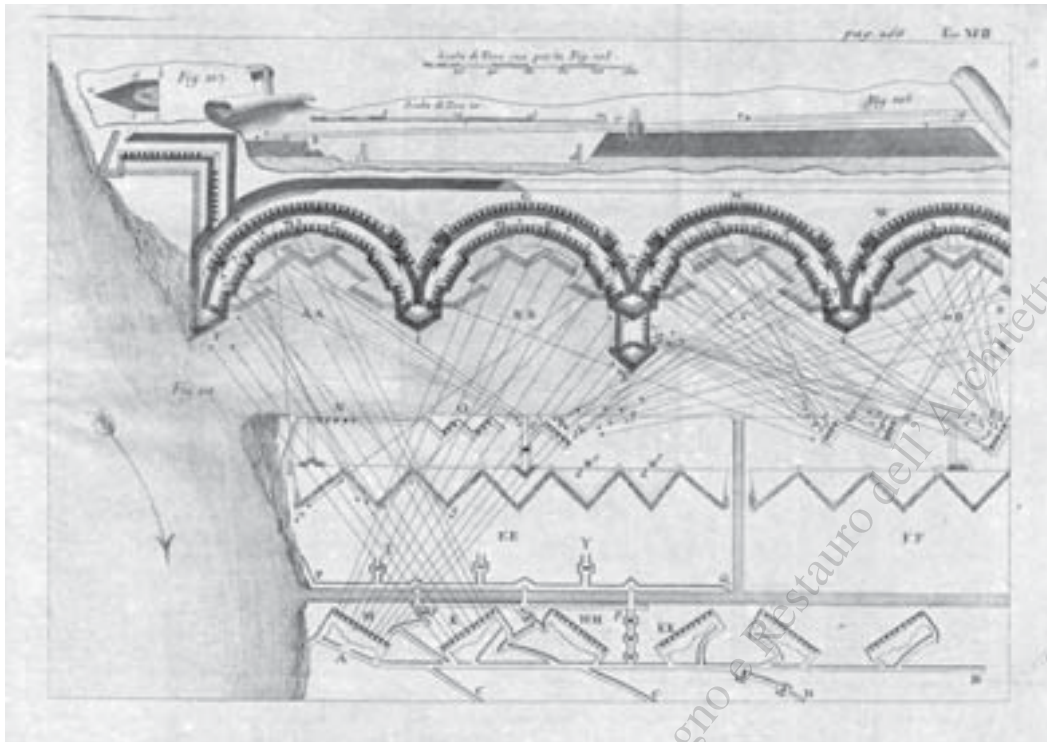
Undoubtedly Borgo wanted to reduce the poor reactivity of the bastion, the characteristic element of the 'trace italienne'.¹¹ Apart from designing an important passive defence structure with a remarkable resistance to direct fire, he also designed a successful active defence system for the walls. Their curvilinear shape protects the besieged from enfilade fire and increases the number of places from which a foot soldier could fire.

To check whether his defence system worked, Borgo simulated an attack which he describes in detail in the plan¹² (fig. 10, above). The representation shows the criteria governing the principles on which the project is based (fig. 10, below), while the drawing of the contours helps explain the reasons why he dug ditches and built ramparts. The contour Borgo considers to be "fundamental" is "where the reciprocal relationship of the two ramparts and the tenaille is simplest, and is free from any obstacle"¹³ (fig. 11).

In the transposition of the model, presented as

10/ "La natura del piano". Le sezioni trasversali e longitudinali. In alto: da Carlo Borgo, tav. XVII (cfr. nota 14); in basso: Ridisegno della copertura balistica.

'La natura del piano'. Transversal and longitudinal sections. Above: from Carlo Borgo, tab. XVII (note 14); below: redesign of the ballistic range.



era infatti un contro-bastione che, in funzione delle diverse altezze delle cortine, collegava l'estremità di ciascun tratto concavo. Essendo l'interasse tra le semicirconferenze di 120 Tese, si registrava una distanza modulare pari al diametro dei semicerchi, 248 m, appena inferiore, si noti, alla gittata utile delle artiglierie caricate a mitraglia o dei coevi fucili, stimata circa 250 m (fig. 9).

Evidente appare la volontà di attenuare la scarsa reattività del bastione, dell'elemento caratterizzante la *trace italienne*¹¹. Oltre a programmare una rilevante difesa passiva e una ragguardevole resistenza al fuoco diretto, progetta un'efficace difesa attiva delle mura: l'andamento curvilineo protegge gli assediati dai colpi d'infilata, consentendo di moltiplicare le postazioni di tiro.

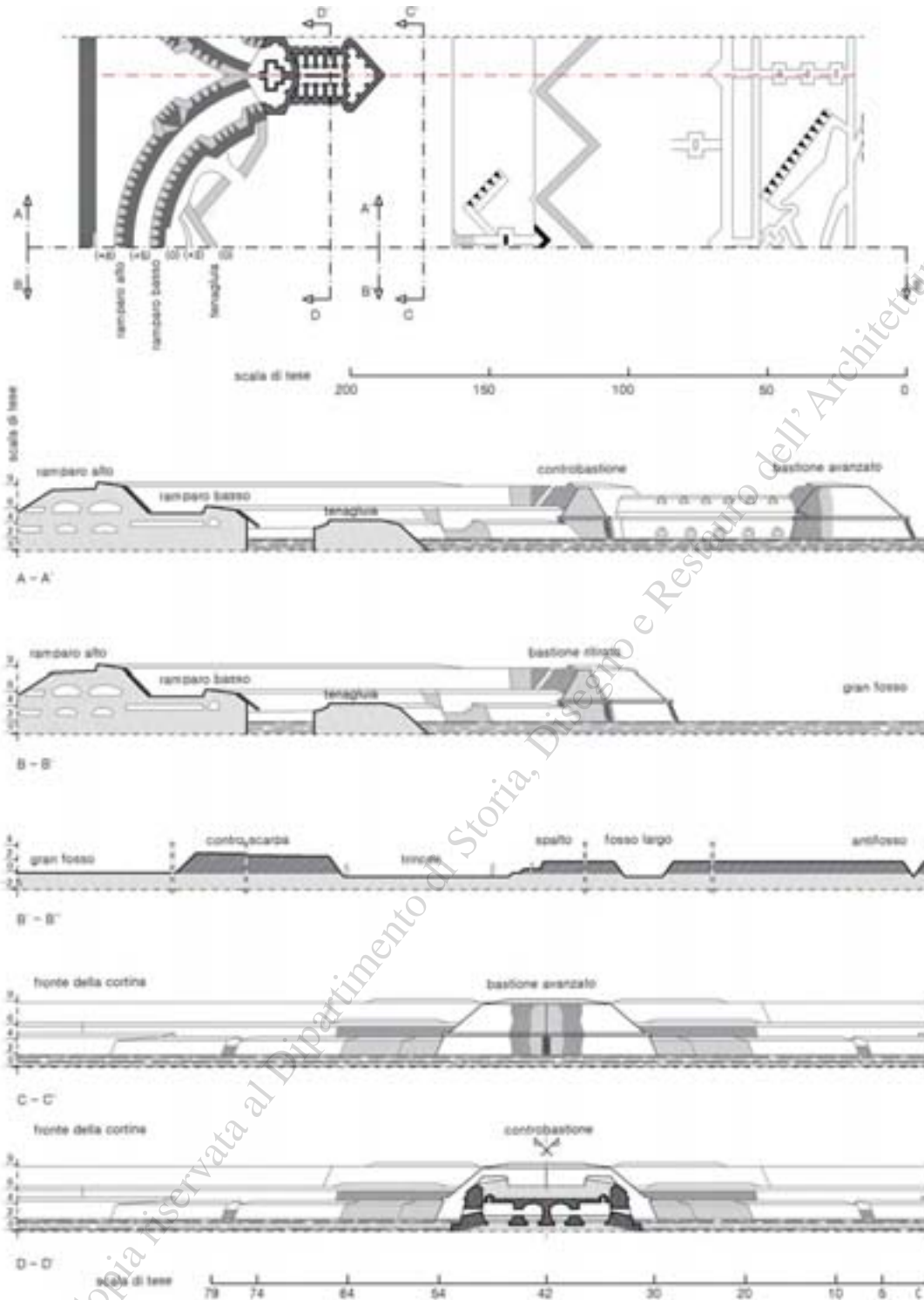
Per verificare la validità del piano, Borgo simula un attacco¹² che descrive dettagliatamente in pianta¹² (fig. 10, in alto). La rappresentazione oggettiva i criteri che identificano i principi su cui si fonda il progetto (fig. 10, in basso) mentre il disegno dei profili aiuta a comprendere le ragioni degli scavi e dei terrapieni antistanti le mura. Il profilo giudicato dal Borgo «fondamentale» è preso «dove la relazione scambievole de' due Rampari e della Tanaglia, è più semplice, e da nessuno accidente alterata»¹³ (fig. 11).

Nella trasposizione del modello presentato continuo e indefinito, occorre pensare ad una forma in grado di racchiudere l'abitato. L'autore invita perciò il "Leggitore" a confrontare diligentemente due profili, entrambi ricavati nel cerchio e rispettivamente riconducibili alla matrice di un ottagono (figg. 12, 13) e di un pentagono (fig. 14)¹⁴. Le soluzioni offerte mostrano come Borgo abbia fatto tesoro delle esperienze ellenistiche nonché di quelle rinascimentali. Ad avvalorare la prima ipotesi non solo le articolate analogie con il trattato di Filone¹⁵, ma anche il disegno di un telegrafo ottico da campo (Borgo, fig. 88) posto a inquadrare la tavola XI del suo trattato, un'evidente interpretazione dell'archetipo studiato da Enea il Tattico, vissuto nel IV secolo a.C.¹⁶.

Ad avvalorare, invece, la seconda ipotesi, il gioco di pareti inclinate: il perimetro stellato con

11/ "La natura del piano". Le sezioni trasversali e longitudinali. Descrizione dei profili.

'La natura del piano'. Transversal and longitudinal sections. Description of the outlines.



angoli acuti rivolti verso la campagna (salienti) e rivolti verso l'abitato (rientranti) rimanda, se non al primo, certamente al più imitato modello di fortezza "alla moderna", edificato nel

1501 per la famiglia Borgia; il Forte di Nettuno, attribuito al genio di Antonio da Sangallo il Vecchio, insegna ad articolare i baluardi arrotondandoli alle punte, per meglio di-

continuous and undefined, the problem lay in how to design an enclosure around an inhabited area. So Borgo invites the 'Reader' to diligently compare two contours, both in the circle, and referring respectively to the matrix of an octagon (figs. 12, 13) and a pentagon (fig. 14).¹⁴ The solutions show that Borgo exploited not only Hellenistic, but also Renaissance concepts. For example, as regards the former, there are detailed similarities with Philo's treatise,¹⁵ but that's not all: the drawing of an outdoor optical telegraph (Borgo 1777, fig. 88) to frame table XI of his treatise is obviously an interpretation of the archetype studied by Aeneas Tacticus (fourth century B.C.).¹⁶

To justify the second hypothesis he made use of inclined walls: the star-shaped perimeter with acute corners facing the countryside (projecting) and the inhabited area (recessed) refers not to the first model of a 'modern' fortification, but instead to the most frequently copied fortification, built in 1501 for the Borgia family: the Fortress of Nettuno, attributed to the talented Antonio da Sangallo the Elder. This fortification is a clear demonstration of how to alternate ramparts and round off points so that the wall is better protected from grazing and crossfire by the artillery. In the next century, the walls were moved backwards to conceal lethal gunners behind large projecting 'ears', if they were round, and 'faces' if they were square. Fortresses were further fortified with 'tenaille' earthworks within the perimeter of the bastion.

This system remained unaltered until the mid-nineteenth century when new artillery made it obsolete. With the introduction of new weapons such as the Col. Cavalli cannons, which fired cylindrical-ogival projectiles, the trajectories became high, ordinate and therefore extremely parabolic. Until that moment, the path of the projectile was based on calculations involving almost straight trajectories; this justified the continued use of Hellenistic criteria based on the calculation of angles and directrices. When gunpowder was invented, changes occurred only in masses and ranges; Borgo appears to have successfully taken this into account. In fact, his expertise made him famous among his contemporaries as an

12/ Costruzione del fronte della cittadella, da Carlo Borgo,
tav. XI.

Construction of the front of the citadel, in Carlo Borgo, tab. XI.

excellent mathematician and scientific scholar. As a result, his treatise is the final part of a study that began many years earlier and finally unhinged the pattern of the bastion façade.¹⁷

1. Vitruvius, Book I, X (Bassolino 2005, p. 57).

2. Philo, Book V, A, 55-58 (Garlan 1974, p. 297. Free translation).

3. Philo, Book V, A, 39-40 (Garlan 1974, p. 296. Free translation).

4. Philo, Book V, A, 3 (Garlan 1974, p. 291. Free translation).

5. Docci, Migliari 1992, p. 461. *Pascal's Theorem* (1640).

6. Borgo 1777.

7. Borgo 1777, p. 239. *Appendix to Book Four. Introduction.*

8. Borgo 1777, p. 240. *Appendix to Book Five. Chap. I: Giro della magistrale. Cfr. fig. 92, tab. XIII.*

9. Borgo 1777, p. 198. *Book IV, chap. II. Ricerca sullo spirito della moderna fortificazione per rapporto all'uso del cannone, e del moschetto.*

10. Borgo 1777, p. 240. *Appendix to Book Four. Chap. I: Giro della magistrale. Cfr. figs. 93, 94, tab. XIII. Line AB shall be called Frontal and is divided into equal segments Ac, Cd, dD, De, eE, EB, etc., each 62 toises in length. The undefined perpendiculars of the straight lines AF, Cg, dR, etc., pass through the extremities of the segments. The sum of four segments is 248 toises, [...] point d called the Medium Point, while C and D are the centres of the right and left circles respectively. A recessed Bastion will be placed in the Medium Point; the projecting and counter Bastions will be placed in the Frontal Points (I and L). Having done this, draw the Magistral line: from Centre C with radius Cf of 49 toises draw the semicircle fsq; and with radius Ca, of 55 toises, draw the other semicircle Arg; on both indicate the two points g, the extremities of the radii of Centre C opened by 60° (sextants) since the distance Ag is equal to the radius aC. The two points g, g will be the Centres of Defence and the lines known as Defence Lines will start from these Centres of Defence.*

11. Borgo 1777, pp. 252-253. *Appendix to Book Four. Chapt. VII, Bastioni Avanzati e loro Fianchi. Cfr. figs. 101-103, tab. XVI. The projecting bastions, as I mentioned earlier, are the key elements of the entire*

fendere la cortina dal tiro radente e incrociato delle artiglierie. Nel secolo successivo i fianchi si arretrarono per nascondere micidiali cannoniere dietro le sporgenze di "orecchioni" se tondi, di "musoni" se quadrati. Sopraggiunsero a fortificare ulteriormente l'opera i terrapieni a "tenaglia", contenuti entro il perimetro *bastionato*. Il sistema così configurato rimase inalterato fin quando, intorno alla metà del XIX secolo, le nuove artiglierie lo resero obsoleto: i cannoni "Cavalli", lanciando proiettili cilindro-ogivali, modificarono le traiettorie che divennero ad elevata ordinata e quindi fortemente paraboliche. Fino ad allora il tracciato, basato sul calcolo delle traiettorie quasi rettilinee, confermava il perdurare dell'efficacia dei criteri ellenistici fondati sul calcolo di angoli e direttrici. Con la polvere da sparo mutarono, infatti, soltanto le masse e le gittate che Borgo sembra saper calcolare con magistrale perizia, acquisendo per questo, tra i suoi contemporanei, la fama di valente matematico e studioso di scienze.

Il suo trattato, pertanto, si dimostra il punto di arrivo di una ricerca che, provenendo da lontano, giunge a infrangere lo schema del fronte bastionato¹⁷.

1. Vitruvio, lib. I, X (Bassolino 2005, p. 57).

2. Filone, lib. V, A, 55-58 (Garlan 1974, p. 297. Trad. libera).

3. Filone, lib. V, A, 39-40 (Garlan 1974, p. 296. Trad. libera).

4. Filone, lib. V, A, 3 (Garlan 1974, p. 291. Trad. libera).

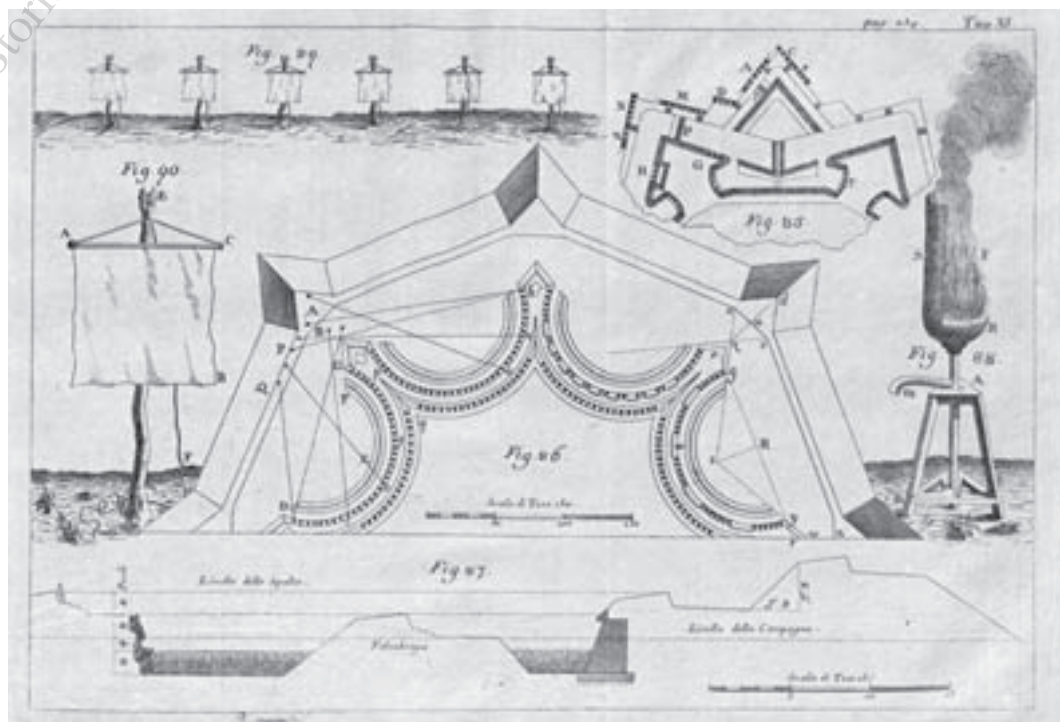
5. Docci, Migliari 1992, p. 461. Teorema di Pascal (1640).

6. Borgo 1777.

7. Borgo 1777, p. 239. *Appendice al Libro Quarto. Introduzione.*

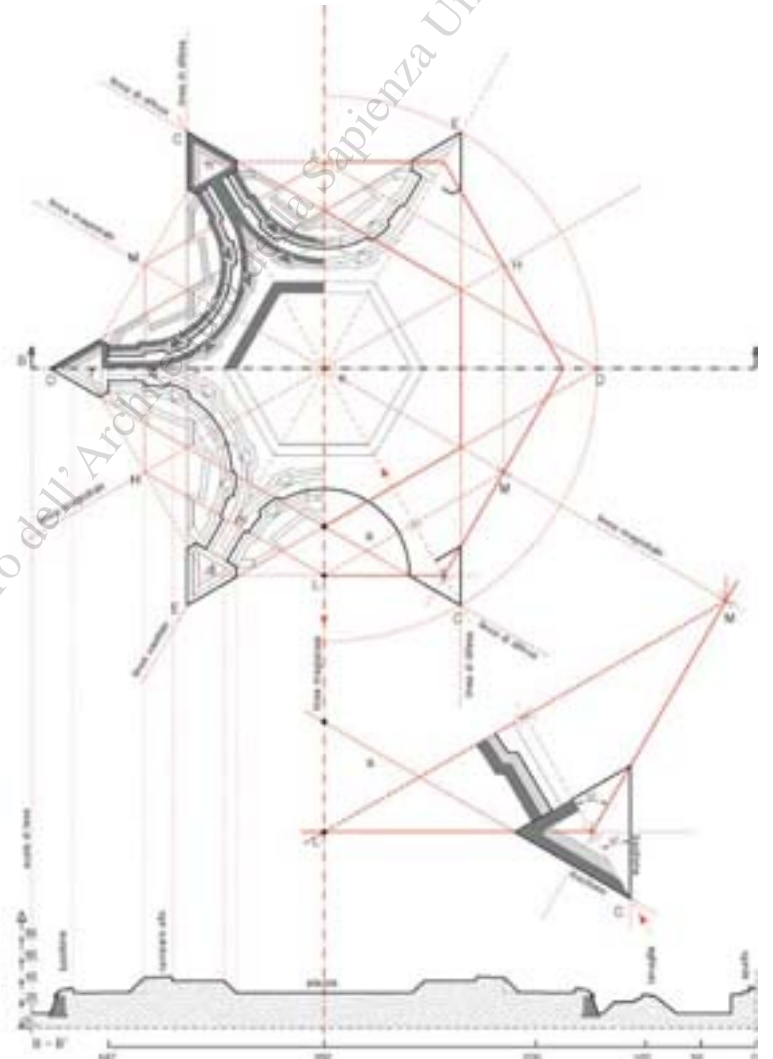
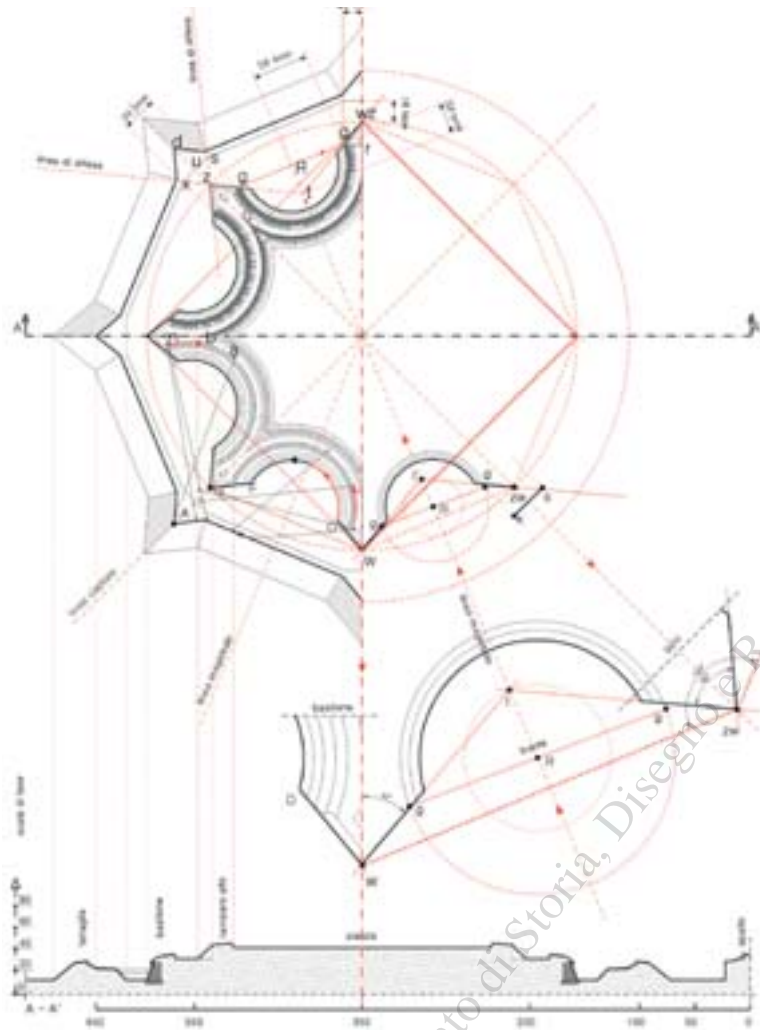
8. Borgo 1777, p. 240. *Appendice al Libro Quarto. Cap. I: Giro della magistrale. Cfr. fig. 92, tav. XIII [Si dia prima un'occhiata all'insieme della mia piazzaforte. Io l'ho posta alle sponde di un gran fiume largo 300 Tese in un terreno senza ostacoli o vantaggi come isole, secche o paludi. Due fronti di oltre 1000 Tese (1.949 m) ciascuno convergono verso le sponde del fiume, lasciando tra i loro estremi lo spazio per la costruzione della Cittadella anch'essa lunga circa 1000 Tese].*

9. Borgo 1777, p. 198. *Libro IV, cap. II. Ricerca sullo spirito della moderna fortificazione per rapporto all'uso del cannone, e del moschetto.*



13/ Costruzione del fronte della cittadella. Studio della configurazione ottagonale (cfr. fig. 86 tav. XI).
Construction of the front of the citadel. Study of the octagonal configuration. (fig. 86, tab. XI).

14/ Costruzione del fronte della cittadella. Studio della configurazione pentagonale (cfr. fig. 104, tav. XVI).
Construction of the front of the citadel. Study of the pentagonal configuration (fig. 104, tab. XVI).



10. Borgo 1777, p. 240. Appendice al Libro Quarto. Cap. I: *Giro della magistrale*. Cfr. figg. 93, 94, tav. XIII. «La linea indefinita *AB* si chiamerà *Frontale*, che dividerassi nelle parti uguali *AC*, *Cd*, *dD*, *De*, e *E, EB*, ec. ciascuna di 62 tese. Per ciascuno di questi punti passano le *perpendicolari* indefinite *AF*, *CG*, *dR*, ec. Un tratto di 248 tese, risultante da quattro di codeste parti [...]: il punto *d* chiamasi il *Punto Medio*: i punti *C*, *D* sono i *Centri*, cioè *D* il *Centro Destro*, *C* il *Centro sinistro*. Al *Punto Medio* si porrà un *Bastione ritirato*; ai *Punti Frontali* si porranno i *Bastioni avanzati* ed i *Controbastioni*. Ciò supposto così si traccia la *Magistrale*. Dal *Centro C* col raggio *Cf* di 49 tese descrivasi il semicerchio *fsq*; e col raggio *Ca* di 55 tese descrivasi pure un'altro semicerchio *agr*, e su questo si notino nell'un quadrante, e nell'altro, i due punti *gg* confini de' Sestanti, essendo la distanza *ag* uguale al raggio *aC*. I due punti *g, g* si diranno *Centri di Difesa*, conciosia che da questi le principali *Linee di Difesa* si partiranno» (La linea *AB* si chiamerà *Frontale*, questa si divide in segmenti uguali: *AC*, *Cd*, *dD*, *De*, *eE*, *EB*,

ecc., ciascuno è lungo 62 Tese. Per gli estremi dei segmenti passano le *perpendicolari* indefinite dalle rette *AF*, *CG*, *dR*, ecc. La somma di quattro segmenti corrisponde a 248 Tese, [...] per cui *d* si chiama *Punto Medio*, mentre *C* e *D* sono i *centri* dei cerchi rispettivamente destro e sinistro. Nel *Punto Medio d* si porrà un *Bastione ritirato*; nei *Punti Frontali* (*I* ed *L*) si porranno i *Bastioni avanzati* ed i *Controbastioni*. Ciò supposto si traccia la *linea Magistrale*: dal *Centro C* col raggio *Cf* di 49 Tese si traccia il semicerchio *fsq*; e col raggio *Ca*, di 55 Tese, si traccia l'altro semicerchio *Arg*; su entrambi si indichino i due punti *g*, estremi dei raggi di centro *C* divaricati di 60° (sestanti) essendo la distanza *Ag* uguale al raggio *aC*. I due punti *g, g* si diranno *Centri di Difesa* da essi partono le linee perciò dette di *Difesa*).

11. Borgo 1777, pp. 252-253. Appendice al Libro Quarto. Cap. VII: *Bastioni Avanzati e loro Fianchi*. Cfr. figg. 101-103, tav. XVI. «I Bastioni avanzati sono, come ho già accennato lo scopo di tutta la Difesa,

defence, but also the attack points. See the elevation and plan in Table XVI. A is the front, B is the rounded extremity of the bastion (the 'large ear'), C is the parapet of the small upper parade ground, G is the gorge (i.e., the shorter stretch between the bastion and the wall); the rise, g, is the Main Line of the Bastion, F is its flank; DE is the counter bastion [...]. Note that the outline of the rounded protruding part of the side (rounded moulding or torus), and that of the Bastions, is 3 toises above the level of the water in the moat. The side above the rounded protruding part has a vertical elevation, ab, of 4 feet which continues in part along the rounded extremity of the bastion (Large Ear).

12. Borgo 1777, pp. 257-260. Appendix to Book Four. Chap. IX: Spirito di questo Piano: uso, e ragione delle sue parti, fig. 100, tab. XVI. *The lethal position of the battery is drawn in the figure (Table XVI), the canons are aligned so as to fire at the flanks of the assailants; battery K defends the recessed bastion F and the right*

quadrant (Sine A-A); and battery H the left face of the projecting bastion E and therefore the left counter bastion (Sine BB and the remaining sections of the quadrant; since they are positioned to the flanks of the attackers).

13. Borgo 1777, pp. 249-252. Appendix to Book Four. Chap. VI: Osservazioni sui profili (figs. 95, 97, 100 tab. XII). The key outline of the entire system is along the line W-W' in the plan where the reciprocal relationship between the two ramparts and the tenaille is simpler and without obstacles. I presumed the level of the water to be 2 toises below the level of the countryside, [...] The difference provides the ratio between the heights of the Ramparts, the Tenaille, and the Battlement [...] The Tenaille is 2 toises (roughly 4 m) above the level of the water, so that the parade ground is 6 feet higher (1.3 m) than the level (of the countryside). The lower Rampart rises 3 toises (6 m) above the square of the Tenaille; a minimum height imposed by the need not to hit the defenders of the Tenaille [...]. In turn, the upper Rampart is 4 toises higher than the parade ground of the lower Rampart; this is due to the reasons given above and in order to strengthen its control over the battlement and extend its scope. The top of the battlement coincides with the level of the lower Rampart, so that the lower Rampart remains intact to ward off the enemy coming from the counterscarp. So that the latter can resist and remain intact to fight off a possible breach by the enemy [...] The top of the battlement will also rise 2 toises above the countryside; the inclination of the battlement should be calculated from the top of the upper Rampart.

14. Borgo 1777, p. 198 (fig. 86, tab. XI); *ivi*, pp. 254-255, fig. 104, tab. XVI.

15. This concept is also expressed in Book VII of the short treatise by Niccolò Machiavelli, *The Art of War*, written between 1519 and 1520 (Martelli 1971, p. 162). If the enemy tries to scale your walls, their height will easily defend you. If the enemy comes with artillery, he has to destroy the first wall which, as it collapses, fills the moat, so the latter must be much deeper and larger. This solution means it is impossible to fill the moat because it will be able to hold much more especially if the walls are curved and concave.

16. Aeneas the Tactician, *Poliorketika*, IV B.C. (Whitehead 1990). In the *Art of Sieges* Aeneas describes a system of long-distance communication. Excerpts of his work were probably present in contemporary libraries, if one considers that this system was implemented by Claude Chappe (1763-1805), an abbot roughly thirty years younger than Borgo.

17. An idea put forward (Russo 1994, p. 243) and cited (Ilari 2011) in a review of nineteenth-century treatises by Italian military writers (fifteenth-sixteenth century) published in Turin in 1854.

ed il punto dell'attacco. Veggasene nella *Figura CI*. l'elevazione, nella *Figura CII*. la pianta. *A* è sua faccia, *B* l'orecchione rotondato, *C* il parapetto della sua piccola piazza superiore, *G* la sua gola; la salita *g* è sulle capitale del Bastione, *F* è il suo fianco; *DE* è il Contrabastione [...] Notisi che il cordone del fianco, siccome di tutti i Bastioni è 3 tese sopra il livello dell'acqua. Il fianco sopra il tuo cordone ha una tavoletta *a b* alta 4 piedi, che continua anche sull'Orecchione per qualche tratto» (p. 252. I Bastioni avanzati sono, come ho già accennato, lo scopo di tutta la difesa ma anche il punto dell'attacco. Si veda nella tavola XVI l'alzata e la pianta. *A* è il fronte, *B* l'estremità attondita del bastione (l'orecchione), *C* il parapetto della sua piccola piazza d'armi superiore, *G* la sua gola (ovvero il raccordo più stretto del bastione alla cortina); la salita *g* è sulla Linea Capitale del Bastione, *F* è il suo fianco; *DE* è il Contrabastione [...] Si noti che il profilo dello sporto arrotondato del fianco (redendone o toro), così come quello dei Bastioni, corre a 3 Tese sopra il livello dell'acqua che riempie il fossato. Il fianco sopra lo sporto arrotondato, ha un alzato verticale, *ab*, di 4 piedi che continua parzialmente sulla estremità arrotondata del bastione (Orecchione).

12. Borgo 1777, pp. 257-260. Appendice al Libro Quarto. Cap. IX: *Spirito di questo Piano: uso, e ragione delle sue parti*, fig. 100, tav. XVI. «La posizione delle batterie men cattiva è la designata nella *Figura* volgendone ciascun ripartimento a ciascun quadrante de' Seni assaliti; comè la batteria *K* contro al Bastione ritirato *F*, e contro al quadrante destro del Seno *A A*; e la batteria *H* contro la faccia sinistra del Bastione avanzato *E*; contro al suo Contrabastione, e contro al resto del quadrante sinistro del Seno *B B*. La batteria *K K* batte il quadrante *I G*; e la batteria *H H* assale il quadrante *L M*, ec. ec.» (p. 257. La micidiale collocazione delle batterie è designata nella figura (cfr. tavola XVI), i cannoni sono schierati in modo da tirare ai fianchi degli assalitori; la batteria *K* difende il bastione ritirato *F* e il quadrante destro (Seno *A-A*); e la batteria *H* la faccia sinistra del Bastione avanzato *E* e quindi il contro bastione sinistro (Seno *BB*) ed il resto del quadrante le parti; poichè li schiera ai fianchi degli attaccanti).

13. Borgo 1777, pp. 249-252. Appendice al Libro Quarto. Cap. VI: *Osservazioni sui profili* (figg. 95, 97, 100 tav. XII). «Il primo *Fig. XCV* è il profilo fondamentale di tutto il sistema preso sulla linea $\Sigma\Sigma$ della *Figura XCIII*, dove la relazione scambievole de' due Rampari, e della Tanaglia è più semplice, e da nessuno accidente alterata. Ho supposto il livello dell'acqua 2 tese al dissotto del livello della campagna, [...] Dalla differenza di cotesti due livelli della campagna, e dell'acqua dipende [...] la determinata relazione delle altezze dei Rampari, della Tanaglia, e dello Spalto in questo sistema [...] La Tanaglia si leva sopra il livello dell'acqua 2 tese, perchè la sua piazza resti 6 piedi più alta di cotesto livello; e ciò perchè essa non sia soggetta alle or-

dinarie escrescenze. Il Ramparo basso si leva 3 tese sopra la piazza della Tanaglia; non si poteva alzarlo meno perchè il fuoco del Ramparo non incomodasse i Difensori della Tanaglia, che è una osservazione già antica. Qui però era di più necessaria una tale altezza del Ramparo, perchè in azione quello potesse difendere il piede dei Bastioni ritirati per disopra della Tanaglia. Il Ramparo alto sollevasi 4 tese sopra la Piazza del Ramparo basso; e ciò per le ragioni ora dette, ed inoltre perchè il suo dominio sullo spalto sia più forte, ed esteso. La cresta dello spalto giunge al livello orizzontale del Ramparo basso, volendosi assolutamente, che tutto questo Ramparo basso sia intatto ad accogliere il nemico giunto sulla contrascarpa. Ora la supposta differenza di altezza tra il livello della campagna, e quello dell'acqua ci ha obbligati ad alzare il Ramparo basso tanto sopra cotesti due livelli, cioè come apparisce dalla *Figura XCV*, per 4 tese sopra il livello dell'acqua, e però 2 tese sopra quello della campagna; dunque 2 tese pure sopra la campagna si leverà la cresta dello Spalto; il cui declive prendendosi dalla sommità del Ramparo alto nel punto di lui medio più rimoto dalla contrascarpa, per conseguenza la lunghezza del declive riuscirà a calcolo esatto alcuna cosa più di 100 tese: le 100 tuttavia, che io gli ho date in opera basteranno» (pp. 249-250. Il profilo fondamentale di tutto il sistema è preso in pianta sulla linea *W-W'* dove la relazione scambievole dei due Rampari e della Tanaglia, è più semplice e senza ostacoli. Ho supposto il livello dell'acqua di 2 Tese sotto il piano di campagna, [...] Dalla differenza conseguono i rapporti tra le altezze dei Rampari, della Tanaglia, e dello Spalto [...] La Tanaglia sovrasta il livello dell'acqua 2 Tese (circa 4 m), affinché la sua piazza d'armi resti a 6 piedi più alta (1,3 m) di cotesto livello (piano di campagna); [...] Il Ramparo basso si leva 3 Tese (6 m) sopra la piazza della Tanaglia; altezza minima obbligata dalla necessità di non colpire i difensori della Tanaglia [...]. Il Ramparo alto a sua volta sovrasta di 4 Tese la piazza del Ramparo basso; e ciò per le ragioni anzidette e perchè il suo dominio sullo spalto sia più forte ed esteso. La sommità dello spalto coincide con la quota del Ramparo basso, volendosi assolutamente, che tutto questo Ramparo basso sia intatto ad accogliere il nemico giunto sulla contrascarpa. In modo tale che questo sia in grado di resistere di contro battere intatto una eventuale penetrazione nemica [...] 2 Tese pure sopra la campagna si innalzerà la cresta dello Spalto, il cui declivio è da calcolarsi dalla sommità del Ramparo alto).

14. Borgo 1777, p. 198 (fig. 86, tav. XI); *ivi*, pp. 254-255, fig. 104, tav. XVI.

15. Di tale concezione si trova traccia anche nel Libro VII del piccolo trattato di Niccolò Machiavelli, *De l'arte della guerra*, scritto tra il 1519 e il 1520 (Martelli 1971, p. 162). «Se il nimico ti viene a scalare, l'altezza del primo muro facilmente ti difende. Se viene con l'artiglierie, gli conviene prima battere il muro

primo; ma battuto ch'egli è, perché la natura di tutte le batterie è fare cadere il muro di verso la parte battuta, viene la rovina del muro, non trovando fosso che la riceva e nasconda a raddoppiare la profondità del fosso, in modo che passare più innanzi non ti è possibile, per trovare una rovina che ti ritiene, uno fosso che ti impedisce e l'artiglierie nimiche che dal muro del fosso sicuramente ti ammazzano. Solo vi è questo rimedio: riempire il fosso; il che è difficilissimo, sì perché la capacità sua è grande, sì per la difficoltà che è nello accostarsi, *essendo le mura sinuose e concave* (Se il nemico tenta di scalare le tue mura, la loro altezza facilmente ti difende. Se viene con l'artiglierie, è obbligato ad abbattere il primo muro; che crollando riempie il fosso, per cui è necessario che sia molto più profondo e molto più largo. Con tale ri-

medio risulta impossibile riempire il fossato essendo la sua capacità enorme tanto più se le mura saranno sinuose e concave).

16. Enea il Tattico, *Poliorketika*, IV a.C. (Whitehead 1990). Nell'*Arte degli assedi* Enea descrive un sistema di comunicazione a distanza. Stralci della sua opera dovettero circolare nelle biblioteche di quel tempo, se solo si considera che lo stesso sistema fu realizzato da Claude Chappe (1763-1805), un abate più giovane del Borgo di una trentina d'anni.

17. Un'idea prospettata (Russo 1994, p. 243) e ripresa (Ilari 2011) nel rivisitare il trattato ottocentesco degli *Scrittori militari italiani (XV-XVI secolo)* pubblicato a Torino nel 1854.

References

- Aa.Vv. 1971. *Dizionario Biografico degli Italiani*. Volume 12 (1971). Treccani. S.v. *Borgo, Carlo* [in linea].
- Borgo Carlo. 1777. *Analisi ed esame ragionato dell'arte della fortificazione e difesa delle piazze*. Venezia: Antonio Zatta Editore, 1777. 355p. Una copia del manoscritto è conservata presso la sezione rari della biblioteca di Zurigo (Venice 320 205 ETH-BibliothekZürich, Rar 857) [<http://www.e-rara.ch/doi/10.3931/e-rara-11606>].
- Carsten Francis L. 1954. *The origins of Prussia*. London: Oxford Press, 1954. Trad. it.: *Le origini della Prussia*. Bologna: Il Mulino, 1982, pp. 215 e sgg. ISBN: 978-88-1502-971-0.
- Docci Mario, Migliari Riccardo. 1992. *Scienza della rappresentazione. Fondamenti e applicazioni della geometria descrittiva*. Roma: Nis, 1992. 620p. ISBN: 88-4300-414-X.
- Enea il Tattico. *Poliorketika* [IV secolo a.C.]. Trad. ingl. introdotta e commentata: David Whitehead, a cura di. *Aineias the Tactician. How to Survive Under Siege*. Oxford: Clarendon Press, 1990. XXI-214p. ISBN: 978-01-9814-878-X.
- Fara Amelio. 1989. *Il sistema e la città: architettura fortificata dell'Europa moderna dai trattati alle realizzazioni, 1464-1794*. Genova: Sagep, 1989. 267p. ISBN: 978-88-7058-335-X.
- Filone di Bisanzio [280/220 a.C.]. *Paraskeuastika* (παρασκευαστικά). In *Trattato di meccanica* (Μηχανικὴ Σύνταξις). Trad. fr.: Yvon Garlan. Le livre "V" de la "syntaxe mécanique" de Pihilon de Byzance. In *Recherches de poliorcétique grecque*. Paris: École Française d'Athènes De Boccard, 1974.
- Garlan Yvon. 1972. *La guerre dans l'antiquité*. Paris, 1972. Trad. it.: *Guerra e società nel mondo antico*. Bologna: Il Mulino, 1985. 293p. ISBN: 88-1500-884-5.
- Guasti Niccolò. 2006. *L'esilio italiano dei gesuiti spagnoli: identità, controllo sociale e pratiche culturali, 1767-1798*. Roma. Edizioni di storia e letteratura, 2006. VIII-566p. ISBN: 88-8498-328-2.
- Guglielmotti Alberto. 1880. *Storia delle fortificazioni nella spiaggia romana: risarcite ed accresciute dal 1560 al 1570*. Roma: Tipografia dei Fratelli Monaldi, 1880. 542p.
- Ilari Virgilio. 2011. *Scrittori militari italiani del XV-XVI secolo*. Roma: Litosromai, 2011, p. 424. ISBN: 978-88-9061-310-4 [rivisitazione con importanti correzioni, aggiornamenti, aggiunte ed esclusioni del trattato pubblicato 1854 a Torino dalla tipografia Mariano d'Ayala].
- Marsden Eric William. 1969. *Greek and Roman Artillery. Historical Development*. Oxford: Clarendon Press, 1969. 298p. ISBN: 978-01-9814-269-0.
- Olivier-Poli Gioacchino. 1824. *Continuazione al Nuovo dizionario storico degli uomini illustri*. S.v. *Borgo, Carlo*, Tomo II. Napoli: Marotta e Vanspandoch, 1824.
- Quilici Lorenzo. 1966. *Telesia*. Roma: Studi di Urbanistica Antica, 1966.
- Russo Flavio. 1991. *Dai Sanniti all'Esercito Italiano: La Regione Fortificata del Matese*. Bari: Laterza, 1991.
- Russo, Flavio. 1994. L'invarianza. *Studi Storico-Militari*. Roma: Stato Maggiore dell'Esercito, 1994, pp. 223-243.
- Russo Flavio. 1999. *Trenta secoli di fortificazioni in Campania*. Piedimonte Matese (CE): Istituto Italiano dei Castelli. Sez. Campania, 1999, pp. 233-234.
- Sardi Romano Pietro. 1639. *Architettura Militare del s. Pietro Sardi*. Venetia: I Giunti, 1639. Dedicato al serenissimo principe di Venetia.
- Vigliotti Nicola. 1993. *Telesia. Telese Terme due millenni*. Telese: Terme Don Bosco, 1993.

Mohammad El-Khalili, Nizar Al Adarbeh, Yahya Al Shawabkeh, Abdulraouf Mayyas

Il Ninfeo romano di Amman. Documentazione e indagine architettonica *Roman Nymphaeum in Amman. Documentation and Architectural Study*

This study focuses on one of the important architectural complexes built during the Roman Period in Jordan. To conduct this architectural analysis we made extensive use of traditional and digital technologies, especially 3D laser scanning technology. The study examined its architectural style and elements, including function, construction techniques, materials, architectural features, etc. This data could provide guidelines for future intervention projects on the monument and a basis for increasingly extensive documentation, monitoring, and any other objectives involving teaching and research.

Key words: Nymphaeum, Roman Architecture, Jordan, Survey, Documentation, 3D Laser Scanner, 3D Model, Database.

Methodology

The approach followed for this study of the Roman Nymphaeum in Amman was: first, reviewing previous literature and publications regarding the history, conservation and restoration conducted at the site; second, conducting a preliminary survey to evaluate the current state of the site. These two phases helped to update data about the history of the site and the chronology of previous conservation, preservation, and restoration interventions. Finally, a third phase included field documentation using traditional methods and modern techniques. This phase involved illustrated material such as free hand drawings and performing a 3D laser scansions to collect point cloud data. The ensuing data processing stage used automated or manual methods mainly to transform the raw data gathered in the field into the desired end products including maps, 3D models, plans, elevations and sections. The field survey was conducted using direct measurement and topographical methods, while data was processed using CAD tools and other software programs. Before starting our field work we carefully inspected the physical conditions of the site where we were to collect the architectural documentation; we also identified all the activities required in the recognition and demarcation of the Nymphaeum area and the building to be surveyed. We also verified the physical conditions of the site. To be able to perform the survey we requested prior authorization from the responsible authorities (the Department of Antiquity of Jordan).

Questo studio fa luce su uno degli importanti complessi architettonici realizzati in Giordania durante il periodo romano. La ricerca è stata condotta utilizzando tecnologie tradizionali e facendo largo uso delle tecnologie digitali; in particolare è stata utilizzata la tecnologia per l'acquisizione laser 3D per la parte architettonica. Lo studio ha indagato lo stile e gli elementi architettonici così come la funzione, le tecniche costruttive, i materiali, le componenti architettoniche, etc. Questi dati potrebbero costituire delle linee guida per futuri progetti di intervento sul monumento, la base per una documentazione sempre più ricca, per il monitoraggio e per ogni altro obiettivo scientifico che riguardi l'insegnamento e la ricerca.

Parole chiave: ninfeo, architettura romana, Giordania, rilievo, documentazione, laser scanner 3D, modello 3D, database.

Metodologia

Questo contributo sul Ninfeo romano di Amman segue un approccio che parte dalla raccolta della letteratura esistente e delle pubblicazioni che riguardano la storia, la conservazione e i lavori di restauro condotti sul sito, e affronta poi un rilievo preliminare per la verifica dello stato attuale del sito stesso. Queste due fasi mirano ad aggiornare la conoscenza della storia del sito e la cronologia degli interventi condotti per la sua conservazione, la salvaguardia e il restauro. Infine, in una terza fase è stata raccolta la documentazione *in situ* impiegando metodi tradizionali e tecniche moderne: è stato raccolto materiale iconografico realizzando disegni a mano libera ed effettuando scansioni con scanner laser 3D che hanno reso possibile l'acquisizione di informazioni tridimensionali organizzate in nuvole di punti. Questi dati sono stati poi processati con metodi automatici o manuali in modo da trasformare i dati grezzi raccolti sul campo negli elaborati finali previsti, che includevano carte, modelli tridimensionali, piante, prospetti, sezioni. Il rilievo è stato condotto tramite acquisizioni dirette e metodi topografici, mentre i dati sono stati processati con gli strumenti CAD e con software dedicati.

Prima di iniziare l'effettivo lavoro sul campo è stato necessario condurre un'accurata verifica delle reali condizioni fisiche del sito in cui sarebbe poi stata raccolta la documentazione, individuando tutte le attività necessarie alla ricognizione e alla definizione dell'area fisica su cui insiste il Ninfeo e delimitando l'edificio da rilevare. Sono state verificate le effettive condizioni fisiche del contesto. Inoltre, è stata ottenuta dalle autorità responsabili (il Dipartimento delle Antichità della Giordania) un'autorizzazione preventiva per eseguire il rilievo. Per garantire un approccio metodologico

scientifico alla documentazione del Ninfeo e per ottenere risultati ottimali, il lavoro è stato organizzato secondo una successione di fasi articolate come segue:

- una fase di pianificazione che deve prendere in considerazione tutti gli aspetti del lavoro come le reali condizioni del sito, il supporto tecnico o le autorizzazioni;
- una fase di raccolta dei dati e di lavoro sul campo: i primi dati vengono acquisiti e raccolti da altre fonti; questa fase comporta il ricorso ad altre tecnologie;
- una fase di data processing e di analisi, che comprende la gestione e il trattamento dei dati raccolti e che dà origine agli elaborati previsti;
- una fase di data management che comprende la diffusione e la pubblicazione delle informazioni sulle figure coinvolte (singoli individui e gruppi di lavoro);
- una fase di controllo dei risultati e di verifica della loro accessibilità: si tratta di un passaggio che potrebbe essere fondamentale per la programmazione di futuri lavori.

In sintesi, lo studio ha previsto una progettazione generale che ha incluso anche l'organizzazione del lavoro in categorie che tenessero conto di un approccio al contempo quantitativo e qualitativo, di acquisizione, di elaborazione, di indicizzazione, di immagazzinaggio, di valutazione e diffusione.

Cenni storici

Non ci sono parole per descrivere l'importanza dell'eredità tramandataci dalla Amman antica e dalla sua storia. Ogni singola pietra, ogni piccolo pezzo di terreno possiede una sua storia che concorre alla definizione della grande storia della città. Essa è stata testimone di un'età dell'oro durante il periodo romano, in particolare per quanto riguarda gli aspetti legati all'urbanistica e all'architettura, e ciò rivela che Amman, in epoca romana, era una città importante e una

1/ La città romana di Philadelphia con la sua pianta caratteristica.

Roman city of Philadelphia with its typical plan.

2/ Vista dei resti che mostrano le pessime condizioni del Ninfeo.

A view of the ruins showing the poor condition of the Nymphaeum.

capitale degna di essere denominata “Philadelphia”. I Romani erano giunti ad Amman intorno al 63 a.C., a seguito della conquista della Siria e della Giordania settentrionale ad opera di Pompeo¹. Dopo questa data, Amman è entrata a far parte della Decapoli, città greco-romane della Giordania del Nord².

La ragione che aveva portato i popoli antichi a stabilirsi ad Amman è da ricercarsi nella presenza di molte sorgenti di acqua che rendevano possibile la vita quotidiana soprattutto per quanto riguarda l’agricoltura. Ciò emerge dai testi e dai documenti antichi, in particolare dalla Bibbia, nei quali la città di Amman è detta «città delle acque»³. Poiché l’acqua assume un’importanza fondamentale sia per gli esseri umani che per la natura, i popoli antichi che si sono stabiliti ad Amman, e in particolare i Romani, hanno realizzato molte opere che servivano alla gestione dell’acqua, quali acquedotti, ponti, bagni termali e ninfei.

Questa ricerca, dunque, è incentrata sul Ninfeo in quanto questo è uno degli edifici che rivestivano un ruolo centrale nella vita quotidiana dei Romani, sia perché rappresentava un’importante fonte di approvvigionamento di acqua per la città, sia in quanto edificio religioso sacro alle Ninfe.

Nel mondo greco e romano il ninfeo è un monumento dedicato alle Ninfe, in particolare a quelle delle sorgenti. Il Ninfeo di Amman, con la sua struttura monumentale, era costruito su una cava o su una grotta con una sorgente di acqua consacrata alle Ninfe⁴. I ninfei presentavano di solito uno o più ordini di nicchie. Si tratta di strutture che sono state rinvenute nelle principali città di epoca classica quali Tipasa, Olimpia, Efeso, Leptis Magna, Jerash e Amman⁵.

In Giordania ci sono molti ninfei, quali quelli di Petra, Pella, Umm Qais e Jerash, ma si tratta di strutture diverse per forma e dimensioni: quello di Amman è il più grande⁶.

Si tratta di una delle più imponenti testimonianze della città romana di Philadelphia, una delle città della Decapoli romana. Il monumento si trova nella parte inferiore della città, che segue una tipica pianta romana. Vi erano due strade colonnate lungo il wadi principale (fig. 1). Segal⁷ sostiene che «il Ninfeo di Philadelphia è tra i ninfei più lussuosi finora



scoperti nell’antica Siria, in Arabia e nelle città dell’Asia Minore»; Segal nota inoltre che: «il Ninfeo si trova nella zona ovest della città antica di Philadelphia (Amman) ed è rivolto a nord. Verso sud si trova il fiume di Amman e un altro fiume, più piccolo, scorre al di sotto del Ninfeo prima di confluire nel fiume Amman».

Il Ninfeo romano di Amman fu descritto da Hadidi⁸ come un edificio con un’ampia facciata in pessime condizioni, situato nel centro della città, a circa 200 m ad ovest del Teatro romano, a sud del *Decumanus Maximus*, nei pressi dell’incrocio tra cardo e decumano (figg. 1, 2). L’edificio è sta-

In order to ensure a scientific methodological approach to document the Nymphaeum and achieve the best possible results, the project was divided into several consecutive phases (shown below):

- the planning stage: *including all aspects of the work, such as the real conditions of the site and technical support and authorization;*
- data collection and field work: *primary or raw data was captured and compiled from other sources; this involved the use of other technologies;*

- data processing and analysis: *including processing and managing the collected data to generate the desired products;*

- data management: *including dissemination and publication of the information produced for interested parties and individuals;*

- result control and accessibility: *probably fundamental to help plan future works.*

In brief, the study involved comprehensive planning to organise the work based on a quantitative and qualitative approach and including the acquisition, processing, indexing, storage, retrieval, and dissemination of the data.

Historical Overview

Mere words cannot describe the rich legacy and history of ancient Amman. Each piece of stone and each speck of soil have their own story. All together they tell the whole story of the city’s great history, especially its golden age during the Roman period; its excellent urban planning and architectural features made Amman, known as ‘Philadelphia’, an important city and capital in the Roman empire. The Romans arrived in Amman around 63 B.C. when Pompeius captured Syria and Northern Jordan.¹ After this date, the city became a member of the Decapolis, the Greco-Roman cities in northern Jordan.² The abundant water they needed to support their daily life, and especially their agriculture, was the main reason why these ancient populations settled in Amman. We find evidence of this in ancient documents and texts, especially the Bible which calls the city of Amman, “The City of Waters”.³ Since water is a life-giving source for both humans and nature, the ancient populations that settled in Amman, but especially the Romans, built numerous water installations, such as aqueducts, bridges, baths, and nymphaea to manage these

resources. This is the reason why we focused on the *Nymphaeum* as one of the buildings that played a major role in the Romans' daily life: it supplied water to the city and acted as a religious building sacred to nymphs. In the Greek and Roman world, a *Nymphaeum* is a monument devoted to the nymphs, especially the naiads. The monumental *Nymphaeum* in Amman was built over a cave or grotto with a spring dedicated to the nymphs.⁴ These structures normally had one or more rows of niches and have been found in all the most important cities of the classical era including *Tipase, Olympia, Ephesus, Leptis Magna, Jarash and Amman*.⁵ There are many other *Nymphaea* in Jordan (*Petra, Pella, Umm Qais and Jarash*), but they are all different in shape and size to the much bigger *Nymphaeum* in Amman.⁶ It is one of the most important monumental legacies of the Roman city of *Philadelphia*, once one of the Roman cities known as *Decapolis*. The monument is located in the lower city with its typical Roman plan. There were two colonnaded streets along the major wadi of the city (fig. 1). Segal⁷ states: "The *Nymphaeum* of *Philadelphia* counts among the more luxurious *Nymphaea* uncovered so far in ancient Syria, Arabia and among the cities of Asia minor, the *Nymphaeum* is situated on the west side of Ancient city of *Philadelphia* (*Amman*) the *Nymphaeum* looking north. To the south is the *Amman* river and another, smaller one runs below the *Nymphaeum* before flowing into the *Amman* river". Hadidi⁸ describes the Roman *Nymphaeum* in Amman as a building with a broad façade in a poor condition located in the centre of Amman, about 200 m west of the Roman Theatre on the south side of the *Decumanus Maximus* near the crossing between the *cardo* and *decumanus* (figs. 1, 2). Conder⁹ thought it was a bath, Burkhardt¹⁰ a public building, and Butler¹¹ a *Nymphaeum*. Hadidi compared it with the *Nymphaeum* in *Jarash*,¹² and Robinson¹³ and Seetzen¹⁴ both visited the site.

Architectural Analysis

The architectural analysis of the *Nymphaeum* included the following elements.

Location within the Urban Plan

The city of *Philadelphia* evolved during the second century A.D.: several buildings were

to interpreted as a public bath by Conder⁹, as a public building by Burkhardt¹⁰ and as a *Nymphaeum* by Butler¹¹; it was compared with that of *Jarash* by Hadidi¹² and visited by Robinson¹³ and Seetzen¹⁴.

Analisi architettonica

L'analisi architettonica del *Nymphaeum* riguarda gli elementi qui di seguito trattati.

La posizione all'interno della città

La città di *Philadelphia* si è sviluppata durante il II secolo d.C., quando sono stati eretti diversi edifici e sono sorte nuove tipologie architettoniche, soprattutto per quanto riguarda gli edifici pubblici quali terme, teatri e fori. *Philadelphia* era divisa in due parti principali, la città alta e la città bassa, ognuna con le sue caratteristiche architettoniche: la parte alta, o *Acropoli*, si trova al sulla collina della *Cittadella*. Molte delle opere più significative di *Philadelphia* si trovavano nella città bassa, dove sono anche il Teatro, l'*Odeon*, il Foro, il *Nymphaeum*, due strade colonnate, le terme, i *Propilei*, le porte e molte tombe. La città bassa era organizzata secondo la caratteristica distribuzione planimetrica romana. Due strade fiancheggiate da colonnati correvano sul fondo delle diverse valli della città, ma oggi sono sparite sotto le nuove strade del centro urbano.

Il *Nymphaeum* si trova a circa 200 m a ovest del teatro principale della città, nella parte meridionale del *cardo*, molto vicino al punto in cui il *cardo* incrocia il *decumano*. L'edificio si innalza direttamente sul fianco di un ruscello ed è rivolto verso nord-ovest; la parte posteriore è vicino al ruscello, mentre la sua facciata è rivolta verso la strada colonnata del *decumano*.

Morfologia e struttura

La pianta del *Nymphaeum* è costituita da un semi ottagono con una distribuzione simmetrica (figg. 3, 4). Il monumento può essere diviso in due parti; la parte inferiore dell'edificio è costituita dalle fondazioni e dalle volte a botte, la parte superiore, invece, è costituita dalla facciata principale dell'edificio e dalla sua parte posteriore. All'inizio del XX secolo, Butler¹⁵ ha visitato la città e ha descritto il *Nymphaeum* fin nei suoi

3/ Prospetto, pianta e sezione trasversale della struttura principale del *Nymphaeum*.

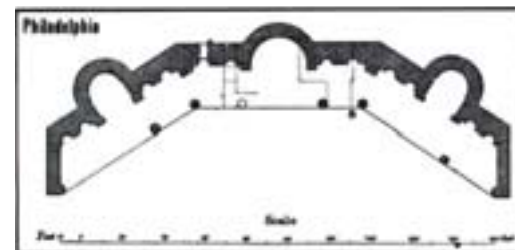
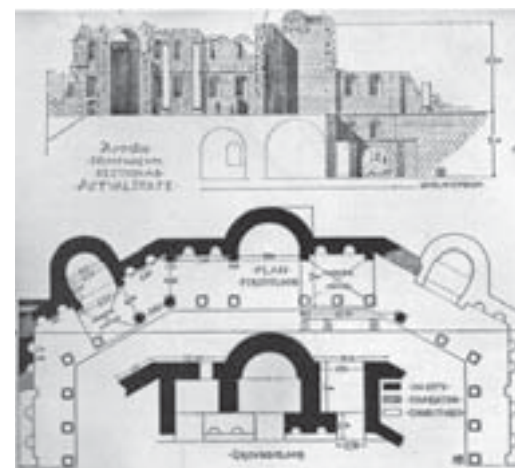
Elevation, plan and cross-section of the main structure of the Nymphaeum.

4/ Ricostruzione della pianta (Segal 1988).

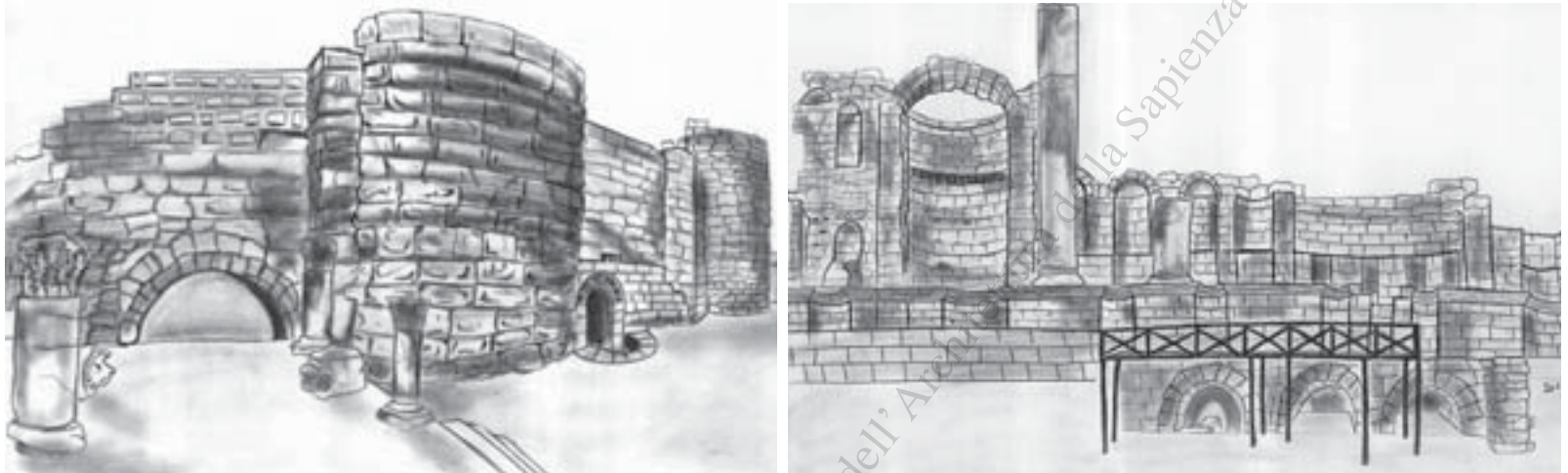
Reconstruction of the plan (Segal 1988).

dettagli, nonostante l'edificio fosse parzialmente in stato di rovina, e ha cercato di fornire una descrizione completa e una possibile interpretazione della struttura originale. Egli riteneva che il muro rettilineo centrale fosse in origine alto 20 m rispetto al livello del fiume, con un'ampia nicchia semicircolare larga 8,40 m e che fosse collegato diagonalmente a un altro muro con piccole nicchie semicircolari. Il muro posteriore è realizzato con pietre quadrate con lievi protuberanze, mentre il fronte del *Nymphaeum* è in pietre lisce e ben squadrate. Butler descrisse anche la parte inferiore del monumento e il piccolo fiume che scorreva attraverso un enorme passaggio voltato realizzato nella parte inferiore della struttura.

Segal¹⁶, seguendo la documentazione e l'interpretazione di Butler, aveva provato a fornire una ricostruzione della pianta del *Nymphaeum* descrivendone gli elementi principali che consistevano in un muro centrale rettilineo, con un'ampia nicchia collegata sui due lati a muri diagonali che creavano l'effetto di un'edera. Nei muri si aprivano altre nicchie che erano chiuse in alto da cupole semicircolari e divise una dall'altra da pilastri squadrati. Di fronte al



5/ Disegni a mano libera della parte inferiore della fronte e della parte posteriore (disegni di El-Khalili, 2013).
Free hand drawings of the lower part of the front and rear façades (drawn by El-Khalili).



muro principale correva un portico colonnato in cui sei colonne fronteggiavano il muro principale, due i muri diagonali e tre i muri rimanenti. Le colonne erano sormontate da un architrave con trabeazioni siriane (spezzate) su ciascuna nicchia. Il muro della facciata era alto due piani e decorato con statue collocate nelle nicchie. Di fronte alla nicchia centrale si apriva una scala sostenuta da una serie di volte (fig. 4).

Zona inferiore

La struttura era costruita su una cava o su una grotta con una sorgente di acqua sacra alle Ninfe. Il Ninfeo stesso era costruito su un'area in discesa verso sud-ovest; in queste condizioni era indispensabile la presenza di una serie di volte che rendessero possibile lo scorrere dell'acqua sotto l'edificio senza che questo causasse danni. Queste volte avrebbero inoltre assunto la funzione di passaggio per raggiungere il ruscello (fig. 5).

Al di sopra degli archi si apriva una serie di undici nicchie larghe 1,25 m e alte circa 2,10 m fino al livello della piattaforma del colonnato. Esaminando le fondazioni ci si rende conto che i Romani non avevano prestato attenzione alla parte inferiore poiché questa sarebbe stata nascosta dalla vista, cosa che spiega il fatto che gli elementi presenti in quest'area non hanno una finitura esteticamente risolta. Inoltre, il taglio dei conci della parte inferiore appare in qualche modo povero e non opera di specialisti, cosa che sembra confermata dalle

volte sotterranee dell'edificio, le cui proporzioni e dimensioni non sono molto accurate, essendosi i Romani concentrati solo sulla stabilità della struttura. Dall'altra parte, la parte inferiore costituisce la piattaforma che sostiene le altre parti.

Zona superiore

Il primo livello. Il primo livello dell'edificio presenta una pianta costituita da un mezzo ottagono piuttosto ampio: ciò che rimane di questa parte dell'edificio è la sezione centrale della struttura, lunga 68 m, che consta di tre ampi catini absidali ciascuno dei quali, alto circa 12 m, è sostenuto da due contrafforti che fuoriescono dagli angoli delle absidi. Sulla base degli elementi architettonici rimasti, risulta che ciascuno è affiancato da due ordini di nicchie a conchiglia, quattro per ogni livello. L'ampiezza delle piccole nicchie è di circa 1,25 m; originariamente dovevano ospitare le statue (fig. 6). Le absidi erano fronteggiate da diverse colonne alte circa 10 metri, misura che corrispondeva quasi esattamente all'altezza delle ampie absidi. Le colonne della struttura sostenevano architravi, ma vi sono scarsi resti archeologici che confermino tale ipotesi. Alcuni dei frammenti degli architravi e dei rocchi delle colonne sono stati in seguito reimpiegati nei muri omayyadi del cortile del Ninfeo. Originariamente c'era un colonnato che correva parallelamente ai quattro lati della facciata a una distanza di 4,5 m dalla facciata stessa e che

constructed and new architectural features installed. The latter included public buildings such as baths, theatres and public forums.

Philadelphia was divided into two large areas: the Upper City and the Lower City, each with its own architectural features. The Upper City, or the Acropolis, was located on the hilltop of the Citadel. However, the most important features of Philadelphia were located in the Lower City: a theatre, odeon, forum, nymphaeum, two colonnaded streets, baths, propylaea, gates and many tombs. The lower city was designed using a typical Roman plan. Two colonnaded streets run along the bottom of several gorges in the city which have vanished under the new streets of the city centre. The nymphaeum is located roughly 200 m west of the main city theatre on the south side of the cardo, very close to the point where the cardo intersects the decumanus. The building stands right at the edge of the river facing northwest; the rear of the building is near to the stream while its façade faces the columned avenue of the decumanus street as per the main city plan.

Morphology and Structure

The general plan of the nymphaeum is half-octagonal with a symmetrical design (figs. 3, 4). The monument can be divided into two parts; the lower part forming the foundations including the barrel vaults, the upper part including the main façade and rear of the building. In the early twentieth century, Butler¹⁵ visited the city and described the

6/ Disegno a mano libera della facciata principale (disegno di El-Khalili).

Free hand drawing of the front façade (drawn by El-Khalili).

7/ Vista dei resti del Ninfeo con i blocchi in pietra calcarea.

View of the remains of the Nymphaeum and limestone blocks.

8/ Frammento di un fregio del Nifeo con decorazioni floreali e geometriche.

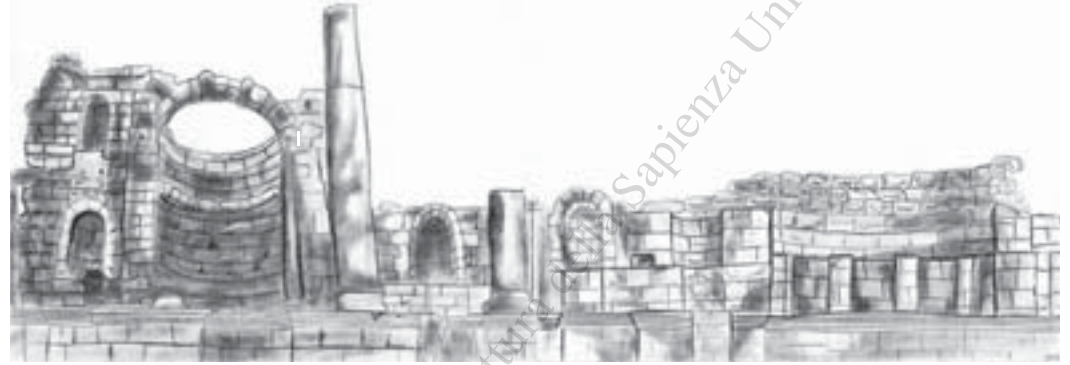
Part of a frieze from the Nymphaeum with floral and geometrical decorations.

Nymphaeum in detail, even though it was partially in ruins. He tried to provide a full description and interpretation of the original structure. He estimated the height of the straight centre wall above the river to have originally been 20 m, with a large semi-circular niche 8.40 m wide joined diagonally to another wall, also with small semi-circular niches. The rear wall was built using margined stones with slightly projecting parts, while flat, well hewn stones were used on the front of the nymphaeum. He also described the lower part of the monument with the small river which flowed through a wide, vaulted passage built into the lower part of the structure. On the other hand, Segal¹⁶ used Butler's documentation and interpretation to try and reconstruct the plan of the nymphaeum. He described the main elements of the monument: a straight central wall with a large niche joined on either side by two diagonal walls which then straightened out and created the effect of an exedra. Other niches in the walls, topped by semi-circular domes, were divided from one another by square pilasters. A colonnaded portico stood opposite the main wall: 6 columns faced the main wall, two faced the diagonal walls, and three the other walls. The columns were crowned by an architrave with Syrian (broken) entablatures above each niche. The façade wall was two floors high and had statues in the small niches. A staircase constructed on a series of vaults faced the main front niche (fig. 4).

Lower Part

The structure was built over a cave or grotto with a spring sacred to nymphs; the nymphaeum itself was built on an area sloping southwest; this situation required a series of vaults to let the water pass underneath without destroying anything. The vaults also acted as a passageway to reach the stream (fig. 5). The niches above the arches are 1.25 m wide and roughly 2.10 m high up to the level of the platform of the colonnade. Eleven niches were set above the arches.

After examining the lower foundations, we realized that the Romans paid little attention to the lower part since it was not visible; this explains why the aesthetic features were not finished off properly. Moreover, the ashlar in the lower part appear to have been roughly



presentava un intercolumnio di 3,5 m ed era di ordine corinzio, a giudicare dai tre capitelli caduti che sono stati ritrovati di fronte all'edificio e che furono riutilizzati nella costruzione delle mura islamiche.

La copertura. Presumibilmente l'intera porzione superiore dell'edificio era andata distrutta prima del terremoto del 747 d.C.¹⁷, ad eccezione dell'abside settentrionale, ancora parzialmente *in situ*. Questa abside mostra come tutte le absidi fossero chiuse da emicupole che probabilmente sono crollate durante i terremoti del 631, 641 o del 659 d.C.¹⁸; è anche possibile che le pietre cadute siano state rimosse. Secondo l'interpretazione di Butler, l'area centrale della struttura con le sue colonne e con gli intercolumni centrali ad arco era conclusa da una copertura a doppia falda¹⁹.

Materiali da costruzione

L'intera struttura fu costruita prevalentemente in blocchi di pietra calcarea: per la parte esterna è stato impiegato un bugnato rustico, mentre per la facciata principale sono stati utilizzati blocchi lisci, montati secondo un'alternanza di diatoni e ortostati; le pareti interne del Ninfeo, le parti inferiori delle tre grandi absidi e le piccole nicchie presentano numerosi fori circolari e quadrati nei blocchi, che

rivelano che l'interno era finito con un rivestimento marmoreo (fig. 7).

L'impianto idraulico

Il Ninfeo era rifornito di acqua dal vicino ruscello e, probabilmente, era servito da una diramazione diretta, da un serbatoio o dal ramo di un acquedotto. Alcuni frammenti di condutture per l'acqua sono stati rinvenuti grazie a prove di risonanza effettuate sotto la pavimentazione del cortile del Ninfeo. Si tratta di parte degli impianti idraulici originari del sito, realizzati anteriormente alla costruzione del cortile, anche se non c'è traccia di meccanismi idraulici nell'edificio del Ninfeo.

L'aspetto esteriore dell'edificio

Solo pochi frammenti di elementi decorativi sono stati ritrovati durante gli scavi. La gamma dei motivi impiegati nell'edificio è piuttosto ampia, e consta di motivi geometrici e floreali, con tralci e ovoli (fig. 8). Sono stati utilizzati anche alcuni blocchi con decorazioni a leggero rilievo. La maggior parte degli elementi decorativi risulta mancante, forse perché le colonne sono crollate e i blocchi di pietra sono andati distrutti o sono stati rubati nel corso dei secoli. Sulla base dei ritrovamenti è difficile stabilire con esattezza la col-



9/ Pianta delle riprese tramite stazione totale.

Total station points plan.

10/ Target.

Target points.

11/ Stazioni per l'acquisizione tramite laser scanner.

3D Laser Scanner stations.

locazione originaria dei pochi frammenti ancora disponibili. Ad ogni modo, esaminando i pochi capitelli, architravi e fregi *in situ* possiamo immaginare quanto il Ninfeo fosse ricco di decorazioni e modellato in maniera splendida e idonea a farne un luogo di riposo e di vanto per gli abitanti.

Stratigrafia storica

La struttura generale del Ninfeo non ha risentito, nel corso dei secoli, dei numerosi periodi di occupazione della regione, ma fu utilizzata esattamente come ogni altro edificio apportandovi alcune modifiche per utilizzare alcune parti per attività diverse, ricavandone abitazioni o magazzini. Inoltre, alcune parti sono state riutilizzate nella costruzione di altre strutture, in particolare durante il periodo omayyade, quando alcune basi, rocchi e capitelli furono reimpiegati nei muri omayyadi e in ambienti abbasidi. Questo tipo di riutilizzo delle strutture storiche continuò anche dopo l'arrivo dei nuovi immigranti nella regione, tra i quali i gruppi caucasici e alcune tribù arabe durante il XVII secolo.

L'utilizzo dello scanner laser

La scansione tridimensionale dei resti archeologici è importante per molte ragioni e tra queste va ricordata la documentazione archeologica. Da questa tecnica di acquisizione è possibile attendersi risultati tridimensionali accurati e realistici in termini geometrici e di texturizzazione. Nell'ultimo decennio, il laser scanner a uso terrestre ha rappresentato lo strumento più utilizzato nella raccolta di dati relativi a oggetti complessi del patrimonio culturale poiché il sistema garantisce la raccolta di un'enorme quantità di dati e una elevata densità degli stessi (Alshawabkeh²⁰ e Grussenmeyer²¹).

La scansione del Ninfeo

La scansione del Ninfeo di Amman è stata divisa in due parti:

1. sono stati selezionati i punti da acquisire con la stazione totale (fig. 9);
2. sono stati fissati i *target* all'interno e all'esterno del Ninfeo per la scansione laser 3D (fig. 10). Il progetto di scansione è stato messo a punto sulla base di una planimetria disponibile del monumento, prendendo in con-

siderazione anche le integrazioni successive e gli edifici circostanti. La scansione è iniziata dalle pareti interne, predisponendo molte stazioni di ripresa e fissando i *target*. È stata stabilita la risoluzione della griglia di acquisizione ed è stata predisposta una particolare scheda per le stazioni. Sono state acquisite 24 nuvole di punti per le diverse parti del Ninfeo (fig. 11).



carved by unskilled workers; proof comes from the rather inaccurate proportion and scale of the subterranean vaults of the building: it appears that the Romans focused only on its stability. On the other hand, the lower part is the platform supporting the upper parts.

Upper Part

The First Floor. The plan of the first floor is a rather large half octagon; the central section of the building (68 m long) has survived and consists of three large semi-domed apsidal recesses (apses), each of which is supported by two square buttresses projecting from the corners of the apses. Each buttress is approximately 12 m high and is flanked by two tiers of shell niches; four niches on each tier. Each small niche measures 1.25 m and must have originally housed the statues (fig. 6). Several columns stood in front of the apses approximately 10 m high; this measurement is very similar to the height of the large apses on the first floor. The columns in the structure supported architraves, although we have very little archaeological evidence to corroborate this hypothesis. Some pieces of the architrave and column drums were reused later in the Umayyad walls in the courtyard of the nymphaeum. A colonnade originally ran parallel to the four sides of the facade at a distance of 4.5 m, while the intercolumniation measures 3.5 m. Judging from three fallen capitals found in front of the building, the order is Corinthian; the capitals were later reused to build the Islamic walls.

The Roof. Presumably, nearly all the upper part of the building had already disappeared before the earthquake in AD 747,¹⁷ except for the northern apse which is still partly in situ. The northern apse shows that the apses ended in semi-domes which probably collapsed during the earthquakes in AD 631, 641 or 659¹⁸; it's also possible that the stones were removed. According to Butler's interpretation, the central area of the structure with its columns and arched central intercolumniation was covered by a double pitched roof.¹⁹

Construction Material

Limestone blocks were used for almost the entire structure; rustic ashlar were used for the

outer envelope and square blocks for the main façade assembled alternatively in a diatonic and orthostatic pattern. The stones of the inner walls of the nymphaeum, the lower parts of the three large apses, and the small niches all have round and square holes; this indicates that the interior was covered in marble (fig. 7).

The Water System

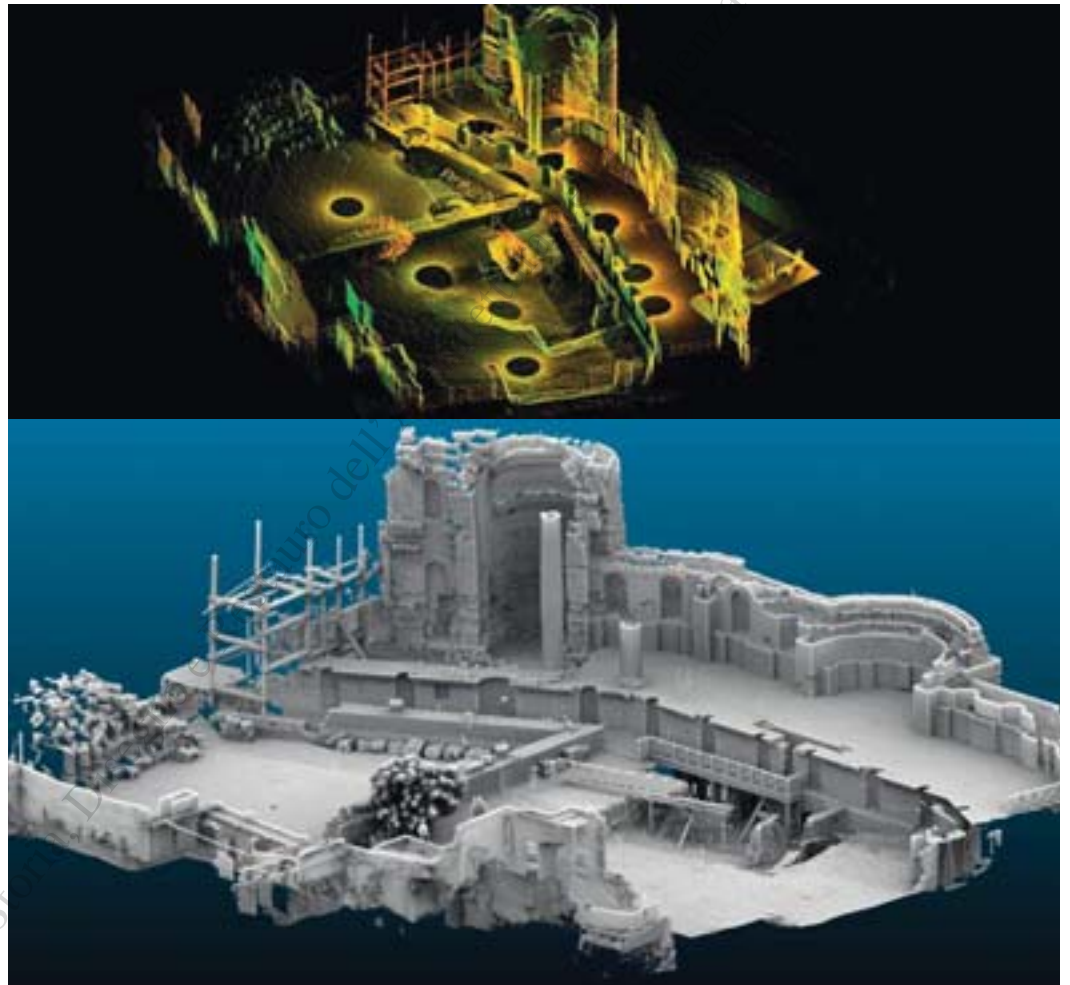
The nymphaeum was supplied with water from the near stream or possibly directly piped from a tank, or an aqueduct. Resonance testing discovered several fragments of the water pipes underneath the courtyard pavement of the nymphaeum. These pipes were part of the initial water system at the site before the courtyard was built, although we have no proof that hydraulic mechanisms existed in the nymphaeum building.

Aesthetic features

Only a few fragments of decorative elements were found during the excavations. Clearly many different patterns were used in the building; these patterns included floral and geometrical designs, reels and beads (fig. 8). Several blocks with decorative mouldings in shallow relief were also used. Most of the decorative elements are missing, either because the columns collapsed and crushed the stones, or because they were stolen during the last century: unfortunately we cannot tell where these fragments originally stood. However, the few surviving capitals, architraves and friezes allow us to imagine how the richly decorated nymphaeum was aesthetically modelled to be a place of rest and glory for the inhabitants.

Historical Stratigraphy

Although the region was occupied at different times, this did not affect the general structure of the nymphaeum. It was used just like any other building with some alterations so that some parts could be used for household activities, either as homes or storerooms. In addition, some parts were reused to build other structures especially during the Umayyad period; some bases, drums and capitals were found to have been reused in Umayyad walls and Abbasid rooms. This reuse of historic

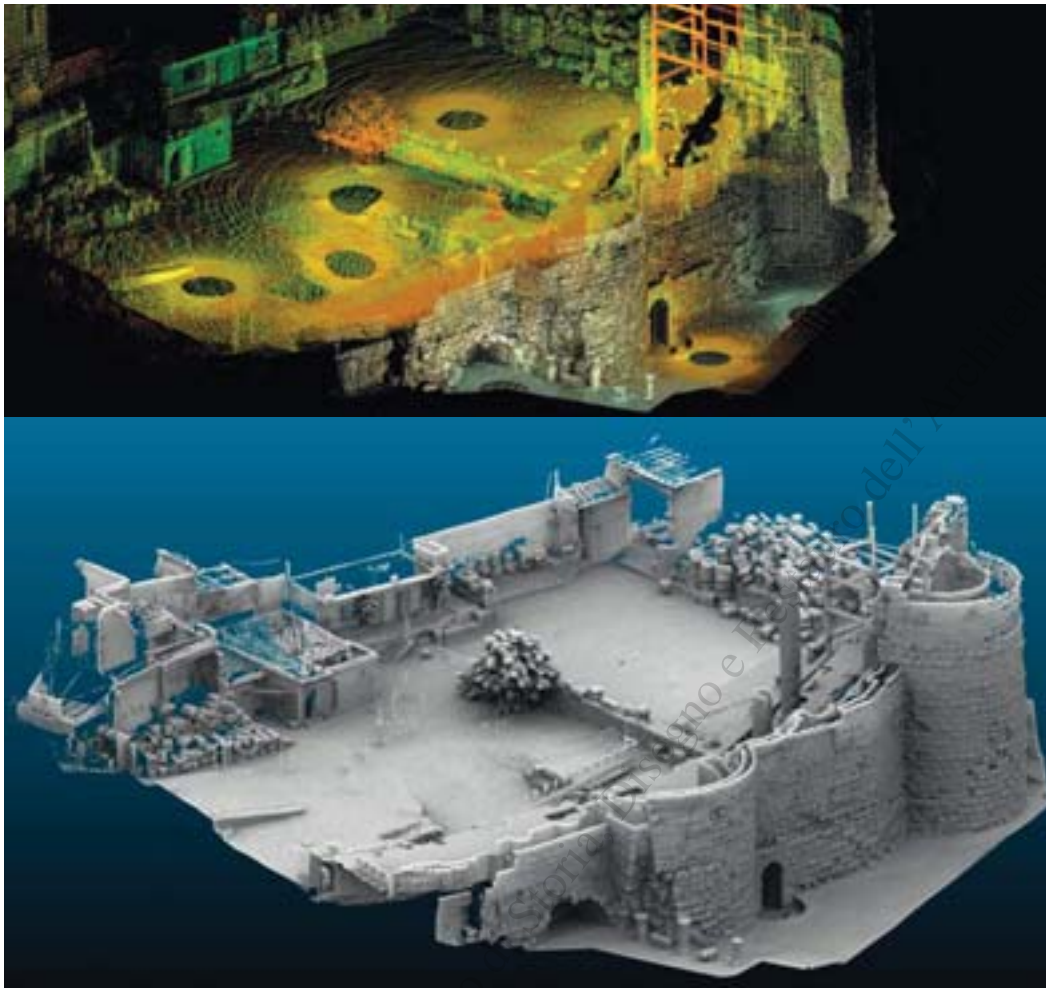


Analisi e acquisizione dati con strumentazione laser
Per la scansione laser 3D è stata utilizzata la ScanStation C10 della Leica. Questo strumento offre un campo di ripresa "full dome" pari a 360° x 270°. Il raggio di scansione permette una distanza di acquisizione compresa tra 0,1 e 300 m, con un'alta velocità di scansione (50k pts/sec). La misurazione della distanza si basa sul principio del *time-of-flight*, basato su una luce verde di 532 nm. L'accuratezza di ogni misurazione è di 4 mm. Durante l'acquisizione viene catturata un'immagine ad alta risoluzione pari a 1920 x 1920 pixel che viene automaticamente mappata come *texture* dei punti corrispondenti della nuvola. Perché le scansioni tridimensionali coprano interamente gli edifici storici o l'intero manufatto è necessario che le acquisizioni siano effettuate da diversi punti di ripresa. Il numero

delle stazioni necessarie è in genere limitato dalla complessità della struttura. Le scansioni dovrebbero inoltre eseguite fatte in modo da presentare una buona sovrapposizione per la successiva registrazione. Per i passaggi successivi necessari a generare i modelli tridimensionali è stato impiegato il software Cyclone della Leica. Il *post processing*, dunque, è stato così articolato:

1. sono stati acquisiti i singoli *target* in modo da poter riunire le scansioni in un unico sistema di coordinate;
2. sono state unificate le registrazioni per le parti presenti in una sola acquisizione;
3. la nuvola di punti è stata trasformata in un modello *mesh*; è stato necessario pulire il modello e renderlo gestibile. Il modello tridimensionale risultante dall'unione delle 24 scansioni viene mostrato nelle figure 12-15.

13/ Nuvole di punti e modello tridimensionale, vista posteriore.
Points clouds and 3D Model rear: view.



Conclusioni

L'obiettivo di questo contributo è quello di diffondere le informazioni raccolte durante una serie di lavori di documentazione in modo da contribuire alla conoscenza del Ninfeo e dell'eredità che rappresenta, per l'importanza del suo portato storico, per l'arte e per la cultura, e di condividere lo stato di avanzamento delle metodologie applicate per questo lavoro così come la diffusione della conoscenza scientifica.

Come viene spiegato in queste pagine, il processo di documentazione sui siti urbani e architettonici è costituito da un insieme di attività multidisciplinari che coinvolgono discipline tradizionali come l'architettura, il design, i metodi di rilevamento, la storia e la storia dell'arte, e saldano in maniera forte la

microelettronica digitale, l'informatica e l'informazione, come pure importanti risorse tecnologiche, finanziarie e umane. È opportuno sottolineare il fatto che produrre un'importante e ampia documentazione contribuisce alla salvaguardia fisica del monumento e che il fatto di lavorare in ambiente digitale – cosa che rende necessaria una organizzazione per fasi – costituisce un approccio metodologico scientifico al lavoro di documentazione.

L'uso intensivo e su vasta scala delle tecnologie digitali mira alla digitalizzazione del patrimonio e ha dato luogo a un immenso database multimediale che raccoglie tutti i materiali relativi al Ninfeo quali fotografie, disegni tecnici, diversi tipi di modelli geometrici tridimensionali, comprese le nuvole di punti e altri tipi di dati utiliz-

buildings continued especially after new immigrants arrived in the region; the latter included Caucasian groups and several Arab tribes in the seventeenth century.

Using the laser scanner

There are many important reasons why we need to make 3D digital recordings of archaeological remains, for example, archaeological documentation. This recording technique is expected to provide accurate and realistic 3D results in terms of geometry and texture. In recent years, terrestrial laser scanners have been the main tool used to collect data regarding complex heritage artefacts; the system makes it possible to collect an enormous amount of high density data (Alshawabkeh²⁰ and Grussenmeyer²¹).

Scanning the Nymphaeum

Scansion of the Nymphaeum in Amman was divided into two parts:

- 1. establishing the total station scan points (fig. 9);*
- 2. establishing the targets on the inner and outer parts of the Nymphaeum for the 3D laser scansion (fig. 10).*

The scansion project was based on the available plan for the monument, including the new additions and surrounding buildings. Scansion started with the inner parts, establishing several 3D laser scansion stations as well as the targets. The total station scansion grid was established and we used a dedicated form for the total station scansion stations. A dedicated form was used for the 3D laser scansion stations. A scans of the Nymphaeum sections were performed for a total of 24 point clouds sections (fig. 11).

Data collection and analysis using laser tools

We used the Scan Station C10 Laser Scanner system manufactured by Leica for our 3D laser scans. This scanner features a full dome 360° x 270° field-of-view. The scanning range of the system allows measurements at a distance ranging between 0.1 to 300 m, with a high scan speed (50k pts/sec). The distance was measured using a time-of-flight principle based on a 532 nm green laser. The accuracy of each distance measurement is 4 mm.

14/ Modello tridimensionale della facciata.
3D Model of the façade.
15/ Pianta.
Plan.

During data collection a calibrated video snapshot (1920 x 1920 pixel resolution) was also captured; the snapshot was automatically mapped as a texture of the corresponding point cloud.

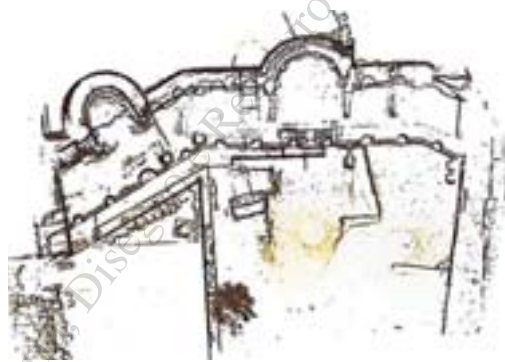
Different scanner viewpoints should be used during data collection to provide complete 3D coverage of historical buildings or heritage objects. The number of sensor stations required is usually limited by the complexity of the structure. The scans should contain sufficient overlapping areas for the next recording. The next steps needed to generate the required 3D models were performed using Leica Cyclone software. Post processing stages include the following:

1. target to target recording to merge the scans into one coordinated system;
 2. uniting the recordings, where each part of the measured object is described only once;
 3. the single points cloud was converted into meshes after possible editing and cleaning.
- The 3D model created by combining the 24 scans of the Roman Nymphaeum in Amman is shown in (figs. 12-15).

Conclusions

The aim of this study is to disseminate the data collected during several documentation projects and improve our knowledge and understanding of the Nymphaeum, its legacy, and its unique historical artistic and cultural heritage. Furthermore, we wish to also publicize the improvements made to the work methodologies as well as the dissemination of scientific knowledge.

In this paper we have explained that documenting architectural and urban sites involves complex multidisciplinary activities and traditional disciplines such as architecture, design, survey methods, history and history of art; it requires close coordination of digital microelectronics, computer and information science, and major technological, financial and human resources. It is important to emphasise that by producing extensive documentation we help to physically preserve the monument; the fact this is done in a digital environment – which requires a series of stages – represents a scientific methodological approach towards documentation.



zati e richiesti per futuri progetti di restauro e conservazione del monumento. È evidente che la documentazione architettonica riveste un ruolo centrale nella salvaguardia della memoria di questo patrimonio che, a sua volta, sosterrà le future interpretazioni conoscitive per gli interventi più efficaci per la presentazione al pubblico di questo sito, creando una ricostruzione virtuale e un nuovo ciclo di documentazione, e questo andrà avanti cosa per tutta la vita del monumento.

Traduzione dall'inglese di Laura Carlevaris

* Vogliamo ringraziare tutti coloro che hanno dato un contributo a questo lavoro. In particolare il preside della Hashemite University e la DFG German per il supporto finanziario a questa ricerca, la TU Berlin nella persona del prof. Johannes Cramer per il sostegno scientifico, il Department of Antiquity (Athena Project) per il supporto tecnologico.

1. Hoad 1954, pp. 160-162.

2. Jones 1937, pp. 241-242.

3. Bibbia, 2 Samuele 12:28

4. Yegül 1992, pp. 120-126.

5. Macdonald 1986, pp. 201-210.

6. Ivi, pp. 207-208.

7. Segal 1988, pp. 8, 9.

8. Hadidi 1970, pp. 8-9.

9. Conder 1889, pp. 31-33.

10. Burkhardt 1822, pp. 67-79.

11. Butler 1904-1909, pp. 36-38.

12. Hadidi 1978, pp. 210-222.

13. Robinson 1837, pp. 264-267.

14. Seetzen 1854.

15. Butler 1904-1909, p. 396.

16. Segal 1988, pp. 8-9.

17. Amiran 1950-1951, pp. 223-246.

18. Ivi, p. 235.

19. Butler 1904-1909, p. 59.

20. Alshawabkeh, Bal'awi, Haala 2010, pp. 124-145.

21. Grussenmeyer, Alby, Landes, Koehl, Guillemin, Hullo, Assali, Smigiel 2012.

The reason why we made comprehensive and intensive use of digital technologies was to digitalize this heritage; our work generated an enormous multimedia database with all the material relating to the Nymphaeum (photographs, technical drawings, several kinds of 3D geometric models including point clouds and other data used and required by any future restoration and conservation projects.

Obviously architectural documentation plays a crucial role in preserving the memory of this heritage which in turn will help improve comprehension and enhance interpretation of the site.

This information may be used to perform more successful interventions and present the public with a virtual reconstruction of the monument and a new set of documents. A process which will last throughout the lifetime of the monument.

* We like to extend our thanks to all those who contributed to this project, especially the Dean of the Hashemite University, the DFG German for its financial support for this research, the TU Berlin represented by Prof. Johannes Cramer for its scientific support, and the Department of Antiquity (Athena Project) for its technological support.

1. Hoad 1954, pp. 160-162.

2. Jones 1937, pp. 241-242.

3. The Holy Bible, 2 Samuel 12:28.

4. Yegül 1992, pp. 120-126.

5. Macdonald 1986, pp. 201-210.

6. Ivi, pp. 207-208.

7. Segal 1988, pp. 8, 9.

8. Hadidi 1970, pp. 8-9.

9. Conder 1889, pp. 31-33.

10. Burkhardt 1822, pp. 67-79.

11. Butler 1904-1909, pp. 36-38.

12. Hadidi 1978, pp. 210-222.

13. Robinson 1837, pp. 264-267.

14. Seetzen 1854.

15. Butler 1904-1909, p. 396.

16. Segal 1988, pp. 8-9.

17. Amiran 1950-1951, pp. 223-246.

18. Ivi, p. 235.

19. Butler 1904-1909, p. 59.

20. Alshwabkeh, Bal'awi, Haala 2010, pp. 124-145.

21. Grussenmeyer, Alby, Landes, Koehl, Guillemin, Hullo, Assali, Smigiel 2012.

References

- Almagro Antonio. 1983. The Survey of the Roman Monuments of Amman. *Annual of the Department of Antiquities of Jordan*, 27, 1983, pp. 607-639.
- Alshwabkeh Yahya, Bal'awi Fadi, Haala Norbert. 2010. 3D Digital Documentation, Assessment, and Damage Quantification of the Al-Deir Monument in the Ancient City of Petra, Jordan. *Journal of Conservation and Management of Archaeological Sites*, vol. 12, n. 2, May, 2010, pp. 124-145.
- Amiran Kallner. 1950-1951. A Revised Earthquake Catalogue of Palestine. *Israel Exploration Journal*, 4, 1950-1951, pp. 223-246.
- Burkhardt John Lewis. 1822. *Travels in Syria and the Holy Land*. London, 1822.
- Butler Howard Crosby Butler. 1904-1909. Division II. Architecture, Sect. A. Southern Syria. *Publications of the Princeton University Archaeological Expedition to Syria*. Leiden. 1904-1909.
- Conder Claude Reignier. 1889. *The Survey of Eastern Palestine*. Vol. 1.1. London, 1889.
- Grussenmeyer Pierre, Alby Emmanuel, Landes Tania, Koehl Mathieu, Guillemin Samuel, Hullo Jean-François, Assali Pierre, Smigiel Eddie. 2012. Recording Approach of Heritage Sites based on Merging Point Clouds from High Resolution Photogrammetry and Terrestrial laser Scanning. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Volume XXXIX-B5, 2012. XXII ISPRS Congress (25 August - 01 September 2012, Melbourne, Australia).
- Hadidi Adnan. 1970 *The Roman Forum at Amman*. Unpublished Ph.D. dissertation, University of Missouri, Columbia, 1970.
- Hadidi Adnan. 1978. The Roman Town Plan of Amman. In *Archaeology in the Levant. Essays for Kathleen Kenyon*. R. P. Moorey, P.J. Warminster, Aris & Phillips, 1978, pp. 211-222.
- Harding Gerald Lankester. 1956. *The Antiquities of Jordan*. London, 1956.
- Hoad Eugene. 1954. *East of Jordan*. Jerusalem: Fransiscan Printing Press, 1954.
- Jones Arnald Hugh Martin. 1937. *The Cities of the Eastern Roman Provinces*. Oxford: Clarendon Press, 1937.
- Macdonald William Lloyd. 1986. *The Architecture of the Roman Empire*. London, 1986, 316p. ISBN: 978-03-0003-470-7.
- Pierre-Adam Jean-Pierre. 1994. *Roman Building, Material and Techniques*. London, 1994, 360p. ISBN: 978-04-1520-866-6.
- Robinson George. 1837. *Travels in Palestine and Syria*. Vol. II. London, 1837.
- Seetzen Ulrich Jasper. 1854. *Reisen Durch Syrien, Pal Phonicien, Die Trans-Jordan-Lander, Arabia Petraea und Unter-Aegyptien*. Vol. I. Berlin, 1854.
- Segal Arthur. 1988. *Town Planning and Architecture in Provincia Arabia*. Oxford, 1988, pp. 8-126. ISBN: 978-08-6054-541-5.
- Tell Sfwan. 1969. Notes on the Archaeology of Amman. *Annual of the Department of Antiquities of Jordan*, 1969, pp. 28-33.
- Yegül Fikret. 1992. *Baths and Bathing in Classical Antiquity*. New York, 1992, 512p. ISBN: 978-0262740180.

Fabrizio Ivan Apollonio, Simone Baldissini, Guido Beltramini,
 Maria Malvina Borgherini, Paolo Clini, Marco Gaiani, Caterina Palestini,
 Livio Sacchi, Camillo Trevisan

I geo-modelli per la PALLADIOLibrary: un archivio condiviso
 e in divenire

Geo-models for the PALLADIOLibrary: a shared archive in the making

This paper illustrates the objectives, methods, procedures, and results of the innovative digital database of Palladio's works: the PALLADIOLibrary project. The database has fifty-one 3D models which can be accessed and browsed using the Google Earth geosystem. The system was developed by four universities in collaboration with the Andrea Palladio International Centre for Architectural Studies in Vicenza. It provides a comprehensive, multifaceted, and logical semantic interpretation of Palladio's works using buildings realistically recreated based on surveys and historical sources, and then processed with Google Earth using Ambient Occlusion techniques instead of more traditional visualisation methods.

Key words: Palladio, architectural representation, repository, 3D models, interactive exploration, Google Earth, real time rendering, georeferencing, multimedia, virtual anastylosis, photogrammetry, spherical panorama.

In the mid-nineties the Andrea Palladio International Centre of Architectural Studies in Vicenza (CISAAP) approved the proposal by Howard Burns, President of the Scientific Committee, to study the options provided by new computer technologies to document and represent architecture.¹ As a result, in 1995 a Palladio database project was launched to replace the Corpus Palladianum, a collection of studies on buildings designed by Andrea Palladio which the institute had been working on since the sixties. The project was initially divided into two parts: a database in collaboration with the Harvard Graduate School of Design and the MIT School of Architecture,² and three visual-multimedia database CD-Roms on Palladian issues,³ considered the digital version of the Corpus Palladianum. The three CDs, developed in collaboration with MIT and the University of Ferrara were: Andrea Palladio – The Villas⁴ (1998), Andrea Palladio and the Veneto Region⁵ (2000), and Palladio and Vicenza (2002).⁶ The Digital Palladio Project was implemented between 2002 and 2004. It involved the creation of a single standardized database containing important material for the study and enhancement of Palladio's work (photographs, drawings, engravings, surveys, maps, and archival documents). The material was collected from the various locations where it was housed, and then digitised and recomposed. This pioneering digitalisation project created the

Il contributo illustra obiettivi, metodi, procedure ed esiti nell'innovativa definizione di un archivio digitale dell'opera palladiana – il progetto PALLADIOLibrary – costituito da cinquantuno modelli 3D fruibili e navigabili all'interno del geosistema GoogleEarth. Tale sistema informativo, nato dalla collaborazione di quattro Università portatrici di specifiche competenze con il Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio di Vicenza, restituisce un'eshaustiva, articolata e coerente lettura semantica del paesaggio palladiano attraverso volumetrie realisticamente ricostruite da rilievi e fonti storiche e trattate per GE con tecniche di Ambient Occlusion, a superamento delle tradizionali modalità di visualizzazione.

Parole chiave: Palladio, rappresentazione dell'architettura, archivio, modelli 3D, esplorazione interattiva, Google Earth, rendering in tempo reale, georeferenziazione, multimedia, anastilosi virtuale, fotogrammetria, panorami sferici.

A partire dalla metà degli Novanta il Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio di Vicenza (CISAAP), grazie all'impulso dato dal presidente del Consiglio Scientifico Howard Burns, ha messo in essere specifiche linee di ricerca relative alle possibilità offerte dalle nuove tecnologie informatiche come strumento di documentazione e rappresentazione dell'architettura¹. Nel 1995, infatti, ha abbandonato la pubblicazione del *Corpus Palladianum* – vale a dire l'insieme di studi sistematici sugli edifici di Andrea Palladio cui l'istituto aveva lavorato sin dagli anni Sessanta – a favore di un progetto di banca dati palladiana. Questa è stata sviluppata inizialmente tramite due differenti progetti: un database vero e proprio in collaborazione con la Graduate School of Design della Harvard University e la School of Architecture del MIT², e tre visual-multimedia database CD-Rom su temi palladiani³,

da intendersi come evoluzione digitale del *Corpus Palladianum* stesso, ancora in collaborazione con il MIT e l'Università degli Studi di Ferrara: *Andrea Palladio – Le ville*⁴ (1998), *Andrea Palladio e il Veneto*⁵ (2000) e *Palladio e Vicenza*⁶ (2002).

Tra il 2002 e il 2004 è stato portato a termine il progetto Palladio Digitale, digitalizzazione e ricomposizione in una base dati unitaria e omogenea dei materiali fondamentali per lo studio e la valorizzazione dell'opera palladiana (fotografie, disegni, incisioni, rilievi, mappe, carte d'archivio) oggi dispersi in più sedi: un'operazione pionieristica di digitalizzazione sistematica capace di creare il primo database densamente popolato inerente giacimenti documentali di storia dell'architettura⁷.

In tempi recenti lo sviluppo di nuove e più efficaci tecnologie digitali come il *rendering real-time* di modelli 3D, il Web 3.0 e la visione di



1/ *Pagina precedente*. Andrea Palladio – 3D Geodatabase: interfaccia con scheda descrittiva di una tavola da trattato storico.

Previous page. *Andrea Palladio – 3D Geodatabase: interface with description of a table taken from a historical treatise.*

sistemi geospaziali come Google Earth, che invertono i ruoli di Web browser e mappa⁸, ha aperto la possibilità a nuovi scenari di lettura e interpretazione dell'architettura storica, di metodi di disseminazione e divulgazione dell'informazione a partire non più semplicemente da ricerche testuali, ma da metodi di navigazione geo-spaziale e spazio-temporale e da criteri di similarità visiva basati sulla percezione⁹. Per le informazioni di architettura, caratterizzate dall'essere prevalentemente di tipo visuale e manipolativo, si tratta di una vera e propria svolta epocale sia per le capacità di ricontestualizzazione spaziale, sia perché in questo modo si tende a far evolvere nelle direzioni di sistemi rappresentativi più appropriati per gli architetti le tecniche descrittive dell'informazione basate sull'*Information Technology*.

Il CISAAP ha risposto a questi nuovi paradigmi di organizzazione dell'informazione e della sua restituzione con il progetto PALLADIOLibrary¹⁰ che, attraverso le tecnologie informatiche, mira a riunire e rendere comunicabili tutti i materiali indispensabili per la conoscenza e la valorizzazione dell'opera di Andrea Palladio: i suoi disegni, la più grande fototeca esistente dedicata alle sue realizzazioni (oltre 5.000 fotografie), le circa 1.200 tavole di rilievo frutto di cinquant'anni di campagne di misurazioni accurate delle oltre cinquanta opere realizzate, i testi palladiani (per quasi 8.000 pagine scansionate) e una serie di multimedia e ricostruzioni virtuali che consentono al pubblico e agli specialisti di comprendere e conoscere il mondo dell'architetto vicentino.

Obiettivo del progetto è la valorizzazione in termini di accessibilità – fisica e intellettuale – del sistema rappresentato dal patrimonio palladiano (oltre 54 siti fra ville, palazzi edifici pubblici, chiese e ponti, di proprietà pubblica e privata) tramite la costruzione di una piattaforma di conoscenza che elabori e metta in relazione tutte le informazioni scientifiche su Palladio e le sue opere. Esse saranno rese disponibili al mondo della ricerca per successive implementazioni e trasferite a un pubblico vasto come "infrastrutture" del turismo culturale, nel Palladio Museum a Vicenza e in rete.

Da un punto di vista della capacità di archiviazione, classificazione e recupero dell'infor-

mazione il progetto del motore della PALLADIOLibrary nasce dalla considerazione che le conoscenze depositate nei sistemi informativi hanno valore soltanto se accompagnate da sistemi di recupero adeguati, in grado di fornire l'accesso solamente a quei documenti di una collezione che sono rilevanti per l'utente. La soluzione più immediata offerta dal Web 3.0 è certamente quella di sistemi geospaziali fondati su modelli tridimensionali di visualizzazione e interazione 3D, potenzialmente capace non solo di fornire risposta a problemi rimasti irrisolti, ma anche di creare nuove prospettive di analisi e ricerca, gestione, comunicazione dell'opera palladiana.

Per scandagliare questa ipotesi di lavoro è stato realizzato nel 2008 all'Università di Bologna un primo prototipo¹¹ che, partendo dalla metodologia e dalla tipologia del CD Rom *Andrea Palladio – Le ville*, lo fa evolvere con una nuova soluzione fondata su Google Earth: Andrea Palladio – 3D Geodatabase, un completo geo-database tridimensionale su piattaforma web in cui i modelli 3D integrano un esteso Sistema Informativo palladiano.

Una serie di tre successive evoluzioni, di cui la seconda nel 2009, è stata testata nel corso di due differenti esposizioni curate dal CISAAP a Palazzo Barbaran Porto a Vicenza e a Villa Poiana a Poiana Maggiore¹², portando a maturazione il sistema che è divenuto, così, l'interfaccia preferenziale attraverso cui accedere alla PALLADIOLibrary.

Nel suo complesso Andrea Palladio – 3D Geodatabase rappresenta un articolato sistema cognitivo dell'opera di Palladio realizzato attraverso:

- modelli digitali 3D che rappresentano la realtà e, quali metafore degli oggetti osservati, permettono una conoscenza diretta e semantica dei dati¹³;
- materiale 2D testuale e iconografico approvato e analizzato criticamente dal Comitato scientifico internazionale del CISAAP;
- lo sviluppo di una nuova architettura basata su piattaforma web che permette un accesso multiutente da differenti piattaforme e utilizza specifici standard¹⁴.

L'aspetto più importante che caratterizza il sistema è la capacità di fornire una rappresentazione esaustiva di un'architettura la cui com-

first, large database of documents about the history of architecture.⁷ The new and more efficient digital technologies which have recently been developed, for example real-time rendering of 3D models, Web 3.0, and the vision of geospatial systems such as Google Earth, invert the roles of web browser and map.⁸ These tools have paved the way for new scenarios and new interpretations of historical architectures; they have also encouraged the dissemination and distribution of information no longer based only on textual research, but also on geospatial and time and space navigation methods and, last but not least, on criteria of visual similarity based on perception.⁹ Since architectural data is primarily visual and manipulative, these changes are well and truly earth-shattering because they not only recontextualise space, but also tend to turn the techniques used to describe data based on Information Technology into more suitable representation systems.

These new paradigms of data organisation and restitution led the CISAAP to adopt and implement the PALLADIOLibrary project.¹⁰ It intends to use information technology to collect all the material required to understand and enhance Andrea Palladio's work and make it communicable. The material includes: his drawings, the biggest photographic library of his works (over 5,000 photographs), approximately 1,200 surveys performed during the fifty years it took to accurately measure the over fifty built works, Palladio's writings and texts (almost 8,000 scanned pages), and many multimedia and virtual reconstructions. All this data will allow the public and specialists alike to understand and become familiar with the world of the architect from Vicenza. The objective is to create a knowledge platform to elaborate and link all available scientific data about Palladio and his works and thereby enhance the physical and intellectual accessibility of Palladio's heritage (over fifty-four sites including villas, public buildings, private and public churches, and bridges). The works will be available to researchers worldwide for further implementation, while the public at large will be able to access the data online and also as a cultural tourism 'infrastructure' in the Palladio Museum in Vicenza.

The idea behind the PALLADIOLibrary project and its ability to catalogue, classify and recover data

2/ Villa Badoer: la fase di acquisizione dei dati e di modellazione delle sue parti.

Villa Badoer: data acquisition stage and modelling of the parts.
3/ Da sinistra a destra, dall'alto in basso: San Francesco della Vigna, San Pietro di Castello, San Giorgio Maggiore, Redentore. Confronto a falsi colori tra nuvola di punti rilevati e modello ideale regolarizzato.

From left to right, top to bottom: the churches of San Francesco della Vigna, San Pietro di Castello, San Giorgio Maggiore, and the Redentore. Comparison with false colours between the surveyed points cloud and the regularised ideal model.

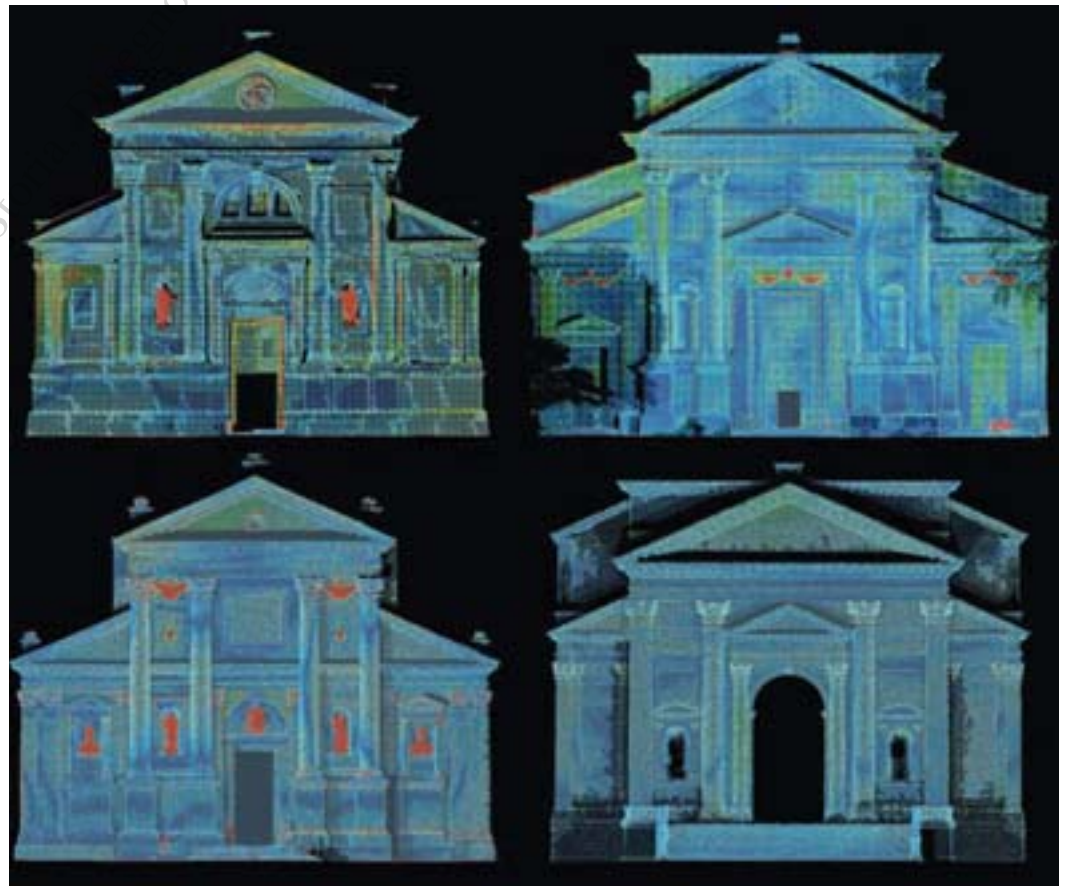
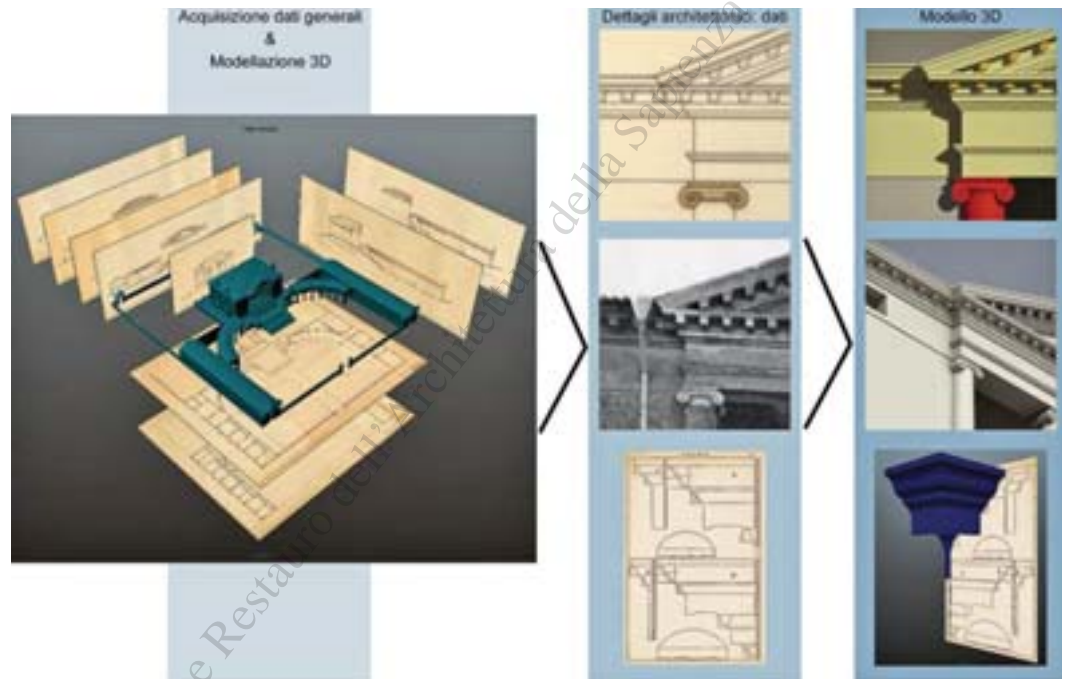
was that data stored in IT systems is valuable only if there is a good recovery system, one which allows access only to documents which are relevant to the user. The geospatial systems based on three-dimensional visualisation and 3D interaction models are certainly the most immediate solution provided by Web 3.0; these systems not only provide answers to as yet unsolved problems, but also create new ways in which to analyse, research, administer, and communicate Palladio's work.

In 2008 the University of Bologna produced a prototype to test this working theory.¹¹ Based on the methodology and typology of the CD-Rom *Andrea Palladio – The Villas*, the university improved it using a new solution along the lines of Google Earth: *Andrea Palladio – 3D Geodatabase*, a complete 3D geo-database on a web platform in which 3D models integrate a comprehensive Palladian Information System. Three more prototypes, the second in 2009, were tested during two different exhibitions organised by CISAAP in Palazzo Barbaran Porto in Vicenza, and Villa Poiana in Poiana Maggiore¹²; the system was perfected and became the preferred interface with which to access the PALLADIOLibrary.

In short, the *Andrea Palladio – 3D Geodatabase* is a multifaceted cognitive system of Palladio's work which includes:

- 3D digital models representing reality which, as metaphors of the observed objects, allow direct and semantic understanding of the data¹³;
- textual and iconographic 2D material approved and analysed by the International Scientific Committee of the CISAAP;
- the design of new architecture using specific standards and based on a web platform with multiuser access from different platforms.¹⁴

The key feature of the system is its ability to provide a comprehensive representation of the complexities of an architecture which otherwise could not be accurately portrayed by texts or iconographic documents. The fact the buildings are contextualised is its greatest added value compared to raw data or a text-based set-up. It reveals hitherto unknown relationships between the villas or buildings and their surroundings; it also provides easy access to a complex data system thanks to information collected during extensive research projects. There are several reasons why



4/ Particolare della facciata della chiesa di San Giorgio Maggiore. Confronto tra il modello numerico esteso (a sinistra) e modello ridotto per Google Earth (a destra).
Detail of the façade of the Church of San Giorgio Maggiore. Comparison between the extended numerical model (left) and the reduced model for Google Earth (right).

plexità difficilmente può essere restituita per mezzo di documenti testuali o iconografici. Il suo maggiore valore aggiuntivo rispetto ai dati grezzi o a un'organizzazione a base testuale è dato dall'inserimento degli edifici nel contesto in cui sorgono, offrendo, in questo modo, la possibilità di scoprire relazioni sconosciute tra le ville o i palazzi e il loro intorno e di accedere rapidamente a un complesso sistema di informazioni raccolte attraverso numerose e vaste ricerche.

Per quanto riguarda il geosistema, la scelta di Google Earth come motore di organizzazione dell'informazione e visualizzazione è motivata da varie ragioni tra cui la capacità di mostrare immagini con una risoluzione inferiore al metro quadrato e il loro costante aggiornamento e aumento della risoluzione. La piattaforma, inoltre, non consente solamente di visualizzare le informazioni, ma permette anche al singolo utente di immetterne di aggiuntive che possono essere condivise con gli altri utilizzatori sparsi per il pianeta. Questa caratteristica è particolarmente importante, perché rende il geodatabase aperto a integrazioni e implementazioni future, permettendo a tutti gli studiosi di aggiungere liberamente contenuti senza dover riscrivere l'applicazione sorgente o fruire di un unico webmaster, e favorire così un rapido progresso degli studi.

Il nodo più complesso nella costruzione di Andrea Palladio – 3D Geodatabase è quello della formazione dei modelli 3D digitali, nodi primari del sistema informativo, rappresentazione e descrizione delle opere palladiane.

La formazione di archivi di modelli 3D implica la conoscenza non solo dei dati grezzi rilevati dal vero, ma anche del modo in cui essi sono stati elaborati e completati. A causa della complessità delle esigenze di digitalizzazione che emergono dagli oggetti stessi, esiste una pletera di metodi e tecnologie per cui la situazione odierna è quella di modelli costruiti con metodi e tecniche differenti, raramente commensurabili sia nella procedura sia negli esiti, situazione che rende il problema dell'archiviazione complesso e frammentato nei risultati. Per far fronte a questa complessità e superare una frammentarietà inadeguata per un sistema unitario e articolato come quello ipotizzato, è stato realizzato un progetto che ha coinvolto quattro Università in cui vi erano gruppi di ricerca con specifiche *skills* nella costruzione di modelli tridimensionali di architettura concepiti come artefatti comunicativi e sistemi informativi: l'Università di Bologna che ha anche definito le specifiche costruttive dei modelli, l'Università IUAV di Venezia che ha realizzato i modelli da rilievi da scansione laser delle quattro chiese palladiane di Venezia, l'U-

Google Earth was chosen as the geosystem to organise and visualise the data: its ability to display images with a resolution of less than one metre, and the fact they are constantly updated and upgraded. The platform not only visualises the data, it also allows individual users to input additional data which can be shared with other users all over the world. This is very important because integrations and implementations can be added to the geodatabase in the future; scholars will be able to freely add contents without having to rewrite the source application or use the same webmaster. This will help studies progress faster. The 3D digital models (the primary nodes of the information system), and the representation and description of Palladio's work, was the most complicated part of the construction of Andrea Palladio – 3D Geodatabase. To create repositories of 3D models, not only does an operator require raw data surveyed on site, he also needs to know how it was developed and completed. Digitalising objects is a very complex operation and there are an endless number of data collection methods and technologies. As a result, the procedures used to build contemporary models produce dissimilar results. In turn, this situation makes the results of the archiving process complex and fragmented. To tackle this complex situation and solve the problem of fragmentation – incompatible with the unitary multifaceted system proposed here – four



5/ Point clouds della campagna di rilievo con laser scanner Leica C10. In senso orario: Ponte di Bassano, Villa Trissino a Meledo, Villa Valmarana a Vigardolo, Ponte sul Tesina a Torri di Quartesolo, Barchessa di Villa Thiene-Cicogna a Villafranca Padovana.

Point clouds of the survey campaign using a laser scanner Leica C10. Clockwise: the Bassano Bridge, Villa Trissino at Meledo, Villa Valmarana at Vigardolo, the bridge over the River Tesina at Torri di Quartesolo, the Barchessa of Villa Thiene-Cicogna at Villafranca Padovana.

universities elaborated an ad hoc project. The project was participated by research groups with specific skills in the construction of 3D architectural models designed as communicative artefacts and information systems: the University of Bologna, responsible for defining the construction specifications of the models; the IUAV University of Venice, responsible for making models of four Palladian churches in Venice using data from laser scanner surveys; the Polytechnic University of Marche, responsible for making models from quick-answer, easy-to-use surveys; and, finally, the Gabriele d'Annunzio University of Chieti-Pescara, responsible for making most of the models based on existing surveys. Fifty-one 3D high resolution models were made: a representative sample of Palladio's work. It is neither a complete nor a static set of models, but a set of models in the making, designed for both the present and the future. A set of standards and guidelines¹⁵ has also been defined and made available so that the scientific community can always add more 3D models to the system, together with a repository of models¹⁶ for the collection and management of 3D models of architectures.

The models and their sources

We should point out that the scope of this digital modelling project was not to create replicas of the original construction, but to produce an artefact which could provide a semantic interpretation of reality and make Palladio's design ideas easier to understand thanks to the interpretation of the forms reproduced in the model, a little like the illustrations in *The Four Books of Architecture*. The models are intended to improve our knowledge of Palladian architecture and inspire new introspective considerations. Before they could be inserted into the geodatabase the models had to have certain features, including territorial markers and a description of the architecture. The base geometry used to create most of the fifty-one models was the so-called 'Corpus of the surveys of Palladian buildings' financed by the National Research Council (CNR) and supervised by the scientific committee (Andrei and Ewa Soltan, and Mario Zocconi) of the Andrea Palladio International Centre of Architectural Studies.¹⁷ The drawings include a set of tables using different scales for the overall



università Politecnica delle Marche che ha realizzato i modelli da rilievi speditivi, infine l'Università degli Studi Gabriele d'Annunzio di Chieti-Pescara, che ha costruito la maggior parte dei modelli basati sui rilievi esistenti. Complessivamente sono stati costruiti 51 modelli 3D ad alta risoluzione che formano un consistente paesaggio palladiano. Non si tratta di un sistema di modelli esaustivo, né di una struttura statica, ma di un complesso in continuo divenire, del quale assieme al suo oggi è stato progettato anche il domani. Per questo sono stati definiti e lasciati disponibili una serie di standard e linee guida atti a consentire sempre nuove integrazioni di modelli 3D al sistema da parte della comunità scientifica¹⁵ e un repository di modelli per la raccolta e gestione di modelli 3D concernenti l'architettura¹⁶.

I modelli e le loro fonti

Innanzitutto va chiarito come l'obiettivo di questo lavoro di modellazione digitale non sia stato quello di ottenere una replica della costruzione originale, bensì quello di produrre un artefatto capace di fornire una lettura semantica della realtà e di rendere maggiormente comprensibili gli intenti progettuali di Palladio attraverso l'interpretazione delle forme descritte dal modello stesso, similmente alle illustrazioni de *I quattro libri dell'architettura*. Si tratta quindi di modelli essenzialmente volti a migliorare la conoscenza delle architetture palladiane e capaci di prestarsi a nuo-

ve introspezioni. I modelli poi dovevano possedere adeguati requisiti per essere inseriti nel geodatabase palladiano, come marker territoriale e anche come sistema descrittivo di quell'architettura. La maggior parte dei 51 modelli è stata costruita utilizzando come base geometrica il cosiddetto "Corpus dei rilievi delle fabbriche palladiane" realizzato con il contributo del CNR sotto la direzione scientifica del Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio da Andrei ed Ewa Soltan e Mario Zocconi¹⁷.

I disegni si compongono di una serie di tavole a scale differenti per le rappresentazioni d'insieme e per quelle di dettaglio. I disegni d'insieme riportano, generalmente, una scala grafica; a volte con la doppia unità di misura metri/piedi vicentini. Le rappresentazioni d'insieme, in scala 1:50 o 1:100, si riferiscono ai disegni tecnici canonici, ossia alle piante, sezioni e prospetti, con l'aggiunta, per alcuni edifici, di spaccati assonometrici. I dettagli, in scala 1:25, 1:20 o in alcuni casi 1:10, si riferiscono, generalmente, agli ordini architettonici, alle porte, alle finestre, ai camini. Tenuto conto dei fattori di accuratezza intrinseci (precisione del rilievo e della restituzione grafica, deformazioni del supporto cartaceo, ecc.) ed estrinseci (incertezza introdotta dalla riproduzione digitale), essi permettono di realizzare modelli digitali 3D ottenuti da restituzioni di rilievi diretti in scala 1:100 che hanno una precisione pari a $\pm 3,5$ cm e quelli ot-

6/ Panoramiche sferiche ottimizzate acquisite direttamente dal laser: dall'alto Ponte di Bassano, Villa Valmarana a Vigardolo, Villa Trissino a Meledo, Ponte sul Tesina.
Optimised spherical panoramas acquired directly using a laser scanner: from the top, the Bassano Bridge, Villa Valmarana at Vigardolo, Villa Trissino at Meledo, and the Bridge over River Tesina.

tenuti da disegni in scala 1:50 una precisione pari a $\pm 1,75\text{cm}$.

Di fondamentale importanza per la completezza e il dettaglio della documentazione sono state le fotografie provenienti dalle campagne di rilievo condotte dal 1950 e appartenenti alla Fototeca del CISAAP, e le tavole presenti in *I quattro libri dell'architettura* e nelle successive pubblicazioni di Francesco Muttoni¹⁸ e di Ottavio Bertotti Scamozzi¹⁹.

La presenza di una forma digitalizzata di tutti i materiali di riferimento, grazie alla campagna svolta dal CISAAP tra il 2001 e il 2003, ha permesso un'operatività tipo *cloud* e forme collabo-

orative a distanza basate sulla condivisione di materiali e semilavorati in forma digitale, abbattendo tempi e costi operativi e migliorando la qualità complessiva degli artefatti grazie a sessioni interattive di *collaborative working* e *review*.

I modelli delle chiese veneziane (San Francesco della Vigna, San Pietro di Castello, San Giorgio Maggiore e Redentore) nascono dal progetto realizzato dallo IUAV in occasione del quinto centenario della nascita di Andrea Palladio, mirato al rilievo e allo studio delle facciate delle quattro chiese palladiane di Venezia²⁰ a partire da basi di dati sicure e coerenti. Il rilievo fotogrammetrico delle chiese, con-

and detailed views. In general, the overall views had a graphic scale, sometimes with two kinds of measurement units: metres, and the Vicenza foot. The overall views, on a 1:50 or 1:100 scale, refer to traditional technical drawings, i.e., plans, sections and façades; axonometric drawings were also added for some of the buildings. The details, on a 1:25, 1:20 or in some cases 1:10 scale, generally refer to architectural orders, doors, windows and chimneys. Given their intrinsic features (accurate survey and graphic restitution, deformation of the paper substrate, etc.) and extrinsic features (uncertainties introduced by the digital reproduction), we were able to make 3D digital models with a accuracy of $\pm 3.5\text{ cm}$ from restitutions of direct surveys on a 1:100 scale, and models with an accuracy of $\pm 1.75\text{ cm}$ from drawings on a 1:50 scale.

The survey campaign photographs taken in 1950 and housed in the Photographic Library of the CISAAP were very important because they provided complete and detailed documentation; likewise the tables in The Four Books of Architecture and later publications by Francesco Muttoni¹⁸ and Ottavio Bertotti Scamozzi.¹⁹ Since almost all the reference material from the 2001-2003 campaign by CISAAP had been digitised, we were able to use a cloud system and remote collaboration and share all the material and semi-finished products in digital form; this saved time and money and also improved the overall quality of the artefacts thanks to joint interactive working and review sessions. The models of the churches in Venice (San Francesco della Vigna, San Pietro di Castello, San Giorgio Maggiore and the Redentore) are based on the project carried out by the IUAV during celebrations to mark the 500th anniversary of the birth of Andrea Palladio. Their objective was to survey and study the façades of the four churches designed by Palladio in Venice²⁰ based on reliable, coherent data. Several different tools were used during the photogrammetric survey of the churches performed by the Laboratory of Photogrammetry of the IUAV Laboratory System: a Wild P31 metric camera, a Rollei Metric 6006 and 6008 Phase One with a 45 mm lens, a Nikon D3x with calibrated lens, and a Riegl LMS-Z360i laser scanner. The project produced a numeric model of each church (approximately 10 million points). This data was used to produce a photogrammetric restitution on a nominal scale of 1:50: the latter was then used as a



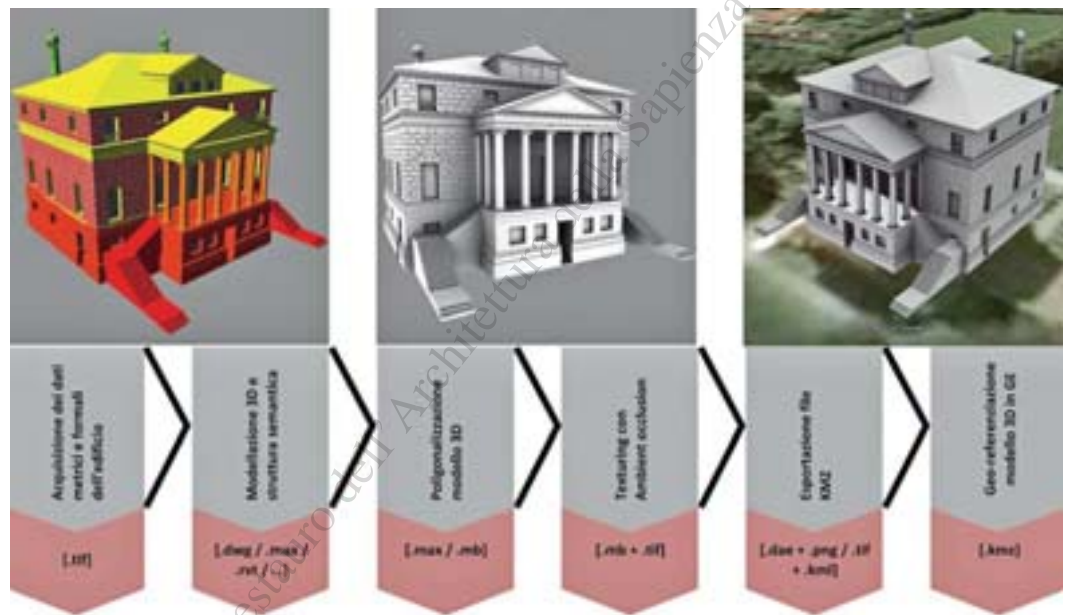
7/ La procedura di modellazione a partire da disegni e predisposizione per la visualizzazione in Google Earth.
The modelling procedure based on the drawings, and preparation for visualisation in Google Earth.

base line for this project. The models of Villa Valmarana at Vigardolo, Villa Trissino at Meledo, the Barchessa in Villa Thiene-Cicogna at Villafranca Padovana, the Bridge over the Tesina at Torri di Quartesolo and the Bassano Bridge were all based on the results of ad hoc survey campaigns. This time the campaigns used experimental quick-answer, easy-to-use single instrument survey methods developed during a project carried out in 2008. During that project the proposed morphological survey was based on a spherical panorama method used in the case study of Villa Poiana at Poiana Maggiore.²¹ The procedure used by the group from the Dicea department involved the use of a single tool capable of ensuring metric accuracy, chromatic quality, versatility and speed during the acquisition and production of the outputs, as well as rapid scanning and elaboration.

The new 'all in one' laser scansion tools now on the market incorporate several different survey systems (we used a Leica C10). Not only do these tools produce cost savings, they also make it possible to optimise photogrammetric, representation, and solid modelling procedures²² by merging them in a single scan capturing different data: Lidar, Photography/Panoramic, Photogrammetry, and Topography. One of the most important outputs in the case of the Palladian buildings is undoubtedly the perfect alignment between the 3D points cloud and the photographs. In the above case study we manually stitched the photographs taken by the Leica C10 camera and obtained spherical panoramas with a resolution five times higher than the one produced automatically by the camera (max. resolution 41,580 x 20,790 pixel). This produced restitutions with an accuracy similar to that of monoscopic systems, i.e., between 1/1,000 and 1/500 of the distance between the object and the camera.

Creating the models

The 3D models now available on Google Earth (e.g., the recent reproductions of Venice and Vicenza) provide a general image of urban volumes rather than absolutely accurate reproductions of each building. In fact, most reconstructions are not geometrically accurate because the images are created using textures from aerial photographs. Instead we used the



dotto dal Laboratorio di Fotogrammetria del Sistema Laboratori IUAV, ha richiesto l'uso di varie attrezzature: camera metrica Wild P31, Rollei Metric 6006 e 6008 Phase One con 45 mm, Nikon D3x con ottiche calibrate, laser scanner Riegl LMS-Z360i. Di ogni chiesa si è quindi ottenuto un modello numerico costituito da circa 10 milioni di punti. Dall'insieme di questi dati è stata poi prodotta una restituzione fotogrammetrica in scala nominale 1:50 utilizzata come base nel presente lavoro. I modelli di Villa Valmarana a Vigardolo, Villa Trissino a Meledo, della Barchessa di Villa Thiene-Cicogna a Villafranca Padovana, del Ponte sul Tesina a Torri di Quartesolo e del Ponte di Bassano sono frutto anch'essi di operazioni di rilevamento, condotte questa volta appositamente e sfruttando metodi sperimentali di rilievo speditivo monostrumentale sviluppati da un'esperienza del 2008 in cui era stato proposto un rilievo morfologico che s'incernierava su una metodologia a panoramiche sferiche, applicata al caso di studio di Villa Poiana a Poiana Maggiore²¹. Il gruppo del dipartimento Dicea ha utilizzato una procedura basata su un unico strumento in grado di garantire accuratezza metrica, qualità cromatica, versatilità e velocità nelle fasi di acquisizione e realizzazione degli output a fronte di tempi di presa ed elaborazione estremamente ridotti.

L'introduzione sul mercato di strumenti a scansione laser che integrano al loro interno differenti sistemi di rilievo, definiti per questo "all in one" (nel nostro caso un Leica C10), ha permesso di sviluppare un approccio, dalle evidenti conseguenze anche economiche, in cui permangono e si ottimizzano le procedure fotogrammetriche²² e di rappresentazione e modellazione solida integrate in un'unica fase di presa che consente di acquisire varie tipologie di dati: Lidar, Fotografia/Panoramica, Fotogrammetria, Topografia. Tra essi gli output più significativi per il caso di studio degli edifici palladiani sono sicuramente quelli offerti dalla combinazione di nuvola di punti 3D e foto perfettamente allineate tra loro.

Nel caso considerato, servendosi di una gestione manuale del processo di *stitching* delle foto acquisite dalla camera del Leica C10, sono stati ottenuti panorami sferici con una risoluzione 5 volte superiore a quella prodotta dagli automatismi dello strumento (risoluzione massima 41.580 x 20.790 pixel), capaci di permettere restituzioni dalla precisione tipica dei sistemi monoscopici, cioè comprese tra 1/1.000 e 1/500 della distanza oggetto-fotocamera.

La costruzione dei modelli

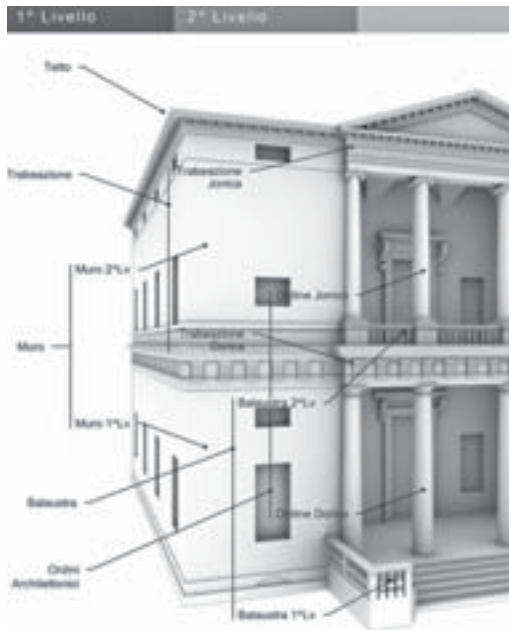
I modelli 3D oggi disponibili su Google Earth (come le recenti riproduzioni di Venezia e Vi-

8/ Villa Pisani a Montagnana: struttura semantica del modello; elementi di 1° e 2° livello.

Villa Pisani at Montagnana: semantic structure of the model; first and second floor elements.

9/ Villa Valmarana: modello numerico a nuvola colorata, modello geometrico e dettaglio del capitello ionico (elaborazione di Lorenzo Duranti).

Villa Valmarana: numerical model with a coloured cloud, geometric model and detail of the Ionic capital (processing by Lorenzo Duranti).



cenza) mirano a fornire una visione globale delle volumetrie urbane piuttosto che rendere con assoluta fedeltà e precisione i singoli volumi. Gran parte della ricostruzione, infatti, è ottenuta non tanto attraverso la fedeltà geometrica quanto piuttosto attraverso il ricorso a *texture* ricavate dai sorvoli aerei. L'obiettivo della nostra applicazione viceversa è di fornire una restituzione alla scala architettonica grazie alla ricostruzione tridimensionale dai rilievi del costruito. È stato quindi sviluppato uno specifico metodo per la costruzione dei modelli basata su una struttura semantica di modelli 3D da impiegare per la realizzazione dei sistemi informativi/cognitivi²³. La metodologia messa a punto è basata su tre punti, mutualmente connessi tra di loro (mo-

dellazione, suddivisione in parti nominalmente e/o costruttivamente coerenti, visualizzazione) che permettono (a) di riprodurre modelli digitali tridimensionali ad alta definizione, (b) di classificare i modelli in livelli e (c) di assegnare a ogni elemento architettonico informazioni aggiuntive oltre alle proprietà geometrico-dimensionali.

L'obiettivo è stato quello di permettere l'integrazione di differenti tipi d'informazioni raccolte da operatori e ricercatori differenti in tempi e in luoghi diversi. Tali requisiti portano all'impiego di standard ampiamente condivisi, alla definizione della qualità dell'informazione in funzione del livello di dettaglio di rappresentazione e al controllo continuo della corrispondenza dei dati alle specifiche tecniche richieste.

Ogni parte è stata modellata nella sua corretta geometria, mentre solo più tardi, inserendo Livelli di Dettaglio, si è cercato di conciliare la complessità del modello con le limitazioni imposte da Google Earth, come ad esempio il numero di poligoni di ogni singolo elemento tridimensionale²⁴.

Il sistema di organizzazione dei modelli 3D utilizzato è basato sulla ormai consolidata convenzione dell'analisi architettonica in cui gli edifici sono descritti attraverso una serie di elementi strutturati secondo uno specifico lessico architettonico, come quello messo a punto dallo stesso Andrea Palladio nella costruzione de *I quattro libri dell'architettura*, da cui deriva l'immediata similarità e omologia tra gli edifici architettonici e la loro rappresentazione digitale 3D. A partire dalla "shape grammar" adottata è definita la struttura ad albero che presiede alla model-

application to provide an architectural-scale restitution based on the three-dimensional reconstruction of the survey of the built. We then developed an ad hoc method to create models based on a semantic structure of 3D models which we used to produce information/cognitive systems.²³ The method uses three mutually connected points (modelling, subdivision in nominally and/or constructively coherent parts, visualisation) which allow (a) reproduction of three-dimensional high definition digital models, (b) classification of the models in levels, and (c) transfer of additional data to every architectural element, over and above its geometric and dimensional properties. Our aim was to merge all the different data collected by operators and researchers in different places and periods in time. This required a set of common standards; it also meant that the quality of the data had to be defined according to the level of detail of the representation, and that the data had to be continuously checked to make sure it fulfilled the required technical specifications. All the parts were modelled based on their geometry and only later when we inserted the details did we try to reconcile the complexities of the model with the limitations imposed by Google Earth, for example, the number of polygons of each three-dimensional element.²⁴ The 3D models are organised based on the well-established convention of architectural analysis in which buildings are described using several structural elements based on specific architectural terminology, for example the one developed by Andrea Palladio in The Four Books of Architecture: this immediately provides similarities and homologies between the buildings and their 3D digital representation. 'Shape grammars' are used to define the tree-structure



- 10/ Modello del Palazzo della Ragione a Vicenza (Basilica) renderizzato con un motore di ray-tracing statico.
Model of Palazzo della Ragione at Vicenza (Basilica) rendered using a static ray-tracing engine.
- 11/ Modello delle Logge del Capitaniato a Vicenza renderizzato con un motore di ray-tracing statico.
Model of the Loggias of the Capitaniato at Vicenza rendered using a static ray-tracing engine.

behind the modelling of Palladio's buildings and, if necessary, can be extended to include several hierarchical levels. During the editing process this means that the models can be coherently managed based on a hierarchically linked subset system. By creating semantically organised structured 3D models, the structure can be maintained even after polygonalisation and the generation of graphic interchange formats: as a result, the ensuing semantic models can be used in a cognitive system. Furthermore, it is possible to use this kind of organisational setup of numeric models to manage multi-resolution 3D models and divide them into hierarchically coherent subsets made up of a finite number of triangles/polygons, so that they can be included and visualised in Google Earth. It is also possible to successfully manage the metadata associated with the models, and therefore the possibility to not only visualise and represent data about reconstruction uncertainties and the level of guaranteed accuracy/precision, but also control the various versions of the models and facilitate a comparison between certain parts of all the architectures works.

Each group was free to work with their own modelling software so long as the geometry could be exported to the most common interchange formats such as obj, dae, and fbx. The models were made using different CAD software for 3D modelling (Autodesk 3DS MaxDesign; Autodesk Maya, Maxon Cinema4D, Rhinoceros, MOI) and BIM systems (Autodesk Revit). The main difficulty involved in creating models based on a points cloud was that we had to build a regularised ideal model rather than give fully-rounded three-dimensional forms to cornices, capitals, columns and volutes (during this stage we were influenced chiefly by the absolutely crucial photogrammetric restitution and the large number of surveyed points). In other words, the capitals, columns and bases of the various orders are all similar in the models; likewise the cornices are all the same shape, the dentils all have the same pitch, and the intercolumniation is regular, etc. Obviously we tried to minimise the differences between the ideal, regular, and ordered model, and the real model created by the points cloud and photogrammetric restitution since the latter clearly has construction errors, structural failures, degradation due to age, and



lazione degli edifici palladiani, ampliabile se necessario su più livelli gerarchici, e che permette di gestire, anche nelle fasi di editing successive, i modelli in maniera coerente secondo un sistema di sottoinsiemi gerarchicamente correlati.

La creazione di modelli 3D strutturati secondo i criteri di organizzazione semantica permette di conservare, infatti, tale struttura anche dopo le fasi di poligonalizzazione e traduzione in formati di file grafici d'interscambio, ottenendo, in questo modo, modelli semantici utilizzabili in un sistema conoscitivo. Questo tipo di organizzazione del modello numerico consente, inoltre, di gestire i modelli 3D in multi-risoluzione e di suddividerli in sottoinsiemi gerarchicamente coerenti e composti da un numero definito di triangoli/poligoni in modo da poter essere inclusi e visualizzati in Google Earth. E, sempre in maniera efficiente, è possibile gestire i metadati collegati ai modelli stessi, e con es-

si la possibilità di visualizzare e rappresentare i dati riguardanti l'incertezza ricostruttiva, il livello di accuratezza/precisione garantito, così come il controllo delle diverse versioni dei modelli e agevolare l'analisi comparativa tra parti o insiemi di opere architettoniche.

Ciascun gruppo di lavoro è stato libero di operare con il software di modellazione preferito, purché consentisse di esportare la geometria verso i più diffusi formati d'interscambio quali .obj, .dae, .fbx. I modelli, pertanto, sono stati realizzati utilizzando differenti software CAD, per la modellazione 3D (Autodesk 3DS MaxDesign; Autodesk Maya, Maxon Cinema4D, Rhinoceros, MOI) e sistemi BIM (Autodesk Revit).

Nel caso di modelli ottenuti da ricostruzione da nuvola di punti, la principale difficoltà era non tanto nel dover dare forma tridimensionale compiuta a cornici, capitelli, colonne e volute (guidati in questa fase soprattutto dall'indispensabile restituzione fotogrammetrica, oltre che dai numerosi punti rilevati), quanto piuttosto dalla necessità di costruire un modello ideale regolarizzato. Vale a dire che, nei modelli prodotti, i capitelli, le colonne, le basi dei vari ordini sono tutti uguali tra loro, così come le cornici sono a profilo costante, i dentelli a passo uguale, gli intercolumni regolarizzati e così via. Naturalmente facendo in modo di rendere minime le differenze tra il modello ideale, regolare e ordinato, e il modello reale, quello dato dalla nuvola di punti e dalla restituzione fotogrammetrica, necessariamente affetto da errori costruttivi, cedimenti strutturali e degrado dovuto ai secoli, oltre che dall'incertezza di misura. Si è pertanto perseguita la ricerca del progetto originario, libero da imprecisioni costruttive, cedimenti e danneggiamenti successivi alla costruzione.

I modelli 3D finali sono stati prodotti in formato KMZ, ossia un file di archivio in KML supportato da Google Earth²⁵. Il file KMZ raccoglie un set di caratteristiche che definiscono il modello (*placemarks, images, polygons, 3D models, textual descriptions*, etc.) e ne permettono la sua collocazione sul modello 3D del globo terrestre.

Il contenuto di un file KMZ definito per la PALLADIOLibrary è costituito da un file sorgente KML (denominato generalmente doc.kml) e da una serie di file di riferimento (sotto-cartella di

12/ Villa Foscari "La Malcontenta": modello mappato e relative mappe di Ambient Occlusion.

Villa Foscari 'La Malcontenta': mapped model and relative Ambient Occlusion maps.

archivio *models*) in cui sono raccolti i file che si riferiscono ai modelli o alle parti in cui è stato suddiviso il modello stesso, in formato .dae, oltre alle relative mappe di *texture*. Ogni modello è localizzato geograficamente usando, nell'ordine, le coordinate geografiche 3D *longitude*, *latitude* e *altitude* utilizzate dal KML quale sistema interno di riferimento.

La *pipeline* utilizzata nell'ambito del progetto si articola quindi nelle seguenti fasi:

- acquisizione dei dati metrici e formali degli edifici costruiti;
- modellazione 3D;
- poligonalizzazione dei modelli;
- mappatura in Ambient Occlusion;
- realizzazione dei file KMZ;
- posizionamento dei modelli 3D/KMZ in Google Earth.

Rappresentare Palladio facendo evolvere la grafica palladiana

Rappresentare l'architettura di Palladio non è una semplice esercitazione accademica, né l'ostentazione di ciò che la grafica digitale è oggi in grado di produrre e nemmeno un esempio, fra i tanti, di quell'ampia fenomenologia comunicativa che contraddistingue la scena culturale contemporanea, spesso deludente al di là degli effettivi contenuti. Si tratta, a ben guardare, di un'operazione ermeneutica, che ripercorre una metodologia – che è sempre stata e continua a essere – alla base di ogni autentica attività di conoscenza e divulgazione scientifica. Alla base della grafica scelta per visualizzare i

nostri modelli vi è quindi un'osservazione inerente. Se è vero che la modellazione 3D (analogica o digitale) come strumento di comunicazione e di progettazione ci ricorda che il pensiero architettonico è e rimane tridimensionale, al di là dagli strumenti di volta in volta utilizzati, lo è altrettanto il fatto che gli stessi disegni bidimensionali, come mostrano i disegni di Palladio, non sono altro che schemi appiattiti di soluzioni tridimensionali: nient'altro che schemi in proiezione ortogonale 2D di soluzioni 3D che si disvelano in tutta la loro forza spaziale solamente osservandone la messa in terza dimensione, che ci permette di osservare i pregi dei progetti realizzati, i difetti di quelli abbandonati, le complessità che hanno messo a repentaglio alcune realizzazioni.

Per l'aspetto visivo dei modelli del geodatabase si è pensato quindi a una reinterpretazione tridimensionale del metodo al contorno impiegato da Palladio, quello che aveva guidato la sua metodologia di progettare, ma anche l'incisione delle tavole del suo trattato. Sono questo lavoro e quello di poco precedente di Sebastiano Serlio a introdurre una vera e propria "rivoluzione tipografica" pensando di comunicare l'architettura attraverso le pagine stampate di un libro²⁶. Tuttavia, se il trattato di Serlio era indirizzato agli architetti e i concisi testi in volgare servivano soltanto come spiegazione delle immagini, quello di Palladio, invece, combina la tradizione letteraria umanistica delle edizioni e dei commenti a Vitruvio ai libri illustrati di modelli scritti da architetti per un uso pratico.

imprecise measurements. So we looked for the original design without post-construction inaccuracies, structural failures, or signs of damage. The final 3D models were produced in KMZ format, i.e., a KML archive file used by Google Earth.²⁵ The KMZ file contains the characteristics of the model (placemarks, images, polygons, 3D models, textual descriptions, etc.) and allows the model to be placed on the 3D model of the earth.

The contents of a KMZ file created for the PALLADIOLibrary includes a KML source file (normally labelled doc.kml) and several reference files (sub-files of the models archive) containing files either referring to the models or to the parts in which the model has been subdivided (in .dae format). The KMZ file also contains texture maps. Every model is geographically located using (in this order) the 3D geographical coordinates longitude, latitude, and altitude used by KML as an internal reference system. These are the stages of the pipeline used in this project:

- acquisition of the metric and formal data of the buildings;
- 3D modelling;
- polygonalisation of the models;
- mapping in Ambient Occlusion;
- creation of the KMZ files;
- positioning the 3D/KMZ models in Google Earth.

Representing Palladio by improving his graphics

Representing Palladio's architecture is neither a simple academic exercise, nor an excessive display of what digital graphics can produce today, nor is it one of the many examples of the widespread communicative phenomenology which, although typical of our contemporary cultural world, is often disappointing despite its contents. To be honest, it is a hermeneutic exercise that uses a methodology which has always been, and continues to be behind every genuine activity involving scientific knowledge and dissemination.

There is a specific reason why we chose these graphics to visualise our models. If it's true that analogical or digital 3D modelling as a communication and design tool reminds us that architectural ideas are three-dimensional (despite



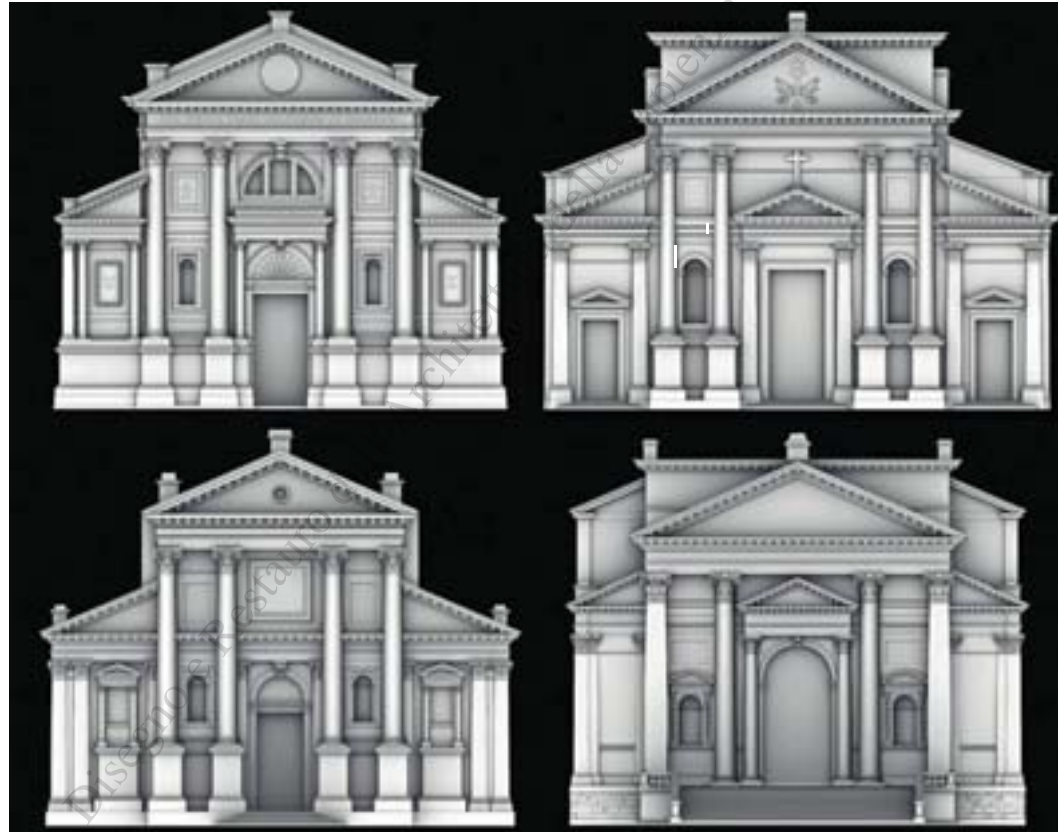
13/ Prospetti delle facciate delle quattro chiese veneziane di Palladio, rendering dei modelli per Google Earth ognuno di circa 500.000 triangoli.

Views of the façades of the four Palladian churches in Venice, rendering of the models for Google Earth, each with roughly 500.000 triangles.

14/ Andrea Palladio – 3D Geodatabase: la chiesa di San Francesco della Vigna a Venezia.

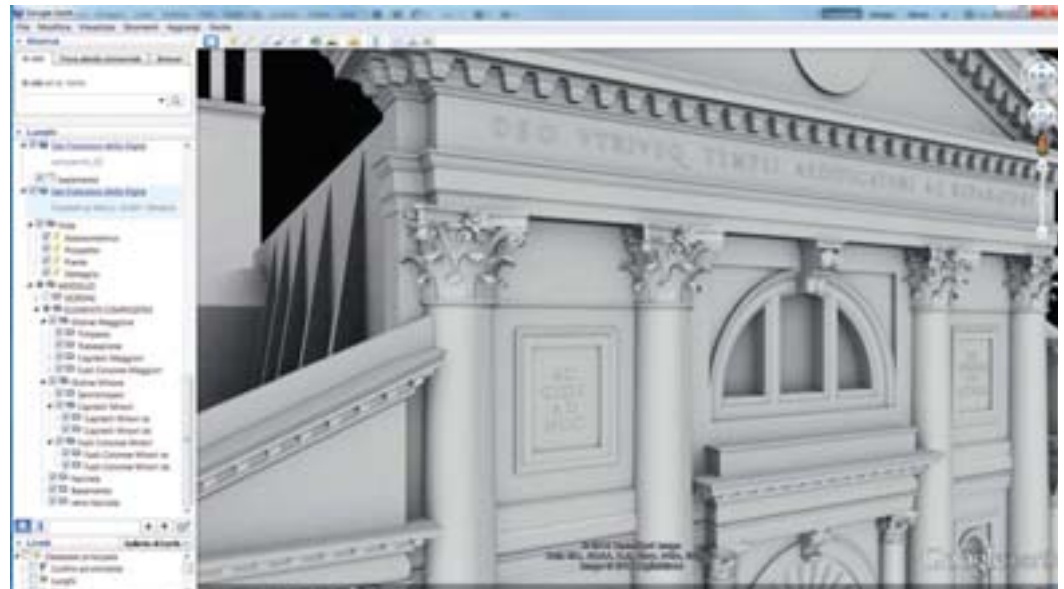
Andrea Palladio – 3D Geodatabase: the Church of San Francesco della Vigna in Venice.

the kind of tools we use), it is also true that two-dimensional drawings, such as the ones by Palladio, are simply flat diagrams of three-dimensional solutions: they are simple 2D orthogonal projections of 3D solutions which reveal their spatial power only when seen in 3D, because this visualises the 'virtues' of the built designs, the 'vices' of the rejected plans, and the complexities which jeopardised some of the buildings. We used a three-dimensional reinterpretation of Palladio's wireframe drawing for the visual form of the geodatabase models: Palladio used this method in all his drawings and in the engravings of the tables in his treatise. His work, and the work by Sebastiano Serlio a little earlier, caused a real 'typographic revolution': the idea that architecture could be communicated in the printed pages of a book.²⁶ While Serlio's treatise was intended for architects, and the short vernacular notes were only there to explain the images, Palladio in his treatise merged the literary traditions of humanism used in editions and comments to Vitruvius with the illustrated books of models written by architects as practical tools. As we all know, Palladio's drawings were rigid parallel projections, so that there could be no misunderstanding about how to turn the image into a real object. In fact, Palladio attached several plans and 'impiedi' to his notes, using perspective only to portray walls, façades, and the reconstruction of Caesar's bridge over the Rhine. Apart from the vertical section views which have a slight adumbratio, Palladio's engravings are absolutely flat and have no depth. As a result, the represented object (the surface of the building) does not correspond to the surface of representation. Unfortunately this technique – undoubtedly clear and unambiguous to its author – is instead cryptic not only for the occasional reader, but also for architects and researchers. Over the years this has given rise to numerous misinterpretations of Palladio's work. As a result, we tried to find a form of visualisation/representation that was both abstract (capable of making the link between architectural elements in Palladio's buildings perfectly comprehensible), but also capable of providing a solution to the visualisation problems in the 3D models in Google Earth. To do this we used a simple Gouraud as a shadowing method because it creates a rather flat three-dimensional visualisation. The fact that this three-dimensional



È necessario a questo punto ricordare che si tratta di disegni, com'è noto a tutti, in rigida proiezione parallela, atti a permettere senza

equivoci la possibilità di ricostruzione dal figurato al reale. Palladio allega alle sue note, infatti, una serie di piante e "impiedi", usando la



15/ Andrea Palladio – 3D Geodatabase: San Francesco della Vigna a Venezia con rappresentazione di alcune sezioni orizzontali sul modello semitrasparente.

Andrea Palladio – 3D Geodatabase: San Francesco della Vigna in Venice with representation of several horizontal sections on the semi-transparent model.



prospettiva solo per raffigurare gli apparecchi murari, i frontespizi e per la ricostruzione del ponte di Cesare sul Reno. A parte le viste verticali in sezione, che riportano una lieve *adumbratio*, le incisioni di Palladio sono assolutamente piatte e prive di profondità, per cui la cosa rappresentata (la superficie dell'edificio) non è equivalente alla superficie della rappresentazione. Purtroppo questo sistema tecnico, certamente chiaro per il suo autore, è risultato criptico non solo per gli utenti occasionali, ma anche per architetti e ricercatori, dando luogo, nel corso degli anni, a numerosi errori di interpretazione dell'opera palladiana. Si è cercata, pertanto, una forma di visualizzazione/rappresentazione al contempo astratta, in grado di rendere chiaramente intellegibile l'articolazione degli elementi architettonici degli edifici di Palladio, ma capace di risolvere i limiti di visualizzazione dei modelli 3D in Google Earth, in cui è utilizzato come metodo di *shading* un semplice Gouraud, che restituisce una visualizzazione tridimensionale assai piatta.

Il possedere, infine, come condizione intrinseca il sistema tridimensionale già esposto ha spinto verso un sistema che potesse rendere conto sia della possibilità di lettura dello schema 2D, sia di riflettere le *adumbratio* palladiane che, in definitiva, erano l'unico ingrediente capace di permettere la lettura spaziale al suo sistema grafico.

Per questa ragione si è scelto di applicare ai modelli la tecnica di ombreggiatura Ambient Occlusion (AO) mediante procedura *render-to-texture*. L'AO è una tecnica, introdotta da Landis²⁷ e Bredow²⁸ al SIGGRAPH 2002 utilizzata per ottenere un effetto di *global illumination*, vale a dire come se l'oggetto fosse illuminato da un intero emisfero piuttosto che da un punto luce. Una serie di campioni di visibilità sono raccolti a partire dall'emisfero posto al di sopra di un punto e un valore scalare dell'AO è calcolato sulla base della percentuale di campioni non occlusi²⁹. Pertanto, la tecnica di AO misura quanto un punto su una superficie sia oscurato rispetto alla luce prove-

system was an intrinsic part of the project encouraged us to create a system which could portray a possible interpretation of the 2D diagrams, but also reflect Palladio's adumbratio which, if truth be told, was the only element capable of providing a spatial interpretation of his graphic system.

This is why we decided to apply the Ambient Occlusion (AO) shadowing technique to the models using a render-to-texture procedure. AO is a technique introduced by Landis²⁷ and Bredow²⁸ to the SIGGRAPH 2002; it is used to obtain a global illumination effect, in other words, to portray the object as if it were lit by a whole hemisphere and not a single light source. Several visibility samples were collected starting from the hemisphere located above a point; the scalar value of AO was calculated based on the percentage of non occluded samples.²⁹ As a result, the AO technique measures the degree of occlusion of a point on a surface compared to light coming from an external source. The average occlusion factor is calculated for every surface element, vertex or texel, and used to simulate the effect of self-shadowing. We accordingly pre-calculated the AO using a global illumination engine such as Mental Images, Mental Ray, or Cinema 4D, and applied it as texture. Further progress was made regarding the façades of the Venetian churches; the objects were represented as semi-transparent in order to emphasise, for example, the horizontal or vertical sections of the façades. This made the models not only independent objects, just like Palladio's drawings, but fully representative of one of his works, quite apart from the geodatabase. This is one reason why CISAAP authorised them to be used in other venues and not just the Palladio Museum. In fact, CISAAP has created a special section of the online database of the Palladian Media Library so that they can be accessed as single online artefacts.³⁰ Visitors who are interested can find them in that section.

1. www.cisapalladio.org.

2. Tsai 1997.

3. Beltramini 2002.

4. Gaiani, Beltramini, Burns 1998.

16/ Analisi plastica di Villa Chiericati (Vancimuglio di Grumolo delle Abbadesse).
Plastic model of Villa Chiericati (Vancimuglio di Grumolo delle Abbadesse).

5. Gaiani, Beltramini, Burns 2000.

6. Gaiani, Beltramini, Burns 2002.

7. Beltramini, Gaiani 2003.

8. Jones 2007.

9. Gaiani 2009.

10. The PALLADIOlibrary project is illustrated in Gaiani Marco, Beltramini Guido. Dalla grammatica palladiana alla Palladio Library: piccola storia del sistema comunicativo-informativo palladiano. In Gaiani, Beltramini 2012, pp.9-17.

11. Gaiani 2008.

12. The system is illustrated in: Apollonio et al. 2010.

13. Gaiani 2000.

14. Gaiani 2003.

15. By Fabrizio Ivan Apollonio

16. By Simone Baldissini.

17. The surveys were performed between 1960 (La Rotonda) and 1969 (Villa Saraceno). The campaign ran from 1979 to 1981, after the restoration of some of the villas and buildings.

18. Architettura di Andrea Palladio vicentino arricchita di tavole. Venice: Angiolo Pasinelli, 1740-1748.

19. Le fabbriche e i disegni di Andrea Palladio... Vicenza, 1776-1783.

20. Cfr. Borgherini et al. 2010.

21. Clini 2008.

22. Fangi 2007.

23. The method is illustrated, for example, in Apollonio 2011.

24. Cfr. for example Apollonio et al., 2011.

25. <<https://developers.google.com/kml/documentation/kmzarchives?hl=it-IT>>.

26. Cfr. Carpo 1998.

27. Landis 2002.

28. Bredow 2002.

29. Akenine-Möller et al. 2008.

30. <<http://mediateca.cisapalladio.org>>.



niente dall'esterno. Questo fattore di occlusione media è computato per ogni elemento di superficie, vertice o *texel*, e utilizzato per simulare l'effetto di auto-ombreggiamento.

In questo modo l'AO è stata pre-calcolata, con l'impiego di un motore di *global illumination* come Mental Images Mental Ray o Cinema 4D e poi applicata come *texture*.

Come ulteriore avanzamento, per le facciate delle chiese veneziane si è anche fatto in modo di rappresentare gli oggetti in semitrasparenza, ad esempio per mettere in evidenza sezioni orizzontali o verticali delle facciate.

Tale aspetto ha reso i modelli anche oggetti autonomi, al pari dei disegni di Palladio, interamente rappresentativi di una sua opera anche al di fuori del geodatabase e per questo il CISAAP ha deciso di consentirne una fruizione anche fuori dalla sede del Palladio Museum, predisponendo un'apposita sezione nella banca dati on-line della mediateca palladiana che li rende visitabili come artefatti singoli on-line³⁰. Il visitatore interessato li può trovare lì.

1. www.cisapalladio.org.

2. Tsai 1997.

3. Beltramini 2002.

4. Gaiani, Beltramini, Burns 1998.

5. Gaiani, Beltramini, Burns 2000.

6. Gaiani, Beltramini, Burns 2002.

7. Beltramini, Gaiani 2003.

8. Jones 2007.

9. Gaiani 2009.

10. Il progetto PALLADIOlibrary è descritto in Gaiani Marco, Beltramini Guido. Dalla grammatica palladiana alla Palladio Library: piccola storia del sistema comunicativo-informativo palladiano. In Gaiani, Beltramini 2012, pp. 9-17.

11. Gaiani 2008.

12. Il sistema è descritto in: Apollonio et al. 2010.

13. Gaiani 2000.

14. Gaiani 2003.

15. Realizzate da Fabrizio Ivan Apollonio

16. Realizzato da Simone Baldissini.

17. I rilievi risalgono al periodo compreso tra il 1960 (La Rotonda) e il 1969 (Villa Saraceno) e alla campagna condotta tra il 1979 e il 1981, successiva quindi ai lavori di restauro che hanno interessato alcune ville e palazzi.

18. *Architettura di Andrea Palladio vicentino arricchita di tavole*. Venezia: Angiolo Pasinelli, 1740-1748.

19. *Le fabbriche e i disegni di Andrea Palladio...* Vicenza, 1776-1783.

20. Cfr. Borgherini et al. 2010.

21. Clini 2008.

22. Fangi 2007.

23. La metodologia è descritta ad esempio in Apollonio 2011.

24. Cfr. ad esempio Apollonio et al. 2011.

25. <<https://developers.google.com/kml/documentation/kmzarchives?hl=it-IT>>.

26. Cfr. Carpo 1998.

27. Landis 2002.

28. Bredow 2002.

29. Akenine-Möller et al. 2008.

30. <<http://mediateca.cisapalladio.org>>.

References

- Abdul-Rahman Alias, Pilouk Morakot. 2008. *Spatial Data Modeling for 3D GIS*. Berlin: Springer-Verlag, 2008. ISBN: 978-35-4074-166-4.
- Akenine-Möller Tomas et al. 2008. *Real-Time Rendering*. Wellesley, MA: A.K. Peters, 2008³.
- Apollonio Fabrizio Ivan. 2011. Villa Contarini a Piazzola sul Brenta: studi per un'ipotesi di attribuzione palladiana servendosi di modelli tridimensionali. *Disegnare. Idee Immagini*. 42, 2011, pp. 42-55.
- Apollonio Fabrizio Ivan et al. 2010. An Integrated 3D Geodatabase for Palladio's Work. *International Journal of Architectural Computing*, 8, 2, 2010, pp. 107-129.
- Apollonio Fabrizio Ivan et al. 2011. Construction, Management and Visualization of 3D Models for Cultural Heritage GIS Systems. In *Digital Media and its Application in Cultural Heritage*. AMMAN: CSAAR Press, 2011, pp. 283-299.
- Apollonio Fabrizio Ivan et al. 2011. Metodi di modellazione per la costruzione del geodatabase palladiano. In *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*. Roma: Gangemi Editore, 2011, pp. 129-143.
- *Architettura di Andrea Palladio vicentino arricchita di tavole*. Angiolo Pasinelli, Venezia, 1740-1748.
- Beltramini Guido. 2002. The Multimedia CD-ROMs of the CISAP: A resource for the study of architectural history and for the scientific examination and promotion of the works of Palladio. In *VSM 2002 proceedings*. Kiwisoft, Seoul, 2002, pp. 791-799.
- Beltramini Guido, Burns Howard. 2008. *Palladio*. Venezia: Marsilio Editori, 2008. 426p. ISBN: 978-88-3179-522-7.
- Beltramini Guido, Gaiani Marco, a cura di. 2003. *Una metodologia per l'acquisizione e la restituzione dei giacimenti documentali dell'architettura. I materiali per lo studio di Andrea Palladio*. Milano: POLI.design, 2003. 410p. ISBN: 978-88-8798-133-9.
- Borgherini Maria Malvina et al. 2010. *Architettura delle facciate: le chiese di Palladio a Venezia. Nuovi rilievi, storia, materiali*. Venezia: Marsilio, 2010. 260p. ISBN: 978-88-317-9804-4.
- Bornaz Leandro, Dequal Sergio. 2003. A new concept: the solid image. *ISPRS International Archive*, XXXVI-5/C34, 1, 2003, pp. 169-174.
- Bredow Rob. 2002. RenderMan on Film. In *SIGGRAPH 2002 Course 16 notes, RenderMan in Production*, 2002.
- Carpo Mario. 1998. *L'architettura dell'età della stampa. Oralità, scrittura, libro stampato e riproduzione meccanica dell'immagine nella storia delle teorie architettoniche*. Milano: Jaca Book, 1998. 239p. ISBN: 978-88-1640-455-7.
- Cevese Renato, a cura di. 1973. *Mostra del Palladio*. Catalogo della mostra. Milano: Electa, 1973. 210p.
- Clini Paolo. 2008. Andrea Palladio. Per un catalogo critico dei rilievi. Storia e prospettive. In AA.VV. *Palladio 1508-2008 – Il simposio del cinquecentenario*. Venezia: Marsilio, 2008, pp. 405-412.
- De Luca Livio et al. 2007. A generic formalism for the semantic modeling and representation of architectural elements. *Visual Computer*, 23, 2007, pp. 181-205.
- De Luca Livio et al. 2010. An Iconography-Based Modeling Approach for the Spatio-Temporal Analysis of Architectural Heritage. In *Shape Modeling International proceedings*, 2010, pp. 78-89.
- Fangi Gabriele. 2007. The Multi-image spherical Panoramas as a tool for Architectural Survey. *ISPRS International Archive*, XXXVI-5/C53, 2007, pp. 311-316.
- Gaiani Marco. 2000. Strategie di rappresentazione digitale: modelli per la conservazione e il restauro. *Quaderni del Centro di Ricerche Informatiche per i Beni Culturali*, X, 2000, pp. 47-69.
- Gaiani Marco. 2003. Metodi per l'utilizzo di mondi virtuali per il supporto su Web al restauro architettonico e archeologico. In Maurizio Rossi, Paolo Salonia. *Comunicazione multimediale per i Beni Culturali*. Milano: Addison-Wesley, 2003, pp. 283-324.
- Gaiani Marco. 2008. Modelli di Palladio – modelli palladiani. In AA.VV., *Palladio 1508-2008 – Il simposio del cinquecentenario*. Venezia: Marsilio, 2008, pp. 396-400.
- Gaiani Marco. 2009. Sei punti per tre quesiti.... In Maurizio Unali. *New Lineamenta*. Roma: Edizioni Kappa, 2009, pp. 32-57.
- Gaiani Marco, Beltramini Guido, a cura di. 2012. *Palladio Lab - architetture palladiane indagate con tecnologie digitali*. Vicenza: CISAAP, 2012, pp. 9-17. 103p. ISBN: 978-88-8418-097-1.
- Gaiani Marco, Beltramini Guido, Burns Howard. 1998. *Andrea Palladio - Le ville*. Vicenza: CISAAP, 1998.
- Gaiani Marco, Beltramini Guido, Burns Howard. 2000. *Andrea Palladio. Il Veneto*. Vicenza: CISAAP, 2000.
- Gaiani Marco, Beltramini Guido, Burns Howard. 2002. *Palladio e Vicenza*. Vicenza: CISAAP, 2002.
- Jones Michael T. 2007. Google's Geospatial Organizing Principle. *Computer Graphics and Applications*, 27, 4, 2007, pp. 8-13.
- Landis Heitz. 2002. Production-Ready Global Illumination. In *SIGGRAPH 2002 Course 16 notes, RenderMan in Production*, 2002.
- *Le fabbriche e i disegni di Andrea Palladio ...* Vicenza, 1776-1783.
- Méndez-Feliu Àlex, Sbert Mateu. 2009. From obscurances to ambient occlusion: A survey. *The Visual Computer: International Journal of Computer Graphics*, 25 (2), 2009, pp. 181-196.
- Sass Larry. 2007. A Palladian construction grammar - design reasoning with shape grammars and rapid prototyping. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34, 2007, pp. 87-106.
- Shan Jie, Toth Charles K. 2009. *Topographic Laser Ranging and Scanning. Principles and Processing*. London: CRC Press. 2009. 590p. ISBN: 978-14-2005-142-1.
- Stiny George, Mitchell William J. 1979. The Palladian grammar. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 5, 1979, pp. 5-18.
- Toffalori Elena. 2010. E-Publishing Opportunities and 3D Repositories for Virtual Archaeology on the Web: a State of the Art 2010. In *Euromed 2010 – Short paper Proceedings*. Budapest: Archaeolingua, 2010, pp. 198-204.
- Tsai Daniel. 1997. The Palladio Web Museum. A Heterogeneous Database of Architecture and History. In *CAAD Futures 1997*, pp. 655-662.
- Zhukov Sergej, Inoes Andrej, Kronin Grigorij. 1998. An ambient light illumination model. In *Rendering Techniques '98*, 1998, pp. 45-55.

Carlo Bianchini, Gaia Lisa Tacchi

Il Rilievo come Sistema di Conoscenza: la Casa dei Cavalieri di Rodi Survey as a Knowledge System: the House of the Knights of Rhodes

The study and interpretation of so-called Archaeological Architecture is normally a very difficult task: it usually involves rather stratified and often heavily restored configurations, the end result of years of alterations. Surveys are one of the best ways to comprehensively examine the nature of these artefacts because surveys can not only place them in context, but can also further clarify the sequence of these transformations based on key input provided by iconographic and bibliographic documents about the building. The House of the Knights of Rhodes in the Forum of Augustus as we see it today is the result of centuries-old stratifications, and is indeed emblematic: nevertheless, we do not have up-to-date, well-organized documentation about the House. The partial studies of its important and significant archaeological position in the Imperial Forums have recently taken on new meaning thanks to fresh excavation campaigns. In turn this has led to the launch of several studies on the whole complex.

Key words: integrated survey, architectural complexes, survey, archaeological documentation.

General issues

In recent years the debate has raged over the many changes sparked by the so-called 'digital revolution' and the enormous impact these changes have had on all representation disciplines. After accessing this long period of research and experimentation during a recent UID conference, we set ourselves a goal: to systematically update our Disciplinary Scientific Sector.¹ During our commitment we discovered that survey disciplines (i.e., the technical and operational procedures used to understand material elements) not only proved to be very dynamic and ready to use and re-elaborate new technologies, but also displayed a marked penchant for critique and dialogue with other very different scientific disciplines. An excellent example of this state of affairs is the study of the House of the Knights of Rhodes in the Forum of Augustus. Although rooted in the sector of survey, the study progressed thanks to important multidisciplinary contributions from the world of archaeology and architecture,² and will now be able to provide reliable data for further studies on this famous monument. Before describing the project and presenting some of the results,³ it's important to remember the overall aim of the study: to demonstrate the potential of integrated scientific survey in the

Lo studio e l'interpretazione della cosiddetta Architettura Archeologica è generalmente un compito difficile: essa mostra configurazioni piuttosto stratificate e spesso pesantemente restaurate, risultato di secoli di interventi. Il rilievo rappresenta uno dei maggiori strumenti per investigare in profondità la natura di tali artefatti in virtù della sua attitudine a metterli in luce relazionati nel loro contesto e della possibilità di rendere maggiormente comprensibile la sequenza delle diverse trasformazioni, con il fondamentale apporto della documentazione esistente sull'edificio, iconografica e bibliografica. La consistenza attuale della Casa dei Cavalieri di Rodi al Foro di Augusto è il risultato di una stratificazione millenaria, rappresentando un caso di studio emblematico; tuttavia di essa non esiste una documentazione recente e sistematica. Gli studi parziali sulla sua parte archeologica, integrante e rilevante dei Fori Imperiali, hanno negli ultimi anni ricevuto un nuovo significativo impulso da alcune recenti campagne di scavi, stimolando una ripresa degli studi sul complesso nella sua interezza.

Parole chiave: rilevamento integrato, complessi architettonici, rilievo, documentazione archeologica.



Questioni generali

Si è molto discusso negli ultimi anni dei molteplici cambiamenti innescati dalla cosiddetta "rivoluzione digitale", che hanno profondamente influenzato tutte le discipline della Rappresentazione. In un recente Convegno UID si è cercato di tracciare un bilancio di questo lungo periodo di ricerca e sperimentazione con l'obiettivo dichiarato di avviare un sistematico aggiornamento del nostro Settore Scientifico Disciplinare¹.

In questo processo le discipline abbracciate con il termine *rilievo* (ossia quel *corpus* teorico-operativo mediante il quale si tende alla conoscenza degli elementi materiali) si sono rivelate particolarmente dinamiche dimostrando particolare prontezza nell'accogliere e rielaborare le innovazioni tecnologiche e spiccata capacità critica e di dialogo con altre discipline scientifiche anche piuttosto lontane. È dunque in questo quadro che va inserito lo studio della Casa dei Cavalieri di Rodi al Foro di Augusto che qui presentiamo: un'esperienza certamente centrata nel settore del *rilievo* che tuttavia si è evoluta e consolidata grazie a contributi multidisciplinari non trascurabili sia nel campo archeologico che in quello architettonico² e che sarà in grado di fornire dati affidabili per ulteriori studi su questo noto edificio.

Prima di descrivere in dettaglio le fasi e alcuni prodotti della ricerca³, è opportuno ricordare l'idea generale da cui essa ha preso le mosse: dimostrare le potenzialità del *rilievo scientifico integrato* nello studio delle *architetture complesse*.

La Casa dei Cavalieri di Rodi risulta infatti un sistema spaziale, costruttivo e artistico talmente stratificato e interconnesso da apparire

1/ *Pagina precedente*. La Casa dei Cavalieri di Rodi inserita nel contesto archeologico forense. In primo piano la via Alessandrina, asse principale della lottizzazione cinquecentesca demolita durante gli "scavi di liberazione" dei Fori.

Previous page. *The House of the Knights of Rhodes in the archaeological context of the Forums. In the foreground, Via Alessandrina, the main road built during the sixteenth-century allotment plan demolished during the 'freedom excavations'.*

2/ *Pagina precedente*. La struttura muraria della Casa, complessa e eterogenea, esprime la stratificazione delle fasi

costruttive che l'hanno compiuta, mostrando al contempo le qualità formali dei diversi progetti ideativi.

Previous page. *The complex heterogeneous wall structure of the House reveals the stratification of the various building stages and also the formal qualities of the different design projects.*

3/ Elaborato dal rilievo eseguito da Italo Gismondi nel 1930 della Casa di Rodi e del Foro di Augusto. Pianta al livello del quadriportico (Buzzetti, Gismondi 1985).

Drawings based on the survey of the House of the Knights of Rhodes in the Forum of Augustus by Italo Gismondi in 1930.

Plan at the level of the four-sided portico and longitudinal section (Buzzetti, Gismondi 1985).

4/ Realizzazione della topografia generale dell'edificio a partire dal primo test di rilevamento. La topografia d'appoggio delle prime scansioni è stata la base di partenza della poligonale complessiva.

The general topography of the building based on the first survey test. The support topography of the first scansioni was used as a basis for the overall polygon.



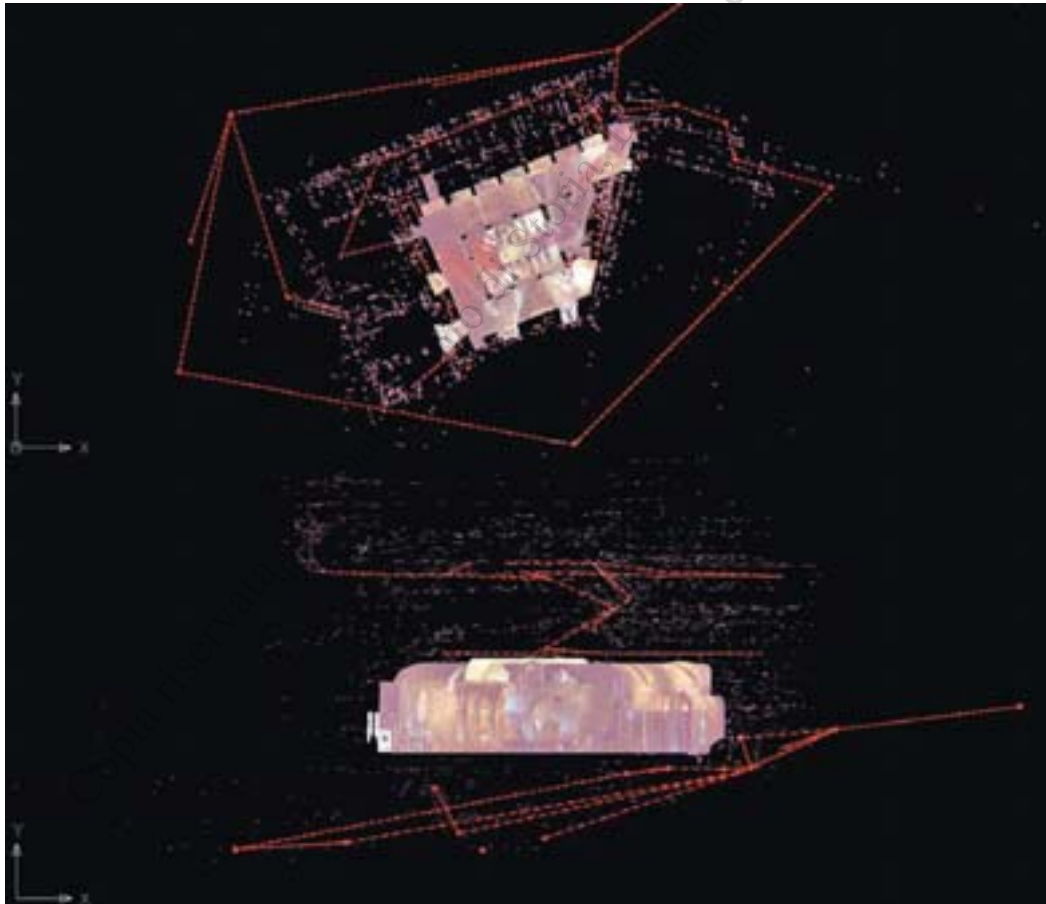
praticamente irriducibile in termini di forma e quindi *complesso* (secondo un'accezione più vicina alla Fisica che al linguaggio comune) (figg. 1, 2). Tutti i tentativi di districare questo groviglio tridimensionale si sono di fatto scontrati su questo scoglio sia per la mancanza oggettiva di attrezzature idonee, ma sia soprattutto a causa di una scarsa integrazione tra le tecnologie disponibili. La nostra ricerca, ben lungi dall'essere definitiva, ha tuttavia dimostrato come un rilievo scientifico e integrato possa contribuire in maniera non secondaria alla costruzione di quel Sistema di Conoscenza che, ospitando in forma sistematica informazioni di varia natura, consente di affrontare anche i problemi più complessi. Prova ne sia l'impulso che questo nuovo studio ha impresso alle attività multidisciplinari di ricerca, che cominciano a giovare realmente non solo dei nuovi dati ma anche delle nuove forme di interazione tra database diversi⁴.

study of complex architectural artefacts.

Since the House of the Knights of Rhodes is an extremely stratified and interconnected artistic and architectural spatial system, it's practically impossible to portray its extremely complex form (more in the physics sense of complex than in our everyday parlance) (figs. 1, 2). All attempts to unravel this three-dimensional knot have been thwarted by this hurdle, either due to the lack of suitable equipment, or above all due to the fact it was not easy to combine and jointly use available technologies.

Although still incomplete, our study has shown how an integrated scientific survey can input important data into the creation of a Knowledge System which can tackle even the most complex problems by merging different kinds of data. Proof lies in the way the study boosted multidisciplinary researches which have begun to successfully exploit not only the new data, but also new forms of interaction between different databases.⁴

We all know what an integrated scientific survey is: a process divided into three major stages (Data Acquisition; Data Selection; Data Interpretation) and characterised by several mutually interconnected actions (abstraction of real forms thanks to the creation of a geometric model; optimised application of several acquisition technologies; objectivisation of the data).⁵ The study of the House of the Knights of Rhodes used this programmatic framework; its prime objective was to understand how the building evolved from the first nucleus to its current configuration. This involved integrated forms of data collection and integrated data representation methods which could compare what was 'read' directly on the building with data from several bibliographic, archival or iconographic documentary sources. The history of the House dates back well over 2000 years. While construction probably began during the Late Republic, it then underwent several important structural alterations due to town-planning interventions and changes to other buildings in the Imperial Forums.⁶ It reached its intermediate form during the Renaissance,⁷ only to be modified again in modern times. The gradual development of the site and the addition of many buildings only slowed down when the



5/ Rilievo geometrico. Restituzione della metodologia di rilevamento attuata: topografia, pianta al livello del quadriportico.

Geometric survey. Restitution of the chosen survey method: topography, plan at the level of the four-sided portico.



Forums were excavated in the 1930s; the process finally ended when buildings next to the house were demolished.⁸ The only systematic attempt to provide comprehensive information about the building, i.e., the survey by Italo Gismondi in 1930⁹ (fig. 3), was performed during this period, just before the extensive restoration project implemented by Guido Fiorini.¹⁰

Data acquisition: the survey method

The survey project included data from a previous survey campaign of part of the building: the Late Republican four-sided portico, now the Chapel of St. John. The data from the previous campaign included a laser scan on a topographical support used to record the points cloud¹¹ (fig. 4). By exploiting this topographic data we built an external, closed, and compensated polygon. The spatial reference in absolute coordinates of the topographical datum points was established by using a GPS system to measure several known points (fig. 5). The survey of the House was based on this system; by including the archaeological area of the Imperial Forums we were able to establish the main wall alignments. The extremely reliable mesh of points¹² allowed us to integrate the other data obtained using different techniques, such as 3D laser scans, photomodelling, and digital

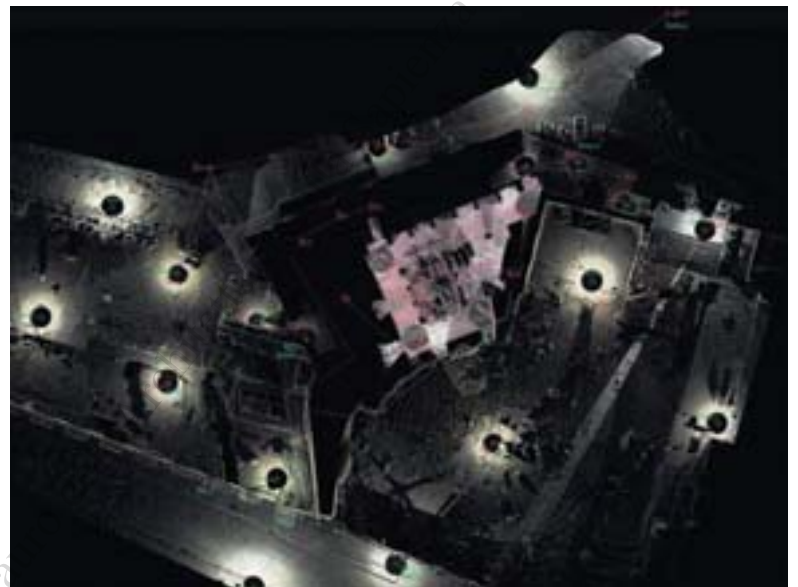
Che cosa si intenda per *rilievo scientifico integrato* è ormai chiaro: un processo articolato in tre fasi principali (Acquisizione dei dati; Selezione dei dati; Interpretazione dei dati) e caratterizzato da alcune tendenze mutuamente intrecciate (astrazione delle forme reali mediante la costruzione del modello geometrico; applicazione ottimizzata di più tecnologie di acquisizione; oggettivizzazione dei dati utilizzati)⁵.

Lo studio della Casa dei Cavalieri di Rodi si è sviluppato dunque all'interno di questo quadro programmatico, avendo come obiettivo specifico la comprensione dell'edificio nel suo evolversi dalla costruzione del primo nucleo fino alla configurazione odierna. Ciò ha implicato, oltre a forme integrate di raccolta delle informazioni, anche *modalità* integrate di rappresentazione dei dati, capaci cioè di mettere in relazione quanto "letto" direttamente sull'edificio con le informazioni derivanti dalle diverse fonti documentarie di tipo bibliografico, archivistico o iconografico.

La storia della Casa attraversa d'altronde ben più di due millenni: inizia con ogni probabilità in età tardorepubblicana e prosegue, subendo diversi importanti interventi di tipo strutturale e urbanistico in relazione agli edifici dei Fori imperiali⁶, raggiungendo una configurazione intermedia in età rinascimentale⁷ che verrà poi modificata in modo sostanziale in epoca moderna. Si è trattato in effetti di un processo di

6/Rilievo geometrico. Restituzione della metodologia di rilevamento attuata: scansioni laser, pianta al livello del quadriportico.

Geometric survey. Restitution of the chosen survey method: laser scan, plan at the level of the four-sided portico.



progressivo addensamento edilizio del sito che ha arrestato il suo corso solo per effetto dei lavori di liberazione dei Fori degli anni Trenta del XX secolo, culminati con la demolizione delle strutture adiacenti alla Casa⁸.

Si colloca proprio in questa fase il solo sistematico tentativo di restituire una conoscenza complessiva dell'edificio, ossia il rilievo condotto da Italo Gismondi nel 1930⁹ (fig. 3) immediatamente prima dei grandi restauri di ricomposizione realizzati da Guido Fiorini¹⁰.

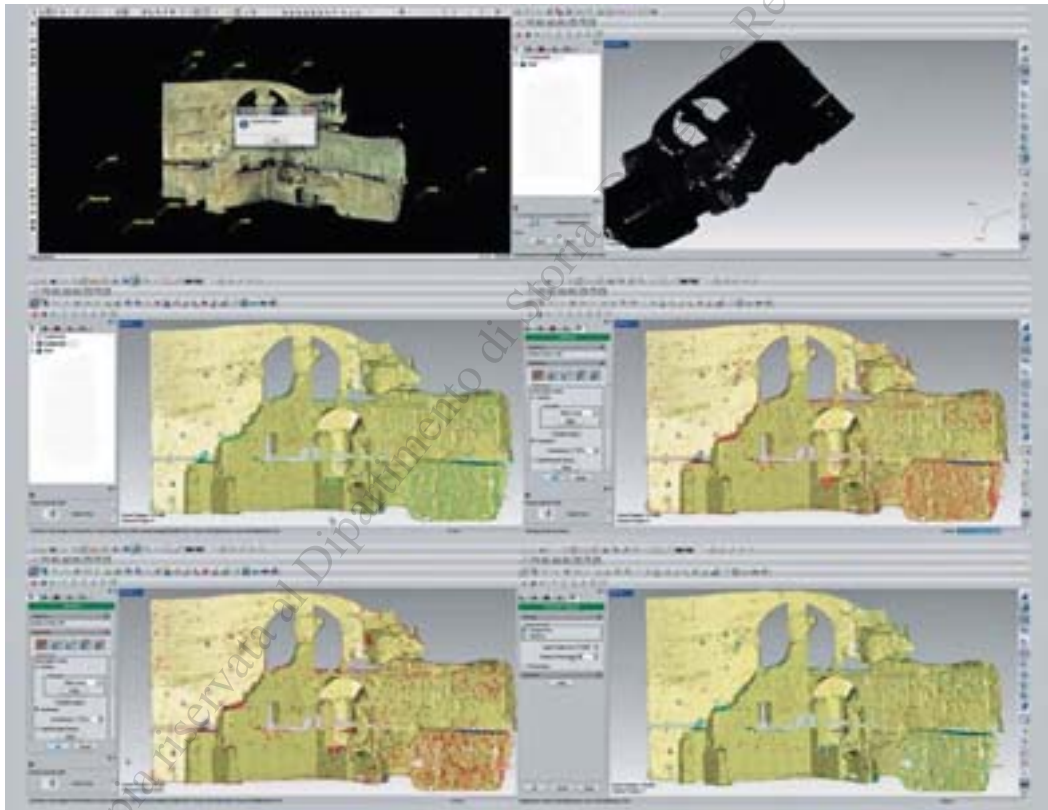
Acquisizione dei dati: la metodologia di rilievo

Il progetto di rilievo ha incluso i dati acquisiti in una campagna di rilevamento già effettuata sulla parte dell'edificio relativa al quadriportico tardo-repubblicano, oggi Cappella di San Giovanni; si tratta di scansioni laser su una topografia d'appoggio, utile alla registrazione delle nuvole di punti¹¹ (fig. 4). A partire dunque dai capisaldi topografici preesistenti è stata costruita la poligonale esterna, chiusa e compensata. Il riferimento spaziale in coordinate assolute dei punti topografici è stato realizzato attraverso la misurazione di alcuni punti noti con il sistema GPS (fig. 5).

Il rilievo della Casa è stato dunque impostato su questo sistema generale che, comprendendo anche l'area archeologica dei Fori Imperiali, ha reso possibile l'individuazione dei principali allineamenti murari. Questa maglia di punti alta-

7/ Immagine della nuvola di punti sezionata. Appare evidente come le scansioni eseguite con differenti strumenti e parametri di scansione possano avere una densità diversa. *The sectioned points cloud showing how the scansions taken using different tools and scansion parameters can produce different densities.*

8/ Modellazione delle parti morfologicamente complesse eseguita a partire dalla nuvola di punti da assemblare nel modello generale. Prospetto domiziano con struttura traiana addossata (Software Cyclone e Geomagic). *Modelling of the morphologically complex parts based on the points cloud to be assembled in the general model. Domitian elevation with the Trajan structure resting against it (Software Cyclone e Geomagic).*



mente affidabile¹² ha consentito l'integrazione degli altri dati acquisiti con tecniche diverse, quali scansioni laser 3D, fotomodellazione e ortofotografia digitale. La diversificazione delle

tecniche si è d'altronde rivelata come lo strumento più redditizio per il rilevamento dei vari organismi in cui spesso strutture morfologicamente semplici e lineari si accostano ad altre

orthophotography. The use of diversified techniques has shown itself to be the best tool with which to survey artefacts which often have morphologically simple and linear structures, as well as others which are much more complex. Laser scansion data was the most helpful; it allowed us to study, measure and rebuild the extremely complex surface of the architectural artefact and provide the level of precision and accuracy required by the scope of the study. Furthermore, the enormous amount of data provided by rapid-acquisition scansions allowed us to control the metric measurements of almost the entire archaeological site for which we had extensive but unverified graphic documentation (figs. 6, 7).

The 3D acquisition campaign was designed to obtain points clouds which were already oriented and united: in fact the scanner was used in 'topographic mode', i.e., by inserting, one by one, the coordinates of the main topographic datum points into the instrument, and then recreating the direction angle based on special targets positioned on known points of the known topographic network. This scanning method allowed us to measure the new topographical datum points which for logistical reasons had not been previously surveyed with a total station.

Data selection and representation

The concept of building phases, of additions and subtractions, is part of a complex organism: as a result, any alteration which has not been eliminated, falsified, or obliterated is still present. A building is renewed each time functional or structural changes turn it into a new unit with new relationships with its surroundings. The question we asked ourselves was: how we could understand, represent, and communicate this architectural system? In short, we adopted a two-step procedure: first, the creation of two-dimensional models to compare the existing survey iconography; second, the use of survey data to create a three-dimensional model which could represent and communicate the results of this cross-referenced analysis. The latter stage extensively exploited numerical models¹³ which provide not only more freedom in the definition of morphologically complex forms not based on

9/ Fase tardo repubblicana/augustea. Traduzione sul rilievo attuale delle considerazioni svolte nel tempo dagli studiosi riguardo alle fasi costruttive dell'edificio (Buzzetti, Gismondi 1985; Lamboglia 1995).

Late Republican/Augustan period. Insertion in the current survey of the considerations by the scholars who focused on the building stages of the construction (Buzzetti, Gismondi 1985; Lamboglia 1995).

primitive geometric shapes (fig. 8), but also in the processing of data either from the 3D scan or photomodelling. The two-dimensional drawings (and the ones from the nineteenth-century Urban Cadastre and old photographs) allowed us to compare current results with the studies produced by contemporary scholars who during different chronological periods focused on the House of Rhodes: the scholars include Italo Gismondi, Guido Fiorini and Roberto Meneghini. We were able to highlight the still unsolved issues in the hypothetical reconstructions by not only superimposing the graphics, but also by verifying the alignments and, above all, the problems of interconnection between the buildings, clearly shown in the 3D reconstruction.

Models of the various building stages

As mentioned earlier, the building was constructed in stages: nevertheless, we decided that the extensive documentation from just a few historical periods was enough to be able to try and review the changes which turned the building into what it is today. Our work is based on the data collected over the years by several scholars, and by confirmation of this data thanks to our interpretation of the wall surfaces and the visible remains of the archaeological ruins. The planimetric reconstruction and establishment of the level of the old site are useful tools for future studies because the stratigraphical interpretation of the land and signs on the walls allowed us to verify several relationships which could hitherto only be theorised. We were able to establish the main construction stages and create a simplified three-dimensional model for each building; our aim was to understand which stages were the most important.

Late Roman Republic and Augustan period. The first stage is associated with the construction of the first nucleus, i.e., the four-sided travertine marble portico open in the middle (well-preserved in situ and currently inside the House), and the land support structures, including the structures of the Forum of Augustus¹⁴ (fig. 9). Note how difficult it is to connect the original structures

estremamente complesse. I dati provenienti dalle scansioni laser hanno permesso più di altri di indagare, misurare e ricostruire l'estrema articolazione superficiale dell'organismo architettonico assicurando un livello di accuratezza del tutto compatibile con le finalità del lavoro intrapreso. Inoltre, proprio grazie alla velocità di acquisizione, la mole di dati ottenuta attraverso le scansioni ha permesso un controllo metrico della quasi totalità del sito archeologico del quale si aveva a disposizione una consistente ma non verificata documentazione grafica (figg. 6, 7).

La campagna di acquisizione 3D è stata progettata in modo da ottenere nuvole di punti già orientate e unite tra di loro: lo scanner in-

fatti è stato utilizzato in “modalità topografica”, ossia impostando di volta in volta nello strumento le coordinate dei capisaldi topografici e ricostruendo l'angolo di direzione a partire da appositi target posizionati su punti noti della rete topografica già nota.

L'uso dello strumento secondo questa modalità ha permesso di misurare anche nuovi capisaldi che, per motivi logistici, non era stato possibile rilevare precedentemente con la stazione totale.

Selezione e rappresentazione dei dati

Un organismo complesso contiene in sé il concetto di fasi costruttive, di addizioni e sot-



10/ Fase domiziana. Appartenenti a questa fase sono ancora visibili lo spesso muro e le grandi esedre che probabilmente all'epoca di Domiziano affacciavano su una piazza. In alto un disegno ricostruttivo della scala di Gismondi (Buzzetti, Gismondi 1985; Meneghini 2009).

Domitian period. It is still possible to see the thick wall and the large exedra from the Domitian period which probably gave onto a square. Above: a drawing based on the scale used by Gismondi (Buzzetti, Gismondi 1985; Meneghini 2009).

11/ Un disegno tridimensionale ricostruttivo di Italo Gismondi del 1930 della parete domiziana con ipotesi di svolgimento della scala monumentale (Buzzetti, Gismondi 1985; Meneghini 2009).

A three-dimensional reconstruction drawing by Italo Gismondi in 1930 of the Domitian wall showing the hypothetical position of the monumental staircase (Buzzetti, Gismondi 1985; Meneghini 2009).

trazioni di edificato: tutte le trasformazioni che non siano state eliminate, falsificate e obliterate sono dunque presenti. Esso ha inoltre la caratteristica di ricostituirsi a ogni modificazione costruttiva e funzionale in un nuovo *unicum*, contraddistinto da nuove relazioni con il tessuto adiacente. Si è posta dunque la questione di come comprendere, rappresentare e comunicare questo particolare sistema architettonico.

Il procedimento su cui si è operato è sintetizzabile in due fasi: produzione di modelli bidimensionali utili per il confronto con l'iconografia di rilievo esistente; costruzione, sulla base dei dati di rilievo, di un modello tridi-

mensionale adatto alla rappresentazione e comunicazione dei risultati dell'analisi incrociata svolta. Quest'ultima fase si è avvalsa massicciamente di modelli numerici¹³ che consentono sia una maggiore libertà nella definizione delle forme morfologicamente complesse non riconducibili a primitive geometriche (fig. 8), sia di elaborare dati acquisiti indifferentemente con la scansione 3D o la fotomodellazione.

Gli elaborati bidimensionali (insieme ai grafici provenienti dal Catasto Urbano ottocentesco e le foto storiche) hanno consentito invece un confronto tra le risultanze attuali e le analisi prodotte nel tempo dagli studiosi che



to the new ones. Domitian period. During this next stage a thick wall was added to the four-sided portico. Most of the vertical part of this wall, the so-called Domitian terrace, is still standing and can be dated with reasonable accuracy. While outwardly flat, the wall actually conceals a rather radical change in the alignment of the plan. Even if in a less geometrically accentuated form, this alteration was identified by Gismondi. However, scholars have not paid this element the attention it deserves, perhaps because the difference in alignment is not very significant (figs. 10, 11, 12). A more in-depth and detailed contemporary study may be able to clarify the reason for this misalignment perhaps due to building problems or interconnection between the buildings; in any case, the misalignment had little to do with the design of a high elevation on a flat wall. It is very likely that the wall was meant to act as a backdrop to a monumental square: the two semicircular niches, the upper and lower one with a quadrangular plan and adjacent monumental staircase (closed at the end by a wall from another period), were meant to lead to the inner areas of the four-sided portico. In actual fact, the wall from the Domitian period is not entirely visible in the elevation: some parts, such as the large lower niche, are hidden by the structures leading to Trajan's Forum. In fact these structures were propped against the niche in later years. Obviously, it's difficult to survey something that cannot be seen. By processing

12/ Analisi dell'andamento in pianta della parete domiziana. Individuazione di cerniera e rotazione della parete. Confronto tra le piante alle differenti quote del nuovo rilievo e la pianta di Gismondi del 1930.

Analysis of the plan of the Domitian wall. Identification of the hinge and rotation of the wall. Comparison between the plans at different levels of the new survey and Gismondi's 1930 plan.

the points cloud, as we did the flat surface, we were able to create sections which might have screened protruding parts and reveal what might be hidden underneath. This allowed us to present a theoretical reconstruction reflecting the original layout of the openings. Although it is a simplified simulation, it takes into account the studies by Roberto Meneghini and Riccardo Santangeli Valenziani who focused on this part of the building for many years.¹⁵ Trajan period. During this period the conformation and function of the architectural elements changed radically: in fact, the great wall acts as a backdrop and is partially covered by the new buildings erected against it (fig. 13). Late Ancient and Medieval period. Many doubts remain about the Late Ancient and Medieval period of the building and its surroundings. The level of the ground gradually rose by several metres, and the initial nucleus of the House of Rhodes was partially dedicated to other functions.

Renaissance period. The process which was to turn the House of the Knights of Rhodes into what we see today began in the early fifteenth century; it was launched and sponsored primarily by several cardinals associated with the Order of the Knights of Rhodes.¹⁶ In particular, the works by Marco Barbo radically changed the structure of the building and its relationship with the site, of which it was an integral part. The level of the ground was raised, hiding part of the old structures. A loggia was added to the building, making it taller and creating an important visual relationship with the exterior environment. In some ways this contradicts the original layout of the building which had so far depended more on the inner open courtyard, for centuries the hub and focal point of the structure. The entrance no longer led from the road to the four-sided portico, but from the area of the Forum directly to the hall of the House; traces of this outdoor staircase are still visible and some of it was preserved during Fiorini's restoration project. This allowed us to identify the exact point where the staircase began its ascent. The 3D model visualises the different relationship with the site created by this new situation which in some ways had nothing to do with the contemporary construction work

in epoche diverse hanno studiato la Casa di Rodi. Tra questi emergono Italo Gismondi, Guido Fiorini e Roberto Meneghini. La sovrapposizione dei grafici, la verifica degli allineamenti e soprattutto i problemi di interconnessione tra un volume e l'altro chiaramente delineati nella ricostruzione 3D hanno messo in evidenza i nodi irrisolti nelle diverse ipotesi ricostruttive.

Il Modello per fasi

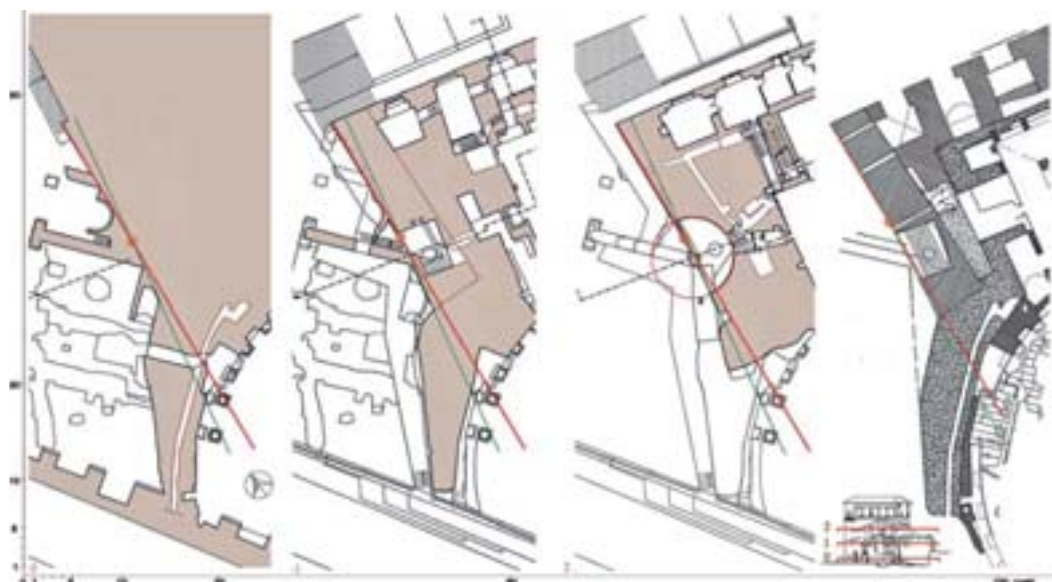
Le fasi costruttive dell'edificio, come si è detto, sono molteplici; tuttavia l'inquadramento delle poche epoche di cui si possiede esauriente documentazione sembra sufficiente per provare a sintetizzare le trasformazioni che hanno dato luogo all'edificio attuale. Le informazioni scaturiscono dunque dalle conoscenze acquisite nel tempo da parte dei vari studiosi e dalla loro conferma attraverso la lettura delle superfici murarie esistenti e dei resti delle strutture archeologiche ancora visibili. La ricostruzione planimetrica e la definizione delle quote del sito antico costituiscono un supporto utile per i successivi approfondimenti, in quanto la lettura stratigrafica del terreno e dei segni sulle strutture murarie permette di confermare alcune relazioni precedentemente soltanto ipotizzabili.

In questo quadro è dunque possibile delineare la sequenza delle fasi costruttive fondamentali dell'edificio e per ciascuna di esse è

stato realizzato un modello tridimensionale semplificato con l'obiettivo di comprendere i passaggi evolutivi più significativi.

Fase tardo-repubblicana e augustea. La prima fase individuata è quella legata alla nascita del nucleo iniziale, ossia del quadriportico, aperto al centro, in blocchi di travertino (ancora ben conservato in situ e attualmente all'interno della Casa) con le strutture di sostegno del terreno, a cui si sommano le strutture del Foro di Augusto¹⁴ (fig. 9). Si nota subito come risulti difficile connettere le strutture originarie con quelle nuove.

Fase domiziana. La fase successiva è quella nella quale alla struttura del quadriportico si aggiunge uno spesso muro, in gran parte ancora conservato in elevato, datato con sostanziale certezza: la cosiddetta "terrazza domiziana". Si tratta di una parete apparentemente piana, ma che in realtà presenta un sensibile cambio di allineamento in pianta: elemento d'altronde messo in evidenza, anche se in forma geometricamente meno accentuata, già da Gismondi ma al quale non è stata riservata attenzione particolare da parte degli studiosi forse proprio a causa dell'esiguità dello scostamento (figg. 10, 11, 12). Un'analisi più approfondita e di dettaglio, attualmente in corso, potrebbe quindi chiarire le ragioni di tale disallineamento forse causato da problemi costruttivi o di interconnessione tra i volumi e comunque piuttosto distante dall'idea di un

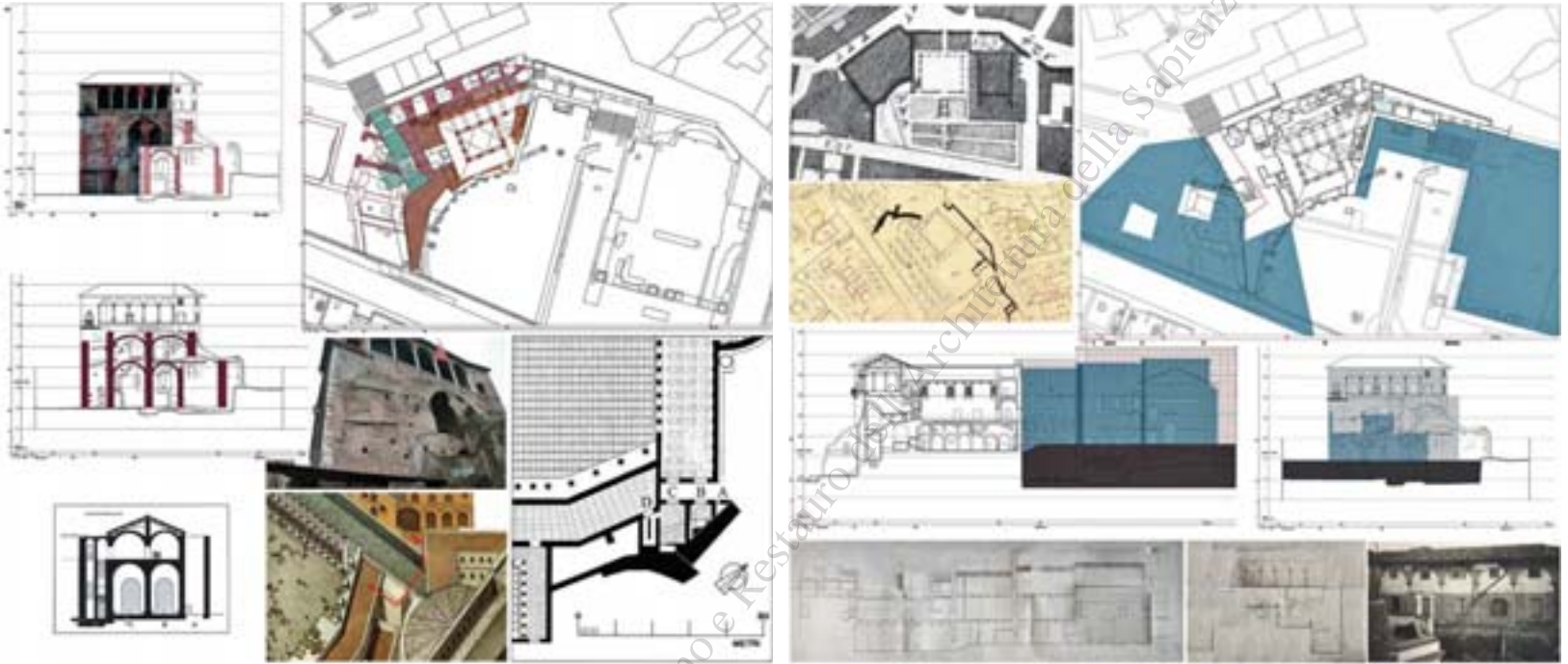


13/ Fase traianea. Confronto tra il rilievo attuale e le ricostruzioni degli studiosi: la collocazione dell'impronta delle strutture non più esistenti sul prospetto attuale e la conferma delle ipotesi di lettura (Meneghini 2009).

Trajan period. Comparison between the current survey and the reconstruction by the scholars: traces of the structures no longer present along the current façade and confirmation of the hypothetical interpretation by Meneghini (2009).

14/ Fase post rinascimentale e moderna. Risulta evidente un addensamento edilizio in adiacenza alla Casa, per la quale il Convento della SS. Annunziata ha previsto un uso intensivo degli spazi (Leoni, Margiotta 2007).

Post-renaissance and modern period. Images showing the increase in the number of buildings near the House; these buildings were extensively exploited by the Convent of the Holy Annunciation (Leoni, Margiotta 2007).



prospetto alto su parete piana. Con ogni probabilità tale parete doveva fungere da sfondo per una piazza con caratteristiche monumentali: le due nicchie semicircolari, quella superiore e quella inferiore a pianta quadrangolare con annessa scala monumentale (chiusa adesso in fondo da un muro appartenente ad altra epoca) che doveva condurre agli spazi interni del quadriportico. In realtà, la parete domiziana non è visibile interamente nel prospetto: alcune sue parti, come la grande nicchia inferiore, sono infatti nascoste dalle strutture di connessione con il nuovo Foro di Traiano ad essa appoggiate in epoca successiva; e ciò che è di difficile osservazione è chiaramente il complesso anche da rilevare. Il processo di elaborazione della nuvola di punti, come si è già visto a proposito della planarità, permette anche in questo caso di realizzare delle sezioni che possono nascondere oggetti e mettere in evidenza ciò che sarebbe nascosto così da presentare un'ipotesi ricostruttiva che rispecchi l'andamento originale delle aperture. La simulazione, seppur semplificata, tiene conto delle ricerche di Roberto Meneghini e Riccardo Santangeli Valenzani che si sono occupati lungamente di questa fase dell'edificio¹⁵.

Fase traianea. Nella fase successiva di epoca traianea cambiano notevolmente la conformazione e la funzione degli elementi architettonici: la grande parete fa infatti da sfondo e viene parzialmente coperta dai nuovi corpi di fabbrica che vi si addossano (fig. 13). *Fase tardo-antica e medievale.* Rimangono molti dubbi sulla fase tardo-antica e medievale dell'edificio così come del complesso circostante. Gradualmente il livello del terreno si alza di diversi metri e le strutture antiche, così come il nucleo iniziale della Casa di Rodi, vengono in parte abbandonate e riutilizzate con differenti funzioni.

Fase rinascimentale. Fin dal primo Quattrocento ha però inizio il processo edilizio che trasformerà la Casa dei Cavalieri di Rodi nello stato attuale e che è avviato e sostenuto soprattutto da alcuni cardinali legati all'ordine dei Cavalieri¹⁶. In particolare, con i lavori di Marco Barbo l'edificio viene fortemente modificato nella sua struttura e nei rapporti con il sito di cui fa parte integrante. Il livello del terreno viene rialzato nascondendo parte delle strutture antiche. La struttura emerge con la costruzione della loggia creando così anche un importante rapporto visuale con l'esterno

ongoing on the complex of St. Basil. It also highlights several functional links and visual relationships. Post-renaissance and modern period. *During the next stage the House was occupied by the nuns of the Holy Annunciation. The convent incorporated the church of St. Basil (built in the Middle Ages on the podium of the Temple of Mars Ultor) which probably already communicated with the House through other annexes. The House became part of a much bigger complex and its structure was radically revised; its function and connection to other buildings changed and its rooms were divided both horizontally and vertically to accommodate the large number of inhabitants which had come to live there (intermediate floors were even built in the loggia, and the arches were plugged). The 3D reconstruction of the site underscores and 'concretises' the visual and physical relationships between the House – which tends to disappear – and the adjacent urban fabric which instead tends to engulf it (fig. 14). At this point the architecture changed from being an important part of the landscape to being a more or less anonymous part of the urban fabric. This was its status just before*

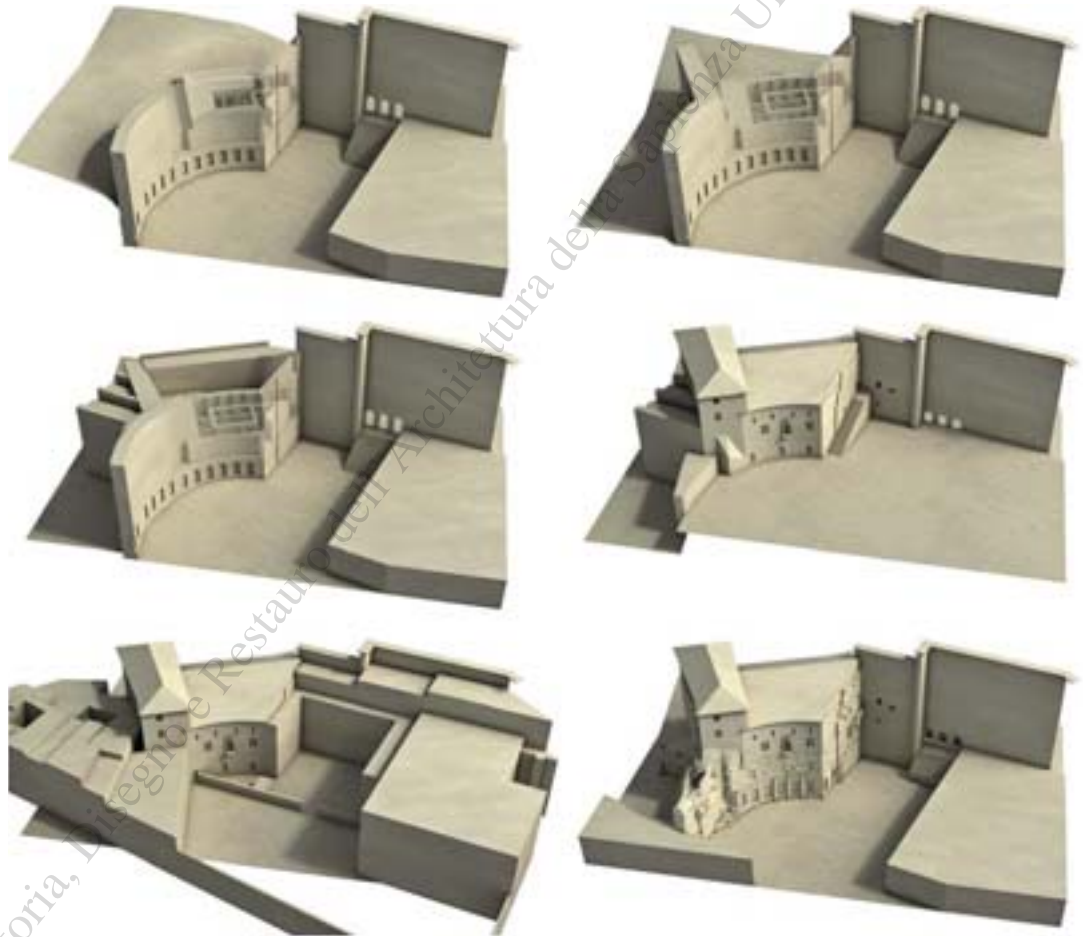
15/ 16/ La ricostruzione delle fasi evolutive dell'edificio sulla base delle conoscenze acquisite attraverso un modello tridimensionale di sintesi. La lunga storia dell'edificio è stata ricondotta a poche fasi salienti, quelle che hanno contribuito in modo evidente a una trasformazione sostanziale dell'organismo architettonico.

Reconstruction of how the building developed based on information provided by the three-dimensional model. The long history of the building has been condensed and only the most important stages are visible here; the models show how considerable changes were made to the House during these stages.

excavation work began on the Forums in 1924, a project which has provided us with extensive photographic documentation.¹⁷ The three-dimensional model shows a simple, schematic and basic form of the dense volumes (the formal appearance of which we were unable to ascertain); rather than being a reconstruction of the architectural configuration of the volumes, the model bears witness to its position in space. Contemporary period. The House of the Knights of Rhodes was saved from demolition and restored thanks to a project by Guido Fiorini who in 1946, as mentioned earlier, tried to restore its most characteristic appearance, in other words, the Renaissance design by Marco Barbo. The project turned the House into a 'new' stratified building very different to what building looked like during the Renaissance, or during any other period for that matter. During this period the building undoubtedly became the most complex it had ever been: in fact, elements from different periods are reassembled in an attempt to recreate a unitary architecture. To a certain extent, this made comprehension of the various stages of the outer walls more difficult, but it also brought to light the many different elements which have been part of this building for over 2000 years (figs. 15, 16).

Conclusions

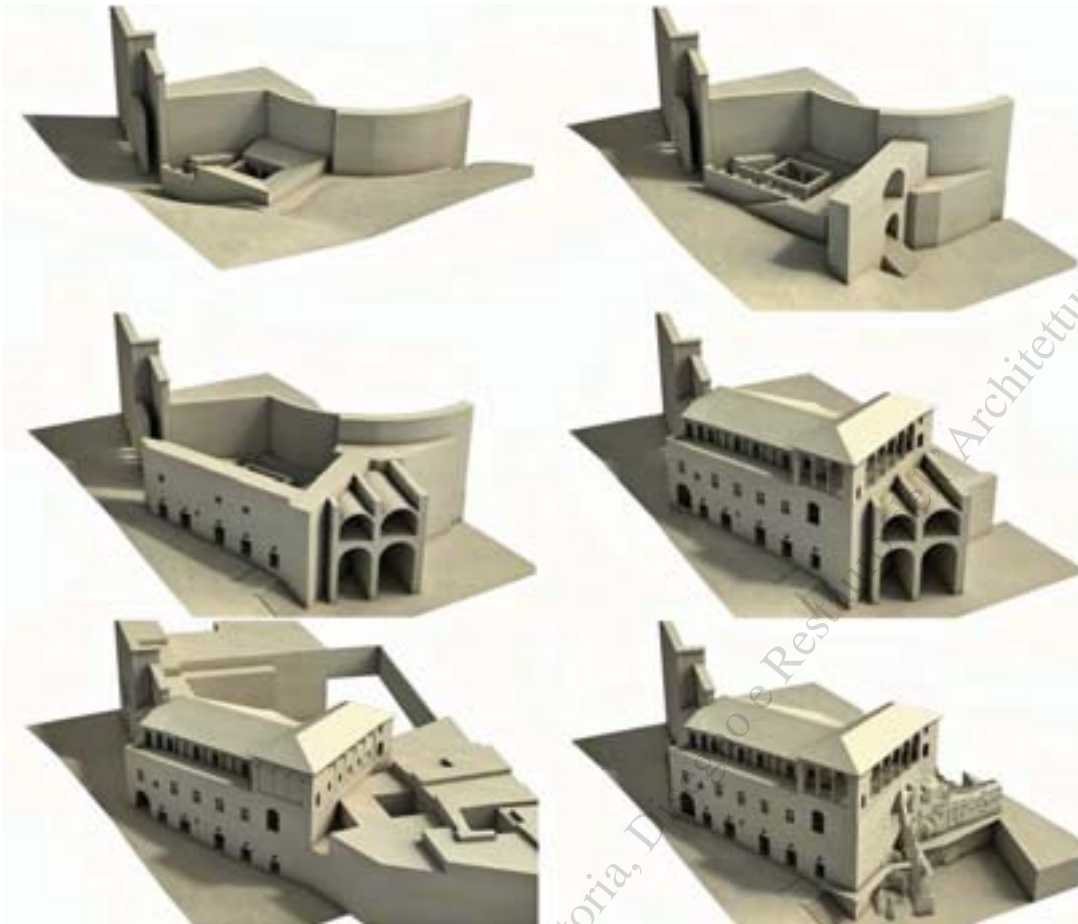
The main aim of this study was to lay the ground work for a Knowledge System regarding the House of the Knights of Rhodes. Based on reliable survey data the system will analytically collect all the material published about the House (articles, drawings, etc.); it will also establish several initial interconnections and provide the tools needed to try and tackle several unsolved problems. The new archaeological study on the ancient period of the building was boosted by the anything but ordinary planimetric layout of the Domitian terrace visualised by the points cloud. We were able to assess the inclination of the outwardly flat wall using several images which were produced based on a single set of previously acquired data (i.e., several horizontal sections of the same wall at different levels decided beforehand and with the help of several disciplinary experts). Since these minimum variations cannot easily be seen by the naked eye,



e contraddicendo in qualche modo l'impostazione originaria dell'edificio fino ad allora ripiegato verso l'interno del cortile aperto, che per secoli era stato il centro e il perno della struttura. L'ingresso non avviene più dalla strada al quadriportico, ma dall'area dei Fori direttamente verso il vestibolo della Casa, con una scala esterna della quale sono evidenti le tracce e di cui una porzione ristretta è stata conservata durante i lavori di restauro su progetto di Fiorini. Proprio le tracce di questa scala consentono di individuare la quota di arrivo a terra. Il modello 3D consente d'altronde di visualizzare il diverso rapporto con il sito in questa nuova situazione, che in parte prescinde dalle costruzioni che in questa epoca dovevano interessare il complesso di San Basilio, e di evidenziarne i diversi collegamenti funzionali e le relazioni visive.

Fase post-rinascimentale e moderna. La fase successiva è legata all'occupazione della Casa da

parte delle monache della SS. Annunziata. Il convento ingloba la chiesa di San Basilio (sorta in epoca medievale sul podio del Tempio di Marte Ultore) che, attraverso i suoi edifici annessi, probabilmente comunicava già con la Casa. Quest'ultima diviene dunque parte di un complesso più vasto, la sua struttura viene radicalmente modificata nelle funzioni, nei collegamenti e nell'occupazione massiccia dei vari spazi che vengono suddivisi sia orizzontalmente che verticalmente (vengono addirittura costruiti solai intermedi persino nella loggia dove anche gli archi sono tamponati). La ricostruzione tridimensionale del sito sottolinea e rende "tangibile" il sistema delle relazioni visive e fisiche tra la Casa – che tende a scomparire – e il tessuto circostante che tende invece ad inglobarla (fig. 14). Questa conformazione, in cui dal prevalere dell'architettura si passa al primato del tessuto più o meno anonimo, è quella che precede la cam-



pagna dei lavori di liberazione dei Fori iniziata nel 1924 e di cui esiste una vasta documentazione fotografica¹⁷. Nel modello tridimensionale densi volumi, dei quali non si è potuta ricostruire la veste formale, si elevano semplici e schematici, riportati all'essenza, come testimonianza dell'occupazione dello spazio, più che come ricostruzione della loro configurazione architettonica.

Fase attuale. La Casa dei Cavalieri di Rodi viene risparmiata dalle demolizioni, sottoposta a un restauro progettato e seguito da Guido Fiorini che, come è stato detto, nel 1946 tende a riportarla alla sua fase forse maggiormente identificativa, quella rinascimentale di Marco Barbo. Si costituisce in questo modo un "nuovo" manufatto, caratterizzato da strati, con un aspetto che né in epoca rinascimentale né in altre aveva mai avuto. La fase attuale costituisce indubbiamente quella in cui la complessità raggiunge il massimo grado: elementi appar-

tenenti ad epoche diverse si trovano infatti rimontati e riassemblati, nel tentativo di riformulare un'architettura unitaria, rendendo per certi aspetti più difficile la comprensione delle diverse fasi sui paramenti murari, ma nello stesso tempo evidenziando la grande varietà di elementi che l'hanno costituita in duemila anni di storia (figg. 15-16).

Conclusioni

L'obiettivo di questo lavoro era dunque costituire un primo nucleo del Sistema di Conoscenza relativo alla Casa dei Cavalieri di Rodi che, fondato su dati di rilievo affidabili, consentisse di riunire in forma sistematica il materiale pubblicato (scritti, disegni, etc.) e, stabilendo alcune prime interconnessioni, cercasse di fornire strumenti per affrontare una serie di questioni irrisolte.

Un forte impulso alla nuova ricerca archeologica sulla fase antica dell'edificio è stato for-

they are difficult to insert in a selective survey because they cannot be theorised as a study topic. Interest in this kind of 'discovery' is based, on the one hand, on how much information it can provide to scholars who for many years have focused on analysing the stratified walls of the building and, on the other, to scholars (in this case, us) who study the methodological usefulness of new survey techniques, the possibility of processing the collected data, and the topics which future studies should focus on in order to improve said techniques.

1. Elogio della teoria. Identità delle discipline del disegno e del rilievo, XXXIV International Conference of Teachers of Representation (Rome, 13-14-15 December 2012). Proceedings edited by Laura Carlevaris, Monica Filippa. Roma. Gangemi Editore: 2012. 408p. ISBN: 978-88-492-2519-8.

2. For several years a large group of researchers at the Department of Architectural History, Drawing and Restoration are involved in so-called Archaeological Architecture from the point of view of survey and ensuing analysis. For more information cfr. Bianchini Carlo, Borgogni Francesco, Ippolito Alfonso, Senatore Luca J. The surveying and representation process applied to archaeology: a quest for invariants in a highly variable context. In Computational Modeling of Objects Represented in Images - Fundamentals, Methods and Applications. Springer 2013.

3. The article was inspired by a study carried out as part of the Doctoral Dissertation in Survey Representation Sciences - Sapienza University of Rome - by Gaia Lisa Tacchi entitled: 'Documentation and understanding of stratified architectural complexes: integrated survey and representation of the House of the Knights of Rhodes in the Forum of Augustus'. Rapporteur Prof. Carlo Bianchini. Although the article was jointly written by the authors, Carlo Bianchini focused more on the paragraphs entitled General Issues and Data selection and representation, while Gaia Lisa Tacchi curated in-depth the paragraphs Data acquisition: the survey method, and Models of the various building stages.

4. It was not possible, for brevity's sake, to provide more in-depth information about these activities which were, to all intents and purposes, part of the doctoral dissertation. However, we should point out that this new project used the 3D model of the building as a sort of 'interactive 'portal' to access so-called 'external' data. For example, a system was developed based on photographs for simplified navigation of the points cloud; several simple questions (length, surfaces, etc.) can thus be put to the model. This interactive system can have interesting repercussions on management of the building.

5. The authors presented two papers at the Study Day entitled: 'La Casa dei Cavalieri di Rodi. Stratigrafia storica di un monumento' (28 February - 1 March 2013) organised by Lucrezia Ungaro for the Superintendency of Cultural Heritage of Roma Capitale and by Letizia Abbondanza and Richard Neudecher for Deutsches Archäologisches Institut. The two papers focused on the advanced and integrated method used to survey the House. The papers are soon to be published in the proceedings. See also Bianchini, Tacchi 2013, pp. 485-494.

6. Cfr. Delfino Alessandro. *Le preesistenze del Foro di Augusto*. In Scavi dei Fori Imperiali. Foro di Augusto (l'area centrale). Edited by Roberto Meneghini, Riccardo Santangeli Valenzani. Roma: L'Erma di Bretschneider, 2011, pp. 11-31; Lamboglia, Musolino 1995, pp. 52-61.

7. Marco Barbo (1420-1491), made a cardinal in 1467, and Roman prior of the Order of the Knights of St. John of Jerusalem, played a key role in the construction of the House of the Knights of Rhodes, mother-house of the Order. Cfr. Danesi Squarzina 1989, pp. 102-142.

8. Ricci Corrado. *La liberazione dei resti del Foro di Augusto*. *Capitolium*, I, 1925-1926, pp. 3-7; Ricci Corrado. *Il Foro di Augusto e la Casa dei Cavalieri di Rodi*. *Capitolium*, VI, 1930, pp. 157-189; Pietrangeli Carlo, Pecchioli Arrigo. *La Casa di Rodi e i Cavalieri di Malta a Roma*. Roma: Editalia, 1981.

9. *The surveys of the Forum of Augustus by Italo Gismondi in 1930-1931 for the X Department of the Governorship of Rome after the excavations in 1926-1929 were published in 1985*. See Buzzetti, Gismondi 1985, pp. 341-343.

10. Cfr. Fiorini 1951. *On this subject. The Report of the restoration written by Andrea Paroli and housed in the State Central Archives in Rome*. Fiorini holding.

11. Carlo Bianchini coordinated the test survey of the Chapel of St. John, a sort of initial work experience executed during the Master arch_eo - 'Architettura per l'Archeologia - Archeologia per l'Architettura', Sapienza University of Rome.

12. Many different kinds of points existed in the archaeological site to close the external polygon. The two most important were the huge difference in level between the archaeological area and the entrance to the building along Salita del Grillo, and the obligatory route completely circling the complex. This meant that the total stations were more numerous than expected and the long sides of the polygon were rather inhomogeneous. The polygon had a 2cm error of closure out of 9 station points; although this was a more than acceptable error for the chosen restitution scale - 1:100 - we decided to compensate it because it was inhomogeneous.

nito dalla evidenziazione della conformazione planimetrica della "terrazza domiziana", tutt'altro che banale, messa in luce sezionando la nuvola di punti. La possibilità di produrre, da un unico serbatoio di dati acquisiti a monte, diversi elaborati - nella fattispecie diverse sezioni orizzontali della stessa parete a differenti quote decise a tavolino e con l'apporto di competenze diverse - ha permesso di valutare l'entità dell'inclinazione della parete apparentemente piana. Si parla di variazioni minime, non facilmente riscontrabili a occhio nudo e di conseguenza non facilmente inquadrabili da un rilievo selettivo, in quanto non ipotizzabili come tema di studio. L'interesse per questo tipo di "scoperte" scaturisce dal contributo che esse possono offrire da una parte agli studiosi impegnati da diversi anni nell'analisi della stratigrafia muraria dell'edificio, e dall'altra a noi che indagiamo sull'utilità da un punto di vista metodologico dell'uso delle nuove tecniche di rilevamento e sulle possibilità di elaborazione dei dati raccolti e sull'indirizzo da fornire alla ricerca per il loro miglioramento.

1. *Elogio della teoria. Identità delle discipline del disegno e del rilievo*, XXXIV Convegno Internazionale dei Docenti della Rappresentazione (Roma, 13-14-15 dicembre 2012). Atti a cura di Laura Carlevaris, Monica Filippa. Roma. Gangemi Editore: 2012. 408p. ISBN: 978-88-492-2519-8.

2. Da parecchi anni ormai un nutrito gruppo di ricercatori del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura si occupa della cosiddetta Architettura Archeologica dal punto di vista del rilievo e della successiva analisi. Per maggiori approfondimenti cfr. Bianchini Carlo, Borgogni Francesco, Ippolito Alfonso, Senatore Luca J. The surveying and representation process applied to archaeology: a quest for invariants in a highly variable context. In *Computational Modeling of Objects Represented in Images - Fundamentals, Methods and Applications*. Springer 2013.

3. Il contributo trae spunto dalla ricerca svolta nell'ambito della Tesi di Dottorato in Scienze della Rappresentazione del Rilievo - Sapienza Università di Roma - di Gaia Lisa Tacchi dal titolo: "Documentazione e conoscenza di complessi architettonici stratificati: rilievo integrato e rappresentazione della Casa dei Cavalieri di Rodi al Foro di Augusto", relatore prof. Carlo Bianchi-

ni. Anche se il presente contributo è stato redatto in stretta collaborazione tra gli autori, ai paragrafi *Questioni generali* e *Selezione e rappresentazione dei dati* si è maggiormente dedicato Carlo Bianchini, mentre Gaia Lisa Tacchi ha curato con maggiore attenzione i paragrafi *Acquisizione dei dati: la metodologia di rilievo* e *Il Modello per fasi*.

4. Non è qui possibile, per ragioni di spazio, entrare nel dettaglio di questa attività che rappresenta di fatto una estensione della ricerca di dottorato. È tuttavia utile porre in evidenza come questo nuovo progetto assuma il modello 3D del manufatto come una sorta di "portale" interattivo per l'accesso ai dati per così dire "esterni". In questo quadro, ad esempio, è stato messo a punto un sistema basato su immagini fotografiche per la navigazione semplificata della nuvola di punti che consente l'esecuzione di alcune semplici interrogazioni del modello (lunghezze, superfici, etc.). Tale sistema interattivo può avere interessanti ricadute anche in relazione alla gestione del manufatto.

5. In occasione della Giornate di Studio dal titolo: "La Casa dei Cavalieri di Rodi. Stratigrafia storica di un monumento" (28 febbraio - 1 marzo 2013) a cura di Lucrezia Ungaro per la Sovrintendenza ai Beni Culturali di Roma Capitale, Letizia Abbondanza e Richard Neudecher per il Deutsches Archäologisches Institut, gli autori hanno partecipato con due contributi sulla metodologia utilizzata per realizzare il rilievo della Casa con metodologie avanzate e integrate, titoli, di cui si attende la pubblicazione negli atti. Si veda anche Bianchini, Tacchi 2013, pp. 485-494.

6. Cfr. Delfino Alessandro. *Le preesistenze del Foro di Augusto*. In *Scavi dei Fori Imperiali. Foro di Augusto (l'area centrale)*. A cura di Roberto Meneghini, Riccardo Santangeli Valenzani. Roma: L'Erma di Bretschneider, 2011, pp. 11-31; Lamboglia, Musolino 1995, pp. 52-61.

7. Marco Barbo (1420-1491), cardinale dal 1467, priore romano dell'Ordine dei Cavalieri di San Giovanni di Gerusalemme ebbe un ruolo fondamentale nelle vicende costruttive della Casa dei Cavalieri di Rodi, sede dell'Ordine. Cfr. Danesi Squarzina 1989, pp. 102-142.

8. Ricci Corrado. *La liberazione dei resti del Foro di Augusto*. *Capitolium*, I, 1925-1926, pp. 3-7; Ricci Corrado. *Il Foro di Augusto e la Casa dei Cavalieri di Rodi*. *Capitolium*, VI, 1930, pp. 157-189; Pietrangeli Carlo, Pecchioli Arrigo. *La Casa di Rodi e i Cavalieri di Malta a Roma*. Roma: Editalia, 1981.

9. I rilievi eseguiti da Italo Gismondi nel 1930-1931 del Foro di Augusto per la X Ripartizione del Governatorato di Roma dopo gli scavi del 1926-1929, sono stati pubblicati nel 1985. Si veda Buzzetti, Gismondi 1985, pp. 341-343.

10. Cfr. Fiorini 1951. Sull'argomento. il Giornale dei Lavori di restauro redatto da Andrea Paroli e conservato presso l'Archivio Centrale dello Stato di Roma, fondo Fiorini.

11. Il test di rilevamento della Cappella di San Giovanni, una sorta di esperienza iniziale di lavoro nata in occasione del Master arch_eo - "Architettura per l'Archeologia - Archeologia per l'Architettura" della Sapienza Università di Roma, è stato coordinato dal prof. Carlo Bianchini.

12. I vincoli esistenti nel sito archeologico per poter chiudere la poligonale esterna sono molti e di differente natura: il forte dislivello tra l'area archeologica e la quota d'ingresso all'edificio sulla Salita del Grillo e il percorso obbligato per eseguire il giro completo intorno al complesso costituiscono i principali. Ciò ha comportato che i punti di stazione siano risultati più numerosi di quelli che ci si poteva aspettare e i lati della poligonale di lunghezze piuttosto disomogenee tra di loro. La poligonale ha riportato un errore di chiusura di 2 cm su 9 punti di stazione, e per quanto si trattasse di un errore più che accettabile per la scala di restituzione prescelta - 1:100 - proprio per la disomogeneità della sue componenti, si è preferito compensarla.

13. Software di riferimento utilizzati: modellazione 3DStudio Max; elaborazione nuvola di punti Cyclone 7.3.3, Geomagic 10; fotomodellazione 123D Catch; rendering 3DStudio Max con V Ray.

14. Sull'argomento dell'origine del nucleo iniziale della Casa di Rodi – il quadriportico in travertino – e sui suoi rapporti con le strutture adiacenti esiste una vasta documentazione. Cfr. Tortorici Edoardo. *Argiletum: commercio, speculazione edilizia e lotta politica dall'analisi topografica di un quartiere di Roma dell'età repubblicana*. Roma: L'Erma di Bretschneider, 1991; Delfino, *op. cit.* nota 6.

15. È stato scritto molto sulla cosiddetta "terrazza domiziana", lo spesso muro che, fin dalla fase iniziale della sua costruzione, era coronato da una terrazza, dove ora sorge la loggia quattrocentesca. Gli studi riguardano principalmente la comprensione della sua struttura e la sua funzione. Cfr. Tortorici Edoardo. *La Terrazza Domiziana, l'Acqua Marcia ed il Taglio della Sella tra Campidoglio e Quirinale*. *Bullettino Comunale*, 95, 1993, pp. 7-24; Meneghini, Santangeli Valenzani 2009, pp. 111-116.

16. Per ulteriori notizie riguardo alle fase rinascimentale dell'edificio cfr. Danesi Squarzina 1989, pp. 102-142.

17. Sulla documentazione delle strutture non più esistenti risultano di notevole utilità le foto d'epoca conservate in diversi archivi. Tra tutte, quelle di Cesare Faraglia e le Foto Reale, alcune di queste pubblicate da Leoni, Margiotta 2007.

13. *We used the following reference software: modelling 3DStudio Max; elaboration points cloud Cyclone 7.3.3, Geomagic 10; photomodelling 123D Catch; rendering 3DStudio Max con V Ray.*

14. *Extensive documentation exists regarding the origins of the initial nucleus of the House of Rhodes – the travertine four-sided portico – and its relationship with adjacent structures. Cfr. Tortorici Edoardo. Argiletum: commercio, speculazione edilizia e lotta politica dall'analisi topografica di un quartiere di Roma dell'età repubblicana. Roma: L'Erma di Bretschneider, 1991; Delfino, op. cit. note 6.*

15. *Much has been written about the so-called 'Domitian terrace', the thick wall which, from the time it was built, had a terrace at the top, now occupied by the fifteenth-century loggia. The studies focus primarily on understanding its structure and function. Cfr. Tortorici Edoardo. La Terrazza Domiziana, l'Acqua Marcia ed il Taglio della Sella tra Campidoglio e Quirinale. Bullettino Comunale, 95, 1993, pp. 7-24; Meneghini, Santangeli Valenzani 2009, pp. 111-116.*

16. *For more information about the Renaissance period of the building, cfr. Danesi Squarzina 1989, pp. 102-142.*

17. *Contemporary photographs in several archives were extremely helpful to document the structures which no longer exist. The most important are the photographs by Cesare Faraglia and the Royal Photographs, some of which have been published by Leoni, Margiotta 2007.*

References

- Bianchini Carlo, Tacchi Gaia Lisa. 2013. Il colore nell'affresco quattrocentesco della Loggia della Casa dei Cavalieri di Rodi al Foro di Augusto: documentazione, rilievo e rappresentazione di uno spazio architettonico articolato dal suo ciclo pittorico. In *Colore e Colorimetria. Contributi disciplinari. Volume IX A*. A cura di Maurizio Rossi, Andrea Siniscalco. Milano: Maggioli Editore, 2013, pp. 485-494.
- Buzzetti Carlo, Gismondi Italo. 1985. Foro di Augusto. *Bollettino della Commissione Archeologica Comunale*, 90, 1985, pp. 341-343 (in questa occasione sono stati pubblicati i disegni di rilievo della Casa di Rodi redatti da Italo Gismondi nel 1930).
- Danesi Squarzina Silvia. 1989. La Casa dei Cavalieri di Rodi: architettura e decorazione. In *Roma, centro ideale della cultura dell'antico nei secoli XV e XVI: da Martino V al sacco di Roma 1417 - 1527*. A cura dell'autrice. Milano: Electa, 1989, pp. 102-142 (Atti del Convegno Internazionale di Studi sull'Umanesimo e Rinascimento, Roma 1985).
- Fiorini Guido. 1951. *La Casa dei Cavalieri di Rodi al Foro di Augusto*. Roma: Libreria dello Stato, 1951.
- Lamboglia Simona, Musolino Francesca. 1995. L'edificio romano della Casa dei Cavalieri di Rodi. In *I Luoghi del consenso imperiale. Il Foro di Augusto. Il Foro di Traiano*. A cura di Lucrezia Ungaro, Eugenio La Rocca, Roberto Meneghini. Roma: Progetti Museali Editore, 1995, pp. 52-61.
- Leoni Rossella, Margiotta Anita. 2007. *Fori Imperiali. Demolizioni e Scavi. Fotografie (1924/1940)*. Milano: Electa, 2007. ISBN: 978-88-3705-264-5.
- Meneghini Roberto, Santangeli Valenzani Riccardo. 2009. La Terrazza Domiziana. In *I Fori Imperiali e i Mercati di Traiano: storia e descrizione dei monumenti alla luce degli studi e degli scavi recenti*. Roma: L'Erma di Bretschneider, 2009, pp. 111-116.
- Piras Marcello, Subioli Paolo. 1990. La Casa dei Cavalieri di Rodi al Foro di Augusto. *Rassegna di architettura e urbanistica*, 23, 1989/90, pp. 25-35.
- Tacchi Gaia Lisa. 2013. Documentazione e conoscenza di complessi architettonici stratificati: rilievo integrato e rappresentazione della Casa dei Cavalieri di Rodi al Foro di Augusto. In *Linee di ricerca nell'area del disegno. Contributi delle tesi di dottorato in Mostra*. A cura di Laura Carlevaris. Roma: Aracne Editrice, 2013, pp. 213-215.

Jorge Llopis Verdú

Lavorare con le mani: il modello plastico e l'architettura digitale *Working with hands: architectural models and digital architecture*

This article analyses the use of design models as a means to visualise form in architectural studies that produce geometrically and formally complex projects. Modern research in the fields of psychology, linguistics and neurology suggest that the intimate relationship between manual gestures and the creation of complex concepts is behind this visualisation. An immediate conclusion is that the physical design model has replaced traditional sketches, because it can directly transform the forms of a project and manually shape architecture, thereby sidestepping the need to use modern computer graphic modelling software. In addition, the work of three cutting-edge architectural studios – Frank Gehry, Zaha Hadid and Benedetta Tagliabue – are analysed to assess the role played by a studio design model in the conceptual process.

Key words: Architecture, design, model, sketch, manual gestures.

“The hand is the window on to the mind”
(Immanuel Kant)¹

In the modern architectural world, the introduction en masse of computer-generated hyper-realistic images has profoundly altered the graphic-conceptual habits of architects. What really stands out is the continued use of the two oldest traditional graphic methods used to manipulate form in architectural design: sketches and the physical design model. All one has to do is to leaf through at any architectural magazine or one of the many web pages dedicated to the publication of cutting-edge projects where renderings, sketches and design models are all present together. Further evidence are the photographs intentionally published by architectural studios. The photographs portray the studios as manual workshops where most of the architects focus not only on drawing, but also on making different architectural scale models of different phases of a project (fig. 1). This transformation is not merely cosmetic; it is the answer to a real change in method, one where the enormous increase in the use of technology, prompted by computerisation, has paradoxically led to a reassessment of the role of manual work in the design process.

The hand and its role in the formulation of ideas

“Brain is hand and hand is brain”
(Frank R. Wilson)²

Traditional architectural design methodology is based on the existing intimate relationship

Questo contributo analizza l'uso dei modelli di progetto come strumento per la visualizzazione della forma negli studi di architettura i cui progetti appaiono caratterizzati da una notevole complessità geometrica e formale. Alla base, c'è l'intima relazione tra la manualità e l'elaborazione di concetti complessi, come suggeriscono le più recenti ricerche in ambito di psicologia, linguistica e neuroscienze; si arriva alla conclusione che il modello plastico di progetto va a sostituire l'impiego tradizionale dello schizzo, grazie al fatto che rende possibile una trasformazione delle forme ottenuta operando direttamente e plasmando l'architettura con le mani, mettendo da parte di intervenire con i contemporanei software per la modellazione grafica. Inoltre, si propone un'analisi del lavoro di tre studi di architettura all'avanguardia, ovvero dello studio di Frank Gehry, di quello di Zaha Hadid e infine di quello di Benedetta Tagliabue, al fine di valutare il ruolo che il modello di studio riveste all'interno dell'iter progettuale.

Parole chiave: architettura, progetto, modello, schizzo, manualità.



«La mano è la finestra della mente»
(Immanuel Kant)¹

Nel panorama architettonico contemporaneo, caratterizzato da una massiccia presenza di immagini digitali iperrealiste che hanno profondamente modificato le abitudini grafico-progettuali degli architetti, l'attenzione è prepotentemente attratta dalla sopravvivenza dei più antichi strumenti per la gestione della forma tradizionalmente legati alla metodologia grafica per il disegno architettonico: lo schizzo a mano libera e il modello plastico.

Un rapido sguardo alle riviste di architettura o alle molte pagine web dedicate a progetti all'avanguardia permette di constatare la coesistenza di *render*, schizzi e modelli plastici, così come la diffusione consapevole da parte degli studi di architettura di fotografie che li mostrano come veri e propri laboratori manuali, all'interno dei quali molti architetti non si dedicano solo al disegno, ma anche alla realizzazione di modelli plastici alle diverse scale di riduzione e riferibili a diverse fasi del percorso progettuale (fig. 1). Questa trasformazione, lungi dall'essere un'operazione di fac-

ciata, corrisponde a una trasformazione profonda del modo di *fare*, che a partire dalla estrema tecnicizzazione di cui l'informatica è stata portatrice, si è risolta, paradossalmente, in una nuova valorizzazione del *fare manuale* nel processo progettuale.

La mano e il suo ruolo nella formazione delle idee

«Il cervello è mano e la mano cervello»
(Frank R. Wilson)²

Tradizionalmente, la progettazione architettonica si basa sulla relazione intima che esiste tra la manualità e i processi cognitivi dell'essere umano. Le attuali ricerche in ambito psicologico, linguistico e delle neuroscienze convergono intorno all'idea che la mano, la capacità dell'essere umano di manipolare gli oggetti grazie alla libertà degli arti superiori e alla loro stretta relazione con i processi mentali, costituisce la base della nostra capacità di elaborazione di concetti complessi³. Autori contemporanei come Frank R. Wilson⁴ hanno approfondito gli studi su queste modalità di apprendimento e hanno messo a fuoco il ruolo fondamentale che *il tatto* assume all'interno di questo processo, collegando direttamente la manipolazione tattile degli oggetti che ci circondano – capacità sviluppata dai bambini nelle prime tappe della loro maturazione cognitiva – con lo sviluppo della capacità di elaborazione di concetti astratti e con lo sviluppo stesso del linguaggio e dell'intelligenza. Il bambino impara a riconoscere il mondo che lo circonda mediante l'uso integrato di tutti i sensi. La vista, ovviamente, gioca un ruolo fondamentale, ma questo è vero anche per l'olfatto, per l'udito e, naturalmente, per il tatto. Fin da quando siamo bambini impariamo a riconoscere il mondo che ci cir-

1/ *Pagina precedente*. Lo studio di Frank O. Gehry a Santa Mónica. Plastici di studio per il Centro Louis Vuitton (© Gehry Partners, LLP).

Previous page. *The Frank O. Gehry studio in Santa Monica. Working models of the Louis Vuitton Center* (© Gehry Partners, LLP).

2/ Renzo Piano: schizzi e plastici di studio. The New York Times Building (© Fondazione Renzo Piano).
Renzo Piano. *Sketches and study model. The New York Times Building* (© Fondazione Renzo Piano).

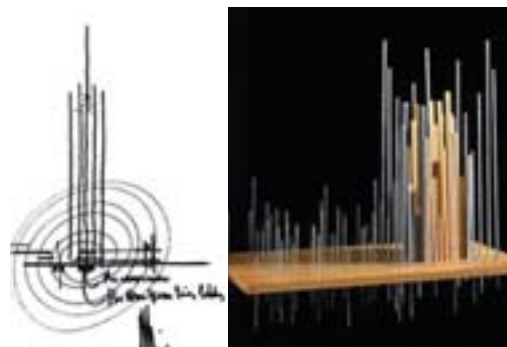
conda grazie al fatto che possiamo toccare con le mani tutto quello che è alla nostra portata. Tocchiamo, impariamo a riconoscere le caratteristiche tattili di ciascun oggetto, codifichiamo le informazioni, le immagazziniamo e, con la collaborazione degli stimoli provenienti dagli altri sensi, elaboriamo un'informazione a partire dalla quale, a seguito di un processo di codificazione, facciamo derivare una serie di concetti generali che sono alla base dei nostri concetti astratti⁵.

Si tratta, in definitiva, di aumentare la portata del legame *pensiero-linguaggio* enunciato da Vigotsky per trasformarlo nel rapporto *mano-pensiero-linguaggio*, dove la capacità di manipolazione assume un livello talmente importante da portare Wilson ad affermare: «vorrei andare oltre e dire che ogni teoria dell'intelligenza umana che ignora l'interdipendenza della funzione della mano e del cervello, le sue origini storiche e l'influenza di questa storia nelle dinamiche dello sviluppo dell'uomo moderno è, in generale, sbagliata e sterile»⁶. A partire da una base empirica, l'architettura occidentale è andata sviluppando fin dal Rinascimento una metodologia progettuale⁷ che corrisponde alla relazione *mano-pensiero-linguaggio* descritta da Wilson. Questa metodologia assegnava allo schizzo, legato direttamente alla gestualità manuale, il compito di innescare il processo ideativo, legando intimamente il gesto grafico e la genesi delle idee progettuali alla loro rappresentazione in forma grafica, in una relazione di intima simbiosi nella quale l'immagine tracciata collabora alla formazione dell'immagine mentale, così come l'immagine mentale dà vita allo svilupparsi del disegno. Si tratta di un processo circolare nel quale disegno-linguaggio e concetto-pensiero prendono vita simultaneamente, l'uno dall'altro.

Al modello plastico, inteso come una estensione tridimensionale del processo creativo e non solo assimilato alla realizzazione di modelli relativi alla fase di presentazione, va riconosciuto un ruolo attivo all'interno di questo schema. Di fatto, autori come Renzo Piano (fig. 2), in risposta alla domanda sulla metodologia di ideazione formale che caratterizza il suo impegno progettuale, descrive il processo in termini di circolarità, paragonando lo

schizzo e il modello plastico a strumenti linguistici che permettono di "pensare" l'architettura attraverso il lavoro delle mani: «Il disegno è uno dei momenti che compongono il processo teorico dell'architettura. Si tratta di un processo concreto. Si inizia a progettare, si continua facendo un disegno, poi un modello e in seguito vai a vedere la situazione reale, vai sul posto e infine torni a disegnare. Si dà vita in questo modo a una sorta di circolarità tra il disegnare e il fare e poi ancora e ancora [...]. Questo modo di procedere è tipico dell'artigiano. Pensare e fare allo stesso tempo. Disegnare e fare. E mi sembra molto interessante l'intendere il disegno come un vero strumento nel processo circolare tra il pensare e il fare: il disegno è al centro ma è anche ripensato. Fare, rifare e rifare ancora... [...] Spesso si lavora quasi mischiando i modelli plastici e i disegni. Ma i plastici, in realtà, come si vede nello studio, non possono essere considerati una rappresentazione, come è invece il disegno. Non si tratta di una torta di nozze che viene presentata al cliente. È qualcosa di più. È la traduzione fisica del disegno in una realtà tridimensionale. E poi, dal plastico si torna a disegnare»⁸.

Il computer interviene in questo processo di ideazione progettuale in modo più radicale di quanto non sia comunemente riconosciuto. Allontana la genesi e la manipolazione dell'idea dalla gestualità propria della mano, alla quale è affidato tutto il nostro processo di apprendimento. Nel disegno digitale, tracciare una linea su un foglio di carta non rappresenta il risultato di un movimento consapevole della mano che accompagna il segno dall'inizio alla fine, ma è il risultato dell'operazione di definizione in termini cartesiani di un punto di inizio e di



*between manual manipulation and human cognitive processes. Modern studies in the fields of psychology, linguistics and neurology agree that the hand is behind our ability to elaborate complex concepts; this is because human beings can manipulate objects thanks to the free movement of the upper limbs and their relationship with mental processes.*³ Contemporary authors such as Frank R. Wilson⁴ have analysed this learning process in-depth and emphasised the crucial importance of 'touch'; these authors directly link a child's act of manual manipulation of ambient objects with the first stages of cognitive maturity and development of the ability to elaborate abstract concepts, as well as language and intelligence. Children learn to recognise the world around them by using all five senses. Sight plays an important role in this process, but so do smell, hearing and touch. From infancy onwards we learn to recognise our surroundings by manually manipulating everything within reach. Through touch we learn the tactile characteristics of objects; we classify and store the information and, along with all the other stimuli provided by our other senses, we generate coded information which forms the basis of our abstract concepts.⁵ At this point there appears to be a broadening of the thought-language nexus as described by Vygotsky; so much so, it becomes a hand-thought-language nexus in which the ability to manipulate becomes so important Vygotsky states: "I would go further: I would argue that any theory of human intelligence which ignores the interdependence of hand and brain function, the historic origins of that relationship, or the impact of that history on developmental dynamics in modern humans, is grossly misleading and sterile".⁶ Empirically speaking, Western architecture has been developing a design method since the Renaissance,⁷ a method that corresponds to the hand-thought-language described by Wilson. This method assigned the free-hand sketch directly associated with manual gestures with the task of acting not only as a trigger for the conceptual process, but also closely linking the graphic gesture to the conceptual development of the design. Architects have traditionally used drawing to accompany their design ideas; this is a very symbiotic relationship in which the

3/ Zaha Hadid: schizzo e render digitale per la Spiral Tower
(© Zaha Hadid Architects).
Zaha Hadid: Sketch and rendering. The Spiral Tower (© Zaha Hadid Architects).

sketched image helps to form a mental image, and the mental image creates the drawing. It is a circular process in which drawing, language, and the 'thought' concept act together in chorus and reciprocally feed off each other.

The model, seen as a three-dimensional extension of the conceptual process and not merely as a tool to construct presentation models, becomes part and parcel of this reciprocal framework. In fact, when the architect Renzo Piano (fig. 2) was asked about the working method he used to design form at any given stage in a project, he used the word circularity; he compared sketches and models to linguistic tools which allow 'thinking out' the architecture through the process of manual manipulation: "Drawing is one of the moments of the theoretical process of architecture. It is a concrete process. You start by sketching, then you do a drawing, then you make a model, and then you go to reality – you go to the site – and then you go back to drawing. You build up a kind of circularity between drawing and making and then back again [...]. This is very typical of the craftsman's approach. You think and you do at the same time. You draw and you make. And I find it quite interesting that drawing as a pure instrument of a circular process between thinking and doing, drawing is in the middle but it is revisited. You do it, you redo it, and you redo it again... [...] We often mix models and drawing. But the model, as you can tell from the workshop, is not actually a representation like a drawing. It is not a wedding cake you bring to the client. It is more than that. It is the physical translation of the drawing into something three-dimensional. After the model you return to drawing".⁸

The impact of the computer on the conceptual design process has been much greater than we care to admit. It separates the genesis and manipulation of an idea from the manual gesture on which we base all our learning. In computerised design, drawing a line on paper is no longer the product of a conscious movement of a hand that accompanies the drawing from beginning to end; it is the result of a Cartesian definition of one point of origin and one point of destination, leaving the responsibility of actually drawing the line to the mathematical calculations of the computer, calculations which



un punto di fine, una razionalizzazione cartesiana che lascia alla routine e agli algoritmi matematici dell'elaboratore, dei cui processi di funzionamento siamo a malapena a conoscenza, la responsabilità dell'effettivo tracciamento della linea. Si tratta di una traslazione dal multisensoriale, alla quale partecipano sia il tatto che la vista, all'esclusivamente visivo.

Nella metodologia grafica tradizionale, sia lo schizzo che il modello plastico affiancavano l'intero processo mentale di formazione dell'idea. Il progetto prendeva forma attraverso successive approssimazioni grafiche che stimolavano l'immaginazione per avvicinare il progetto alla sua forma definitiva. Ciò era legato al carattere indefinito del disegno manuale. Lo schizzo, o il plastico di studio, più che rivelare suggeriscono, permettono all'immaginazione di intuire le tappe successive del progetto senza condizionarlo completamente. Si tratta di approssimazioni, suggestioni che riguardano "ciò che potrebbe essere" prima ancora che rappresentazioni di una idea progettuale matura e definitiva, immagini di "ciò che è"⁹. Senza dubbio, attualmente l'estrema complessità formale rende impossibile che il disegno manuale accompagni il processo rappresentativo oltre le prime fasi. Se lo schizzo di Zaha Hadid per il Padiglione della Expo di Saragozza del 2008 può essere interpretato come il germe dell'idea, il gesto grafi-

co non è in grado di gestire le operazioni di trasformazione formale e di accompagnare il processo progettuale, la cui gestazione non può essere condotta interamente per via manuale, ma deve necessariamente essere affidata al computer, facendo affidamento sulla sua straordinaria capacità di calcolo ma, allo stesso tempo, accettando le rigide condizioni che questo impone (fig. 3).

L'uso del computer implica la rinuncia al gesto grafico manuale; si interpone tra la mente e la mano, limitando la gestualità al "clic" del mouse. Il computer allontana la mano dal cervello, trasformando il progetto architettonico in una azione meramente visiva, e questo allontanamento non può essere innocente. Per dirla con Juhani Pallasmaa: «A partire da queste magiche integrazioni, gli strumenti non sono innocenti: espandono le nostre facoltà e guidano le nostre azioni e i nostri pensieri in modo particolare. Sostenere che per disegnare un progetto di architettura il carboncino, la matita, il rapidograph e il mouse del computer si equivalgono e sono intercambiabili significa interpretare in modo del tutto sbagliato l'essenza stessa della relazione che esiste tra la mano, lo strumento e la mente»¹⁰.

Il plastico e il suo impiego nell'ambiente virtuale architettonico

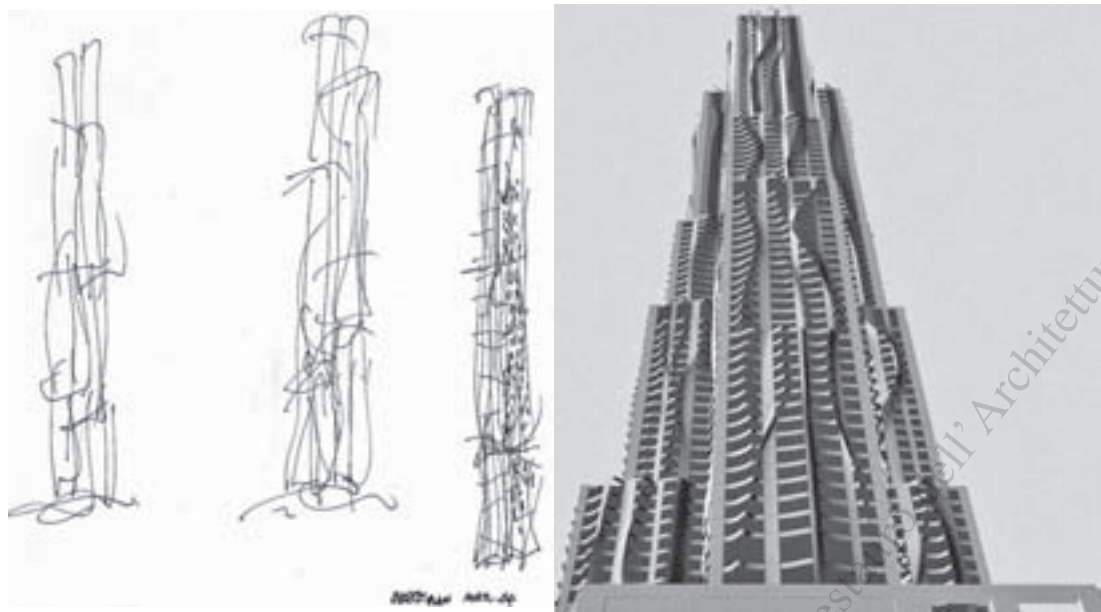
«Il modello tridimensionale parla in un modo incredibilmente potente alla mano e al corpo quanto all'occhio»
(Juhani Pallasmaa)¹¹

Di fronte al progressivo spostamento dello schizzo da una posizione centrale all'interno della strategia progettuale al margine del processo, spostamento che ha visto lo schizzo trasformarsi in una sorta di icona grafica della creatività dell'architetto, il modello plastico ha acquisito una sempre maggiore centralità nell'attività degli studi che utilizzano strategie progettuali all'avanguardia.

La prima cosa che attira l'attenzione è il fatto che questo slittamento dallo schizzo al modello plastico descrive un vero e proprio spostamento da uno strumento personale ad uno collettivo all'interno dello studio. Lo schizzo rappresenta il momento più intimo della creazione formale¹², simbolizza il flusso stesso delle idee dell'architetto, la sequenza secondo la qua-

4/ Frank O. Gehry: schizzo e render per la Beekman Tower a New York (© Gehry Partners, LLP).

Frank O. Gehry: *Sketch and rendering. The Beekman Tower in New York* (© Gehry Partners, LLP).



le il progetto prende forma per approssimazioni successive. Attraverso lo schizzo, l'architetto *"pensa in solitudine"*, mentre, al contrario, il modello plastico è un lavoro collettivo. Di fronte all'immediatezza del bozzetto, il plastico richiede lunghi tempi di lavorazione e un lavoro di gruppo. In questi termini, nell'esigenza di ricorrere al plastico può essere riletta la necessità dell'architetto di riaffermare la sua capacità creativa in un ambiente in cui il lavoro di gruppo e la specializzazione di alcuni membri del gruppo in relazione a specifici software, sembrano quasi annullare l'idea stessa di paternità creativa dell'opera architettonica.

Esiste però una seconda considerazione legata a questa presenza massiccia del modello plastico negli studi di architetti il cui lavoro è caratterizzato dalla complessità geometrica delle loro opere: la necessità di rendere realizzabili le complesse geometrie che caratterizzano molte opere recenti, infatti, rende imprescindibile il ricorso al digitale. Si tratta di stabilire se il ricorso ai moderni software non rappresenti una definitiva soluzione all'esigenza di dare forma alle idee per mezzo dell'azione delle mani. Se le cose stanno così, dobbiamo concludere che l'*architetto digitale* ha individuato nel plastico la possibilità di dare forma alle sue idee mediante una tecnica che, al pari dello schizzo, si basa su gestualità e manualità, con-

servando il valore tattile degli oggetti, in modo da eliminare la barriera che il computer introduce tra le idee e le immagini che emergono dal processo ideativo.

Per meglio comprendere, vediamo di analizzare l'uso dei modelli che caratterizza il processo progettuale di Frank O. Gehry, Zaha Hadid e degli EMBT.

È ben nota la metodologia mista che caratterizza il processo progettuale di Frank O. Gehry. Il rifiuto di Gehry di ricorrere al computer nelle prime fasi di ideazione va associato alla sua necessità di manipolare personalmente le idee con le mani e mantenere il legame tra i gesti manuali e l'immagine iniziale (fig. 4). Non si tratta di sfiducia nei confronti del digitale, senza il quale sarebbe impossibile sviluppare in maniera efficace le complesse forme proposte dallo stesso Gehry, quanto piuttosto del pieno convincimento, da parte dell'architetto, che attraverso le mani le idee fluiscono molto più liberamente, liberate dalle routine informatiche che gestiscono i calcoli astratti del computer.

«A volte inizio a disegnare senza sapere esattamente dove sto andando. Traccio dei segni familiari che si trasformano fino a diventare l'edificio verso cui si orienta il mio progetto [...]. A volte mi dico "Accidenti, eccolo, sta arrivando". Lo capisco. Sono pieno di entusias-

*we are hard put to even remotely understand. It is a transposition from the multisensory, participated by touch and sight, to the purely visual. In traditional graphic methods, sketches and design models accompany the mental process of developing an idea. The design takes shape one graphic step after another; each one stimulates the imagination and moves the design forward towards its final form. This process takes into account the indefinite nature of manual drawings. Sketches, or studio models, imply more than they show; they allow the imagination to search for the next design stages without fully influencing the outcome. They are drafts, indications of 'what the design might be', rather than representations of a mature and complete design idea, images of 'what the design is'.*⁹ In this day and age, however, manual drawings cannot accompany the design process beyond the initial stages due to the extreme complexity of the architectural form. While the sketch by Zaha Hadid for the 2008 Zaragoza Expo pavilion can be considered as the seed of the idea, the graphic tool used during the rest of the process could never have been manual. Computers were necessary during the next stages given their incredible capacity for calculus, although with certain constraints (fig. 3). Using a computer means giving up the manual gesture of drawing by hand. A computer puts itself between the mind and the hand, limiting the manual gesture to the click of a mouse. The computer distances the hand from the brain converting architectural design into a chiefly visual process, and this distancing can never be completely flawless. In the words of Juhani Pallasmaa: "Despite these magical integrations, tools are not innocent; they expand our faculties and guide our actions and thoughts in specific ways. To argue that for the purposes of drawing an architectural project the charcoal, pencil, ink pen and computer mouse are equal and exchangeable is to misunderstand completely the essence of the union of the hand, tool and mind".¹⁰

The design model and its use in a virtual architectural setting

"The three-dimensional material model speaks to the hand and the body as powerfully as to the eye" (Juhani Pallasmaa)¹¹

5/ Frank O. Gehry: plastici di studio per la Beekman Tower a New York (© Gehry Partners, LLP).

Frank O. Gehry: Working models. The Beekman Tower in New York (© Gehry Partners, LLP).

6/ Zaha Hadid. MAXXI, Roma. Materiali di studio: schizzo, plastico e render (© Zaha Hadid Architects).

Zaha Hadid. MAXXI, Rome. Study Materials: Sketch, model and rendering (© Zaha Hadid Architects).

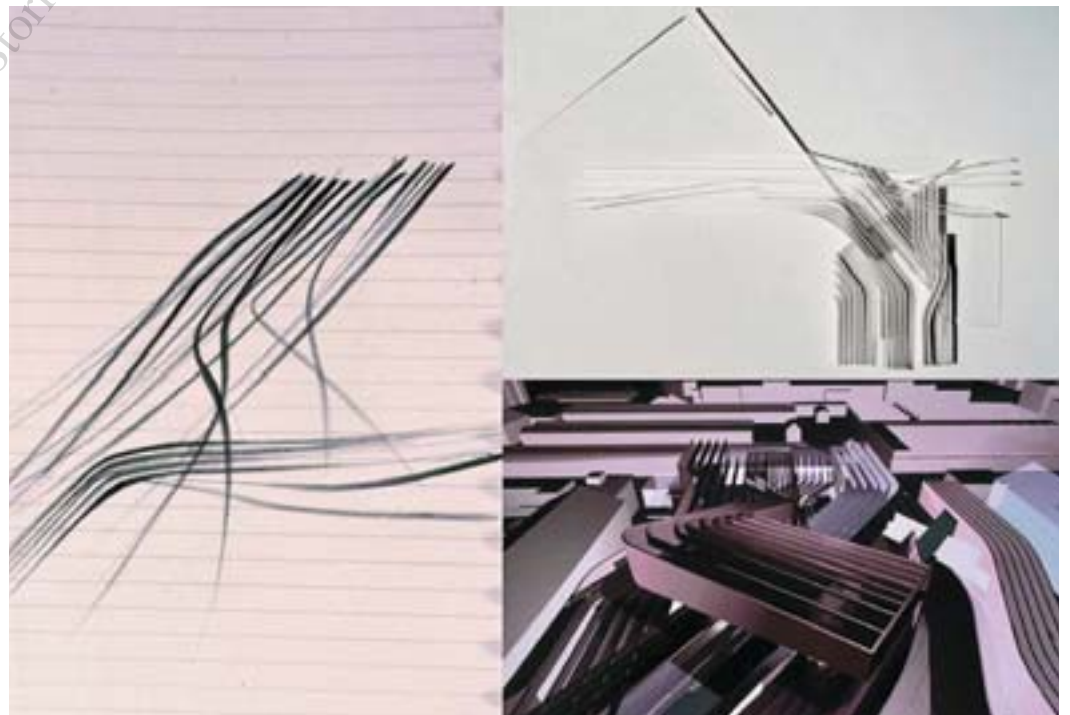
While the sketch has gradually shifted from the centre of the architectural design process to the side-lines and become a sort of graphic icon of the architect's creativity, the design model has become the focus of work in any architectural studio using cutting-edge design strategies. The first very obvious effect of this shift from the sketch to the design model is the fact that an individual tool is replaced with something collective, the product of a workshop. The sketch is the most intimate moment in the creation of form¹²; it symbolizes the flow of the architect's ideas, the sequence by which the design takes shape, draft after draft. When an architect uses a sketch, he 'creates alone'; on the contrary, the design model is a collective task. A sketch is instantaneous, while the design model requires work time and a team effort. This could lead one to suppose that the use of a design model is one way the architect can individualise his creative ability in an environment in which the idea of individual creative authorship of the architectural work is rather diluted due to the teamwork involved and the fact that certain very specialised aspects of the process involve specific computer programmes.

However we must also consider another aspect of the widespread use of the model in architectural studios where this digital resource has become crucial in order to practically implement the complex geometry of the most recent works produced by architects. We need to assess whether using modern computer software fully compensates the need to shape ideas through the action of the hands. If this is the case, then we must conclude that the digital architect considers the design model as a way to shape ideas using a technique which, like the sketch, is based on working by hand and preserves the value of all things 'tactile', so much so that it removes the barrier placed by the computer between the ideas and images which take shape during the conceptual process. To do this we will analyse the use of design models in the studios of three architects: Frank O. Gehry, Zaha Hadid and EMBT. We are all familiar with the characteristic mixed method used by Frank Gehry in his design process. Gehry's refusal to introduce the computer in the initial conceptual stages depends on his



smo e da quel momento mi dedico ai modelli, e i modelli assorbono tutta l'energia e hanno bisogno di informazioni sulla scala e su tutte quelle relazioni che non possono essere immaginate fino in fondo quando si disegna. I disegni sono effimeri. I modelli sono speci-

fici; poi, nella fase successiva, si trasformano in qualcosa che somiglia a schizzi¹³ (fig. 5). L'architettura di Frank O. Gehry si basa sulla convinzione che tutto ciò che può essere immaginato potrà anche essere elaborato e gestito poi per via informatica. La mano, allora,



7/ EMBT: plastici di studio per il Padiglione Spagnolo a Shanghai (© Miralles Tagliabue - EMBT).
 EMBT: Working models. The Spanish Pavilion in Shanghai (2010) (© Miralles Tagliabue - EMBT).

non rappresenta più una limitazione: liberata dalla gestione grafica delle complesse forme ideate dall'architetto, è in parte sostituita dal modello, potenzialmente capace di configurare le forme e gli spazi più complessi, con la certezza che il computer, in seguito, sarà in grado di gestirne la rappresentazione grafica; Gehry ha bisogno di ricorrere al modello fin dalle prime fasi del suo processo progettuale per poter dar vita a forme che gli schizzi possono solo suggerire.

È singolare anche il caso dell'architetto Zaha Hadid. La sua opera esemplifica perfettamente le profonde trasformazioni associate all'avvento del digitale nella produzione di immagini per l'architettura. Di fatto, mentre nel lavoro di Gehry bisogna sottolineare la forte continuità formale e metodologica tra il prima e il dopo l'avvento del computer, l'universo formale di Zaha Hadid ha subito una radicale trasformazione. Nei suoi ultimi lavori, le forme spigolose e frammentarie della sua fase *suprematista*, legate all'uso della mano¹⁴, sono state sostituite da forme morbide e fluide, generate dal computer (fig. 6). La forma che ne risulta è cambiata perché è cambiato lo strumento grafico per la gestione della forma.

Mentre Gehry non ha modificato il procedimento di generazione della forma, che resta manuale e basato sul ricorso a plastici tridimensionali, Zaha Hadid ha introdotto il computer fin dall'inizio del processo, e si possono notare le differenze sostanziali che esistono, sul piano formale, tra le sue opere più recenti e quelle realizzate negli anni passati.

I due esempi presentano dunque notevoli differenze. Gehry "genera la forma" nei modelli plastici, trasferendo poi la loro struttura al computer per la successiva gestione, Hadid, invece, sembra generare la forma architettonica direttamente all'interno del computer, estrudendo, allargando, espandendo sezioni o volumi, come in un esperimento formale, utilizzando parallelamente la modellazione plastica, non tanto nelle fasi iniziali del progetto, quanto piuttosto come strumento per verificare l'efficacia spaziale e tridimensionale della proposta studiata. Appare allora lontana l'affermazione del 1991, quando Hadid sosteneva di non attribuire alcun valore al computer come strumento per «concepire l'architettura»¹⁵. È come se l'introduzione dello strumento digitale nel processo progettuale avesse condizionato la percezione stessa del pro-

*need to personally shape ideas with his hands, on the need to maintain a link between the movements of his hands and the embryonic idea (fig. 4). His approach is not based on mistrust of the computer as a tool, because without computers he would be unable to successfully develop the complex forms he designs; instead he firmly believes that ideas flow more easily through the hands, unshackled by the digital mathematics which control abstract computer calculations. "Sometimes I start to draw without knowing exactly where I'm going. I make lines and scribbles which eventually evolve into a building which I have the tendency to draw [...]. Sometimes I say to myself 'Wow, here it is, it's coming'. I understand it. I'm filled with excitement and from there I go to the models, and the models absorb all the energy and need information about scale and dimensions which cannot be completely conceived by the drawings. The drawings are ephemeral. The models are the specifics; later they become something similar to a sketch in the next phase" (fig. 5).*¹³

Frank O. Gehry's architecture is based on the belief that everything that can be imagined can be digitally carried out and formed. The hand is no longer a limit. Unable to cope with the graphic manipulation of the proposed complex forms, the hand is partly replaced by the model which can configure these complex forms and spaces so that the computer can graphically shape them later. Gehry uses models almost from the initial design stages to generate forms which are barely more than ideas hinted at in his drawings.

Another unique case is that of the architect Zaha Hadid. Her work is a perfect example of the profound changes brought about by the digital processing of architectural images. In fact, while in Gehry's case there is a strong continuity of form and method both before and after the extensive use of the computer, in Hadid's work forms change radically during the process. In her last works the hand-made angular and fragmentary forms of her supremacist period¹⁴ have been replaced by the soft and fluid forms generated by a computer (fig. 6). The outcome of the process has changed because the graphic tool to shape form has also changed. While Gehry has not altered



8/ EMBT: modelli a maglia metallica per lo studio della struttura. Modello generale e di dettaglio per il Padiglione Spagnolo a Shanghai (© Miralles Tagliabue - EMBT).

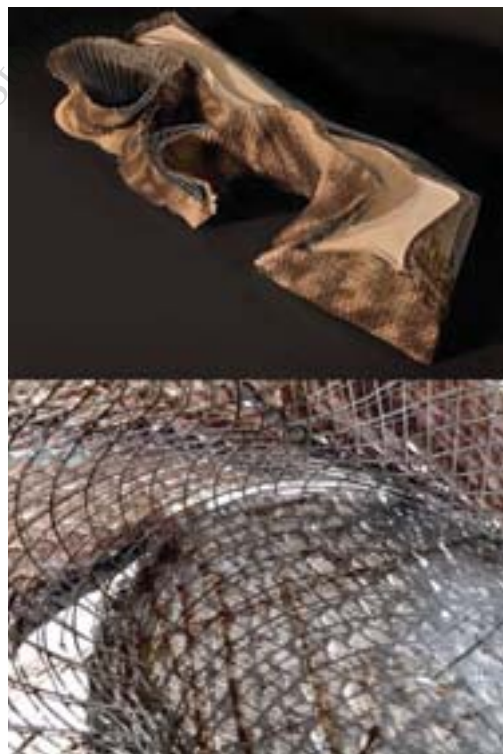
EMBT: *Wire models for development of the structure. General and detailed model. The Spanish Pavilion in Shanghai (2010)* (© Miralles Tagliabue - EMBT).

his form generating process (initially manual and then aided by three-dimensional models), Zaha Hadid uses the computer from the very start. This shift has caused the visible changes in form between her early and latest works. There seems to be noticeable differences between the two architects. Gehry 'generates the shape' using three-dimensional models, transferring their structure to the computer for later manipulation. Instead Hadid seems to generate architectural forms directly on the computer, extruding, lengthening, expanding sections or volumes, as a way of experimenting with shape, working in parallel with the model, not so much during the initial phases of the project, but as a 3D tool to prove the spatial validity of the previously proposed idea. All this is in contrast to Hadid's statement in 1991 that she did not value the computer as a tool for "designing architecture".¹⁵ It's almost as if the introduction of the computer as a tool in the design process has influenced Hadid's perception of that process; she has harnessed its power to materialize her complex universe of forms. In exchange, it has influenced her architectural shapes. The third and last case proposed here is that of the Barcelona studio EMBT founded by Enric Miralles and Benedetta Tagliabue. Since their design methodology is less extreme and unique than the ones used by Hadid and Gehry, we can perform a more extensive analysis of the use of 3D models in their contemporary architecture. Like Gehry or Hadid, but with less regularity, first Enric Miralles and then Benedetta Tagliabue often published small abstract sketches presented as a sort of trigger of the conceptual process. Again like Gehry and Hadid, their ordinary, abstract and undefined hand drawings appear incapable of being the tool used to accompany the complex modelling form process beyond the very early stages.¹⁶ Instead this seems to be the case with their most recent and emblematic building: the Spanish Pavilion at the Universal Exhibition in Shanghai (2010).¹⁷ The design of the complex geometry of the building, based on formal similarities with traditional wicker basketwork, was governed from the start by three-dimensional models made from several different materials. Before being transferred to the computer to develop the final overall design, the

getto, come se il computer fosse riuscito a imporre le sue potenzialità nella materializzazione del complesso universo formale di Hadid, condizionando parallelamente il mondo formale dell'architetto.

Il terzo e ultimo caso che intendiamo analizzare è quello dello studio barcellonese di Enric Miralles e Benedetta Tagliabue – EMBT – la cui metodologia progettuale, meno estrema e peculiare di quella descritta per Hadid e Gehry, permette un'analisi più estesa dell'uso dei modelli tridimensionali nell'ambito dell'architettura contemporanea.

Al pari di Gehry o Hadid, Enric Miralles prima e Benedetta Tagliabue poi, anche se con minore frequenza, hanno spesso pubblicato piccoli schizzi astratti che presentavano come origine del loro processo ideativo: come nel caso di Gehry o di Hadid, i semplici schizzi manuali, caratterizzati da astrazione e indefinitzza, sembrano inadatti ad accompagnare il complesso processo di modellazione della forma soprattutto nelle fasi iniziali¹⁶. Questo sembra essere il caso della loro opera più emblematica degli ultimi anni: il Padiglione spagnolo per l'Esposizione Universale di Shanghai (2010)¹⁷.



La complessa geometria dell'edificio, concepita a partire dall'analogia formale con la tradizionale manifattura di ceste in vimini, è stata gestita fin dal principio per mezzo di modelli tridimensionali realizzati con materiali diversi. Prima di tradurre il progetto in termini digitali che garantissero la gestione della fase esecutiva, lo studio EMBT ha sviluppato molti modelli a diverse scale di riduzione, realizzati a mano, sia per studiare il modo in cui la forma poteva essere modificata, sia per proporre soluzioni per la configurazione della *mesh* che configura l'idea (fig. 7).

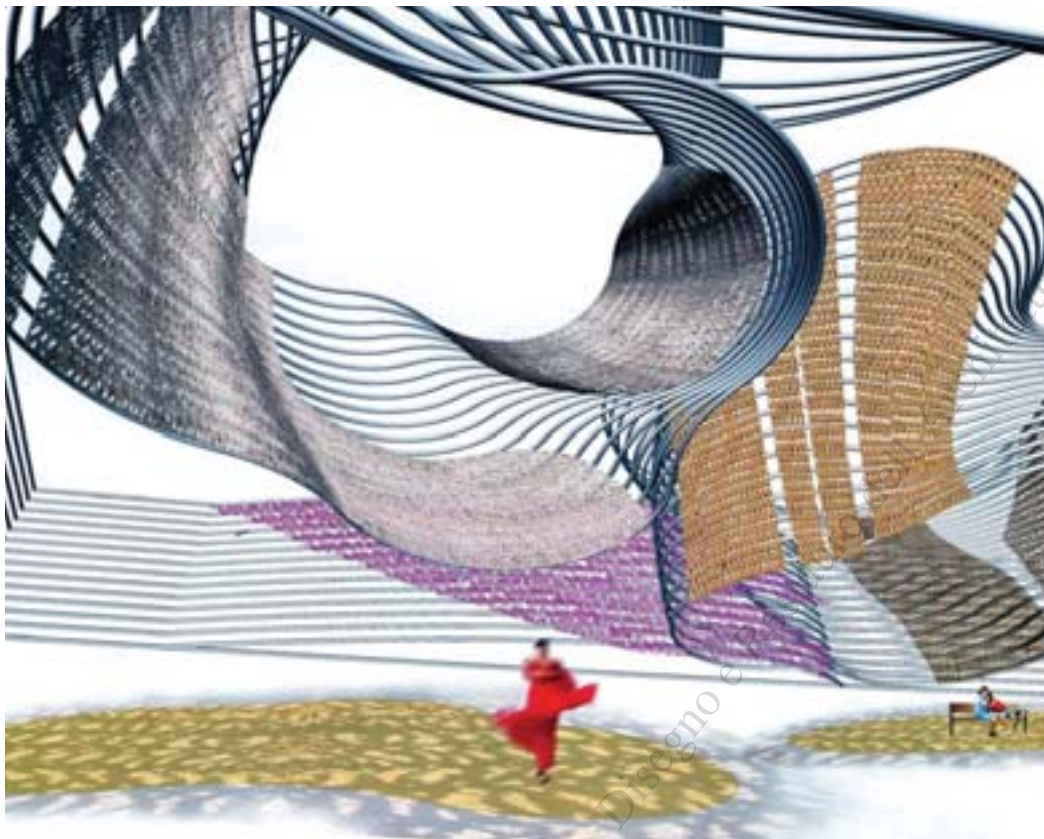
Sono questi ultimi modelli che, una volta trasferiti al computer, e gestiti in un ambiente tridimensionale digitale, danno vita al progetto definitivo e alla esatta definizione degli elementi metallici della struttura finale. Lo studio utilizza poi modelli tridimensionali in una seconda fase della progettazione, quando deve sviluppare il rivestimento in vimini. È come se la manualità che caratterizza la tradizionale realizzazione artigianale delle ceste in vimini non potesse essere ottenuta che attraverso l'azione stessa della mano. Il *rendering* e l'intero processo di elaborazione digitale, sia per quanto riguarda la resa grafica che il calcolo strutturale, entrano a far parte del processo solo più tardi, quando il modulo è stato progettato, costruito e validato (fig. 8).

L'esigenza di ricorrere al modello plastico è legata, per EMBT, al fatto che il computer "offre" un determinato repertorio formale e rende prioritaria la scelta di alcune soluzioni piuttosto che altre. Il computer e ogni singolo comando del software stabiliscono queste priorità imponendo una specifica sequenza di comandi, e ciò avviene perché il lavoro deve seguire una determinata sequenza di comandi, e perché il computer stesso è stato progettato per sviluppare determinate procedure di gestione della forma. Il computer risponde perfettamente ad alcune funzioni, ma non risulta affatto versatile se impiegato per altre operazioni grafiche e non si adatta a compiti per i quali non è stato concepito.

È proprio questa mancanza di versatilità caratteristica del computer che può spiegare il ricorso al modello plastico che contraddistingue il lavoro della maggior parte degli studi di architettura all'avanguardia; l'uso del modello,

9/ EMBT: render concettuale di presentazione per il Padiglione Spagnolo a Shanghai (2010) (© Miralles Tagliabue - EMBT).

EMBT: Rendering of the conceptual presentation. The Spanish Pavilion in Shanghai (2010) (© Miralles Tagliabue - EMBT).



in definitiva, va a sostituire lo schizzo laddove il disegno non può affiancare l'idea progettuale fino al completamento del processo di creazione e trasformazione della forma.

Conclusioni

L'avvento delle nuove tecnologie per il disegno digitale ha imposto una profonda trasformazione metodologica della gestione delle idee nel processo di gestazione del progetto architettonico, trasformazione che sembra essere ancora in una fase iniziale. Dopo un primo periodo caratterizzato da una fede cieca nelle capacità del nuovo strumento, oggi ci troviamo in una fase che potremmo definire di stabilizzazione, nella quale il computer ha aperto nuovi orizzonti per quanto riguarda le possibilità di gestire forme complesse. Il digitale ha reso possibili configurazioni formali che prima erano inattuabili a causa della mancanza di strumenti grafici di supporto per il successivo lavoro di configurazione, strumenti che accompagnassero il passaggio dal proget-

to alla fase di realizzazione. Quello che qui ci interessa sottolineare è il fatto che in questa *normalizzazione* della metodologia grafica per la gestione/rappresentazione del progetto architettonico - normalizzazione raggiunta in una fase in cui il ricorso al digitale appare ormai consolidato - lo schizzo di progetto e il modello plastico sono stati integrati nel processo progettuale, deludendo in parte le previsioni iniziali dei molti che credevano di poterne annunciare la morte definitiva e irrimediabile.

Il computer ha indubbiamente dato vita a un'era nuova per l'architettura contemporanea, trasformando il modo in cui si svolge il lavoro negli studi di architettura e modificando radicalmente la metodologia grafica tradizionale per il progetto architettonico nata nel Rinascimento italiano e impiegata, con poche modifiche, ancora ai nostri giorni. Senza dubbio, l'impiego del computer a fini grafici ha anche evidenziato le carenze più significative delle abitudini manuali più intime

EMBT studio hand-made multiple models on different scales; the aim was to see how the shape could be modified, and also propose 'wire solutions for the structural mesh of the idea (fig. 7). When transferred to the computer these models generate three-dimensional computer models from which the final design and the metallic elements of the final structure can be developed. The studio used three-dimensional models during the next phase of the design when it had to develop the wicker envelope. It's as if the manual way in which traditional wicker basketwork is made can only be executed by hand. Only later when the form has been designed, shaped and validated does the rendering and entire computerised process (including the graphics and structural calculation) become part of the process, (fig. 8). The fact EMBT needs to use a plastic model depends on the fact that the computer 'proposes' certain kinds of forms, prioritising certain material solutions rather than others. The computer and each specific software command establishes these priorities and imposes a specific command sequence; this happens because the work has to be executed according to a pre-determined command sequence and because the computer itself has been designed to develop a certain set of procedures to control the form. Although computers perform certain functions very well, they are less versatile when other graphic operations are involved; ultimately these are tasks for which they have not been designed to perform. In some cases, this lack of versatility by the computer can explain the use of plastic models used by most cutting-edge studios; it is a measure which ultimately replaces sketches when drawings cannot accompany the idea through to the end of the form-shaping process.

Conclusions

The advent of new digital graphic methods has triggered profound changes in how ideas develop within the conceptual architectural design process; however, it appears that changes are still in a teething stage. After an initial period during which we had blind faith in the potential of this new tool, we have now reached a stage we could call stabilisation; the computer has opened up new ways of dealing

with complex forms. Digitalisation has made it possible to design formal shapes which we were previously unable to design because we lacked the graphic tools needed to handle the next stages of structuring and design; these tools are required to be able to shift from design to material implementation. What we want to emphasise here is the fact that during the standardisation of the graphic method used to shape/represent architectural design (at a time when the use of digital technology appears to have become commonplace in architecture studios), hand-drawn images as well as models have been incorporated into the design process. This has to some extent destabilised many people who initially predicted that drawings and models had finally and inexorably come to the end of their useful life.

The computer has undoubtedly sparked a new era in contemporary architecture; it has transformed the role of architectural studios and profoundly modified the traditional graphic method of architectural design established during the Italian Renaissance, a method which, with slight alterations, had been used to the present day. However, using the computer to produce graphics has also highlighted the significant shortcomings of our most intimate manual habits and the fact that our cognitive processes have developed based on an intimate relationship between the hand, the birth of language, and the ability to portray complex ideas.

So far the computer has shown itself to be incapable of truly replacing one of our most profound cognitive habits, i.e., the ability to link the manipulation of objects to the evolution of our intellectual processes. The fact computers can do our calculations for us means we can give free rein to our most complex fantasies. The distance created by mathematic algorithms between mental design processes and their graphic outcome can be reduced more efficiently by graphic techniques such as sketches and the design model. Since both techniques are based on manual gestures, they are unavoidably linked to our most profound cognitive mechanisms.

dell'essere umano, i cui processi cognitivi si sviluppino in una relazione intima tra la mano, lo sviluppo del linguaggio e la capacità di dare forma a idee complesse. Fino ad ora il computer si è rivelato incapace di sostituire in modo sostanziale le nostre routine cognitive più profonde, ovvero quelle che legano la capacità di manipolare gli oggetti con lo sviluppo della nostra stessa intelligenza. La capacità di calcolo del computer ci permette di dar vita alle nostre fantasie più complesse, ma la distanza che gli algoritmi matematici stabiliscono tra i processi mentali e la loro traduzione grafica può essere efficacemente ricompensata tramite il ricorso a tecniche grafiche sensibili quali lo schizzo e il modello plastico. Si tratta, d'altronde, di tecniche basate sulla manualità e legate direttamente, dunque, ai nostri meccanismi cognitivi più profondi.

Traduzione dallo spagnolo di Laura Carlevaris

1. Il testo è citato da Sennet 2009, p. 185.

2. Wilson 2002, p. 306.

3. Bell 1833. Vygotsky 2010.

4. Wilson 2002.

5. La necessità di comprendere l'importanza del tatto nelle prime fasi dell'apprendimento è ben descritta da Oliver Sacks quando afferma che: «il bambino inizia immediatamente a esplorare il mondo osservando, ascoltando, toccando, odorando, [...] La stessa cosa avviene per gli animali superiori a partire dal momento della loro nascita. La sola sensazione tattile non è sufficiente: deve unirsi al movimento, all'emozione, all'agire. Insieme, movimento e sensazione tattile si fanno precursori del significato»: Sacks 1990, pp. 44-50.

6. Wilson 2002, p. 21.

7. Lotz Wolfgang. Das Raumbild in der italienischen Architekturzeichnung der Renaissance. *Mitteilungen des Kunsthistorischen Institutes in Florenz*, VII, 1956, pp. 193-226; Ackerman 2002; Gombrich 1954.

8. Robbins 1994, p. 126.

9. Sul valore dell'incertezza nell'uso dello schizzo Richard Sennet scrive: «Il tatto, la capacità relazionale e l'incompletezza sono esperienze fisiche che hanno luogo nell'atto di disegnare. Il disegno rappresenta una gamma più ampia di esperienze, come la scrittura, che comprende la revisione editoriale e la riscrittura, o come l'esecuzione musicale, che comprende l'esplorazione continua delle qualità misteriose di un determinato accordo. La difficoltà e l'incompletezza dovrebbero essere per noi elementi facili da comprendere, dovrebbero stimolarci, cosa che non possono fare né la simulazione né la semplice manipolazione di oggetti conclusi»: Sennet 2009, p. 61.

10. Pallasmaa 2012, p. 54.

11. Ivi, p. 61.

12. Berger 2005.

13. Frank O. Gehry in Van Bruggen 1997, pp. 103-104.

14. Woods 2008.

15. Levene, Márquez 1991, p. 20.

16. Bendetta Tagliabue, oltre a dare un giudizio positivo della versatilità del disegno a mano libera, ricorda la possibilità di fare architettura senza ricorrere al disegno, lavorando solo per mezzo di modelli tridimensionali come strumenti di gestione della forma: «Io credo che il disegno a mano libera sia importantissimo perché controlla la scala. Quello che ho imparato davvero con il disegno a mano per l'architettura è come riprodurre, in modo esatto, la forma delle cose dalla realtà alla rappresentazione. Quando lavori al computer non puoi farlo, perché non controlli la scala e inoltre e puoi fare affidamento sul controllo che l'occhio esercita sulla mano. Inoltre, la dimensione colta dall'occhio può cambiare, può passare dal piccolo al grande, e questo è un cambiamento molto importante. Credo che il disegno a mano stabilisca una connessione a mano-cervello che ti dà l'opportunità di introdurre la sensibilità. Su questo argomento sono molto aperta, credo che si possa fare architettura con tutto, anche senza disegnare. In ogni caso il disegno a mano è uno strumento fantastico»: Torres, Cabanes 2011, p. 17.

17. EMBT. Spanish Pavillon. World Expo Shanghai 2010. Barcelona. 2010.

1. Quoted text in Sennet 2008, p. 185.
2. Wilson 2002, p. 306.
3. Bell 1833. Vygotsky 2010.
4. Wilson 2002.
5. This need to understand the importance of manual touch in early human learning is defined by Oliver Sack when he declares that: "The infant immediately starts exploring the world, looking, feeling, touching, smelling, as all higher animals do, from the moment of birth. Sensation alone is not enough; it must be combined with movement, with emotion, with action. Movement and sensation together become integrated to form a 'category', a coherent brain response, a category which is the antecedent of a 'meaning'". Sacks 1990, pp. 44-50.
6. Wilson 2002, p. 21.
7. Lotz Wolfgang. *Das Raumbild in der italienischen Architekturzeichnung der Renaissance*. Mitteilungen des Kunsthistorischen Institutes in Florenz, VII, 1956, pp. 193-226; Ackerman 2002; Gombrich 1954.
8. Robbins 1994, p. 126.
9. On the value of the uncertainty in the use of the sketch Sennett says: "The tactile, the relational and incomplete, are physical experiences that take place in the Act of drawing. The drawing represents a greater range of experiences, same thing than writing, which encompasses the editorial revision and rewriting, or musical performance, which includes repeated exploration of the mysterious qualities of a given chord. How difficult and how incomplete should be positive developments in our understanding; they should stimulate us as they can't do simulation or the easy manipulation of whole objects". Sennet 2009, p. 61.
10. Pallasmaa 2012, p. 54.
11. Ivi, p. 61.
12. Berger 2005.
13. Frank O. Gehry in Van Bruggen 1997, pp. 103-104.
14. Woods 2008.
15. Levene, Márquez 1991, p. 20.
16. Benedetta Tagliabue positively considers the versatility of hand drawing and the possibility of executing architecture without using drawings and working only with three-dimensional models as a manipulation tool: "I consider manual drawing very important because that way one can control the scales. The most important thing that manual drawing has taught me in architecture is that one has control over the way of recreating, precisely, the objects from reality to their representation. One can't do this on a computer because there are no scales whatsoever and, moreover, the result is not a reference from controlling your hand with your eye, because the eye is at a distance which admits change; one can go from small to big, thus entailing a significant change. I believe that hand drawing involves a brain-hand connection that allows for much greater sensitivity": Torres, Cabanes 2011, p. 17.
17. EMBT. *Spanish Pavilion. World Expo Shanghai 2010. Barcelona. 2010.*

References

- Ackerman James S. 2002. *Origins, Imitation, Conventions, Representation in the Visual Arts*. Cambridge (Massachusetts): MIT Press, 2002. 342p. ISBN: 978-02-6201-186-0.
- Bell Sir Charles. 1833. *The hand. Its mechanism and vital endowments, as evincing design*. London: Bell & Daldy, 1833. 308p.
- Berger John. 2005. *Berger on Drawing*. Aghabulloge: Occasional Press, 2005. 166p. ISBN: 978-09-5489-761-1.
- EMBT. 2010. *Spanish Pavillon. World Expo Shanghai 2010*. Barcelona: Editorial Pencil, 2010. 208p. ISBN: 978-84-9381-670-4.
- Gombrich Ernst. 1971. Leonardo's method for working out compositions (Conseils de Léonard sur les esquisses de tableaux). In Ernst Gombrich. *Norm and Form. Studies in the Art of the Renaissance*. I. London, 1971. 167p.
- Heidegger Martin. 1954. *Was heißt denken?* Tübingen: Max Niemeyer Verlag, 1954. 175p.
- Levene Richard C., Márquez Fernando. 1991. Interview with Zaha Hadid. *El Croquis*, 52, 1991, pp. 6-17.
- Pallasmaa Juhani. 2012. *La mano que piensa. Sabiduría existencia y corporal en la arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili, 2012 [ed. orig. Pallasmaa Juhani. *The thinking hand. Existential and Embodied Wisdom in Architecture*. Chichester (West Sussex): John Wiley & Sons Ltd. 2009. 160p. ISBN: 978-04-7077-929-3].
- Robbins Edward. 1994. *Why Architects Draw*. Cambridge (Massachusetts): MIT Press, 1994. 315p. ISBN: 02-6218-157-6.
- Sacks Oliver. 1990. Neurology and the Soul. *New York Review*, 22th November, 1990, pp. 44-50.
- Sennet Richard. 2009. *El artesano*. Barcelona: Anagrama, 2009. 406p. ISBN: 978-84-3396-287-4 [ed. orig. Sennet Richard. *The Craftsman*. New Haven/Londres: Yale University Press, 2008. 336p. ISBN: 03-0015-119-5].
- Torres Ana, Cabanes Miguel. 2011. Talking with... Benedetta Tagliabue. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, vol. 17, 2011, pp. 12-29.
- Van Bruggen C., Gehry Frank O. 1997. *Museo Guggenheim Bilbao*. The Solomon R. Guggenheim Foundation, Nueva York y FMGB Guggenheim Museon, Bilbao, 1997. 207p. ISBN: 978-08-1096-907-0.
- Vygotsky Lev. 2010 *Pensamiento y lenguaje*. Madrid: Paidós, 2010. 240p. ISBN: 978-84-4932-398-0 [ed. orig. Vygotsky Lev. *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978].
- Wilson Frank R. 2002. *La mano. De cómo su uso configura el cerebro, el lenguaje y la cultura humana*. Barcelona: Tusquets, 2002. 385p. ISBN: 84-8310-828-3 [ed. orig. Wilson Frank R. *The Hand: How Its Use Shapes the Brain, Language, and Human Culture*. 1st Vintage Books Ed. New York: Vintage, 1999].
- Woods Lebeus. 2008. Drawn into Space. *Architectural Design*, vol. 78, issue 4, 2008, pp. 28-35.

Laura Inzerillo, Cettina Santagati

Il progetto del rilievo nell'utilizzo di tecniche di modellazione *dense stereo matching* Using dense stereo matching techniques in survey

In recent years there has been an enormous increase in the dissemination of modelling techniques known as dense stereo matching (DSM) or image-based modelling (IBM) using free, low cost, open source software, especially applications involving the survey of cultural heritage (architecture, archaeology, and town planning). The algorithms used by these software programmes process photographic datasets and provide a 3D model of the scene in question. During complex survey and 3D restitution procedures, these techniques save time (processing) and money: these advantages can be useful to any professional. This is why it is important to identify the real potential and limits of these software programmes and how they should be used to produce the best possible results. We carried out parallel tests to verify how to use the two software packages: 123D Catch by Autodesk and VisualSfM+CMVS/PMVS2 by Changchang Wu. The photographic dataset was the most critical part of the procedure involving DSM or IBM techniques. The article illustrates three case studies in which only the third study provides an optimal dataset capable of generating a reliable model. The tests were carried out on three different architectural objects, ranging from a small to large scale; terrestrial laser scans were used for the metric comparisons of the ensuing models.

Key words: Dense stereo matching, Image based modeling, 3D modeling, Structure from Motion, Digital Heritage.

In the last few years, new, so-called Structure from Motion (SfM) algorithms have begun to be used in conjunction with the ones which digitally interpret photogrammetric techniques. These SfM algorithms use a series of photographs to recreate the internal parameters of the camera and the spatial position of the homologous points. Although these SfM techniques have been experimented primarily on tourist websites,¹ they are nonetheless very interesting because they save time and money during the acquisition and processing of cultural heritage data.² This added value can be very helpful to professionals. The complex, multifaceted stages associated with traditional and innovative survey techniques, from acquisition to 3D visualisation, require a topographic, photogrammetric³ and laser scanner survey to produce a 3D model⁴ created thanks to the integrated use of several consolidated and disseminated methodologies used in all scientific sectors involved in this field. The examples shown here concisely represent the numerous experiments performed to verify the procedures of two software

La diffusione delle tecniche di modellazione dense stereo matching (DSM) o image-based modeling (IBM) attraverso l'uso di software gratuiti, a basso costo e open source ha avuto un incremento considerevole in questi ultimi anni, specialmente nelle applicazioni che riguardano il rilievo del patrimonio culturale (architettura, archeologia, urbanistica). Gli algoritmi utilizzati all'interno dei software testati citati elaborano dataset fotografici per restituire il modello 3D della scena inquadrata. Queste tecniche, nelle complesse procedure di rilevamento e restituzione 3D, comportano un risparmio sia in termini di costi che di ore di elaborazione, vantaggi, questi, che potrebbero tornare utili alla figura del professionista. A tal fine, è bene individuare quali siano le reali potenzialità e i limiti di questi software e come vadano utilizzati per ottenere il miglior risultato. Nello specifico sono state condotte sperimentazioni in parallelo per la verifica delle procedure d'uso dei due pacchetti software 123D Catch della Autodesk e VisualSfM+CMVS/PMVS2 creato da Changchang Wu. La criticità maggiore riscontrata nell'utilizzo delle tecniche DSM o IBM è quella del dataset fotografico. Nell'articolo si riportano tre casi studi di cui soltanto nell'ultimo si individua un dataset ottimale in grado di generare un modello affidabile. La verifica è stata condotta su diversi oggetti architettonici dalla scala di dettaglio a quella monumentale, utilizzando scansioni laser terrestri per i confronti metrici sui modelli ottenuti.

Parole chiave: dense stereo matching, fotomodellazione, modellazione tridimensionale, Structure from Motion, patrimonio culturale.

In questi ultimi anni, agli algoritmi che traducono digitalmente le tecniche fotogrammetriche, sono stati affiancati i cosiddetti algoritmi *Structure from Motion* (SfM) che riescono a ricostruire, da una sequenza di scatti fotografici, i parametri interni della macchina fotografica e la posizione nello spazio dei punti omologhi. Se da un lato queste tecniche SfM sono state sperimentate per uno scopo prettamente turistico sul web¹, dall'altro lato costituiscono un potenziale di grande interesse per l'abbattimento dei tempi e dei costi nell'acquisizione ed elaborazione dei dati nel settore dei beni culturali². Potenziale, questo, che potrebbe essere di grande utilità per il professionista. Le complesse e articolate fasi che regolano le tradizionali e innovative tecniche di rilevamento, dall'acquisizione alla visualizzazione 3D, presuppongono, infatti, un rilievo topografico, fotogrammetrico³ e laser scanner per ottenere un modello 3D⁴ attraverso l'uso integrato di svariate metodologie ormai consolidate e ampiamente divulgate nei settori scientifici di interesse. Gli esempi riportati sono la sintesi di numerose sperimentazioni tese a verificare le procedu-

re d'uso dei due pacchetti software 123D Catch della Autodesk e Visual SfM+CMVS/PMVS2 creato da Changchang Wu⁵. Entrambi i software sono *user-friendly*, propongono elaborazioni veloci e sono utilizzabili anche da non esperti del settore del rilevamento e della modellazione. Tuttavia, al fine di ottenere un modello 3D affidabile sia sotto il profilo visivo che metrico, è indispensabile individuare un criterio per la realizzazione del *dataset* fotografico di partenza. In questo articolo si dimostrerà che se per il Catch della Autodesk, l'individuazione del *dataset* è di facile intuizione, per il Visual sono ancora in corso sperimentazioni sia in campo nazionale che internazionale: spesso si giunge al *dataset* ottimale dopo diversi tentativi e non sempre il criterio utilizzato in una tipologia architettonica ha la stessa risposta in una tipologia differente. Infine, la valutazione eseguita sul modello ottenuto è stata condotta attraverso la comparazione con la scansione laser realizzata sullo stesso oggetto. Dopo avere indagato sullo stato dell'arte, sono stati analizzati i risultati ottenuti da ciascun



1/ *Pagina precedente.* A sinistra elemento architettonico (XIX secolo), al centro Torre di Federico a Enna, a destra facciata dell'edificio INCIS a Enna.

Previous page. *Left: architectural element (nineteenth century); centre: Frederick's Tower in Enna; right: façade of the INCIS building in Enna.*

software per ogni caso studio. I casi studio presi in esame, costituiscono tre tipologie di intervento molto diverse tra loro: l'elemento architettonico/scultoreo, l'edificio intero, la facciata (fig. 1).

Stato dell'arte

In letteratura troviamo prevalentemente due categorie principali di studi sui pacchetti SfM: alcuni sono finalizzati alla presentazione delle performance dei diversi algoritmi, della loro combinazione e ottimizzazione, attraverso la ricostruzione di scene 3D complesse con applicazioni su piccola, media e grande scala fino ad arrivare alla ricostruzione del Colosseo e di piazza San Marco⁶; altri sono finalizzati alla comparazione visiva e metrica dei differenti software disponibili, al fine di comprenderne l'effettivo utilizzo.

Per quanto riguarda lo stato dell'arte sui due software da noi indagati, si riportano i lavori più significativi sia su piccola che su grande scala: digitalizzazione di piccoli oggetti⁷; ritrovamenti archeologici come frammenti o suppellettili⁸; porzioni di siti archeologici⁹; applicazioni su edifici molto semplici¹⁰; comparazioni tra diversi pacchetti SfM su oggetti a scala diversa, dalla primitiva geometrica alla piazza¹¹; verifiche su 123D Catch a scala architettonica e urbana¹²; sperimentazioni alla scala urbana su VisualSfM¹³.

Verifica delle procedure SfM

La realizzazione del *dataset* è la fase più critica nelle tecniche SfM. Da esso, infatti, dipende la qualità del risultato finale.

Se per 123D Catch è sufficiente seguire il tutorial della Autodesk, per VisualSfM, ad oggi, non si può fare riferimento a un criterio univoco secondo cui eseguire una campagna fotografica che porti a un risultato atteso privo di imprecisioni, sbavature, bassa accuratezza visiva e metrica, etc.

Nelle sperimentazioni condotte, infatti, la creazione dei *dataset* per il VisualSfM è stata molto problematica e non sempre sono stati raggiunti gli obiettivi iniziali sperati. D'altra parte, la maggior parte degli studi presenti in letteratura, compresi quelli condotti dallo stesso Furukawa¹⁴ sono incentrati sulla ricostruzione di ampie scene urbane, dove il *dataset* è costituito

principalmente da immagini disponibili sul web a cui, nelle ultime sperimentazioni, si vanno ad aggiungere foto aeree oblique e le viste *street view*¹⁵. Questo impone applicazioni su monumenti molto visitati (Colosseo, piazza San Marco, etc.) con *dataset* non strutturati e con migliaia e migliaia di immagini il più delle volte ridondanti, la cui gestione richiede accorgimenti che non sono sempre necessari nel caso di acquisizioni di beni architettonici (facciate, piccoli edifici civili, elementi architettonici, etc.). Alla ridondanza di immagini delle sperimentazioni di Furukawa, cui corrispondono anche risorse hardware e conoscenze software non indifferenti, si contrappone la necessità per il professionista di comprendere chiaramente quale sia il criterio secondo cui realizzare il *dataset* adeguato al fine di giungere ad un risultato apprezzabile.

Nel caso della facciata dell'edificio INCIS a Enna¹⁶ degli anni Trenta, a quattro elevazioni (m 29,30 x 18,00), alla semplicità della procedura applicativa del Catch in termini di rapporto tra qualità dell'elaborato finale/tempi di elaborazione/strumentazioni necessarie/ conoscenze preliminari richieste, si è contrapposta la difficoltà operativa in Visual di pervenire ad un *dataset* utile per una ricostruzione almeno visivamente accettabile. Inoltre, è bene sottolineare che mentre il Catch restituisce un modello 3D poligonale fotografico, l'output finale fornito dal VisualSfM integrato con CMVS/PMVS2 è una nuvola di punti (*dense reconstruction*)¹⁷. Pertanto, fin tanto che le sperimentazioni hanno come finalità la visualizzazione della *dense reconstruction* ottenuta, il VisualSfM può essere considerato uno strumento molto promettente. Tuttavia, il professionista e, quindi, il settore dei Beni Culturali, ha necessità di disporre anche di una *mesh* e questo passaggio, come mostrato in questo studio, non sempre conduce a risultati utilizzabili.

Come si evince dalla figura 2 i *dataset* utilizzati per il Catch (a) e per il Visual (b) differiscono in termini di numero di immagini. Il modello poligonale ottenuto con 123D Catch è stato confrontato con la *mesh* della scansione laser all'interno di Meshlab¹⁸ (fig. 3).

La sperimentazione in Visual con il *dataset* del Catch non ha dato risultati leggibili ed è stato necessario integrarlo con altre immagini

packages: the 123D Catch produced by Autodesk, and the Visual SfM+CMVS/PMVS2 made by Changchang Wu.⁵ Both are user-friendly, provide rapid processing, and can be used by amateurs in the field of survey and modelling. However, to obtain a visually and metrically reliable 3D model it's important to establish criteria with which to create the initial photographic dataset. This article will show that it's easy to establish a dataset for Autodesk 123D Catch, while tests are still ongoing in Italy and abroad for Visual: several attempts are often needed to obtain the best dataset and the criteria used in one architectural type does not always give the same results for another type. Finally, we assessed the model by comparing it against a laser scan of the same object. After having examined the state-of-the-art, we analysed the results produced by the two software programmes for each case study. The studies in question represent three very different kinds of artefacts: an architectural/sculptural element, a building, and a façade (fig. 1).

State-of-the-art

Two main types of studies on SfM packages have been reported in literature: some present the performance, combination and optimisation of the various algorithms by recreating complex 3D scenes with small, medium and large scale applications, for example reconstructions of the Colosseum and St. Mark's Square⁶; other focus on visual and metric comparisons between the different software programmes in order to understand how they can be used in practice. As regards the state-of-the-art of the two software programmes in this study, we decided to report on the most important executed on a small and large scale: the digitalisation of small objects⁷; archaeological finds such as fragments or grave goods⁸; parts of architectural sites⁹; applications used on very simple buildings¹⁰; comparisons between objects with different scales executed using several SfM packages ranging from primitive geometry to the square¹¹; tests on an architectural and urban scale using the 123D Catch¹²; urban scale tests using VisualSfM.¹³

Tests on the SfM procedures

Creating the datasets is the most critical part of the SfM techniques because it influences the quality of the final result. For the 123D Catch,

2/ Edificio INCIS a Enna: a destra ricostruzione della scena e della posizione delle fotocamere in 123D Catch, a sinistra in VisualSfM.

The INCIS building in Enna. Right: reconstruction of the scene and position of the cameras in 123D Catch; left: in VisualSfM.

3/ Edificio INCIS a Enna: a destra visualizzazione del modello mesh in 123D Catch, a sinistra verifica metrica in Meshlab.

The INCIS building in Enna. Right: visualisation of the mesh model in 123D Catch; left: metric verification in Meshlab.

4/ Edificio INCIS a Enna: a destra visualizzazione della dense reconstruction in Visual SfM, a sinistra verifica metrica in Meshlab.

The INCIS building in Enna. Right: visualisation of the dense reconstruction in Visual SfM; left: metric verification in Meshlab.

the Autodesk tutorial is more than enough. Instead, the VisualSfM has so far not provided univocal criteria with which to perform the photographic campaign and obtain a result without imprecisions, imperfections, modest visual and metric accuracy, etc.

In fact, during the tests it was much more difficult to create VisualSfM datasets, and we were not always able to achieve the results we expected. It's important however, to remember that most of the studies reported in literature, including the ones by Furukawa himself,¹⁴ focus mainly on the reconstruction of big urban scenes in which the dataset is essentially made up of images available on the web; the most recent tests have also included oblique aerial photographs and street views.¹⁵ This requires applications involving famous monuments (the Colosseum, St. Mark's Square, etc.) with unstructured datasets and thousands and thousands of often superfluous images. Managing these images requires tricks which are not always necessary when acquiring architectural assets (façades, small civilian buildings, architectural elements, etc.). Furukawa employed important hardware resources and software expertise when executing his tests with the redundant images; on the contrary, if a professional wants to produce a significant result, he needs to clearly understand the criteria required to create the dataset.

Let's take the façade of the four storey INCIS building (29.30 x 18.00 m) built in Enna¹⁶ in the thirties. While the application procedures proposed by Catch produced a good quality final image compared to the processing times, tools and preliminary data required, it was operationally difficult to use Visual to create a dataset which could produce, at the very least, a visually acceptable reconstruction. Furthermore, we should point out that Catch provides a photographic polygonal 3D model, while the final output provided by the Visual SfM integrated with CMVS/PMVS2 is a points cloud (dense reconstruction).¹⁷ As a result, the VisualSfM can be considered a very promising tool if the tests were intended to visualise the dense reconstruction. However, professionals and the cultural heritage sector also need a mesh; this study proves that the



di dettaglio. Attraverso la ricostruzione mediante l'algoritmo di Poisson (profondità 12), si è passati dalla nuvola di punti del Visual alla relativa *mesh*, tuttavia il modello così ottenuto è risultato inutilizzabile poiché molto rumoroso, non definito e geometricamente deformato. Pertanto la verifica metrica è stata condotta in Meshlab attraverso la comparazione della *dense reconstruction* con la nuvola della scansione laser precedentemente allineate in CloudCompare¹⁹ (fig. 4). I risultati ottenuti sono sintetizzati in tabella 1.

Gli esiti raggiunti sulla facciata dell'INCIS ci hanno guidato nella realizzazione del dataset

del secondo edificio: la Torre di Federico²⁰ a Enna, del XIII secolo (lato dell'ottagono di base m 8, altezza m 27). Nonostante gli accorgimenti messi a punto nella procedura di utilizzo sia in Catch sia in Visual, l'elaborazione di questo particolare monumento ci ha condotti verso risultati non previsti. Probabilmente la geometria centrica, con base ottagonale e altezza quasi il doppio rispetto all'imposta di base, la stereotomia e l'uniformità cromatica della superficie di rivestimento hanno generato problemi di elaborazione agli algoritmi interni. Il *dataset* per il Catch è stato obbligato dall'esigenza di compiere un giro completo attorno

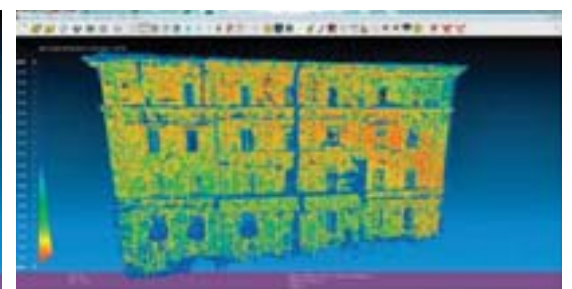
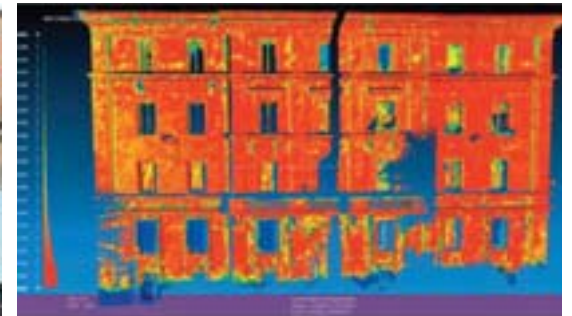


Tabella 1/ Edificio INCIS a Enna.
 Table 1/ The INCIS Building in Enna.
 Tabella 2/ Torre di Federico a Enna.
 Table 2/ Frederick's Tower in Enna.

all'edificio (fig. 5) con una sovrapposizione tra un'inquadratura e l'altra di circa il 70%²¹ con un totale di 82 scatti. La difficoltà del software è stata quella di elaborare la *mesh* in modalità *standard* e *maximum* e, questo, ha compromesso la verifica finale poiché la *mesh* in modalità *mobile* non è attendibile ai fini del confronto. L'errore medio ricavato dalla comparazione con la scansione è, infatti, di 0,0375 m e, inoltre, alcune zone presentano degli scostamenti dell'ordine di 0,14 m (tab. 2).

Se 123D Catch ha difficoltà a elaborare un numero elevato di immagini²², il VisualSfM integrato con CMVS/PMVS2, al contrario, è stato ideato per l'elaborazione di considerevoli quantità di immagini non strutturate. Le nostre sperimentazioni sono state rivolte a comprendere se e come sia possibile individuare una procedura operativa per ottimizzare le acquisizioni fotografiche e realizzare un *dataset* strutturato utilizzabile in maniera efficace in Visual. È stato pertanto eseguito un altro giro di foto attorno alla torre a quota differente rispetto alla prima (fig. 6). Anche in questo caso, l'esito raggiunto non ha dato un risultato soddisfacente con un errore medio tra i due modelli di 0,0537 m e una deviazione standard di 0,0676 m (fig. 7).

Probabilmente, l'implementazione del *dataset* con altre immagini prese a una quota più elevata/aerea e l'aggiunta di *marker* sulla superficie di rivestimento avrebbero potuto contribuire a migliorare il risultato del Visual. Tuttavia, non è stato possibile recarsi in sito per nuove elaborazioni.

Le difficoltà operative che si incontrano nello studio su un'opera architettonica, quali accessibilità, distanza, etc, (difficoltà che non ci hanno consentito, come già detto, ulteriori approfondimenti sui primi due casi indagati), sono state superate nella sperimentazione condotta su un elemento architettonico/scultoreo del XIX secolo. Si tratta di una mensola in gesso con due lati decorati da bassorilievi di intrecci fitomorfi chiusi nelle estremità da due leoni alati (larghezza 902 mm, altezza 803 mm, spessore 200 mm), disponibile presso i locali del Dipartimento di Architettura di Palermo. La sperimentazione con il Catch ha elaborato un risultato molto promettente sia sotto il profilo visivo che metrico (figg. 8-9, tab. 3).

Facciata dell'INCIS larghezza m 29,30, altezza m 18,00		
	123D Catch	VISUALSfM+CMV S/PMVS2
# di immagini	115	174
# di immagini ridondanti	0	0
Macchina fotografica	Nikon D3200	Nikon D3200
Risoluzione della camera	12 Mpix	12 Mpix
Distanza focale	18 mm	18-55 mm
Tempo totale di calcolo	45 min (sul cloud)	120 min (sul desk)
# di clusters	-	3
Dense point cloud	-	2.106.267
Mesh	1.400.662 700.889 vertici	-
Mesh da laser scanner HDS 3000 della Leica Geosystem/accuratezza 6 mm	-	951.158 vertici 1920.350 triangoli
Intervallo di calcolo (m)	0-0,05	0-0,15
Media (m)	0,018531	0,052775
Scarto quadratico medio (RMS)	0,014706	0,059693

L'accessibilità al reperto storico ha consentito di condurre una campagna di sperimentazioni molto intensa finalizzata all'individuazione di un criterio per la realizzazione di un *dataset* adeguato per il Visual. In questo articolo, tra le sperimentazioni più significative, se ne riportano tre. Il risultato ottenuto richiede un'attenzione esclusiva e pertanto si tratta l'argomento in un paragrafo dedicato.

Sperimentazione dell'elemento architettonico in VisualSfM

L'esperienza maturata sul Visual nei due casi precedenti e il confronto dei risultati ottenuti con quanto disponibile in letteratura, ha portato alla realizzazione di un primo *dataset* che fosse il più possibile compatto e corposo con 482 foto, così come si può evincere dalla figura 10). Il risultato ottenuto, tuttavia, è stato

Torre di Federico larghezza m 16,60, altezza m 27		
	123D Catch	VISUALSfM+CMV S/PMVS2
# di immagini	82	274
# di immagini ridondanti	0	0
Macchina fotografica	Nikon D3200	Nikon D3200
Risoluzione della camera	12 Mpix	12 Mpix
Lente focale	18 mm	18-55 mm
Tempo totale di calcolo	360 min (sul cloud)	180 min (sul desk)
# di clusters	-	3
Dense point cloud	-	4.208.870
Mesh	693.756 triangoli 366.357 vertici	6.810.474 triangoli 3.409.838 vertici
Mesh da laser scanner HDS 3000 della Leica Geosystem/accuratezza 6 mm	-	4.112.362 triangoli 2.118.608 vertici
Intervallo di calcolo (m)	0-0,20	0-0,20
Media (m)	0,037482	0,053757
Scarto quadratico medio (RMS)	0,057935	0,067942

VisualSfM does not always produce practical results.

Figure 2 shows how the datasets used by Catch (a) and Visual (b) differ in terms of the number of images. The polygonal model created using 123D Catch was compared with the mesh of the laser scan in Meshlab¹⁸ (fig. 3).

Tests in Visual using the Catch dataset did not produce interpretable results and had to be integrated with other images of details. Reconstruction using Poisson's algorithm (depth 12) allowed us to pass from the Visual points cloud to the relative mesh. However the ensuing model was useless because it was extremely noisy, undefined and geometrically deformed. As a result, a metric test was conducted in Meshlab by comparing the dense reconstruction with the cloud of the laser scan previously aligned in CloudCompare¹⁹ (fig. 4). A summary of the results are presented in Table 1. The results regarding the façade of the INCIS building helped us create the dataset of the second building: Frederick's Tower²⁰ in Enna built in the thirteenth century (width of the octagon 8 m, height 27 m). Despite the care taken when using Catch and Visual, processing this monument produced unexpected results. The problems arose during the processing of the internal algorithms not only due to the centric geometry with its octagonal base and height almost double that of the base layout, but also due to the stereotomy and chromatic uniformity of the surface envelope.

The Catch dataset required we executed a complete circle of the building (fig. 5) and superimposed one frame over another for about 70%²¹ of the building: a total of 82 frames. The software had difficulty processing the mesh in standard and maximum mode; this compromised the final text since the mesh in mobile mode was unreliable in a comparison. The mean error of the comparison with the scan was, in fact, 0.0375 m; furthermore, some areas had differences of around 0.14 m (Tab. 2). If the 123D Catch had difficulty processing a large number of images,²² on the contrary the VisualSfM integrated with CMVS/PMVS2 has been designed to process a significant number of

5/ Torre di Federico a Enna: a sinistra ricostruzione della scena e della posizione delle fotocamere in 123D Catch, a destra VisualSfM.

Frederick's Tower in Enna. Left: reconstruction of the scene and the position of the cameras in 123D Catch; right: in VisualSfM.

6/ Torre di Federico a Enna: a sinistra visualizzazione del modello mesh in 123D Catch, a destra verifica metrica in Meshlab.

Frederick's Tower in Enna. Left: reconstruction of the mesh model in 123D Catch; right: metric verification in Meshlab.

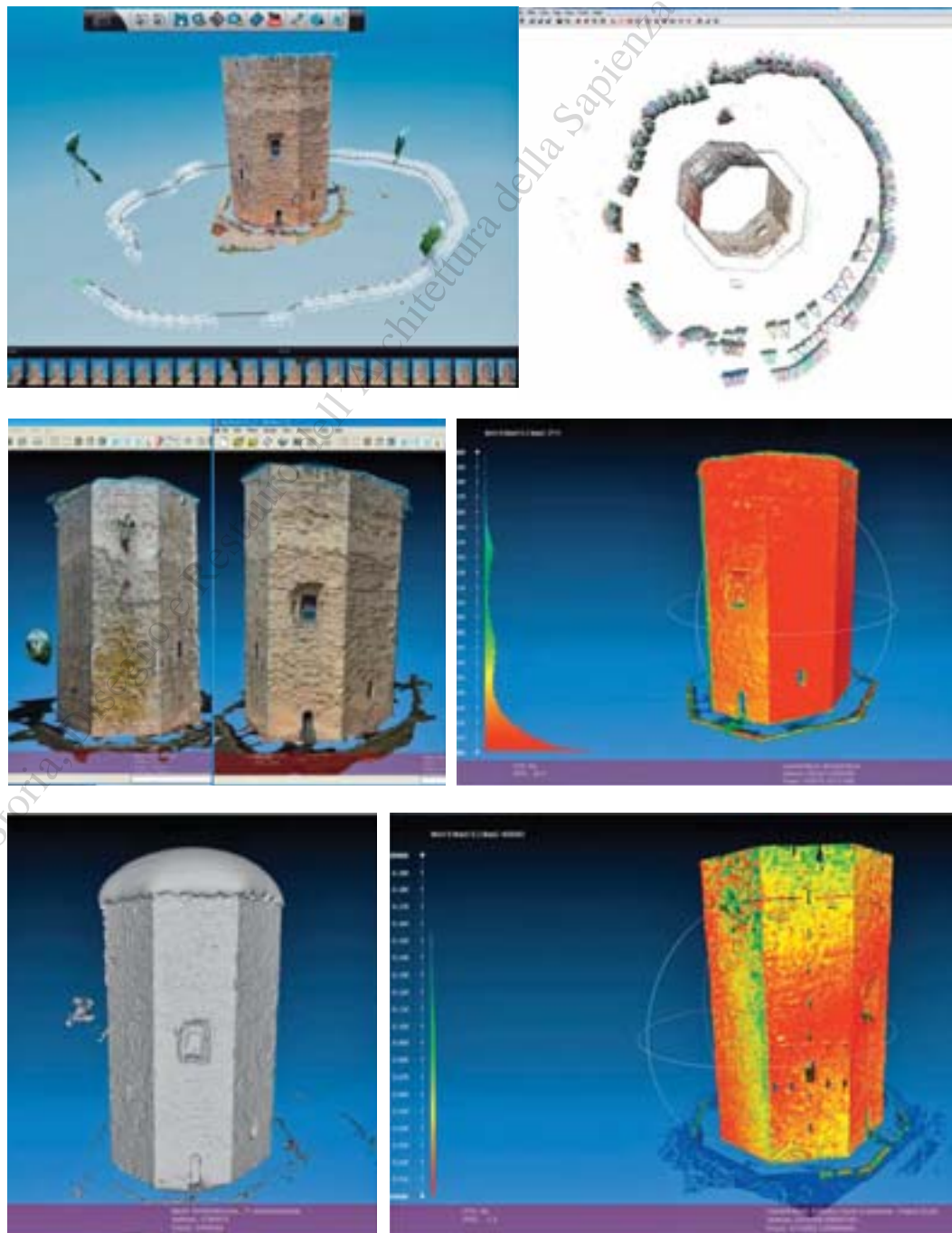
7/ Torre di Federico a Enna: a sinistra visualizzazione della densa ricostruzione in Visual SfM, a destra verifica metrica in Meshlab.

Frederick's Tower in Enna. Left: visualisation of the dense reconstruction in Visual SfM; right: metric verification in Meshlab.

unstructured images. Our tests were intended to check whether and how it is possible to identify an operational procedure to optimise the photographic acquisitions and create a structured dataset which can be successfully used in Visual. So we took another set of photographs of the tower at a different level from the previous one (fig. 6). Here too, the results were not satisfactory; the mean error between the two models was 0.0537 m with a standard deviation of 0.0676 m (fig. 7). It might have been possible to improve the result of the Visual by using a dataset with other images taken at a higher level (or from the air) and by adding markers on the surface of the envelope. However, we were unable to return to the site for further tests. The operational difficulties we encountered while studying an architectural artefact (accessibility, distance, etc.) did not allow us to perform an in-depth study of the first two case studies. However we solved these difficulties during the study of a nineteenth-century architectural/sculptural element: a plaster corbel decorated on two sides by bas-reliefs of phytomorphic tracery closed at either end by two winged lions (width 902 mm, height 803 mm, depth 200 mm). The corbel is located in the Department of Architecture in Palermo. The tests with Catch provided very promising visual and metric results (figs. 8-9; Tab. 3). Accessibility of the historical artefact allowed us to carry out a very intense experimental campaign to identify the criteria needed to create the right Visual dataset. We will report on three of these artefacts in this article. The results require careful attention and are therefore illustrated in a separate paragraph.

Experimenting with the architectural element using VisualSfM

Our work with Visual in the two previous case studies, and comparison between the data we obtained and the data available in literature, allowed us to create an initial dataset as compact and dense as possible: it included 482 photographs and is shown in figure 10. However the result was very different to the one we expected; this is evident in the reconstruction of the surface using the Poisson algorithm (depth 12) visualised in Meshlab (fig. 10). The figure shows that the quality of the mesh in terms of noise, definition, etc., is not enough to carry out verification. In our



molto difforme da quello atteso come si può osservare dalla ricostruzione della superficie mediante algoritmo di Poisson (profondità 12) visualizzata in Meshlab (fig. 10). Come si evince dalla figura, la qualità della mesh, in termini di rumorosità, definizione, etc., non è sufficiente

per condurre la verifica. Nel tentativo successivo si è pensato di eseguire un rilievo fotografico su tre livelli di prese con un totale di 182 immagini secondo il criterio fotogrammetrico. Tuttavia, il terzo e più alto giro di prese (60 immagini) è stato scartato durante l'elaborazione

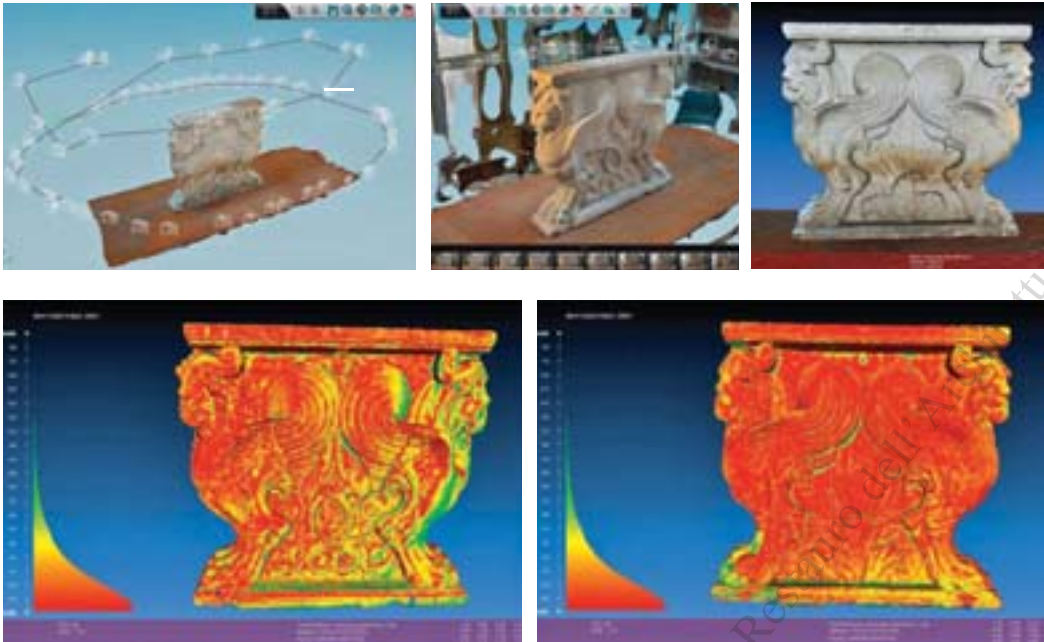
8/ Elemento architettonico: a destra e al centro ricostruzione della scena e della posizione delle fotocamere, a sinistra visualizzazione del modello mesh in 123D Catch

Architectural element. Right and centre: reconstruction of the scene and position of the cameras; left: visualisation of the mesh model in 123D Catch.

9/ Elemento architettonico: verifica metrica in Meshlab sui due lati del modello mesh ottenuto con 123D Catch

Architectural element: metric verification in Meshlab along two sides of the mesh model obtained using the 123D Catch

Tabella 3/ Elemento architettonico.
Table 3/ Architectural element.



a causa dell'inquadratura troppo angolata verso il basso, che rifletteva la cromia del pavimento in marmo. Come è chiaramente visibile in figura 11, la *mesh* (Poisson, profondità 12) ottenuta dal *dataset* con le restanti 122 immagini, riflette la conseguente perdita di informazioni. Quanto detto conferma che questo software è stato creato con algoritmi che gestiscono un numero molto elevato di immagini. Come già accennato, le sperimentazioni mostrate sono solo una piccola parte dei diversi tentativi elaborati. L'obiettivo era quello di capire quale fosse il criterio da suggerire all'utente per un corretto utilizzo del software. Tuttavia, per quanto nell'applicazione che segue dimostreremo d'essere giunti al risultato sperato, ad oggi non siamo in grado di stabilire se quanto ottenuto sia frutto del criterio seguito o semplicemente del "caso"; è necessario continuare a indagare verificando questa ipotesi su ulteriori casi studio.

Il *dataset* mostrato in figura 12 è una sintesi di tutte le sperimentazioni: risente sia del criterio fotogrammetrico (rapporto base/distanza) che di quello numerico. Al secondo *dataset* sono stati aggiunti: un giro completo di scatti alla quota superiore con un'angolazione meno accentuata rispetto alla sperimentazione precedente e un quarto giro ravvicinato per i dettagli, per un to-

tale di 233 immagini. La verifica metrica condotta ha portato ai risultati descritti in figura 13 e tabella 3 dove sono riportati i valori di scostamento su entrambi i lati dell'oggetto.

Conclusioni

Attraverso le sperimentazioni condotte e la relativa individuazione delle caratteristiche dei rispettivi *dataset* sia per il Catch che per il Visual, è possibile delineare i limiti e i vantaggi di entrambi i software. In questo modo il professionista, consapevole delle potenzialità degli strumenti di cui dispone, è nelle condizioni di scegliere quale tecnica intraprendere all'inizio del suo rilievo senza incorrere a sgra-

Elemento architettonico larghezza mm 902, altezza mm 803, spessore mm 200		
	123D Catch	VISUAL 3M+CM VSP/MV52
# di immagini	87	233
# di immagini non orientati	0	0
Macchina fotografica	Nikon D3200	Nikon D3200
Risoluzione della camera	12 Mpix	12 Mpix
Lente focale	18 mm	18-55 mm
Tempo totale di calcolo	180 min (sul cloud)	180 min (sul desk)
# di cluster		5
Dimensioni point cloud		3.712.553
Intervallo di calcolo (mm)	0-8	0-8
Media (mm)	1.078	0.934
Scarto quadratico medio (RMS)	1.477	1.371
Mesh	1.189.179 triangoli 585.045 vertici	2.860.050 triangoli 1.438.350 vertici
Mesh da laser scanner: Minolta/Vivid 9i distanza 70 circonferenza 0.25-0.3 mm		2.245.256 triangoli 1.134.013 vertici

next attempt we decided to perform a photographic survey on three different levels (a total of 182 images) using photogrammetric criteria. However the third and highest level (60 images) was discarded during processing due to the excessively downward-pointing image which reflected the colour of the marble floor. Figure 11 clearly shows that the mesh (Poisson, depth 12), obtained from the dataset using the other 122 images reflects the ensuing loss of data, proof that this software was created with algorithms that manage a very large number of images. As mentioned earlier, these tests represent only a small number of the many attempts we made. We wanted to understand what criteria should be suggested to users for them to be able to use the software properly. However, although the demonstration illustrated below shows we obtained what we were looking for, we still cannot tell whether this depends on the fact we used the right criteria or whether it was simply a 'fluke'. To be sure, we would have to test our theory using other case studies.

The dataset shown in figure 12 summarises all the tests: it takes into account the photogrammetric criteria (base/distance ratio) and the numeric criteria. We added a second dataset: a complete round of shots at the upper level with a less accentuated angle compared to the previous test, and a close-up quarter turn for the details: a total of 233 images.

The metric verification produced the results in figure 13 and Table 3 showing the differences in value on both sides of the object.

Conclusions

The tests we carried out, and the fact we were able to identify the characteristics of the respective datasets for Catch and Visual made it possible to outline the pros and cons of both software programmes. Once a professional is aware of the potential of these tools he can make an informed decision about which techniques to use before starting his survey; this also allows him to avoid unpleasant and unexpected results. The characteristics of the two software programmes are listed below.

Dataset:

- the photographic dataset of the 123D Catch is structured and simple to create because it is based on the logic of photogrammetry. The number of images ranges from a minimum of 30 to a

10/ Elemento architettonico dataset 482 foto: a destra visualizzazione della ricostruzione della posizione delle camere fotografiche, a sinistra della mesh Poisson.
Architectural element dataset 482 photographs. Right: visualisation of the reconstruction of the position of the cameras; left: of the Poisson mesh.

11/ Elemento architettonico dataset 182 foto: a destra visualizzazione della ricostruzione della posizione delle fotocamere, a sinistra della mesh Poisson.
Architectural element dataset 182 photographs. Right:

visualisation of the reconstruction of the position of the cameras; left: of the Poisson mesh.

12/ Elemento architettonico dataset 233 foto: a destra visualizzazione della ricostruzione della posizione delle fotocamere, a sinistra della mesh Poisson.
Architectural element dataset 233 photographs. Right: visualisation of the reconstruction of the position of the cameras; left: of the Poisson mesh.

maximum of 70 (advised by Autodesk) even if in our trials we obtained good results with up to 200 photographs according to the scale of the object to be acquired;

- for the VisualSfM+CMVS/PMVS2, examples in literature refer mainly to unstructured photographic datasets. Our trials achieved an acceptable structured dataset only when architectural elements were involved. However further trials should be performed on similar objects and on larger scales to identify a reference criteria. The number of images ranges from a minimum of 120 to an undefined maximum. Reports in literature include tests with up to 13,800 images.²³

Processing times and hardware resources:

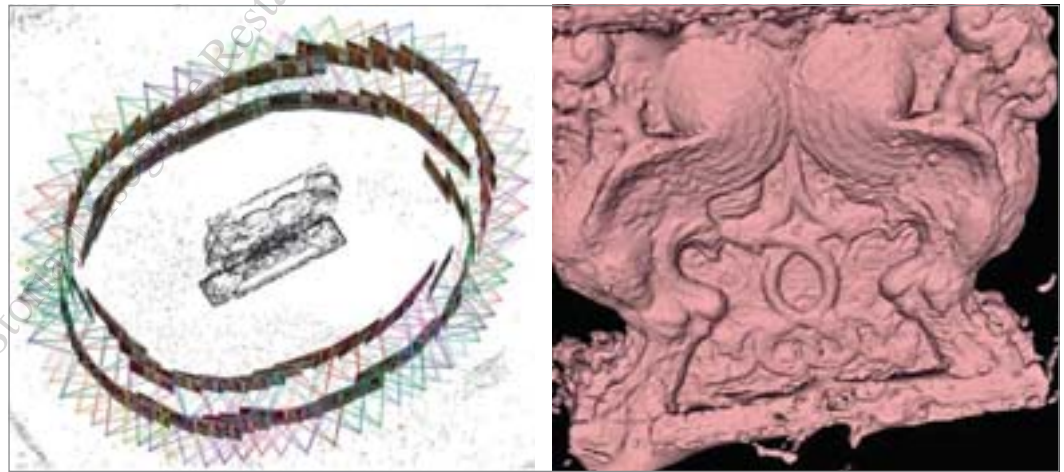
- 123D Catch processing takes place on the cloud. For a professional, but more so for a user, this is very advantageous; however, in some cases it is offset by the problem of data privacy (photographic image rights, etc.);
 - processing using VisualSfM+CMVS/PMVS2 requires long calculations and will crash if a Ram memory of at least 13 Giga and two processors are not available; these technical characteristics do not always satisfy a professional.

Output and easy use of the package:

- the end product provided by the 123D Catch is a mesh from which transversal and longitudinal sections can be extrapolated, as well as all the other drawings required by a professional; 123D Catch is also suited to users unfamiliar with computer graphics, computer vision, algorithms, etc. The system works like a 'black box' which receives the photographs as an input and provides a mesh as output. The user cannot intervene on the end product except to improve the collimation of the points;
 - the end product of the VisualSfM+CMVS/PMVS2 is an unstructured points cloud which requires specific skills to be turned into a mesh; not all professionals may possess these skills. The VisualSfM+CMVS/PMVS2 allows the user to work on the parameters and manage the reconstruction; however, despite the intuitive graphic interface, a user has to use his own skills and IT expertise to be able to understand how the system works.

Visual accuracy:

- the visual accuracy of the 123D Catch is very effective. However, the following rules have to



13/ Elemento architettonico dataset 233 foto: verifica metrica sui due lati della ricostruzione ottenuta con 123D Catch
Architectural element dataset 233 photographs. Metric verification of the two sides of the reconstruction obtained using the 123D Catch.

devoli e inattesi risultati. Si elencano di seguito le caratteristiche di entrambi i software.

Dataset:

- il *dataset* fotografico del 123D Catch è strutturato ed è semplice da realizzare perché segue la logica della fotogrammetria. Il numero di immagini va da un minimo di 30 a un massimo consigliato dalla Autodesk di 70 (anche se nelle nostre sperimentazioni si sono ottenuti buoni risultati fino a circa 200 foto) a seconda della scala dell'oggetto da acquisire;

- per il VisualSfM+CMVS/PMVS2, gli esempi presenti in letteratura si attengono a *dataset* fotografici prevalentemente non strutturati. Le nostre sperimentazioni sono pervenute a un risultato accettabile di *dataset* strutturato solo nel caso dell'elemento architettonico, ma è necessario condurre ulteriori verifiche su oggetti simili e a scala maggiore per individuare un criterio cui fare riferimento. Il numero di immagini va da un minimo di 120 a un massimo non ancora definito. In letteratura si ritrovano sperimentazioni con più di 13.800 immagini²³.

Tempi di elaborazione e risorse hardware:

- l'elaborazione di 123D Catch avviene sul *cloud* e questo per il professionista, ma più in generale per l'utente, è un vantaggio non indifferente; a questo vantaggio si contrappone, in alcuni casi, il problema della privacy dei dati (diritti sulle immagini fotografiche, etc.);

- l'elaborazione del VisualSfM+CMVS/PMVS2 richiede molte ore di calcolo e se non si dispone di una memoria Ram di almeno 13 Giga e di due processori, l'elaborazione va in *crash*; queste caratteristiche tecniche, non sempre rispondono alle aspettative del professionista.

Output e facilità di utilizzo del pacchetto:

- il prodotto finale elaborato dal 123D Catch è una *mesh* da cui è possibile estrapolare sezioni

trasversali e longitudinali e tutti gli altri elaborati, necessari per il lavoro del professionista; 123D Catch è adatto anche a utenti che non abbiano molta dimestichezza con conoscenze di *computer graphics*, *computer vision*, algoritmi e quant'altro. Il sistema lavora come una "blackbox" che riceve in input le immagini fotografiche e restituisce in output una *mesh*. L'utente quindi non può interagire con il prodotto finale se non per migliorare la collimazione dei punti;

- il prodotto finale del VisualSfM+CMVS/PMVS2 è una nuvola non strutturata di punti che, per essere usata deve essere convertita in *mesh*, passaggio, questo, che richiede competenze specifiche che non è detto che il professionista abbia. Inoltre, il VisualSfM+CMVS/PMVS2 consente di agire sui parametri che gestiscono la ricostruzione; tuttavia, nonostante l'interfaccia grafica sia intuitiva, la comprensione da parte dell'utente di come operare è lasciata alle sue abilità e conoscenze informatiche.

Accuratezza visiva:

- l'accuratezza visiva del 123D Catch è di grande effetto, tuttavia è necessario rispettare i seguenti vincoli: usare la stessa macchina fotografica e la stessa lente focale, realizzare un *dataset* fotografico strutturato che inquadra l'edificio nella sua interezza (nel rispetto dei parametri del rilievo fotogrammetrico) ed esportare la *mesh* in modalità *maximum*;

- l'accuratezza visiva del VisualSfM+CMVS/PMVS2 è di grande effetto una volta individuato il *dataset* fotografico ottimale.

Dunque, possiamo concludere che entrambi i software hanno grandi potenzialità, tuttavia se il Catch ha i limiti del sito e delle relative inquadrature, il Visual è ancora in fase di sperimentazione e richiede risorse hardware e conoscenze preliminari di un certo livello.

be observed: use the same camera and same focal lens; create a structured photographic dataset of the whole building (respecting the parameters of photogrammetric survey) and export the mesh in maximum mode;

- the visual accuracy of the VisualSfM+CMVS/PMVS2 is very effective once the optimal photographic dataset has been established. We can conclude that both software programmes have great potential, however if Catch is limited by the site and frames, Visual is still experimental and requires hardware resources and rather advanced preliminary skills.

* The laser scan of the INCIS building and Frederick's Tower in Enna were performed and aligned by Cetina Santagati and Mariateresa Galizia using the study carried out at the Laboratory of Architectural Photogrammetry and Survey 'Luigi Andreozzi' at the University of Catania. The scan of the corbel was performed by Rosanna Sciortino from the DICAM Department of Engineering at the University of Palermo.

1. Pollefeys, Van Gool 2002; Snavely, Seitz, Szeliski 2006; Snavely, Seitz, Szeliski 2008; Vergauwen Maarten, Van Gool Luc. *Web-based 3D Reconstruction Service*. Machine Vision and Applications, 17, 2006. pp. 411-426; Pollefeys Marc, Van Gool Luc, Vergauwen Maarten, Verbiest Frank, Cornelis Kurt, Tops Jan, Koch Reinhard. *Visual modelling with a hand-held camera*. International Journal of Computer Vision, 59(3) pp. 207-232.

2. De Luca 2010; Remondino, El-Hakim 2006. Thomas Lubmann. *3D imaging: how to achieve highest accuracy*. In Proceedings SPIE 8085, Videometrics, Range Imaging, and Applications XI, 808502 (June 21, 2011).

3. Docci, Maestri 2009; Bertocci, Bini 2012; Cundari 2012.

4. Bandiera, Beraldin, Gaiani 2011; Benedetti, Gaiani, Remondino 2011; Guidi, Russo, Beraldin 2010; Migliari 2001; Andreozzi 2003. Addison, Gaiani 2000.

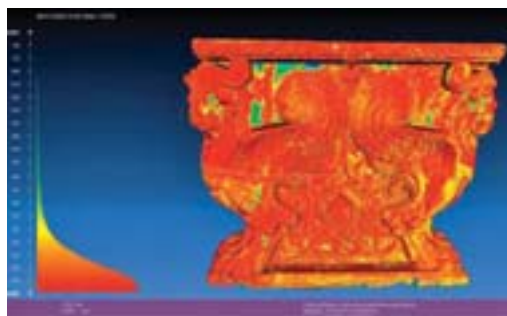
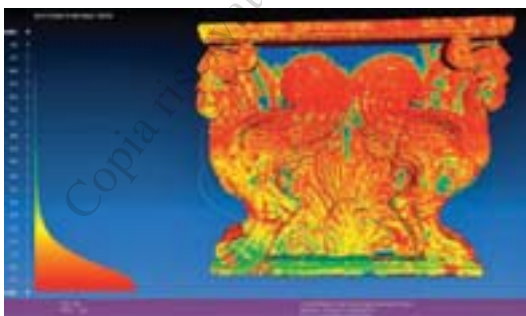
5. Wu 2011.

6. Agarwal, Furukawa, Snavely, Curless, Seitz, Szeliski 2010; Furukawa, Curless, Seitz, Szeliski 2010. Snavely, Seitz, Szeliski 2006; Snavely, Seitz, Szeliski 2008; Vu, Keriven, Labatut, Pons 2009.

7. Nguyen, Wunsche, Delmas, Lutteroth 2012.

8. Kersten, Lindstaedt 2012.

9. Lo Brutto, Meli 2012; Dellepiane, Dell'Unto, Callieri, Lindgren, Scopigno 2013.



10. Kersten, Stallmann 2012.
11. Remondino, Del Pizzo, Kersten, Troisi 2012.
12. Santagati, Inzerillo, Di Paola 2013; Santagati, Inzerillo 2013.
13. Inzerillo, Santagati, Di Paola 2013.
14. Furukawa, Curless, Seitz, Szeliski 2010; Furukawa Yasutaka, Jean Ponce. *Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis*. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), vol. 32, n. 8, 2010, pp. 1362-1376.
15. Shan Qi, Adams Riley, Curless Brian, Furukawa Yasutaka, Seitz Steven M. *The Visual Turing Test for Scene Reconstruction*. In *3DTV-Conference*, 2013, pp. 25-32.
16. Restuccia, Galizia, Santagati 2012.
17. *The pipeline used by VisualSfM includes the following steps: 1) processing of the dataset to calculate the Sift and matchings by determining the features in the photographs; 2) processing the sparse reconstruction; 3) elimination of errors using the Multicore Bundle Adjustment algorithm; 4) calculation of the dense reconstruction using the algorithms PMVS2 and CMVS developed by Furukawa. Another process has to be added to these steps in VisualSfM: turning the points cloud into a mesh using the Poisson algorithm, as indicated in literature. Wu 2011; Wu Changchang, Agarwal Sameer, Curless Brian, Seitz Steven M. Multicore Bundle Adjustment. In IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011, pp.3057-3064; Wu Changchang. SiftGPU: A GPU Implementation of Scale Invariant Feature Transform (SIFT), 2011, <http://www.cs.unc.edu/~ccwu/siftgpu> [November 2013].*
18. Meshlab is an open source software developed by the Visual Computing Lab of the ISTI - CNR in Pisa; it facilitates processing and managing the points clouds and meshes. Cignoni Paolo, Callieri Marco, Corsini Massimiliano, Dellepiane Matteo, Ganovelli Fabio, Ranzuglia Guido. *MeshLab: an Open-Source Mesh Processing Tool*. In *Sixth Eurographics Italian Chapter Conference*, 2008, pp. 129-136.
19. CloudCompare is an open source software facilitating processing and managing the points clouds and meshes. In this case we used CloudCompare to align the clouds, an operation not available in Meshlab. <http://www.danielgm.net/cc/> [November 2013].
20. Galizia 2012.
21. Santagati, Inzerillo, Di Paola 2013; Santagati, Inzerillo 2013.
22. Autodesk suggests the use of a dataset with maximum 70 photos with a resolution of 3Mpix.
23. Furukawa, Curless, Seitz, Szeliski 2010.
- * *La scansione laser dell'edificio INCIS e della Torre di Federico a Enna sono state eseguite ed allineate da Cettina Santagati e Mariateresa Galizia durante l'attività di ricerca condotta presso il Laboratorio di Fotogrammetria Architettonica e Rilievo "Luigi Andreozzi" dell'Università di Catania. La scansione della mensola è stata realizzata da Rosanna Sciortino del Dipartimento DICAM di Ingegneria dell'Università di Palermo.*
1. Pollefeys, Van Gool 2002; Snavely, Seitz, Szeliski 2006; Snavely, Seitz, Szeliski 2008; Vergauwen Maarten, Van Gool Luc. *Web-based 3D Reconstruction Service*. *Machine Vision and Applications*, 17, 2006. pp. 411-426; Pollefeys Marc, Van Gool Luc, Vergauwen Maarten, Verbiest Frank, Cornelis Kurt, Tops Jan, Koch Reinhard. *Visual modelling with a handheld camera*. *International Journal of Computer Vision*, 59(3) pp. 207-232.
2. De Luca 2010; Remondino, El-Hakim 2006. Thomas Luhmann. *3D imaging: how to achieve highest accuracy*. In *Proceedings SPIE 8085, Videometrics, Range Imaging, and Applications XI*, 808502 (June 21, 2011).
3. Docci, Maestri 2009; Bertocci, Bini 2012; Cundari 2012.
4. Bandiera, Beraldin, Gaiani 2011; Benedetti, Gaiani, Remondino 2011; Guidi, Russo, Beraldin 2010; Migliari 2001; Andreozzi 2003. Addison, Gaiani 2000.
5. Wu 2011.
6. Agarwal, Furukawa, Snavely, Curless, Seitz, Szeliski 2010; Furukawa, Curless, Seitz, Szeliski 2010. Snavely, Seitz, Szeliski 2006; Snavely, Seitz, Szeliski 2008; Vu, Keriven, Labatut, Pons 2009.
7. Nguyen, Wunsche, Delmas, Lutteroth 2012.
8. Kersten, Lindstaedt 2012.
9. Lo Brutto, Meli 2012; Dellepiane, Dell'Unto, Callieri, Lindgren, Scopigno 2013.
10. Kersten, Stallmann 2012.
11. Remondino, Del Pizzo, Kersten, Troisi 2012.
12. Santagati, Inzerillo, Di Paola 2013; Santagati, Inzerillo 2013.
13. Inzerillo, Santagati, Di Paola 2013.
14. Furukawa, Curless, Seitz, Szeliski 2010; Furukawa Yasutaka, Jean Ponce. *Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis*. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), vol. 32, n. 8, 2010, pp. 1362-1376.
15. Shan Qi, Adams Riley, Curless Brian, Furukawa Yasutaka, Seitz Steven M. *The Visual Turing Test for Scene Reconstruction*. In *3DTV-Conference*, 2013, pp. 25-32.
16. Restuccia, Galizia, Santagati 2012.
17. La pipeline definita in VisualSfM è costituita dai seguenti passaggi: 1) elaborazione del data set per il calcolo dei Sift e dei matching attraverso la determinazione delle features tra le immagini fotografiche; 2) elaborazione della sparse reconstruction; 3) eliminazione degli errori mediante l'algoritmo di Multicore Bundle Adjustment; 4) calcolo della dense reconstruction attraverso gli algoritmi sviluppati da Furukawa, PMVS2 e CMVS. A questi passaggi in VisualSfM si deve aggiungere un'ultima elaborazione per la conversione della nuvola di punti in mesh attraverso l'algoritmo di Poisson, così come indicato in letteratura. Wu 2011; Wu Changchang, Agarwal Sameer, Curless Brian, Seitz Steven M. Multicore Bundle Adjustment. In *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2011, pp. 3057-3064; Wu Changchang. *SiftGPU: A GPU Implementation of Scale Invariant Feature Transform (SIFT)*, 2011, <http://www.cs.unc.edu/~ccwu/siftgpu/> [novembre 2013].
18. Meshlab è un software open source sviluppato presso il Visual Computing Lab dell'ISTI - CNR di Pisa che consente di elaborare e gestire nuvole di punti e mesh. Cignoni Paolo, Callieri Marco, Corsini Massimiliano, Dellepiane Matteo, Ganovelli Fabio, Ranzuglia Guido. *MeshLab: an Open-Source Mesh Processing Tool*. In *Sixth Eurographics Italian Chapter Conference*, 2008, pp. 129-136.
19. CloudCompare è un software open source che consente di elaborare e gestire nuvole di punti e mesh. Nel nostro caso è stato necessario ricorrere al CloudCompare per realizzare l'allineamento tra le nuvole, operazione non consentita in Meshlab. <http://www.danielgm.net/cc/> [novembre 2013].
20. Galizia 2012.
21. Santagati, Inzerillo, Di Paola 2013; Santagati, Inzerillo 2013.
22. Le indicazioni della Autodesk suggeriscono di utilizzare un data set con massimo 70 foto con una risoluzione di 3Mpix.
23. Furukawa, Curless, Seitz, Szeliski 2010.

References

- Addison Alonzo C., Gaiani Marco. 2000. Virtualized Architectural Heritage: New Tools and Techniques for capturing Built History. *IEEE Multimedia Journal*, vol. 7, 2000, pp. 26-31.
- Agarwal Sameer, Furukawa Yasutaka, Snavely Noah, Curless Brian, Seitz Steven M., Szeliski Richard. 2011. Building Rome in a day. *Communications of the ACM*, vol. 54, no. 14, October 2011, pp. 105-112.
- Andreozzi Luigi. 2003. *Il laser scanner nel rilievo di architettura la nostra esperienza*. Enna: Il Lunario, 2003. ISBN: 978-88-8181-052-9.
- Bandiera Adriana, Beraldin Jean-Angelo, Gaiani Marco. 2011. Nascita ed utilizzo delle tecniche digitali di 3D imaging, modellazione e visualizzazione per l'architettura e i beni culturali. *Ikbnos*, 2011, pp. 81-134.
- Benedetto Benedetti, Marco Gaiani, Fabio Remondino. 2011. *Modelli digitali 3D in archeologia. Il caso di Pompei*. Pisa: Scuola Normale Superiore, 2011.
- Bertocci Stefano, Bini Marco. 2012. *Manuale di rilievo architettonico e urbano*. Novara: CittàStudi, 2012. ISBN: 978-88-2517-362-8.
- Cundari Cesare. 2012. *Il rilievo architettonico. Ragioni. Fondamenti. Applicazioni*. Roma: Aracne, 2012. ISBN: 978-88-548-4741-5.
- Dellepiane Matteo, Dell'Unto Nicolò, Callieri Marco, Lindgren Stefan, Scopigno Roberto. 2013. Archeological excavation monitoring using dense stereo matching techniques. *Journal of Cultural Heritage*, vol. 14, n. 3, pp. 201-210.
- De Luca Livio, 2011. *La fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*. Palermo: D. Flaccovio, 2011. ISBN: 978-88-579-0070-4.
- Docci Mario, Maestri Diego. 2009. *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Roma-Bari: Edizioni Laterza, 2009. ISBN: 978-88-4209-068-7.
- Furukawa Yasutaka, Curless Brian, Seitz Steven M., Szeliski Richard. 2010. Towards Internet-scale Multi-view Stereo. In *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2010, pp. 1434-1441.
- Galizia Mariateresa. 2012. *Il disegno delle torri medievali di Enna nel paesaggio urbano tra passato e presente*. Catania: Giuseppe Maimone Editore, 2012. ISBN: 978-88-7751-359-5.
- Guidi Gabriele, Russo Michele, Beraldin Jean-Angelo. 2010. *Acquisizione e modellazione poligonale*. Milano: McGraw Hill, 2010. ISBN: 978-88-3866-531-8.
- Inzerillo Laura, Santagati Cettina, Di Paola Francesco. 2013. Ricostruzione di una scena urbana mediante Visual SfM. *DISEGNARECON*, vol. 6, n. 12, 2013, p. XIX / 1-8.
- Kersten Thomas, Lindstaedt Maren. 2012. Image-Based Low-Cost Systems For Automatic 3d Recording And Modelling Of Archaeological Finds And Objects. In *EuroMed 2012, Progress In Cultural Heritage Preservation, LNCS 7616*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, pp. 1-10.
- Kersten Thomas, Stallmann Dirk. 2012. Automatic texture mapping of architectural and archaeological 3d models. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIX-B5, 2012, pp. 273-278.
- Lo Brutto Mauro, Meli Paola. 2012. Computer vision tools for 3d modelling in archaeology. *International Journal of Heritage in the Digital Era*, vol. 1, Supplement, 2012, pp. 1-6.
- Migliari Riccardo. 2001. *Frontiere del rilievo - Dalla matita alle scansioni 3D*. Vol. 5. Roma: Gangemi Editore, 2001. ISBN: 978-88-4920-215-1.
- Nguyen Hoang Minh, Wunsche Burkhard, Delmas Patrice, Lutteroth Christof. 2012. 3D Models from the Black Box: Investigating the Current State of Image-Based Modeling. In *Proceedings of the 20th International Conference on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision (WSCG 2012)*, Pilsen, Czech Republic, June 25-28, 2012, pp. 115-123.
- Pollefeys Marc, Van Gool Luc. 2002. From images to 3D models. *Communications of the ACM*, 45 (7), 2002, pp. 50-55.
- Remondino Fabio, El-Hakim Sabry. 2006. Image-based 3-D modelling: a review. *The Photogrammetric Record*, 2006, 21, pp. 269-291.
- Remondino Fabio, Del Pizzo Silvio, Kersten Thomas, Troisi Salvatore. 2012. Low-Cost and Open-Source Solutions for Automated Image Orientation—A Critical Overview. In *EuroMed 2012, Progress In Cultural Heritage Preservation, LNCS 7616*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, pp. 40-54.
- Restuccia Francesca, Galizia Mariateresa, Santagati Cettina. 2012. Urban and Architectural Design of the “Piazza del Governo” in Enna. *Journal of Literature and Art Studies*, vol. 2 (6), 2012, pp. 606-621.
- Santagati Cettina, Inzerillo Laura. 2013. 123D Catch: efficiency, accuracy, constraints and limitations in architectural heritage field. *International Journal of Heritage in Digital Era*, vol. 2 (2), 2013, pp. 263-290.
- Santagati Cettina, Inzerillo Laura, Di Paola Francesco. 2013. Image-based modeling techniques for architectural heritage 3d digitalization: limits and potentialities. In *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial and Information Sciences*. Volume XL-5/W2, 2013, pp. 550-560. ISSN 2194-9034.
- Snavely Noah, Seitz Steven M., Szeliski Richard. 2006. Photo tourism: Exploring photo collections in 3D. In *ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH Proceedings)*, 25 (3), 2006, pp. 835-846.
- Snavely Noah, Seitz Steven M., Szeliski Richard. 2008. Modeling the World from Internet Photo Collections. *International Journal of Computer Vision*, 80 (2), 2008, pp. 189-210.
- Vu Hoang Hiep, Keriven Renaud, Labatut Patrick, Pons Jean-Philippe. 2009. Towards high-resolution large-scale multi-view stereo. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2009, pp. 1430-1437.
- Wu Changchang. 2011. *VisualSFM: A Visual Structure from Motion System, 2011*. <http://ccwu.me/vsfm/> [novembre 2013].

attualità

Patrimoni e Siti UNESCO. Memoria, Misura e Armonia

35° Convegno internazionale dei docenti della Rappresentazione Matera, Facoltà di Architettura 24-26 ottobre 2013

Michela Cigola

Il 35° Convegno dei Docenti della Rappresentazione e X Congresso UID – organizzato a cura del Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo dell'Università degli Studi della Basilicata – è stato ospitato dalla città di Matera, sede di una Facoltà di Architettura, e si è svolto in sedi rappresentative del Patrimonio Culturale della città dei Sassi.

Il tema del Convegno è stato quello, molto interessante e stimolante, della “Memoria, Misura e Armonia”, argomenti che vogliono «ripensare, attraverso le teorie e le pratiche della rappresentazione, il disegno ed il rilievo, i metodi che la disciplina ha assunto nei trentacinque anni trascorsi, e rilanciarsi in un ruolo strategico che potrà svolgere con un responsabile aggiornamento critico nella consapevolezza ed il coraggio di nuovi progetti di integrazione dei saperi monodisciplinari e sperate internazionalizzazioni. Un Convegno per riavviare sostegni reciproci per il futuro dei nostri Patrimoni e dei Siti UNESCO come eredità che il tempo ha stratificato nel lavoro millenario del costruire la nostra memoria, la misura delle cose nell'armonia delle geometrie universali e in una continua ricerca della perfezione materica e spirituale», come ritroviamo nella presentazione dell'organizzatore, il professor Antonio Conte.

In un ottobre quasi estivo, la città di Matera ha ricevuto i partecipanti per le tre intense giornate che si sono svolte in modo articolato tra sessioni orali ed eventi. Al Convegno hanno partecipato oltre centottanta docenti del settore disciplinare del Disegno con centoventi contributi scientifici,

la cui selezione dei pezzi è stata effettuata con revisione e valutazione *blind peer review*.

Dopo i saluti di benvenuto, la prima giornata si è aperta con l'intervento a invito del Magnifico Rettore IUAV, professor Amerigo Restucci, incentrato su “Memoria e Storia”, cui sono seguite le sessioni di presentazioni dei contributi. Al termine, nel tardo pomeriggio, si è svolta l'inaugurazione della mostra della Scuola di Dottorato nella bellissima cornice dell'ex Ospedale di San Rocco. La mattina della seconda giornata è stata interamente dedicata ai contributi, mentre il pomeriggio del venerdì si è aperto con la consegna della targa d'oro UID a Frank Ching, professore emerito della Washington University, cui ha fatto seguito l'assemblea UID, con la relazione del presidente Mario Docci sull'attività svolta e altre tematiche riguardanti il futuro dell'Associazione. La serata del secondo giorno ha visto la tradizionale cena, durante la quale sono state consegnate le Targhe d'Argento UID “Gaspere De Fiore” riservate a giovani studiosi che abbiano redatto Tesi di Dottorato di particolare rilevanza.

Come per la precedente edizione del Convegno tenutosi a Roma, nell'ultima giornata si è svolto il *referee report* – tenuto dai professori Francesca Fatta, vicepresidente UID, e Antonio Conte, responsabile e coordinatore del Convegno – durante il quale sono stati illustrati in modo sintetico i contributi non presentati oralmente al Congresso. Le relazioni del Convegno sono state raccolte in un volume di Atti edito da Gangemi e curato da Antonio Conte e Monica Filippa, volume che si presenta in una versione cartacea e una digitale.

Si è trattato di un Convegno di grande impatto culturale, con interventi e contributi interessanti e che hanno toccato un ventaglio molto variegato di tematiche. È doveroso in ultimo ricordare l'impegno e la passione di tutti i giovani componenti dell'organizzazione che hanno dato un forte e intenso contributo alla sua perfetta conclusione.

events

Patrimoni e Siti UNESCO. Memoria, Misura e Armonia

35° International Conference of Teachers of Representation Matera, Faculty of Architecture 24-26 October 2013

Michela Cigola

The 35° Conference of Teachers of Representation and 10th UID Congress – organised by the Department of European and Mediterranean Cultures of the University of Basilicata – was hosted by the city of Matera at the seat of the Faculty of Architecture. The conference was held in venues typical of the Cultural Heritage of the city of the 'Sassi'. The very interesting and inspiring theme of the conference was 'Memory, Measure and Harmony', topics intended to “not only use representation theories and practices to review drawing and survey and the methods used by this discipline in the past thirty-five years, but also to relaunch the strategic role it will be able to play after being critically updated and in light of the courage it requires to implement new projects to merge monodisciplinary knowledge and long-awaited internationalisation. A conference to revive reciprocal support for the future of our Heritage and UNESCO sites as a legacy time has stratified during the centuries-old effort to build our memory and the measure of things in the harmony of universal geometries and continuous search for material and spiritual perfection”. Such were the words spoken by Professor Antonio Conte during his presentation. In a very mild month of October the city of Matera welcomed the participants to the intense three-day conference, discussion sessions and events. The over 180 teachers of Drawing participating in the conference delivered 120 scientific papers selected after a blind peer review and assessment. After the welcoming addresses, day one started with a presentation by Professor Amerigo Restucci, IUAV Dean, who



spoke about 'Memory and History'. This was followed by the sessions illustrating the papers to be delivered. In the late afternoon the Doctorate School exhibition was inaugurated in the beautiful setting of the former San Rocco Hospital. The morning of day two was entirely dedicated to the papers; Friday afternoon began with the ceremony in which Frank Ching was presented with the UID Gold Award. This was followed by the UID assembly opened by President Mario Docci who focused on the work which had been performed as well as other topics including the future of the Association. On the evening of day two we all participated in the traditional dinner during which the UID Silver Award 'Gaspere De Fiore' was presented. This prize is awarded to young students who have written particularly interesting and noteworthy doctoral dissertations. Like the previous edition of the conference held in Rome, the referee report was presented on day three. It was delivered by Prof. Francesca Fatta, UID Vice President, and Prof. Antonio Conte, conference coordinator and director; both rapporteurs summarily illustrated the papers not presented in person during the Congress. The conference proceedings have been published by Gangemi and curated by Antonio Conte and Monica Filippa. The book is available either in paperback or as an ebook. The Conference had an enormous cultural impact thanks to the many interesting interventions and papers which touched on many wide-ranging topics. We cannot end this short review of the proceedings without mentioning all the young members of the organising committee who worked tirelessly to make the conference a success and bring it to a perfect close.

Pagina precedente. Madonna de Idris, Matera. Disegno di Gaspare de Fiore, maggio 2006.

Previous page. *Madonna de Idris, Matera.* Drawing by Gaspare De Fiore, May 2006.

Gastone Novelli, AAAAAA, 1968.
Gastone Novelli, AAAAAA, 1968.

Mostre

Scrivere la pittura disegnare il linguaggio. Gastone Novelli. Opere su carta

a cura di Paola Bonani e Benedetta Carpi De Resmini
Museo MACRO di Roma
15 maggio 2013 - 1 settembre 2013

Emanuela Chiavoni

Il Museo MACRO di Roma (Museo d'Arte Contemporanea) ha ospitato, dal 16 maggio 2013 al 1 di settembre, la mostra "Scrivere la pittura disegnare il linguaggio. Gastone Novelli. Opere su carta", curata da Paola Bonani e Benedetta Carpi De Resmini e realizzata in collaborazione con l'Archivio Gastone Novelli.

La mostra rende omaggio all'artista Gastone Novelli, uno dei maggiori protagonisti dell'arte italiana del secondo dopoguerra. Oltre trenta le opere su carta esposte, quasi tutte di grandi dimensioni, concepite dall'autore come opere compiute, riferite agli anni dal 1957 e il 1968 e, alcune di queste, mai esposte prima. La ricerca di Novelli è incentrata sulla natura e sulle funzioni del linguaggio compositivo; le parole, le lettere, i frammenti di frasi, le immagini. Già dalla fine degli anni Cinquanta l'autore condivideva questo interesse sul linguaggio con altri intellettuali e artisti del periodo che ruotavano intorno alla rivista romana dal titolo *L'esperienza moderna*, da lui fondata nel 1957 con Achille Perilli e anche, negli anni Sessanta, con i poeti e gli scrittori dei "novissimi" e del "Gruppo 63" come Elio Pagliarani, Giorgio Manganelli e Alfredo Giuliani autore anche della frase che ha suggerito il titolo alla mostra.

Gastone Novelli nella sua ricerca sul linguaggio esplora anche repertori di culture diverse, meno frequentati nel

mondo dell'arte. I suoi studi sono stati senza dubbio anche influenzati da alcuni viaggi, tra cui quello in Grecia compiuto nel 1962 e, successivamente, quello negli Stati Uniti nell'anno 1965, dove l'artista si avvicina alla pratica dei fumetti che tradusse nel 1967 anche in un libro dal titolo *Il viaggio di Brek*.

Quindi segni, figure, simboli, lettere e parole sono i protagonisti delle opere esposte in questa interessante mostra che illustrano, anche attraverso un ricco repertorio di immagini, il personale racconto svolto, per vie intuitive ma anche razionali, dall'artista sulla realtà che lo circondava. Sperimentazioni affidate alla trascrizione grafica, integrando tecniche pittoriche diverse, sovrapposizione di disegni realizzati a volte a matita, a inchiostro, ad acquerello, a tempera e a collage. Studi ed esercizi di composizioni grafiche che, attraverso l'accostamento di forme geometriche disposte più o meno armonicamente, definiscono il suo linguaggio figurativo. Insieme ai disegni è stata esposta anche una esauriente documentazione fotografica costituita da una raccolta di lettere, da cataloghi e da svariate riviste e periodici.



Exhibitions

Scrivere la pittura disegnare il linguaggio. Gastone Novelli. Opere su carta

curated by Paola Bonani and Benedetta Carpi De Resmini
MACRO Museum, Rome
15 May 2013 - 1 September 2013

Emanuela Chiavoni

From May 16 to September 1, 2013 the MACRO Museum in Rome (Museum of Contemporary Art) held an exhibition entitled 'Writing painting drawing language. Gastone Novelli. Works on paper' curated by Paola Bonani and Benedetta Carpi De Resmini and organised in collaboration with the Gastone Novelli Archive. The exhibition was held in honour of the artist Gastone Novelli, one of the greatest post-war Italian artists. More than thirty

works on paper (nearly all large format) were on display. Novelli considered these drawings, executed between 1957 and 1968, as complete in their own right. Some of the drawings were on display for the first time.

Novelli's research focuses on the nature and role of composition; words, letters, bits of sentences, and images. Starting in the late fifties Novelli shared this interest in language with other contemporary intellectuals and artists involved with the Roman magazine entitled *L'Esperienza moderna* which he founded in 1957 with Achille Perilli and later in the sixties with poets and writers of the 'novissimi' and 'Gruppo 63', such as Elio Pagliarani, Giorgio Manganelli and Alfredo Giuliani who coined the phrase used as the title of the exhibition. In his research on language Gastone Novelli explored the repertoire of different cultures not normally used in the world of art. His studies were undoubtedly influenced by his travels, including his journey to Greece in 1962 and to the United States in 1965. It was here that he came into contact with the comic strip technique; in 1967 he wrote about his experience in a book entitled *Brek's Journey*. Signs, figures, symbols, letters and words are the protagonists of the works on display in this interesting exhibition. The extensive repertoire of images testifies to the artist's personal, intuitive but also rational work on contemporary reality. His experimentation is entrusted to graphic transcriptions and the merger of several different pictorial techniques including the superimposition of drawings executed with pencils, inks, watercolours, tempera and collage. By placing geometric forms side by side more or less harmonically, his compositional studies and exercises define his figurative language. Comprehensive photographic documentation, including letters, catalogues and several magazines and

libri

Mélanie van der Hoorn

Bricks & Balloons. Architecture in comic-strip form

Rotterdam, 010 Publishers, 2012

L'associazione tra architettura e fumetto offerta da questo prestigioso volume (224 pagine a colori in formato 22x29,7 cm) è inquadrabile nel più ampio e crescente interesse per l'intermedialità e, in particolare, per la relazione e l'interazione tra parola e segno e tra descrizione e immagine, di cui il fumetto è sintesi per definizione. Il libro si muove su un binario parallelo a quello che nel 2009 aveva dato vita alla mostra *Archi&BD. La ville dessinée presso la Cité de l'architecture & du patrimoine*. Se nelle sale parigine i curatori si erano concentrati su fumetti e artisti che hanno attribuito a città e architetture un ruolo significativo nell'elaborazione di personaggi, trame e inquadrature, Mélanie van der Hoorn sposta l'indagine sull'architettura rappresentata in forma di fumetto. La maggior parte del ricchissimo corredo iconografico offre uno spaccato inedito sia sulla pratica critico-narrativa di chi utilizza il fumetto come media per raccontare gli esiti e lo sviluppo di città e territori, come il *Domus* diretto da Boeri, sia sulla pratica creativa e (rap)presentativa di tanti professionisti. Seppure le radici storiche di una tale vocazione visiva si facciano generalmente risalire alla celebre lettera di Villa Meyer scritta/disegnata da Le Corbusier nel 1925 e alle scorri-bande pop di Archigram alla fine degli anni Cinquanta, l'autrice mette in particolare evidenza l'accelerazione che essa ha subito nell'ultimo ventennio, in corrispondenza della massiccia introduzione del computer negli studi di progettazione. Così, se da una parte il CAD ha piuttosto rapidamente sostituito il tavolo da disegno nella redazione grafica delle tavole, dall'altra il fumetto ha costituito un efficace media di riferimento per le fasi di elaborazione, di discus-

sione interna e di presentazione, in particolare modo per i concorsi di idee, fino a diventare una vera e propria firma per studi come Neutelings&Riedijk, BIG o Atelier Bow-Wow.

Dagli esempi riportati, la contaminazione dei codici del disegno architettonico ad opera di quelli del fumetto si coglie innanzitutto nella impaginazione della tavola di progetto in riquadri che producono l'immediata introduzione di una temporalità – antitetica alla natura proiettiva della rappresentazione architettonica – che può essere proficuamente utilizzata per descrivere gli usi nell'arco della giornata o per suggerire l'esperienza del percorso ponendo in sequenza più viste prospettiche; ma dobbiamo anche segnalare l'adozione di cromatismi e tecniche grafiche specifiche del fumetto, di balloons con didascalie e informazioni tecniche e perfino di onomatopoeie e segni di movimento che consentono di associare al progetto quei valori ludici e “innocui” che possono servire a tranquillizzare e accattivarsi committenti e opinione pubblica, come nel celebre caso del nodo di scambio di Euroville presentato da Koolhaas e OMA attraverso diagrammi e schizzi a penna. Occorre infine segnalare come la diffusione di software per il fotoritocco abbia contribuito a una rilevante applicazione di complementi visivi e figure umane atipiche il cui compito non è più quello di offrire al lettore un riferimento dimensionale/funzionale dello spazio di progetto quanto quello di ampliare maliziosamente il campo semantico di riferimento dell'immagine progettuale al mondo delle discipline della narrazione.

Fabio Colonnese



books

Mélanie van der Hoorn

Bricks & Balloons. Architecture in comic-strip form

Rotterdam, 010 Publishers, 2012

The combination of architecture and comic strips in this prestigious book (224 colour pages: format 22x29.7 cm) reveals the ever-growing and widespread interest in intermediality, especially the relationship and interaction between words and signs, description and images, something that comics merge to perfection. The book runs parallel to the one which in 2009 inspired the exhibition Archi&BD. La ville dessinée held at the Cité de l'architecture & du patrimoine. In Paris the curators concentrated on the comics and artists who assigned an important role to cities and architectures in the elaboration of characters, plots and viewpoints, while in this book Mélanie van der Hoorn shifts her focus on comics which represent architecture. Most of the extensive iconography provides a unique picture of the critical-narrative techniques adopted by those who use comics to illustrate not only the results of urban and non/urban growth, for example the Domus directed by Boeri, but also the (re)presentative creativity of so many professionals. Although the historical roots of this visual craft are usually attributed to the famous letter about Villa Meyer written/drawn by Le Corbusier in 1925 and the pop joyrides by Archigram in the late fifties, the author emphasises how the trend has grown exponentially in the last twenty years after computers have become a fixture in design studios. So, if on the one hand CAD instead of drawing-boards are now used to graphically draw tables, on the other hand comics have become an efficient reference medium especially during the elaboration, in-house discussion, and presentation of competition designs; so much so that they have become the signature brand of studios such as Neutelings&Riedijk, BIG or Atelier



Bow-Wow. The images provided show how architectural drawing codes have been contaminated by those of comic strips, for example the way in which design tables are laid out in boxes; in this manner they immediately introduce a timeline – antithetical to the projective nature of architectural representation – which can be gainfully employed to describe how the architecture is used during a 24-hour period, or to let people experience the architecture by using a sequence of perspective views. The colours and graphic techniques used in comics include balloons with captions, technical information, even onomatopoeia and signs of movement; the latter make it possible to associate the design with the playful and “innocent” values which may help to appease and capture clients and public opinion, for example the famous Euroville rail interchange presented by Koolhaas and OMA using diagrams and ink sketches. We should also point out that the widespread use of photo retouching software has encouraged the use of visual complements and unusual human figures. The latter are no longer used to give the viewer a dimensional/functional reference of the design space, but to cleverly extend the semantic reference field of the design image to include the world of narration.

Fabio Colonnese

Pagina precedente. A sinistra: dalla copertina del libro; a destra: Jimenez Lai, *Citizens of No Place: An Architectural Graphic Novel*. New York: Princeton Architectural Press, 2012.

Previous page. Left: from the cover of the book; right: Jimenez Lai, *Citizens of No Place: An Architectural Graphic Novel*. New York: Princeton Architectural Press, 2012.

Giorgio Stockel

Mamma, cos'è la Piazza? L'Aquila dopo il terremoto del 6 aprile 2009

Roma, Aracne editrice, 2013

Lo splendido volume in cui Giorgio Stockel raccoglie molte delle fotografie dell'Aquila che lui stesso ha scattato e altre realizzate da Francesco Galli e Michael L. Horowitz tra il terremoto del 2009 e il giugno 2010, non può passare inosservato. La qualità delle fotografie, che mostrano la Zona Rossa, ancora interdotta alla fruizione, è altissima, così come massimo è il livello tecnico dei tre fotografi, ma se a questo l'autore ci aveva già abituati, con i molti articoli e i volumi che rivelano il suo peculiare approccio alla fotografia, il carattere specifico di questo nuovo volume sta nella forza con cui il messaggio viene dichiarato e ribadito a parole prima, attraverso le immagini poi, in modo che non possa essere frainteso né rimosso. Analizzando il solo capoverso iniziale dell'introduzione firmata dall'autore rimaniamo sbalorditi, forse perché non siamo poi così abituati all'esposizione chirurgica del pensiero, troppo spesso mascherato all'interno di costruzioni verbali indirette. Questo *incipit* si propone come una dichiarazione di intenti, una denuncia e, al contempo, un tentativo di offrire un contributo alla formulazione di un pensiero positivo sul futuro dell'Aquila. In queste poche frasi (dodici righe e mezzo, per l'esattezza) Stockel ci affronta di petto. Riga dopo riga, troviamo disseminati nella frase i termini "degrado", "deportazione", "sradicamento", "spaesamento", "solitudine", ...

C'è bisogno di aggiungere altro? Il catalogo è sufficiente, quasi non fosse la fluidità del testo a veicolare il messaggio, ma il tamburo battente della scelta terminologica. Se, dunque, il lettore è stato coinvolto violentemente nel pensiero dell'autore, al cui giudizio non può sentirsi estraneo, allora è possibile suggerire un auspicio per il futuro che è anche una certezza, addolcendo il carico

delle infinite responsabilità con la partecipazione dello sguardo di Stockel fotografo e essere umano, osservatore mai estraneo, giudice sì, ma mai defilato dai fatti. Dopo il "j'accuse" c'è la mano tesa: i termini "ambiente", "cultura", "vicinato", "memoria", "amicizia", ci raccontano ciò che è andato perduto, ma anche ciò che deve essere inesorabilmente ricostruito perché possa esistere quello che è un fatto urbano e architettonico, ma anche simbolico: la "piazza". La piazza del titolo, quella evocata da una mamma alla sua bambina che, avendo solo due anni al momento del terremoto, non può conoscere la vita del *prima*. Esposizione cruda dei fatti, dunque, e, parallela, l'individuazione di una possibile soluzione. L'unica, forse: la città rinascerà se rinascerà la piazza, *quando* rinascerà la piazza. Quando la bambina, Caterina, avrà avuto la possibilità di capire quanto del suo stesso futuro, è affidato allo spazio, di cui è necessario che gli abitanti orfani trovino la voglia di appropriarsi nuovamente. I termini del primo capoverso tornano, dunque, inseriti ora in un contesto propositivo in cui appare necessario individuare i responsabili per ripristinare una possibilità di dialogo.

Se da una parte sono messe sotto i riflettori le azioni e l'ignavia di amministratori e tecnici, dall'altra sono chiamati in causa gli abitanti stessi, perché senza la loro partecipazione la città non può tornare ad essere neanche a ricostruzione avvenuta. Al centro delle commoventi, inquietanti fotografie, quelle di Stockel, quelle del delicato Galli, quelle a colori di Horowitz, c'è il vuoto. È il vuoto, che è stato distrutto. Non dal terremoto, ma da chi ha permesso che il vuoto persistesse, da chi sta permettendo la sua cronicizzazione. È contro il vuoto – sonoro, visivo, urbano, umano – che il volume chiama gli aquilani all'appello proponendo, almeno una volta, di spostare le energie da edifici e ruderi per vedere *oltre*, come solo un fotografo sa fare. Subito, oppure Caterina non possiederà mai quel patrimonio che la tradizione le aveva destinato.

Laura Carlevaris

Giorgio Stockel

Mamma, cos'è la Piazza? L'Aquila dopo il terremoto del 6 aprile 2009

Roma, Aracne editrice, 2013

This book – a splendid collection of photographs of the city of L'Aquila by Giorgio Stockel, Michael L. Horowitz and Francesco Galli – will certainly not go unnoticed: they were all taken between the time the earthquake hit in 2009 and June 2010. Unparalleled is the quality of the photographs focusing mainly on the cordoned-off Red Zone, as is the technical expertise of the three photographers. While that's not surprising since we've learnt to appreciate Stockel's talent and skills from the many articles and photography books which reveal his unique approach to photography, what shines through in this new book is the force with which he conveys his message, first explained and emphasised in his text and then in his images. He makes sure we understand the message and that it sticks in our minds. When we analyse the first paragraph of the author's introduction, we remain speechless, perhaps because we're not used to such a surgical philosophical presentation, all too often hidden behind indirect verbal statements. This incipit is a vision statement, an accusation, as well as an attempt to contribute to a 'think positive' approach to the future of the city of L'Aquila. In a few short lines (twelve and a half to be precise), Stockel hits us straight on. Line after line, the words 'decay', 'deportation', 'uprooting', 'disorientation', 'solitude'... appear again and again. Nothing more needs to be said. The catalogue is enough, almost as if the message is conveyed by the repetitive beat of his choice of words rather than the flowing text. By aggressively making the reader participate and feel involved in his judgement, the author can also express his hope for the future, a feeling that becomes a certainty; the endless responsibility of participation is less

bitter when the reader participates in the images portrayed by Stockel the photographer and human being, the observer who is never aloof, the judge who never distances himself from the facts. After his "j'accuse" comes an outstretched hand: the words "environment", "culture", "neighbourhood", "memory", "friendship", tell the story of what has been lost, but also of what has to be inevitably rebuilt so that the piazza, this urban, architectural, and symbolic artefact, can exist: the square mentioned in the title [Mummy, what is a square? L'Aquila after the earthquake on April 6, 2009], the square explained by a mother to her child born two years after the earthquake, a child who knows nothing of life before the quake. A crude description of the facts and at the same time a possible solution. Perhaps the only solution. The city will be reborn if the square is reborn, when the square is reborn. When the child, Caterina, will be able to understand how much of her future is entrusted to that space, a space which the orphan inhabitants must necessarily make their own once again. The words in the first paragraph are now part of a proactive context in which those responsible have to be identified if dialogue is to resume. If on the one hand the actions and indolence of administrators and technicians are now in the limelight, on the other the inhabitants themselves have been called to account, because without their participation the city will not live again even after reconstruction. Empty space is the key feature of the many moving and unsettling photographs by Stockel, the more delicate shots by Galli and the colour images by Horowitz. Empty space has been destroyed. Not by the earthquake, but by those who have allowed this emptiness to continue and become chronic. The book appeals to the citizens of L'Aquila to fight this urban, visual, human and silent emptiness. It proposes that they shift their energies at least once from the buildings, ruins and rubble and look beyond, as only a photographer can. Immediately, or the heritage destiny had bequeathed Caterina will never be hers.

Laura Carlevaris

La rivista è inclusa nella lista dei prodotti e servizi Thomson Reuter; è indicizzata nell'Art and Humanities Citation Index., dove appare un abstract. La selezione degli articoli pubblicati in *Disegnare. Idee Immagini* prevede la procedura di revisione e valutazione da parte di un comitato di referee

(blind peer review). Ogni articolo viene sottoposto all'attenzione di almeno due revisori, scelti in base alle loro specifiche competenze. I nomi dei revisori sono resi noti ogni anno nel numero di dicembre.

The journal has been selected for coverage in Thomson Reuter products and services; it is indexed and abstracted in the Art and Humanities Citation Index. The articles published in Disegnare. Idee Immagini are examined and assessed by a blind peer review. Each article is examined by at least two referees, chosen according to their specific field of competence. The names of the referees are published every year in the December issue of the magazine.

Per l'anno 2013 la procedura di lettura e valutazione è stata affidata ai seguenti referee: *The 2013 examination and assessment of the articles was carried out by the following referees:*

Piero Albisinni, Roma, Italia
Fabrizio I. Apollonio, Bologna, Italia
Maria Teresa Bartoli, Firenze, Italia
Cristiana Bedoni, Roma, Italia
Carlo Bianchini, Roma, Italia
Marco Bini, Firenze, Italia
Maura Boffito, Genova, Italia
Adele Buratti, Milano, Italia
Vito Cardone, Salerno, Italia
Andrea Casale, Roma, Italia
Mario Centofanti, L'Aquila, Italia
Michela Cigola, Cassino, Italia
Paolo Clini, Ancona, Italia
Dino Coppo, Torino, Italia
Roberto Corazzi, Firenze, Italia
Laura De Carlo, Roma, Italia
Aldo De Sanctis, Cosenza, Italia
Mario Docci, Roma, Italia
Marco Fasolo, Roma, Italia
Marco Gaiani, Bologna, Italia
Fabrizio Gay, Venezia, Italia
Paolo Giandebaggi, Parma, Italia
Emma Mandelli, Firenze, Italia
Mario Manganaro, Messina, Italia
Riccardo Migliari, Roma, Italia
Roberto Mingucci, Bologna, Italia
Alessandro Sartor, Roma, Italia
Camillo Trevisan, Venezia, Italia

Gli autori di questo numero
Authors published in this issue

Nizar Al Adarbeh
Ministry of Tourism
Amman, Giordania
nizar.adarbeh@mota.gov.jo

Yahya Al Shawabkeh
Department of Conservation Science
Hashemite University
Zarqa, Giordania
yahya.alshawabkeh@hu.edu.jo

Fabrizio Ivan Apollonio
Dipartimento di Architettura.
Alma Mater Studiorum Università di Bologna
via Risorgimento, 2
40136 Bologna, Italia
fabrizio.apollonio@unibo.it

Barbara Aterini
Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
via San Niccolò, 93
50125 Firenze, Italia
barbara.aterini@unifi.it

Simone Baldissini
Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea
Palladio di Vicenza
Contrà Porti, 11
36100 Vicenza, Italia
sbaldiss@gmail.com

Guido Beltramini
Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea
Palladio di Vicenza
Contrà Porti, 11
36100 Vicenza, Italia
gb@cisapalladio.org

Carlo Bianchini
Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro
dell'Architettura
"Sapienza", Università di Roma
piazza Borghese, 9
00186 Roma, Italia
carlo.bianchini@uniroma1.it

Paolo Clini
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile, Architettura
Università Politecnica delle Marche, Ancona
via Breccie Bianche, 12
60131 Ancona, Italia
p.clini@univpm.it

Mohammad El-Khalili
Department of Conservation Science
Hashemite University
Zarqa, Giordania
mohd_elkhalili@yahoo.com

Marco Gaiani
Dipartimento di Architettura.
Alma Mater Studiorum Università di Bologna
via Risorgimento, 2
40136 Bologna, Italia
marco.gaiani@unibo.it

Laura Inzerillo
Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Palermo
viale delle Scienze, edificio 8
90100 Palermo, Italia
laura.inzerillo@unipa.it

Jorge Llopis Verdú
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera s/n.
46022 Valencia, Spagna
jllopis@ega.upv.es

Abdulraouf Mayyas
Department of Conservation Science
Hashemite University
Zarqa, Giordania
a_s_mayyas@hotmail.com

Raffaele Panella
Studio di Architettura
viale delle Medaglie d'Oro, 200
00136 Roma
panellarch@alice.it; raffaelepanella37@gmail.com

Adriana Rossi
Dipartimento di Ingegneria Civile, Design, Edilizia e
Ambiente
Seconda Università degli Studi di Napoli.
Real Casa dell'Annunziata
via Roma, 29
81031 Aversa, Italia
adriana.rossi@unina2.it

Livio Sacchi
Dipartimento di Architettura
Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti – Pescara
viale Pindaro, 42
65127 Pescara, Italia
livio.sacchi@archiworld.it

Cettina Santagati
Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Catania
viale Andrea Doria, 6
95125 Catania, Italia
cettina.santagati@dau.unict.it

Gaia Lisa Tacchi
Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro
dell'Architettura
"Sapienza", Università di Roma
piazza Borghese, 9
00186 Roma, Italia
gaialisatacchi@gmail.com

Camillo Trevisan
Dipartimento di Culture del progetto
Università IUAV di Venezia
Dorsoduro 2196, Cotonificio veneziano
30123 Venezia, Italia
trevisan@iuav.it

Raffaele Panella
Disegnare per l'architettura
Drawing for architecture

Barbara Aterini
Il campanile del Duomo di Pietrasanta:
dalla complessità alla semplicità dell'idea
progettuale
*The bell tower of the Cathedral in Pietrasanta:
from the complexity to the simplicity of the
design concept*

Adriana Rossi
I disegni di Carlo Borgo e il trattato
di Filone di Bisanzio
*Drawings by Carlo Borgo and the Treatise by
Philo of Byzantium*

Mohammad El-Khalili, Nizar Al Adarbeh,
Yahya Al Shawabkeh, Abdurraouf Mayyas
Il Ninfeo romano di Amman.
Documentazione e indagine architettonica
*Roman Nymphaeum in Amman.
Documentation and Architectural Study*

Fabrizio Ivan Apollonio, Simone Baldissini,
Guido Beltramini, Maria Malvina Borgherini,
Paolo Clini, Marco Gaiani, Caterina Palestini,
Livio Sacchi, Camillo Trevisan
I geo-modelli per la PALLADIOLibrary:
un archivio condiviso e in divenire
*Geo-models for the PALLADIOLibrary:
a shared archive in the making*

Carlo Bianchini, Gaia Lisa Tacchi
Il Rilievo come Sistema di Conoscenza:
la Casa dei Cavalieri di Rodi
*Survey as a Knowledge System: the House of the
Knights of Rhodes*

Jorge Llopis Verdú
Lavorare con le mani: il modello plastico
e l'architettura digitale
*Working with hands: architectural models
and digital architecture*

Laura Inzerillo, Cettina Santagati
Il progetto del rilievo nell'utilizzo di tecniche
di modellazione *dense stereo matching*
Using dense stereo matching techniques in survey



WORLDWIDE DISTRIBUTION
AND DIGITAL VERSION
EBOOK
AMAZON, APPLE, ANDROID
WWW.GANGEMEDITORE.IT

ISSN 1123-9247 . 3 0 0 4 7
www.gangemeditore.it
ISBN 978-88492-2672-0
9 771123 924009
9 788849 122672 0