

19 2017

Archeologic Drawing

edited by:

Pablo Rodriguez-Naveira

editor in chief
co-editor in chief

Mario Costantini
Roberto Minguzzi

Scientific Board:
Italy:

Mario Costantini
Natalia Cantone
Secondino Coppo
Patrizia Falcone
Francesco Foffa
Riccardo Migliori
Roberto Minguzzi
Pilar Oban Navarro
Pablo Rodriguez Naveira
Mauro Chiarolla
Attilio D'Addato
Ana-Diana Mourao Moura
Renata Jodoin Mitic

Spain:

Argentina:
Brazil:

New Zealand

journal manager :
editorial board :

Stefano Brusaporci
Giuseppe Annunzio
Enrico Cecchi
Alessandro Luigini
Michele Russo
Boris Trile

DISEGNARECON



[Home](#) > [Archives](#) > **Vol 10, No 19 (2017)**

Vol 10, No 19 (2017)

ARCHAEOLOGICAL DRAWING

Table of Contents

Editorials

[Reflections on current archaeological surveying](#)

Pablo Rodriguez - Navarro

[PDF](#)
ED1-ED5

Articles

[The drawing of Hadrian's Villa in Tivoli. Extensive survey for heritage documentation](#)

Stefano Bertocci, Sandro Parrinello

[PDF](#)
1.1-1.14

[From 3D to GIS. A comprehensive methodology for recording stratigraphy and its application in the MEMOLA Project.](#)

Pablo Romero Pellitero

[PDF](#)
2.1-2.16

[Integrated Survey Techniques for Archaeological Frameworks and Context Documentation: Methodological Notes for a Multiscale Approach](#)

Mariangela Liuzzo, Emanuele Brienza, Sebastiano Giuliano

[PDF](#)
3.1-3.18

[From the archaeological reality to the digital reconstruction: an architectural drawing challenge](#)

Giorgio Verdiani

[PDF](#)
4.1-4.13

[Earth architecture Archeology. Graphic study in the M'Goun River Valley, Morocco](#)

Teresa Gil Piqueras

[PDF](#)
5.1-5.14

[Survey Methodologies, Research and Technological Innovation for a Case of Medieval Archaeology : Torre Melissa in the province of Crotone](#)

Francesca Fatta

[PDF](#)
6.1-6.17

USER

Username

Password

☐ Remember me

LANGUAGE

Select Language

English ▼

JOURNAL CONTENT

Search

Search Scope

All ▼

Browse

- [By Issue](#)
- [By Author](#)
- [By Title](#)
- [Other Journals](#)

FONT SIZE

Survey and Drawings for the study and enhancement of ancient wall graffiti: the case of the Baptistery of Castiglione Olona.	PDF
Riccardo Valente, Daniela Oreni	7.1-7.10
Worksite tracing in Archaeological Architecture. A reconstruction workflow	PDF
Alfonso Ippolito, Martina Attenni, Carlo Bianchini, Carlo Inglese, Marika Griffo	8.1-8.20
A multidisciplinary approach to digital archaeology	PDF
Rodolfo Maria Strollo, Saverio D'Auria, Fabrizio De Silla	9.1-9.12
The methodology of interpreting and promoting historical heritage: the Maxentius complex on the Appia Antica	PDF
Maria Grazia Cianci, Sara Colaceci	10.1-10.19
From survey to 3d model and from 3d model to "videogame". The virtual reconstruction of a Roman Camp in Masada, Israel.	PDF
Sandro Parrinello, Monica Bercigli, Daniele Bursich	11.1-11.19
From the bas-relief to the 3D model : a reconstruction hypothesis for an 8th century BC civil fortification	PDF
Adriana Rossi	12.1-12.15
INTANGIBLE ARCHEOLOGY. Architectural surveying and digital reconstruction of the Porsenna tomb as described by Baldassarre Orsini (1732-1810)	PDF
Paolo Belardi, Valeria Menchetelli	13.1-13.22
Direct Analysis as a historical documentation tool of the remains of the Castielfabib ramparts and their evolution (Valencian Community, Spain)	PDF
Álvaro Vázquez Esparza, Francisco Juan Vidal	14.1-14.9

Exempla

The Gothic design of San Giovanni Valdarno	PDF
Maria Teresa Bartoli	E1.1-E1.16
On the assets of drawing	PDF
Giuseppa Novello, Maurizio Marco Bocconcino	E2.1-E2.14
Representing colour in archaeology	PDF
Emanuela Chiavoni, Gaia Lisa Tacchi	E3.1-E3.13
LINE AND POINTS. Critical analysis of evolution of archaeological survey in forty years of experiences in Umbria.	PDF
Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Sofia Catalucci	E4.1-E4.20

disegnare con ...

disegnare con ... Alberto Pratelli	PDF (ITALIANO)
Roberto Mingucci	DW1-20

**Giorgio Verdiani**

(Carrara, 1968), ICAR/17 Researcher at the Dipartimento di Architettura since 2006. Starting from 2000 he had classes at the Florence University and for other institutions. From 2006 he is active in various international conferences about Cultural and Digital Heritage. From January 2011, He is director of the Architecture Informatic Lab and from 2013 he is the coordinator of the DIDALABS system of the Dipartimento di Architettura.

From the archaeological reality to the digital reconstruction: an architectural drawing challenge

Dalla realtà archeologica alla ricostruzione digitale: un sfida per il Disegno dell'Architettura

The archaeological patrimony in the Mediterranean area is one of the most intense manifestation of the will of the many societies populating this area since ancient times. It is a complex and articulated Cultural Heritage presenting difficult puzzles and impressive possibilities. This creates the need of an accurate comprehension of the subject of the reconstruction, of its connection and its context. In this journey to knowledge, “drawing” is the main guiding tool and operation, from the first sketches to the final virtual model it is the way to discover back the traces of the original plot, the thing to suggest possible solutions. Basing its considerations on twelve years of digital surveys and various tentative of digital reconstruction, this contribution will propose a discussion and to define a path for this kind of specific architectural procedures in the digital age.

Il patrimonio archeologico dell'area mediterranea è una delle manifestazioni più intense della volontà delle molte società che popolano questa zona fin dall'antichità. È un patrimonio culturale complesso e articolato che presenta enigmi difficili e possibilità impressionanti. Ciò crea la necessità di una comprensione accurata del soggetto della ricostruzione, delle sue connessioni e del suo contesto. In questo viaggio alla conoscenza, il “disegno” è il principale strumento di guida e operazione, dai primi schizzi al modello virtuale finale è il modo per scoprire le tracce della trama originale, la cosa per suggerire possibili soluzioni. Basando le sue considerazioni su dodici anni di indagini digitali e vari tentativi di ricostruzione digitale, questo contributo proporrà una discussione e definirà un percorso per questo tipo di procedure architettoniche specifiche nell'era digitale.

Key words:

Digital Reconstruction, 3D Modeling, Built Heritage, Digital Heritage, Inverse Design.

Parole chiave:

Ricostruzione Digitale, Modellazione 3D, Patrimonio Costruito, Patrimonio Digitale, Progettazione Inversa

INTRODUCTION

Moving around the Mediterranean area it comes out clear how the archaeological patrimony in this region is one of the most intense manifestation of the will of the many societies populating this area since ancient times, and how this contains important traces of cultural mixes and complex ideas. At the same time, the Archaeological patrimony represents a complex and articulated Cultural Heritage with difficult puzzles and impressive possibilities. Possibilities of interpretation and better comprehension of the development of the societies in the Mediterranean area which can be found in the remains of architectures and through the readings of an articulated system of findings. Readings and interpretations are never easy, while many of these archaeological sites have been the place of a continuous series of abandons and/or persistence. This creates a large set of traces, of phases, of transformations, from the past to the last moment of the abandon and even later, when the buildings felt in pieces or were spoiled for reuse. This very particular condition, influences the scientist and the scholar, supported by the fascination of the past and moved by the desire of knowledge, it creates a never-ending challenge for the archaeological and architectural culture across time. Answering “Which aspect has this place in the past?” may become quite difficult, while the overlapping of long period of transformations may produce very odd conditions to reading and understanding. Some remains/monuments may present traces or transformations between their foundation and our time, while others are simple ruins, sometimes totally to be discovered. In our time, the digital approach to “everything” offers a lot about digital reconstruction, dissemination, sharing and understanding for any kind of archaeological heritage, but this process, sometimes, comes to open more questions about the original aspect of these sites than any previous approaches. The previous approach to reconstruction, based on a single point of view and two-dimensional representation of the space was not asking for a complete reconstruction of the original architecture, while when it was chosen to realize a maquette, this was made with low level of details and rarely was well defined in all its parts. But with

the need to define a digital 3D model, the process of digital reconstruction becomes almost a complete and real reconstruction, it is a process in need for creating almost the whole building or at least very large parts. This creates the need of an accurate comprehension of the subject, of its connections, of its surrounding environment and its context. While digital reconstruction, virtual reality, augmented reality, mobile apps are only “words” (sometimes just expensive) if not supported by contents and clear architectural ideas. In this journey to knowledge, “drawing” is the main guiding tool and operation, from the first sketches to the final virtual model it is the way to discover back the traces of the original plot, the thing to suggest possible solutions. A too much specialist or too poor approach to these contexts are at risk of stooling something to the possible suggestions coming from the real sites. Since the mainly “visual” techniques coming from a romantic way to look at the archaeological ruins, the contemporary approach is now, more than ever, in need for clear checklists, for smart “to do lists” and for “stations” where the architect and the archaeologist must stop and reflect about the results before ending the reconstruction proposal they are bringing on.

SEARCHING FOR A METHOD

A serious digital reconstruction of an archaeological site does not build itself from fantastic ideas, otherwise it is based on clues, indications, graphics or highlights, it may pick simple textual indications, but the “materialization” of the ideas coming from these suggestions is made from a solid reference base, which definition is the first step in the process. In the reconstruction phase, however, operations must be carried out on sound, accurate, effective elements. This will help the cognitive process and will provide valuable support to the results (fig. 1). Any architectural reconstruction always starts with clues, which can be of varying magnitude: sometimes there can be certain evidences, such as the presence of ruins, accurate drawings or representations, like photographs, archive records, and written descriptions. Sometimes digital reconstruction takes place with one or more previous hypothesis, in example: a digital reconstruction of the Halicarnassus

Mausoleum may start from various tentative made in the past, but it can undoubtedly benefit from new contributions brought by new discoveries. All these sets of traces, however clear and complete, may still require deductions to implement the reconstruction of totally missing parts. In other cases, the traces are minimal, the presence of a building is merely based on the concept or few historical traces, even the ruin may be missing, with no detailed descriptions, neither localization of the built elements, in example: the remains of the citadel on the Pionta hillock near Arezzo [Verdiani, Pucci, Gira, 2016] (figs. 2, 3, 4), destroyed in the XVI century and remained just in some drawings, paintings and written texts, but physically defined only by quite confused remains and traces. In other cases, the very idea of the building may be missing, there are only few parts, perhaps even shrouded, but no further trace, if not few fragments that can be traced back to the original architecture, just to make an example: The Medusa heads in the Istanbul Roman cistern and in the Istanbul Archaeological Museum, probably belonging to the same building (or to its courtyard), but with no trace left of it (fig. 5).

The various case of studies may require specific approaches and each situation may develop its own sequence of processing, but it can be helpful to define procedures, while this can help the novice to face a very complex task and the experts to better disseminate and construct knowledge about their researches. Considering an archaeological site where there are visible remains, an operational scheme can be developed not by importance, but by logical and operational order, according to the following main points: 1) Gathering information about the subject in analysis; 2) State of fact when this type of documentation is not already available or not sufficiently updated/detailed/trustable; 3) Definition of a set of elaborate drawings and graphs useful for the development of the reconstructive proposals: 2D vector drawings and basic 3D models; 4) In-depth analysis and study of the historical context, constructive phases, comparable elements, of the measuring units of the reference period; 5) Development of a reconstructed model from 2D and 3D bases, developing the proposal starting from the first or the second step according to the procedure reco-

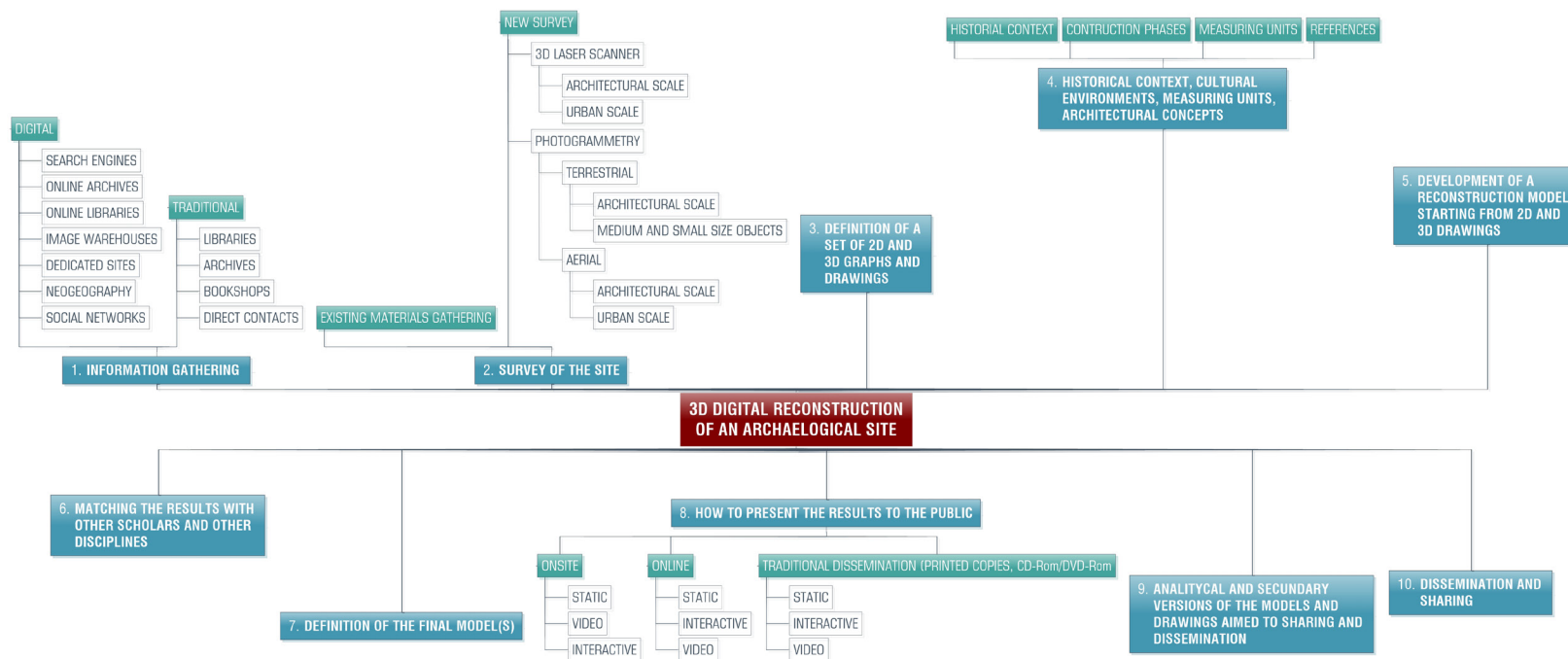


Fig. 1 - General scheme of the proposed process.

gnized as efficient for the specific case; 6) Comparison and analysis with other disciplines, proof of the result, possible corrections and variations in reconstruction choices; 7) Definition of the final model, single or multiple result of the previous process; 8) Definition of the form of presentation to the public of the reconstituted product, completion of the model according to the presentation needs; 9) Development of analytical and secondary presentation models useful to fix the process and share it with other scholars; 10) Dissemination of the research products. An operating structure of this type may also apply to very different themes and therefore be relevant to the many cases of archaeological digital reconstruction.

DIGITAL SURVEY: A USEFUL CONTRIBUTION

Inside this processing, digital survey can be an important basis to ensure maximum reliability of subsequent reconstruction operations. Being a quick and effective method, it allows covering large areas and complex buildings in short time, influenced only by accessibility conditions and fragmentation of spaces. The digital survey is therefore a fundamental basis for reconstruction from an archaeological site even when the remains are heavily modified or corrupted by later architecture works. In the case of a totally disappeared structure, when useful, it allows to effectively document the area where the realization would have to be positioned. A

digital base of such precision makes it easy to study the dimensions, proportions, and specific transformations of the site. It allows many read operations on the resulting model and produces a massive amount of data, delivering to further phases of processing the detection of minor and secondary characteristics. The main digital solutions used by architects are active systems based on the 3D Laser Scanner and the photogrammetric passive systems [Bini, Bertocci, 2012]. In both cases these solutions are aimed to direct and rapid production of two-dimensional drawings and three-dimensional digital models. It is worth to say that in general there is no a best solution making the choice of one tool or the other preferable in all the situation

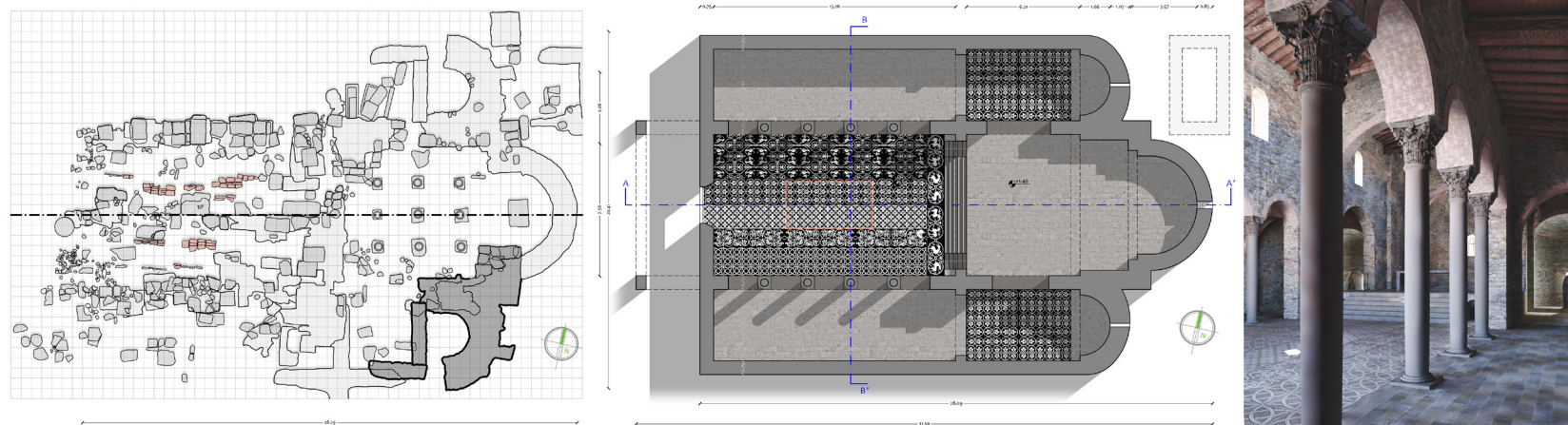


Fig. 2 - Digital reconstruction of an inside view of the St. Stefano and St. Mary church in Arezzo, ruins, mosaic repositioning and final digital model (G. Verdiani, I. Giannini, A. Mancuso, 2015).

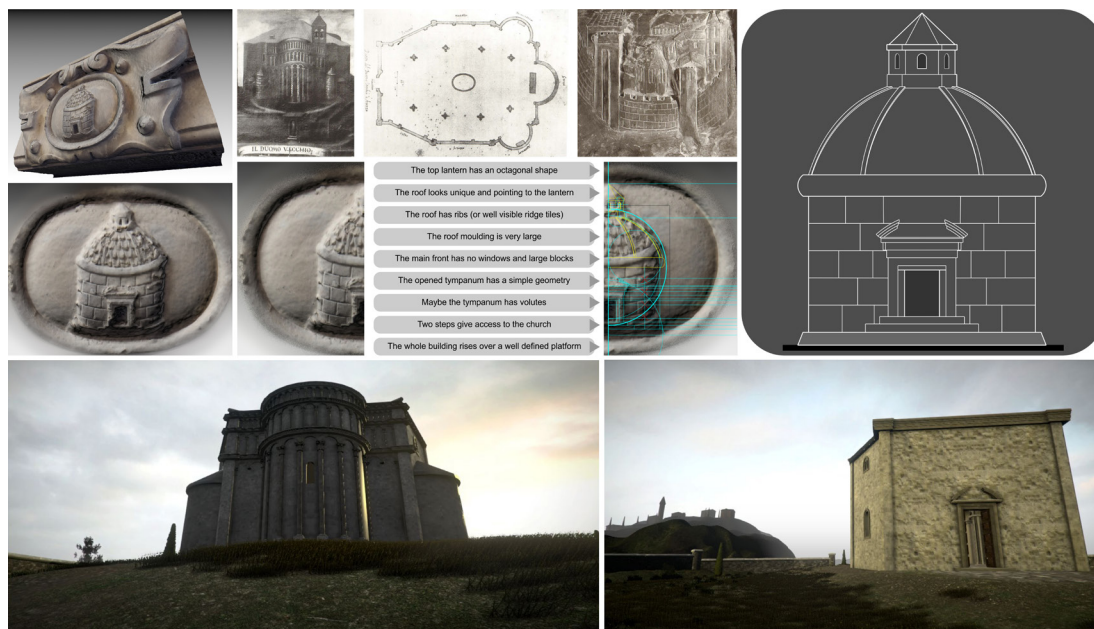


Fig. 3 - Digital reconstruction of the San Donato Cathedral at the Pionta hillock in Arezzo, development of reconstructive hypothesis based on historical drawings and sculptures, sample of ideas gathered from the reading of an ancient crest dedicated to this destroyed church. (G. Verdiani, M. Pucci, C. Gira, 2016).

[Rodriguez, 2012], working with photogrammetry or with 3D laser scanner, or with both, depends on the specific characteristics of each case study. But having a very trustable measured base is an important base of knowledge, on which the study of the historical context, of the constructive phases, of the ancient unit of measurement, can be started and operated correctly.

FROM THE SURVEY TO THE READING

There is no doubt that this phase may change considerably depending on the specific subject on which the research is conducted but three distinct moments must be taken into account: the study based on what others have already written about the same topic; direct consultation of scholars and other researchers, especially from other disciplines, who, with their own expertise, can significantly contribute in achieving results for reconstruction; the definition of a correct approach to the studied subject, with the understanding



Fig. 4 - Digital reconstruction of the San Donato Cathedral at the Pionta hillock in Arezzo, internal view, based on the Giorgio Vasari the Young drawing and interpolating the information gathered from other representations of the external walls and some comparisons with other architectures (G. Verdiani, M. Pucci, 2016).

<http://disegnarecon.univaq.it>

about which are the right questions to be formulated with the disappeared or uncomplete architecture. The first two moments can be absolutely affiliated to each subject, but it is not possible to generalize or define easily replicable procedures. If the ruin has a historical significance, the research will have to organize a broad knowledge base and possibly the past reconstructions. Competences and even very discordant opinions may not be missing. Conversely, in the case of an unknown subject, new or exclusively treated by few local scholars, the collection of materials related to other architectures and support topics may be crucial for the creation of a cognitive landscape needed to develop more solid digital reconstruction through a better understanding of context themes. In this process, one of the main initial task will be the definition of the constructive phases of a building: these may already be known based on the state of knowledge about the site. An intervention in different materials,

the presence of obvious subdivisions in the elevated, recognizable new openings and those that have been closed, create a story of interesting events, the reading of masonry stratigraphy is a well-known process for the archaeologists and it becomes a strategical passage in the interpretation of the building phases. It is a process that requires knowledge of the constructive techniques from the ages and the skill in reading useful traces to recognize architectural events. A building centuries old can present many alterations, transformations, new additions and demolitions. The elapsed time hardly helps the reading and a construction defined by numerous phases tends to confuse the reasons for its transformations. The mere reading of masonry in many cases will not be enough, but in part, it will allow defining some useful ideas, some traces to draw a map for further reflections. To help the reconstruction the information from comparable elements can be extremely useful: certainly, this is something not ea-

sily applicable and not systematic, but always possible and consequently worth of some attention. Trying to recognize common elements in buildings like the one to be reconstructed, can solve many levels of uncertainty. Finding these comparative elements will require some visual memory, but as it is inevitable, while working on a reconstruction, the attention and curiosity for everything "that looks like" the case study will grow and enhance the sensitivity to prospects, plants, sections and details. The best technique in this sense is perhaps to let go this sensitivity, capturing every clue and trying to figure out what is recognized as "similar" and how this defines an architectural aspect. Logic can suggest studying and comparing only coincidental buildings or architectures from the same historical period; but when a specific aspect is recognized in an architecture from another period, it would be a shame not to investigate and better understand the reason of this correspondence, understanding the reasons of a pa-



Fig. 5 - The heads of Medusa in the Istanbul Roman Cistern and the one from the Istanbul Archaeological museum, parts for a building used as spolia in the masonry, interesting pieces for an ongoing and difficult digital reconstruction (G. Verdiani, A. Pasquali, Y. Ricci, 2017).

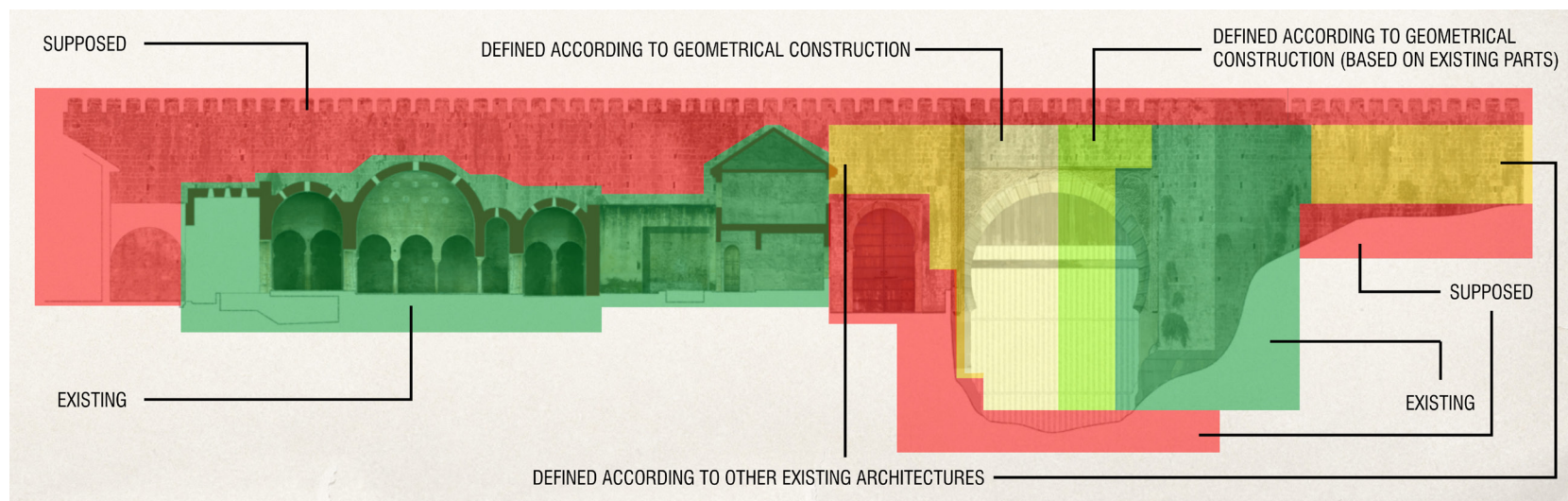


Fig. 6 - The Cadi Gate in Granada, virtual reconstruction of the main front, maps of the accuracy in the digital reconstruction process (G. Verdiani, P. Formaglini, F. Giansanti, P. Rodriguez-Navarro, 2012).

parallel can greatly help such a speculative process. The spatiality of a place, the sequence of shapes, the delineations of design choices may not be exclusive of a single period, and sometimes particularly innovative or experimental architectures may find comparisons even at very different times from the one they belong to.

THE IMPORTANCE OF THE MEASURING UNITS

While the reconstruction is getting its concrete aspects, the definition of grids and proportion based on the proper measuring units [Kula, 1987], will help in defining a well-proportioned reading patterns. This can bring two main adverse factors: whether the original project has taken choices that differ from one rigorous or canonical solution and the fact that the development of the object studied should have been articulated in numerous interventions and refinements outside of what it was programmed in the original design. These two factors, adversely to the detection of clear compositional

schemes, may, however, favour the reading of the constructed, allowing the recognition of choices and phases which, although not closely related to respect the original choices, will greatly contribute in understanding the reasons for what is arrived in our time.

FROM READING TO INTERPRETATION

The obtained 3D digital model may be based on simple surfaces with the original texture applied, but fully usable for making possible the production of photorealistic results (for materiality of representation and lighting credibility) or non-photorealistic (i.e. images evoking graphic style from drawing or painting); or it allows the creation of thematic maps that report about a specialized information model, such as the level of abstraction linked to each rebuilt part. Reporting this level of abstraction is an important work for the transmission to other scholars of the value of the reconstruction operation itself. This means to under-

stand which parts are linked to absolute certainty (i.e. archaeological evidence or existing parts of the building); which are due to a reconstruction based on drawings, paintings and other representations; which are due to textual sources or previous studies; which are derived from the interpolation from the existing parts (i.e., the use of composite grids identified on the parts still existing and then extended to the missing parts); which are the result of imagination or derive from a comparison with other architectures.

For example, the digital reconstruction of the prospect from an ancient building, where the forehead is still preserved or well-described in previous representations, but which misses every other evidence, will not give a problem its own digital reconstruction, while who is operating the modeling can rely on a good set information and a detailed drawing will shortly appear. But for the definition of all the other parts from the plant, a certain abstraction will be necessary, the strong and clear points will be the position of the openings on

the ground level (if any), but the number of spaces and their extensions will derive from the intuition of the rebuilder. In a similar way, starting from the remains of a planimetry, from few remains of walls left on the ground, will leave a level of uncertainty about all the elevations, in this case it will be necessary to refer to similar typologies, no further factor will allow the verification of the concreteness of the choices made in this operation. Consequently, the reconstructed building may have different colourings for its different reconstruction sessions. This option can look not that interesting to all the reconstructions with the main aim to surprise with spectacular effects (most of the time presentation for movies, games and multimedia products addressed to a wide public), subsequently the users of these kind of reconstruction may have minimal or modest interest in these maps about abstraction and accuracy. But all the operations that are meant to define a “scientific” result cannot subtract themselves from the drafting of a map of the conducted operations (fig. 6). This is a way of proceeding and bringing on a serious and accurate mechanism, capable to transmit clearly the result of a research [Apollonio, 2016], according to the main documents that have been trying to define common rules for digital reconstruction, such as the Seville Charter [www.arqueologiavirtual.com, 2011] subsequently incorporated into the London Charter [www.londoncharter.org, 2009].

CONCLUSIONS

This passage, this challenge to build an ongoing process of reconstruction, has numerous examples and occasion of collaboration, the number of scholars involved in digital reconstruction is increasing according to the more and more common request of multimedia products from museums [Guidi, Rodriguez, Russo, 2013] and archaeological sites and because of the possibility to implement this kind of products in the real design of experience for knowledge and documentation of places and monuments. While the processes may vary from one situation to the other, one of the best thing for who face a digital reconstruction at the first time can be to look at the work of others, the samples and references are clear, but a critical look is fundamental, it will be not useful to look only at the final

results, admiring very well realized rendering images. It is important to find and understand the reconstructive process, the points and the choices done during the digital rebuilt of the lost/damaged architecture. The detailed description of the reconstruction process is not such a common feature in the papers about the recreation of lost or unrealized architectures, thus a good search in specific conference proceedings [Börner and Uhlirz, 2014, 2015, 2016] and books [Verdiani, 2017] may offer some articulated description of the operated workflows. In the end, 3D digital reconstruction is clearly a challenge for the architectural drawing, a challenge in applying well consolidated process of investigation and understanding based on the representation and, at the same time, the challenge to experience, to adapt and to enhance the way of architectural representation to the always developing digital tools, seeing them as an opportunity and as a moment of possible growing.

BIBLIOGRAPHY

Apollonio F. I. (2016), Classification schemes and model validation of 3D digital reconstruction process, Proceedings of the 20th Cultural Heritage and New Technologies, Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie, W. Börner, S. Uhlirz (editors), Vienna.

Bini M., Bertocci S. (2012), Manuale di rilievo architettonico e urbano, CittàStudi, Torino.

Guidi G. Rodríguez-Navarro P. Russo M. (2013), 3D Digitizing a whole museum: a metadata centered workflow, in: proceedings of the 2013 Digital Heritage International Congress, Marseille, IEEE, vol. 2, pp. 307-310. IEEE Catalog Number: CFP1308W-USB.

Kula W. (1987), Le misure e gli uomini dall'antichità a oggi, traduzione di A. Salmon Vivanti, collana Storia e società, Laterza, Bari 1987.

Rodríguez-Navarro P. (2012), Automated Digital Photogrammetry versus the systems based on active 3D sensors, Revista EGA, n° 20, año 17, Valencia.

Verdiani G., Giannini I. (2015), Forgiving a place: the case of the Pionta Citadel in Arezzo, Italy. In: Architecture, Archaeology and Contemporary City Planning “State of knowledge in the digital age”, Valencia, 18-20 Maggio 2015, Lulu.com.

Verdiani G., Pucci M., Gira C. (2016), A special eyesight to a lost past: Oculus Rift, Google Cardboard and SketchFab to support the digital reconstruction of the St. Donato cathedral in Arezzo, Italy, in Kultur und Informatik, Augmented Reality, C. Busch and J. Sieck (editors), Verlag Werner Hülsbusch, Berlin.

Verdiani G., Rodríguez - Navarro P.,

Formaglini P., Giansanti F. (2014), From simple traces to extended hypothesis, the case of the Cadi Gate at the Alhambra, Granada. In: Architecture, Archaeology and Contemporary City Planning, Firenze, 16-18 Giugno 2014, Lulu.com.

Verdiani G. (2017), Retroprogettazione Metodologie ed esperienze di ricostruzione 3D digitale per il Patrimonio Costruito. Dida Press, Firenze.

Börner W., Uhlirz S. (Editors) (2016) Proceedings of the 20th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2015 (CHNT 20, 2015), Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie, Vienna.

Börner W., Uhlirz S. (Editors) (2015) Proceedings of the 19th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2015 (CHNT 20, 2015), Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie, Vienna.

Börner W., Uhlirz S. (Editors) (2014) Proceedings of the 18th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2015 (CHNT 20, 2015), Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie, Vienna.

LONDON CHARTER (2009). From: www.londoncharter.org [Accesso del: 11 ottobre 2017].

SEVILLA PRINCIPLES (2011) da: www.arqueologiavirtual.com [Accesso del: 11 ottobre 2017].

Dalla realtà archeologica alla ricostruzione digitale: una sfida per il disegno dell'architettura

INTRODUZIONE

Per un conoscitore dei Beni Culturali, uno spostamento nell'area mediterranea rende subito chiaro come il patrimonio archeologico in questa regione sia una delle manifestazioni più intense della volontà delle molte società che hanno popolato questa zona fin dai tempi antichi, e di come questo contenga importanti tracce di mescolanze culturali e idee complesse. Allo stesso tempo, il patrimonio archeologico rappresenta un valore culturale complesso ed articolato con enigmi complessi e potenzialità impressionanti. Si tratta di contenuti che permettono operazioni di interpretazione e che possono solo portare ad una migliore comprensione dello sviluppo delle società che li hanno definiti. Il tutto tramite resti di architetture e attraverso la lettura di un articolato sistema di tracce. Le letture e le interpretazioni non sono mai facili, mentre molti di questi siti archeologici sono stati il luogo di una serie continua di abbandoni e/o persistenze. Questo

crea una grande serie di resti, di fasi, di trasformazioni, dal passato all'ultimo momento dell'abbandono e anche più tardi, quando gli edifici cadevano già pezzi o erano stati demoliti al fine di un loro riutilizzo. Questa condizione molto particolare, che influenza lo studio, è sostenuta dal fascino del passato ed è mossa dal desiderio di conoscenza. Essa crea una sfida senza fine per la cultura archeologica e architettonica attraverso il tempo. Rispondere alla domanda "...quale aspetto aveva questo posto nel passato?" può essere piuttosto difficile, specie quando la sovrapposizione di un lungo periodo di trasformazioni può produrre condizioni molto avverse alla lettura e alla comprensione. Alcuni resti/monumenti possono presentare complesse trasformazioni tra la loro fondazione e il nostro tempo, mentre altri sono semplici rovine, a volte ancora totalmente da comprendere.

Ai nostri tempi, l'approccio digitale a "tutto" offre molto circa la ricostruzione digitale, la diffusione, la condizione e la comprensione di qualsiasi tipo di patrimo-

nio archeologico, ma questo processo, a volte, arriva ad aprire più domande sull'aspetto originale di questi siti rispetto a qualsiasi approccio precedente. In passato, infatti, la ricostruzione, era prevalentemente basata su un singolo punto di vista e sulla rappresentazione bidimensionale dello spazio, non richiedeva una ricostruzione completa dell'architettura originale, mentre quando è stato scelto per realizzare un modello plastico, questo è stato realizzato con un basso livello di dettagli e raramente era ben definito in tutte le sue parti. Ma con la necessità di produrre un modello digitale 3D, il processo di ricostruzione digitale diventa quasi una ricostruzione completa e reale, è un processo che ha bisogno di creare l'edificio quasi per intero o almeno per parti molto grandi. Ciò crea la necessità di una comprensione accurata del soggetto, delle sue connessioni, del suo ambiente circostante e del suo contesto. Mentre la ricostruzione digitale, la realtà virtuale, la realtà aumentata, le app mobili sono solo "parole" (a volte solo costose) se non supportate da contenuti e

idee architettoniche chiare. In questo viaggio alla conoscenza, il “disegno” è il principale strumento di guida e operazione, dai primi schizzi al modello virtuale finale è il modo per scoprire le tracce della trama originale, lo strumento per suggerire possibili soluzioni. Un approccio troppo specialistico o troppo “al risparmio” a questi contesti è a rischio di non cogliere qualcosa dai possibili suggerimenti provenienti dal sito stesso. Le tecniche principalmente “visive” derivano da un modo romantico di guardare le rovine archeologiche, mentre l’approccio contemporaneo dovrebbe basarsi su chiare liste di controllo, su “elenchi di cose da fare” intelligenti ed essere suddiviso per “stazioni” dove l’architetto e l’archeologo deve fermarsi a riflettere sui risultati prima di concludere la proposta di ricostruzione che stanno portando avanti.

IN CERCA DI UN METODO

Una ricostruzione digitale seria di un sito archeologico non si costruisce da idee fantastiche, ma si basa su indizi, indicazioni, grafici o punti salienti, può scegliere semplici indicazioni testuali, ma la “materializzazione” delle idee provenienti da questi suggerimenti è fatta da una solida base di riferimento, la cui definizione è il primo passo nel processo. Nella fase di ricostruzione, tuttavia, le operazioni devono essere eseguite su elementi chiari, accurati ed efficaci. Ciò aiuterà il processo cognitivo e fornirà un valido supporto ai risultati (fig. 1). Ogni ricostruzione architettonica inizia sempre da degli indizi, che possono essere di diversa complessità: a volte possono esserci dei resti, la presenza di rovine, la guida di disegni o rappresentazioni accurate, come fotografie, documenti d’archivio e descrizioni scritte. Talvolta la ricostruzione digitale avviene con una o più ipotesi precedenti, ad esempio: una ricostruzione digitale del Mausoleo di Alicarnasso può iniziare da vari tentativi fatti in passato, ma può indubbiamente beneficiare dei nuovi contributi derivanti dalle nuove scoperte. Tutte queste serie di tracce, per quanto chiare e complete, possono ancora richiedere deduzioni per implementare la ricostruzione di parti totalmente mancanti. In altri casi, le tracce possono essere minime, la presenza di un edificio è semplicemente basata su poche tracce storiche, anche la stessa presenza di rovine può mancare, senza alcuna descrizione detta-

gliata, ad esempio: i resti di la cittadella sulla collina del Pionta ad Arezzo [Verdiani, Pucci, Gira, 2016] (figg. 2, 3, 4), distrutta nel XVI secolo e del cui aspetto originario sono rimasti solo alcuni disegni, dipinti e testi scritti, ma che fisicamente risulta definita solo da minimi resti e tracce confuse. In altri casi, l’idea stessa dell’edificio può mancare, ci sono solo poche parti, forse anche affascinanti, ma senza nessuna ulteriore traccia, se non pochi frammenti che possono essere ricondotti ad una architettura originale, per un esempio: le teste di Medusa nella Cisterna Romana e nel Museo archeologico di Istanbul, probabilmente appartenenti allo stesso edificio (o al suo cantiere), di cui però non ne rimane alcuna traccia (fig. 5).

I vari casi di studio possono richiedere approcci specifici e ogni situazione può sviluppare una propria sequenza di elaborazioni, ma può comunque essere utile definire delle procedure, in quanto queste possono aiutare il novizio ad affrontare un compito molto complesso e possono permettere agli esperti di divulgare e costruire meglio la conoscenza prodotta delle loro ricerche. Considerando un sito archeologico in cui sono visibili resti, uno schema operativo può essere sviluppato non per importanza, ma per ordine logico e operativo, secondo i seguenti punti principali: 1) Raccolta di informazioni sull’argomento in analisi; 2) Stato di fatto, specie quando questo tipo di documentazione non è già disponibile o non sufficientemente aggiornata/dettagliata/affidabile; 3) Definizione di un insieme di elaborati disegni e grafici utili per lo sviluppo delle proposte ricostruttive: disegni vettoriali 2D e modelli 3D di base; 4) Approfondimento e studio del contesto storico, delle fasi costruttive, degli elementi comparabili, delle unità di misura del periodo di riferimento; 5) Sviluppo di un modello ricostruito da basi 2D e 3D, sviluppando la proposta partendo dal primo o dal secondo passaggio e secondo la procedura riconosciuta come efficiente per il caso specifico; 6) Confronto e analisi con altre discipline, verifica del risultato conseguito, possibili correzioni e variazioni nelle scelte di ricostruzione; 7) Definizione del modello finale, risultato singolo o multiplo del processo precedente; 8) Definizione della forma di presentazione al pubblico del prodotto ricostruito, completamento del modello in base alle esigenze di presentazione; 9) Sviluppo di modelli di presentazione analitici e secondari utili per

fissare il processo e condividerlo con altri studiosi; 10) Diffusione dei prodotti della ricerca. Una struttura operativa di questo tipo può essere applicata a temi anche molto diversi e quindi risultare rilevante per i numerosi casi di ricostruzione archeologica digitale.

IL RILIEVO DIGITALE, UN UTILE CONTRIBUTO

Entro le necessità del processo di ricostruzione virtuale, il rilievo digitale può essere una base importante per garantire la massima affidabilità di tutte le operazioni. Essendo un metodo rapido ed efficace, consente di coprire grandi aree ed edifici complessi in breve tempo, quando correttamente utilizzato, può risultare influenzato solo dalle condizioni di accessibilità e dalla frammentazione degli spazi.

L’indagine digitale diventa quindi una base fondamentale per la ricostruzione da un sito archeologico, e questo anche quando i resti sono pesantemente modificati o corrotti da opere architettoniche successive. Nel caso di una struttura totalmente scomparsa, quando utile, consente di documentare efficacemente l’area in cui la realizzazione dovrebbe essere posizionata, permettendo una migliore comprensione dell’andamento del suolo ed una eventuale correlazione con altre indagini sull’area (come, per esempio l’indagine sulle anomalie visibili o una indagine georadar del sottosuolo). Una base digitale di tale precisione facilita lo studio delle dimensioni, delle proporzioni e delle trasformazioni specifiche del sito. Consente numerose operazioni di lettura sul modello risultante e produce una grande quantità di dati. Le principali soluzioni digitali utilizzate dagli architetti sono i sistemi attivi basati sul Laser Scanner 3D e i sistemi passivi fotogrammetrici [Bini, Bertocci, 2012].

In entrambi i casi queste soluzioni mirano alla produzione diretta e rapida di disegni bidimensionali e modelli digitali tridimensionali. Vale la pena di dire che in generale non esiste una soluzione migliore che rende preferibile la scelta di uno strumento o dell’altro in tutte le situazioni [Rodriguez, 2012], il fatto che possa risultare meglio applicabile una soluzione basata su fotogrammetria o su scanner laser 3D, o che siano strettamente necessari entrambi, dipende dalle caratteristiche specifiche di ogni caso studio. Ma avere una base misurata molto affidabile è una base importante

di conoscenza, sulla quale lo studio del contesto storico, delle fasi costruttive, dell'antica unità di misura, può essere avviato e gestito correttamente.

DAL RILIEVO ALLA LETTURA

Non c'è dubbio che questa fase può cambiare considerevolmente a seconda del soggetto specifico su cui si svolge la ricerca, ma bisogna tenere conto di tre momenti distinti: lo studio basato su ciò che altri hanno già scritto sullo stesso argomento; la consultazione diretta di studiosi e altri ricercatori, in particolare di quelli provenienti da altre discipline, che, con le loro competenze, possono contribuire in modo significativo al raggiungimento di risultati utili per la ricostruzione; la definizione di un approccio corretto al soggetto studiato, con la comprensione di quali siano le giuste domande da formulare circa l'architettura oggi scomparsa o incompleta. I primi due momenti possono essere assolutamente affiliati a ciascun argomento, ma non è possibile generalizzare o definire procedure facilmente replicabili. Se la rovina ha un significato storico, la ricerca dovrà organizzare un'ampia base di conoscenze e possibilmente definire con chiarezza uno "stato dell'arte" circa le ricostruzioni passate. Competenze e anche opinioni molto discordanti possono non mancare. Viceversa, nel caso di un soggetto sconosciuto, nuovo o trattato esclusivamente da pochi studiosi locali, la raccolta di materiali relativi ad altre architetture e argomenti di supporto può essere cruciale per la creazione di un panorama cognitivo necessario per sviluppare una ricostruzione digitale solida. In questo processo, uno dei principali compiti iniziali sarà la definizione delle fasi costruttive dell'edificio: queste potrebbero già essere conosciute in base allo stato delle conoscenze sul sito, ma un intervento in diversi materiali, la presenza di suddivisioni, la presenza di nuove aperture, come di quelle rimurate, creano una storia di eventi interessanti, in cui la lettura della stratigrafia della muratura è un processo ben noto agli archeologi e diventa un passaggio strategico nell'interpretazione delle fasi costruttive. È un processo che richiede la conoscenza delle tecniche costruttive del passato e l'abilità nella lettura di tracce utili per riconoscere gli eventi architettonici. Un edificio secolare può presentare molte modifiche, trasformazioni, nuove aggiunte e demoli-

zioni. Il tempo trascorso difficilmente aiuta la lettura e una costruzione definita da numerose fasi tende a confondere le ragioni delle sue trasformazioni. La semplice lettura della muratura in molti casi non sarà sufficiente, ma in parte consentirà di definire alcune idee utili, alcune tracce per disegnare una mappa per ulteriori riflessioni. Per aiutare la ricostruzione, le informazioni provenienti da elementi comparabili possono essere estremamente utili: certamente, questo è qualcosa che non è facilmente applicabile e non sistematico, ma è spesso possibile e quindi meritevole di attenzione. Cercare di riconoscere elementi comuni in edifici come quello da ricostruire può risolvere molte situazioni di incertezza. Trovare questi elementi comparativi richiederà una certa memoria visiva, ma come è inevitabile, mentre si lavora su una ricostruzione, l'attenzione e la curiosità per tutto ciò che "sembra" il proprio caso di studio crescerà e migliorerà la sensibilità a prospettive, piante, sezioni e dettagli simili all'oggetto studiato. La migliore tecnica in questo senso è forse quella di lasciarsi andare a questa sensibilità, catturando ogni indizio e cercando di capire cosa è riconosciuto come "simile" e come questa percezione si lega ad uno specifico aspetto architettonico. La logica può suggerire di studiare e confrontare solo edifici specifici o architetture dello stesso periodo storico; ma quando un aspetto è riconosciuto in un'architettura di un altro periodo, sarebbe un peccato non indagare e comprendere meglio la ragione di questa corrispondenza, comprendere le ragioni di un parallelo può aiutare molto un processo fortemente speculativo. La spazialità di un luogo, la sequenza delle sue forme, le declinazioni delle scelte progettuali, non possono essere esclusive di un singolo periodo, e talvolta architetture particolarmente innovative o sperimentali possono trovare confronti anche in momenti molto diversi rispetto a quello a cui appartengono.

L'IMPORTANZA DELLE UNITÀ DI MISURA

Mentre la ricostruzione sta acquisendo i suoi aspetti concreti, la definizione di griglie e proporzioni basate su unità di misura appropriate [Kula, 1987], aiuterà a definire schemi di lettura ben proporzionati. Ciò può portare a due principali fattori avversi: il primo riguarda l'eventualità che il progetto originale abbia subito

delle scelte che differiscono da una soluzione rigorosa o canonica e il secondo può essere costituito da variazioni legate ad uno sviluppo unitario, ma articolato in numerosi interventi e raffinamenti potenzialmente al di fuori di quanto programmato nel progetto originale. Questi due fattori, sfavorevoli alla scoperta di chiari schemi compositivi, possono, tuttavia, favorire la lettura del costruito, consentendo il riconoscimento di scelte e fasi che, sebbene non strettamente correlate al rispetto delle scelte originali, contribuiranno notevolmente a comprendere le ragioni di quanto di quella architettura è arrivato nel nostro tempo.

DALLA LETTURA ALL'INTERPRETAZIONE

Il modello digitale 3D ottenuto da rilievo per via fotogrammetrica o laser scanner può essere basato su superfici semplici oppure con la texture dello stato di fatto applicata, utilizzabile per la produzione di risultati fotorealistici (per la materialità della rappresentazione e la credibilità dell'illuminazione) o non fotorealistici (cioè immagini che evocano lo stile grafico dal disegno o la pittura); oppure può consentire la creazione di mappe tematiche che presentino un modello informativo specializzato, come la presentazione del livello di astrazione collegato a ciascuna parte ricostruita. Segnalare questo livello di astrazione dovrebbe essere considerato sempre un passaggio importante per altri studiosi, in modo da trasmettere il valore dell'operazione di ricostruzione stessa. Si tratta di una operazione volta a rendere chiaro quali parti sono legate alla certezza assoluta (cioè prove archeologiche o parti esistenti dell'edificio); quali sono dovute ad una ricostruzione basata su disegni, dipinti e altre rappresentazioni; quali sono dovute a fonti testuali o studi precedenti; quali derivano dall'interpolazione dalle parti esistenti (cioè l'uso di griglie composite identificate sulle parti ancora presenti e successivamente estese alle parti mancanti); quali sono il risultato dell'immaginazione o derivano da un confronto con altre architetture. Ad esempio, la ricostruzione digitale del prospetto da un edificio antico, in cui un prospetto fosse ancora conservato o almeno ben descritto in una precedente documentazione, ma che manca di ogni altra prova circa l'aspetto di tutte le altre parti, darà probabilmente pochi problemi per la propria ricostruzione digitale: chi sta operando la

modellazione può contare su una buona serie di informazioni e un disegno dettagliato apparirà a breve. Ma per la definizione di tutte le altre parti dalla pianta, sarà necessaria una certa astrazione, i punti forti e chiari saranno la posizione delle aperture al livello del terreno (se ce ne sono), ma il numero di spazi e le loro estensioni deriveranno dall'intuizione del ricostruttore. In modo simile, partendo dai resti di una planimetria, da pochi resti di muri lasciati a terra, si lascerà un livello di incertezza su tutti gli alzati, in questo caso sarà necessario fare riferimento a tipologie simili, senza ulteriori fattori a poter verificare la concretezza delle scelte fatte in questa operazione. Di conseguenza, in uno schema che presenti la "mappa" dell'astrazione applicata, l'edificio ricostruito potrà avere colorazioni diverse per le sue diverse sessioni di ricostruzione. Questa opzione può sembrare non tanto interessante per tutte le ricostruzioni con l'obiettivo principale di sorprendere con effetti spettacolari (la maggior parte delle volte la presentazione di film, giochi e prodotti multimediali indirizzati a un vasto pubblico), gli utenti di questo tipo di ricostruzione potrebbero avere un interesse minimo o modesto in queste mappe sull'astrazione. Ma tutte le operazioni che intendono definire un risultato "scientifico" non dovrebbero sottrarsi alla stesura di una chiara documentazione delle operazioni condotte (fig. 6). Questo è un modo di procedere e di portare avanti un meccanismo serio ed accurato, capace di trasmettere chiaramente il risultato di una ricerca [Apollonio, 2016], secondo i principali documenti che hanno cercato di definire regole comuni per la ricostruzione digitale, come la Carta di Siviglia [www.arqueologiavirtual.com, 2011] successivamente incorporata nella Carta di Londra [www.londoncharter.org, 2009].

CONCLUSIONI

Questo passaggio, questa sfida per costruire un processo di ricostruzione, è oggi in corso, lo si può vedere in numerosi esempi ad opera di singoli o nati sulla base di articolate collaborazioni, ma ha come elemento comune il fatto che il numero di studiosi coinvolti nella ricostruzione digitale sta aumentando in base alla sempre più frequente richiesta di prodotti multimediali da parte di musei [Guidi, Rodriguez, Russo, 2013] e di siti archeologici aperti al pubblico e per la possibilità

di implementare questo tipo di prodotti nella progettazione delle esperienze per la conoscenza e la documentazione di luoghi e monumenti. Mentre i processi possono variare da una situazione all'altra, uno degli aspetti più pregevoli per chi deve affrontare una ricostruzione digitale è la possibilità di confrontarsi con il lavoro degli altri: esempi e riferimenti sono chiari, ma un approccio critico è fondamentale, non sarà utile limitarsi ad osservare i soli risultati finali, ammirando immagini di rendering molto ben realizzate. È importante trovare e comprendere il processo ricostruttivo, i punti e le scelte fatte durante la ricostruzione digitale dell'architettura mancante/danneggiata. La descrizione dettagliata del processo di ricostruzione non è una caratteristica così comune nei documenti sulla ricreazione di architetture perse o non realizzate, quindi una buona ricerca in atti di specifiche conferenze [Börner e Uhlirz, 2014, 2015, 2016] e libri [Verdiani, 2017] può offrire una descrizione articolata dei processi di lavoro e di come questi siano stati gestiti. Infine, la ricostruzione digitale 3D è chiaramente una sfida per il disegno architettonico, uno spazio di confronto per l'applicazione di processi consolidati di indagine e comprensione basati sulla rappresentazione e, allo stesso tempo, una sfida a sperimentare, adattare e migliorare il modo in cui la rappresentazione architettonica si rapporta agli strumenti digitali in perenne sviluppo, vedendoli come un'opportunità e come un momento di continua crescita.

Fig. 1 - Schema generale del processo proposto.

Fig. 2 - Ricostruzione digitale di una vista interna della chiesa di S. Stefano e S. Maria ad Arezzo, rovine, riposizionamento del mosaico e modello digitale finale (G. Verdiani, I. Giannini, A. Mancuso, 2015).

Fig. 3 - Le teste di Medusa nella cisterna romana di Istanbul e quella del museo archeologico di Istanbul, parti utilizzate come spolia nella muratura, pezzi interessanti per una ricostruzione digitale difficoltosa e continua (G. Verdiani, A. Pasquali, Y. Ricci, 2017).

Fig. 4 - La Porta di Cadi a Granada, ricostruzione virtuale del fronte principale, mappe dell'accuratezza del processo di ricostruzione digitale (G. Verdiani, P. Formaglini, F. Giansanti, P. Rodríguez-Navarro, 2012).

Fig. 5 - Ricostruzione digitale della Cattedrale di San Donato al poggio di Pionta ad Arezzo, sviluppo di ipotesi ricostruttive basate su disegni e sculture storiche, campione di idee raccolte dalla lettura di un antico stemma dedicato a questa chiesa distrutta (G. Verdiani, M. Pucci, C. Gira, 2016).

Fig. 6 - Ricostruzione digitale della Cattedrale di San Donato al poggio di Pionta ad Arezzo, veduta interna, basata sul disegno di Giorgio Vasari il Giovane e interpolazione delle informazioni raccolte da altre rappresentazioni delle pareti esterne e alcuni confronti con altre architetture (G. Verdiani, M. Pucci, 2016).

BIBLIOGRAFIA

Apollonio F. I. (2016), Classification schemes and model validation of 3D digital reconstruction process, Proceedings of the 20th Cultural Heritage and New Technologies, Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie, W. Börner, S. Uhlirz (editors), Vienna.

Bini M., Bertocci S. (2012), Manuale di rilievo architettonico e urbano, CittàStudi, Torino.

Guidi G. Rodríguez-Navarro P. Russo M. (2013), 3D Digitizing a whole museum: a metadata centered workflow, in: proceedings of the 2013 Digital Heritage International Congress, Marseille, IEEE, vol. 2, pp. 307-310. IEEE Catalog Number: CFP1308W-USB.

Kula W. (1987), Le misure e gli uomini dall'antichità a oggi, traduzione di A. Salmon Vivanti, collana Storia e società, Laterza, Bari 1987.

Rodríguez-Navarro P. (2012), Automated Digital Photogrammetry versus the systems based on active 3D sensors, Revista EGA, n° 20, año 17, Valencia.

Verdiani G., Giannini I. (2015), Forgiving a place: the case of the Pionta Citadel in Arezzo, Italy. In: Architecture, Archaeology and Contemporary City Planning "State of knowledge in the digital age", Valencia, 18-20 Maggio 2015, Lulu.com.

Verdiani G., Pucci M., Gira C. (2016), A special eyesight to a lost past: Oculus Rift, Google Cardboard and SketchFab to support the digital reconstruction of the St. Donato cathedral in Arezzo, Italy, in Kultur und Informatik, Augmented Reality, C. Busch and J. Sieck (editors), Verlag Werner Hülsbusch, Berlin.

Verdiani G., Rodríguez -Navarro P.,

Formaglini P., Giansanti F. (2014), From simple traces to extended hypothesis, the case of the Cadi Gate at the Alhambra, Granada. In: Architecture, Archaeology and Contemporary City Planning, Firenze, 16-18 Giugno 2014, Lulu.com.

Verdiani G. (2017), Retroprogettazione Metodologie ed esperienze di ricostruzione 3D digitale per il Patrimonio Costruito. Dida Press, Firenze.

Börner W., Uhlirz S. (Editors) (2016) Proceedings of the 20th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2015 (CHNT 20, 2015), Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie, Vienna.

Börner W., Uhlirz S. (Editors) (2015) Proceedings of the 19th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2015 (CHNT 20, 2015), Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie, Vienna.

Börner W., Uhlirz S. (Editors) (2014) Proceedings of the 18th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2015 (CHNT 20, 2015), Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie, Vienna.

LONDON CHARTER (2009). From: www.londoncharter.org [Accesso del: 11 ottobre 2017].

SEVILLA PRINCIPLES (2011) da: www.arqueologiavirtual.com [Accesso del: 11 ottobre 2017].