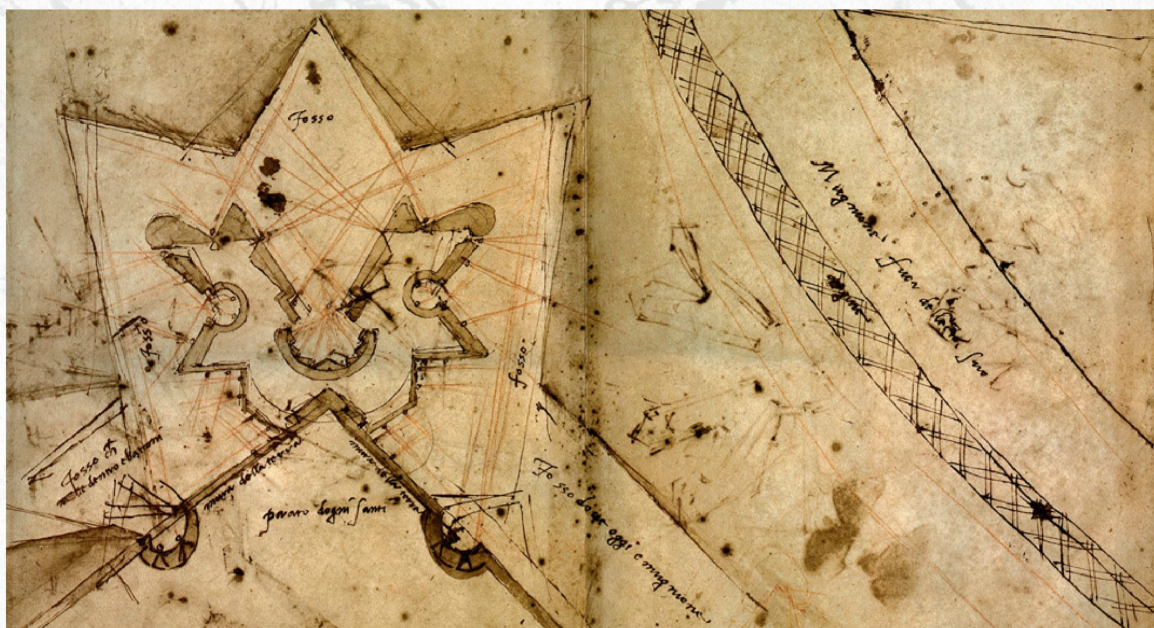


LE RAGIONI DEL DISEGNO THE REASONS OF DRAWING

Pensiero, Forma e Modello nella Gestione della Complessità
Thought, Shape and Model in the Complexity Management



38° CONVEGNO
INTERNAZIONALE
DEI DOCENTI DELLE DISCIPLINE
DELLA RAPPRESENTAZIONE



UID UNIONE ITALIANA PER IL DISEGNO
DIDA Dipartimento di Architettura



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE**
DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

**38° CONVEGNO INTERNAZIONALE
DEI DOCENTI DELLE DISCIPLINE DELLA RAPPRESENTAZIONE**
TREDICESIMO CONGRESSO UID – FIRENZE 15 • 16 • 17 SETTEMBRE 2016
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE – AULA MAGNA DEL RETTORATO Piazza San Marco, 4
AUDITORIUM DI SANTA APOLLONIA Via XXVII aprile, 25A

Comitato Scientifico internazionale / International Scientific Committee

Caroline Astrid Bruzelius, *Duke University, North Carolina, USA – member of the American Academy of Arts and Sciences*
 Pedro Cabesos, *Universidade da Coruña, Spagna*
 Fabiana Andrea Carbonari, *La Universidad Nacional de La Plata, Argentina*
 Arivaldo Leao De Amorim, *Universidade Federal da Bahia, Brasile*
 Livio De Luca, *Direttore di Ricerca del CNRS MAP-Gamsau, Marsiglia, Francia*
 Juan José Fernandez Martin, *Universidad de Valladolid, Spagna*
 Roberto Ferraris, *Universidad Nacional de Cordoba, Argentina*
 José Antonio Franco Carlos de San Antonio Gomez, *Universidad Politécnica de Madrid, Spagna*
 José Antonio Franco Taboada, *Universidade da Coruña, Spagna*
 Ángela García Codoñer, *Universitat Politècnica de València, Spagna*
 Pedro Antonio Janeiro, *Universidade de Lisboa, Portogallo*
 Walsh Michael John Kir, *School of Art, Design and Media - College of Humanities, Arts, & Social Sciences of the Nanyang Technological University, Singapore*
 Cornelia Leopold, *University of Kaiserslautern, Germania*
 Juan Samuel Lladó, *Universidad de Extremadura, Spagna*
 Francisco Martinez Mindeguia, *Universitat Politècnica de Catalunya, Spagna*
 Carlos Montes, *Universidad de Valladolid, Spagna*
 Javier Mosteiro, *Universitat Politècnica de Catalunya, Spagna*
 Pablo José Navarro Esteve, *Universitat Politècnica de València, Spagna*
 Fang Yibing, *Accademia nazionale delle scienze Pechino, Repubblica Popolare Cinese*

Comitato Scientifico Nazionale / National Scientific Committee

Piero Albisinni, *"Sapienza" Università di Roma*
 Fabrizio Ivan Apollonio, *Università di Bologna*
 Paolo Belardi, *Università di Perugia*
 Stefano Bertocci, *Università di Firenze*
 Carlo Bianchini, *"Sapienza" Università di Roma*
 Marco Bini, *Università di Firenze*
 Vito Cardone, *Università di Salerno*
 Mario Centofanti, *Università dell'Aquila*
 Emanuela Chiavoni, *"Sapienza" Università di Roma*
 Michela Cigola, *Università di Cassino e del Lazio Meridionale*
 Antonio Conte, *Università della Basilicata*
 Antonella Di Luggo, *Università di Napoli Federico II*
 Mario Docci, *"Sapienza" Università di Roma*



Proprietà letteraria riservata
Gangemi Editore spa
Piazza San Pantaleo 4, Roma
www.gangemieditore.it

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere memorizzata, fotocopiata o comunque riprodotta senza le dovute autorizzazioni.

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.

GANGEMI EDITORE®
 INTERNATIONAL PUBLISHING

FINITO DI STAMPARE NEL MESE DI SETTEMBRE 2016
 www.gangemieditore.it

ISBN 978-88-492-3295-0

Francesca Fatta, *Università Mediterranea della Calabria*
 Paolo Giardebaggio, *Università di Perna*
 Andrea Giordano, *Università di Padova*
 Elena Ippoliti, *"Sapienza" Università di Roma*
 Francesco Maggio, *Università di Palermo*
 Anna Marotta, *Politecnico di Torino*
 Arturo Livio Sacchi, *Università Chieti-Pescara*
 Rossella Salerno, *Politecnico di Milano*
 Alberto Sdegno, *Università di Trieste*
 Ornella Zerlenga, *Seconda Università di Napoli*

Peer reviewer internazionali / International peer reviewers

Pedro Cabesos, *Universidade da Coruña, Spagna*
 Andrea Fabiana Carbonari, *La Universidad de La Plata, Argentina*
 Arivaldo Leao De Amorim, *Universidade Federal da Bahia, Brasile*
 Roberto Ferraris, *Universidad Nacional de Cordoba, Argentina*
 José Antonio Franco Carlos de San Antonio Gomez, *Universidad Politécnica de Madrid, Spagna*
 José Antonio Franco Taboada, *Universidade da Coruña, Spagna*
 Pedro Antonio Janeiro, *Universidade de Lisboa, Portogallo*
 Juan Samuel Lladó, *Universidad de Extremadura, Spagna*
 Francisco Martinez Mindeguia, *Universitat Politècnica de Catalunya, Spagna*
 Carlos Montes, *Universidad de Valladolid, Spagna*
 Javier Mosteiro, *Universitat Politècnica de Catalunya, Spagna*
 Pablo José Navarro Esteve, *Universitat Politècnica de València, Spagna*

Peer reviewer nazionali / National peer reviewers

Fabrizio Agnello, *Università degli Studi di Palermo*
 Giuseppe Amoroso, *Politecnico di Milano*
 Marinella Arena, *Università Mediterranea Reggio Calabria*
 Marcello Balzani, *Università di Ferrara*
 Laura Baratin, *Università di Urbino Carlo Bo*
 Salvatore Barba, *Università di Salerno*
 Cristiana Bedoni, *Università degli Studi Roma Tre*
 Marco Giorgio Bevilacqua, *Università di Pisa*
 Fabio Bianconi, *Università di Perugia*
 Enrica Bistagnino, *Università di Genova*
 Antonio Bixio, *Università degli Studi della Basilicata*
 Stefano Brusaporci, *Università degli Studi dell'Aquila*
 Adele Carla Buratti, *Politecnico di Milano*
 Massimiliano Campi, *Università degli Studi di Napoli Federico II*
 Marco Canciani, *Università degli Studi Roma Tre*
 Mara Capone, *Università degli Studi di Napoli Federico II*
 Laura Carlevaris, *"Sapienza" Università di Roma*
 Laura Carnevali, *"Sapienza" Università di Roma*
 Marco Carpicci, *"Sapienza" Università di Roma*
 Andrea Casale, *"Sapienza" Università di Roma*
 Francesco Cervellini, *Università di Camerino*
 Luca Cipriani, *Università di Bologna*
 Paolo Cini, *Università, Politecnica delle Marche*
 Luigi Cocchiarella, *Politecnico di Milano*
 Luisa Chiara Cogorno, *Università di Genova*
 Daniele Colistra, *Università Mediterranea Reggio Calabria*
 Romolo Continenza, *Università degli Studi dell'Aquila*
 Secondino Coppo, *Politecnico di Torino*
 Cesare Cundari, *"Sapienza" Università di Roma*
 Laura De Carlo, *"Sapienza" Università di Roma*
 Francesco Paolo De Mattia, *Politecnico di Bari*
 Roberto De Rubertis, *"Sapienza" Università di Roma*
 Aldo De Sanctis, *Università Mediterranea Reggio Calabria*
 Edoardo Dotto, *Università di Catania*

Fabio Fabbrizzi, *Università degli Studi di Firenze*
 Maria Linda Falcidieno, *Università di Genova*
 Federico Fallavolita, *Università di Bologna*
 Patrizia Falzone, *Università di Genova*
 Marco Fasolo, *"Sapienza" Università di Roma*
 Riccardo Florio, *Università degli Studi di Napoli Federico II*
 Giorgio Garzino, *Politecnico di Torino*
 Fabrizio Gay, *Università IUAV di Venezia*
 Gaetano Ginex, *Università Mediterranea Reggio Calabria*
 Massimo Giovannini, *Università Mediterranea Reggio Calabria*
 Guido Guidano, *Università di Genova*
 Manuela Incerti, *Università di Ferrara*
 Sereno Marco Innocenti, *Università di Brescia*
 Mariangela Liuzzo, *Università di Enna*
 Massimiliano Lo Turco, *Politecnico di Torino*
 Giovanna Angela Massari, *Università di Trento*
 Giampiero Mele, *Università telematica eCampus*
 Barbara Messina, *Università di Salerno*
 Riccardo Migliari, *"Sapienza" Università di Roma*
 Giuseppa Novello, *Politecnico di Torino*
 Anna Osello, *Politecnico di Torino*
 Caterina Palestini, *Università di Chieti-Pescara "G. d'Annunzio"*
 Lia Maria Papa, *Università degli Studi di Napoli Federico II*
 Leonardo Paris, *"Sapienza" Università di Roma*
 Sandro Parrinello, *Università di Pavia*
 Paolo Piumatti, *Politecnico di Torino*
 Fabio Quici, *"Sapienza" Università di Roma*
 Luca Ribichini, *"Sapienza" Università di Roma*
 Andrea Ricci, *Università degli Studi di Firenze*
 Andrea Rolando, *Politecnico di Milano*
 Michela Rossi, *Politecnico di Milano*
 Daniele Rossi, *Università di Camerino*
 Salvatore Santuccio, *Università di Camerino*
 Roberta Spallone, *Politecnico di Torino*
 Giacinto Taibi, *Università di Catania*
 Camillo Trevisan, *Università IUAV di Venezia*
 Pasquale Tunzi, *Università di Chieti-Pescara "G. d'Annunzio"*
 Maurizio Unali, *Università di Chieti-Pescara "G. d'Annunzio"*
 Graziano Mario Valenti, *"Sapienza" Università di Roma*
 Rita Maria Valenti, *Università di Catania*
 Cesare Verdoscia, *Politecnico di Bari*
 Chiara Vernizzi, *Università di Parma*
 Andrea Zerbi, *Università di Parma*

Comitato Organizzatore / Organizing Committee

Giovanni Anzani, Barbara Aterini, Maria Teresa Bartoli, Stefano Bertocci, Carlo Biagini, Marco Bini, Carmela Crescenzi, Cecilia Luschi, Emma Mandelli, Alessandro Merlo, Paola Puma, Marcello Scalzo, Giorgio Verdiani

Staff Tecnico - Operativo / Staff - Operative

Laura Aiello, Francesco Algotino, Andrea Aliperta, Eleonora Cecconi, Paolo Formaglini, Filippo Giansanti, Gaia Lavoratti, Giancarlo Littera, Andrea Pasquali, Francesca Picchio, Francesco Tioli

Coordinamento Scientifico / Scientific Coordination

Stefano Bertocci
 Marco Bini

I testi e le relative traduzioni oltre che tutte le immagini pubblicate sono state fornite dai singoli autori per la pubblicazione con copyright e responsabilità scientifica e verso terzi.
La revisione e redazione dei testi è stata dei curatori del volume.

In copertina: Michelangelo Buonarroti - Studi di fortificazione per la Porta al Prato d'Ognissanti - Firenze, Casa Buonarroti. (per gentile concessione della Dott.ssa Pina Ragionieri direttrice del museo "Casa Buonarroti")

LE RAGIONI DEL DISEGNO THE REASONS OF DRAWING

*Pensiero, Forma e Modello nella Gestione della Complessità
Thought, Shape and Model in the Complexity Management*

A CURA DI
STEFANO BERTOCCI
MARCO BINI

GANGEMI EDITORE®
INTERNATIONAL PUBLISHING

Progetto di documentazione per la valorizzazione dell'altopiano di Masada: il disegno tridimensionale come strumento di conoscenza per il quartier generale del Palazzo di Erode

Documentation Project for the enhancement plateau of Masada: the three-dimensional design as a knowledge tool for the headquarters of Herod's Palace

Monica Bercigli*

IL LAVORO È MIRATO ALL'INDIVIDUAZIONE DELLE POTENZIALITÀ DEL DISEGNO 3D PER LA RAPPRESENTAZIONE FINALIZZATA ALLA DOCUMENTAZIONE E DIVULGAZIONE DEI DATI ACQUISITI TRAMITE TECNICHE DI RILEVAMENTO *IMAGE-BASED* SUPPORTATE DALLA STRUMENTAZIONE LASER SCANNER. ANALIZZANDO IL CASO STUDIO DEL QUARTIER GENERALE DEL PALAZZO DI ERODE A MASADA IN ISRAELE, SI VUOLE DIMOSTRARE COME LA SCELTA DI METODOLOGIE E DI STRUMENTAZIONI DIPENDA DALLA STRUTTURAZIONE DI UN RILIEVO CAPACE DI VALUTARE VARI FATTORI RELATIVI ALLA COMPLESSITÀ DELL'AREA DA RILEVARE, E TRADURLI IN DISEGNI E SISTEMI DI RAPPRESENTAZIONE EFFICACI.

PAROLE CHIAVE: BENI CULTURALI, RILIEVO INTEGRATO, MODELLI 3D, MODELLI VIRTUALI, MASADA

Introduzione

Le tecniche di rilievo si sono sviluppate moltissimo durante gli ultimi decenni ed oggi consentono di rilevare luoghi e manufatti di grandi e piccole dimensioni con una affidabilità millimetrica. Un passo decisivo per quanto riguarda la conservazione dei Beni Culturali è quello di riuscire a costruire database e archivi digitali che raccolgano dati digitali prodotti oggi in grandi quantità e riuscire a costruire documentazioni facilmente fruibili e comprensibili da tutti.

La tematica della valorizzazione dei beni culturali è molto complessa; le tipologie di fruitore dei siti archeologici, e dei musei più in generale, sono di vario tipo ma possiamo dividerli in due principali categorie: i turisti, siano essi singoli o gruppi, oppure ricercatori (esperti di vario livello). Le due categorie richiederanno un grado di approfondimento delle informazioni e dei dati ben differente. Nei musei tradizionali, dove l'interazione tra l'uomo e l'opera è diretta e ci si trova immersi nella realtà, le informazioni sono implicite nelle strutture, ovvero nei pannelli espositivi, nelle teche e nei contenitori. I musei che invece chiameremo "virtuali" si basano su un sistema artificiale dove l'interazione tra uomo e oggetto è indiretta, ovvero il visitatore effettua la visita attraverso il pc o altri strumenti. Le informazioni in questo caso sono esplicitate dai disegni, intesi come tutti gli elaborati bidimensionali e tridimensionali.

L'atto di disegnare è un processo indispensabile per conoscere e comprendere una architettura nelle sue dimensioni spaziale, storica e materica. Il ruolo che il disegnatore assume è di fondamentale importanza: egli osserva un luogo, una architettura o un manufatto, discretizza le informazioni e le traduce in segni grafici chiari ed efficaci. Disegnare significa infatti approssimare la realtà, interpretando l'elemento analizzato e scegliendo quali aspetti metterne in risalto.

THE WORK AIMS TO IDENTIFY THE POTENTIAL OF 3D REPRESENTATION IN ORDER TO DOCUMENT AND COLLECT DATA ACQUIRED THROUGH IMAGE-BASED DETECTION TECHNIQUES SUPPORTED BY LASER SCANNER. ANALYZING THE CASE STUDY OF THE HEADQUARTER OF HEROD'S PALACE IN MASADA, ISRAEL. THE STUDY SHOWS HOW THE CHOICE OF METHODS AND TOOLS DEPENDS ON THE PLANNING OF AN EFFICIENT SURVEY WHICH IS CAPABLE TO EMBRACE THE VARIOUS FACTORS RELATED TO THE COMPLEXITY OF THE AREA, TO DETECT THEM, AND TRANSLATE THEM INTO USEFUL DRAWINGS AND REPRESENTATION SYSTEMS.

KEYWORDS: CULTURAL HERITAGE, INTEGRATED SURVEY, 3D MODELS, VIRTUAL MODELS, MASADA

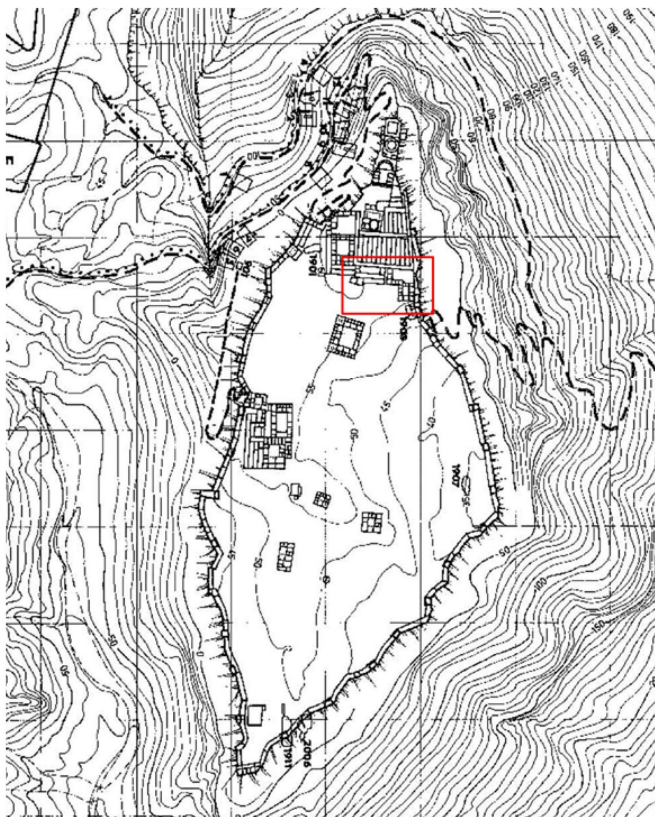
Introduction

Surveying techniques have developed greatly over the past decades and nowadays allow to analyze large and small sites and buildings with extreme reliability. A decisive step regarding the preservation of cultural heritage is to succeed in building databases and digital archives capable to store the massive data collected and succeed in the production of documents easily accessible and understandable by everyone.

The issue of the valorization of cultural heritage is very complex; the different kinds of users of the archaeological sites, and museums in general, are various but we can divide them into two main categories: the tourists, individuals or groups, or researchers (experts of various levels). The two categories will require a widely different degree of detail of the information and data offered during the visit. In traditional museums the interaction between man and the work is direct and related to the physical reality and the information is implicitly given in the environment or in display panels and cases. The museums that instead we will call "virtual" are based on an artificial system where the interaction between man and object is indirect, where the visitor visits the museum through his own PC or other digital tools. The information in this case are explained by the drawings, two-dimensional and three-dimensional products as well.

The act of drawing is an essential process to know and understand an architecture in its spatial, historical and material dimensions. The role that the draftsman plays is crucial: he observes a place, an architecture or an artifact, gathers information and translates them into clear and effective graphic signs. Drawing means in fact to approximate reality, to interpret the analyzed element and choose which aspects to emphasize. In the case of three-dimensional drawings the success of a drawing doesn't depend from the interpretation of the draftsman. In fact it's heavily dependent on the operator's quality in post-production of the acquired data, and his ability in producing the drawings and

1/ Planimetria generale della fortezza di Masada (Netzer 1991, pp.16).
Evidenziata all'interno del rettangolo rosso l'area del quartier generale.
1/ General plan of Masada Fortress (Netzer 1991 pp.16). Highlighted inside the red rectangle the "headquarters area".



2/ Planimetria dell'area del quartier generale (Netzer 1991, allegato).
2/ Plan of the headquarters (Netzer 1991 attached).



Nel caso del disegno tridimensionale la riuscita di un elaborato prescinde dalle capacità di interpretazione del disegnatore e dipende fortemente dalle qualità dell'operatore che in fase di postproduzione dei dati acquisiti, si occupa di produrre gli elaborati grafici e i modelli tridimensionali; la discretizzazione dei dati è dunque fatta successivamente. Un disegno tridimensionale "contiene" informazioni che un disegno bidimensionale, per forza di cose, non può possedere. Il disegno tridimensionale, inteso come modello 3D, riproduce più o meno fedelmente l'oggetto reale ed è possibile estrapolare da esso molte informazioni, quali elaborati bidimensionali e misure, e si possono effettuare una serie di analisi riguardo ad esempio allo stato di conservazione dell'oggetto o indagini diagnostiche finalizzate al restauro. Un modello 3D inoltre può essere inserito in un ambiente virtuale manipolato al fine di risultare del tutto identico alla realtà, per aspetto e sensazioni trasmesse, e per essere fruito interattivamente su piattaforme web e applicativi real-time.

three-dimensional models; the discretization of data is thus made subsequently. A three-dimensional drawing "contains" information that a two-dimensional drawing, by evidence of facts, may not possess. The three-dimensional drawing, intended as a 3D model, more or less faithfully reproduces the real object and it is possible to extrapolate from it a lot of information, such as two-dimensional and elaborate measures, and you can make a series of analysis regarding for example the state of conservation of a manifold or diagnostic investigations aimed at the restoration. A 3D model can be also inserted in a virtual environment and manipulated in order to be completely identical to reality, in its appearance and transmitted feelings, and to be enjoyed interactively on web platforms and real-time applications.

The case study

The case study¹ we are referring to is a portion of the Masada fortress in Israel, dating back to the first century B.C. and it became part of UNESCO Heritage in 2000.

Il caso studio

Il caso studio¹ a cui si fa riferimento è una porzione della fortezza di Masada in Israele, risalente al I sec. a.C. e diventata patrimonio UNESCO nel 2000.

Il sito archeologico di Masada si trova a 100 km a Sud-Est di Gerusalemme e ad un'altitudine di 400m sul livello del Mar Morto. La maggiore fonte storica è l'opera "Guerra Giudaica" di Tito Flavio Giuseppe pubblicata nel 75 d.C.

Il periodo di maggior evoluzione e attività è quello Erodiano durante il quale, in varie fasi, venne edificato un complesso di edifici progettato e strutturato per assolvere il ruolo di "fortezza del deserto"².

L'area a Nord del sito costituisce una sorta di Acropoli e comprende il Palazzo Reale, le terme romane ed altri edifici minori. Di epoca appena successiva è l'area del quartier generale ed è collocata a sud del complesso dei magazzini.

Il quartier generale del comandante

L'impianto dell'edificio è rettangolare ed è stato costruito sfruttando la parete preesistente dei magazzini a Nord. A differenza degli altri piccoli palazzi di Masada che poggiano i loro muri perimetrali direttamente sul terreno, questo è costruito su una piattaforma che ha richiesto un intenso lavoro di riempimento. L'edificio fu probabilmente costruito per il funzionario responsabile della sicurezza di Masada, ovvero il Comandante.

L'edificio è costituito da un ambiente centrale principale sul quale si aprono cinque stanze e presenta un portico sul lato meridionale. Il gruppo di tre stanze a Sud presenta un layout simile a quello del Palazzo Ovest e degli altri piccoli palazzi della fortezza; solitamente la stanza centrale, aperta sul cortile, era la stanza di ricevimento ufficiale del palazzo ma in questo caso tale funzione era svolta dalla stanza più a Ovest. Un gruppo di stanze simili è quello che si trova poco più a Nord e che si affaccia sulla piazza panoramica antistante. Le stanze hanno dimensioni simili e ma sono orientate in maniera diversa. Anche qui alla stanza centrale vi si accede tramite un portico.

Fanno parte infine del complesso anche alcuni magazzini, una cava di estrazione e una torre di guardia³.

Metodologie integrate

La metodologia di rilievo adottata prevede l'utilizzo di tecniche *structure-from-motion* (SFM) supportate dalla tecnologia Laser Scanner⁴ al fine di ottenere un modello 3D preciso e accurato e allo stesso tempo dotato di *texture* ad alta definizione, un disegno tridimensionale che contenga informazioni. La tecnica di rilievo SFM impiega strumentazioni a basso costo e di facile trasportabilità. Il Laser Scanner, nonostante abbia costi più elevati, ha come vantaggio



The Masada archaeological site is located 10 km south-east of Jerusalem, and to an altitude of 400m on the level of the Dead Sea. The major historical source is the "Jewish War opera" Titus Flavius Josephus published in 75 A.D.

The period of greatest change and activity is the Herodian period during which, in various phases, was built a complex of buildings designed and structured to perform the role of "fortress of the desert"². The northern area of the site seems an Acropolis and includes the Royal Palace, the Roman baths and other smaller buildings. Just next to it is the area of the headquarters and is located in the south of the warehouse complex.

The headquarters of captain

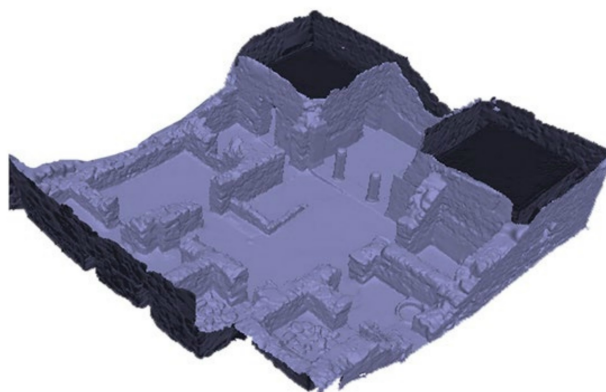
The building's plan is rectangular and has been built using the existing wall of the warehouses in the north. Unlike other small palaces of Masada who support the outer walls on the ground, this is built on a platform and is served an intense filling work. The building was probably built for the officer in charge of the security of Masada, which is the Commander.

The building consists of a main central room on which there are five rooms and there is an arcade on the south side. The group of three rooms in the south has a layout like the West Palace and other small buildings in the fortress; usually the central room, open on the courtyard, was the official reception room of the palace but in this case this

4/ Residenza del comandante - Nuvola di punti densa generata dal programma Agisoft Photoscan.
4/ Residence of captain - Dense point cloud generated by software Agisoft PhotoScan.



5/ Residenza del comandante - Mesh generata dal programma Agisoft Photoscan.
5/ Residence of captain - Mesh generated by software Agisoft Photoscan.



l'acquisizione di un quantitativo di dati maggiore in poco tempo ed è possibile utilizzarlo in qualsiasi condizione di illuminazione a differenza delle tecniche SFM che si basano sulla qualità della fotografia e quindi dipendono fortemente dalle condizioni di illuminazione e quindi di luce dell'oggetto rilevato.

Durante la missione di ricerca è stata effettuata una vasta campagna fotografica per sperimentare queste tecniche che si basano su sensori passivi, ovvero sensori che sfruttano la luce presente nell'ambiente per acquisire le immagini che verranno successivamente elaborate in appositi programmi.

Vista la complessità morfologica dell'area sono state effettuate numerose sequenze di ripresa fotografica al fine di riuscire ad acquisire tutte le informazioni utili alla ricostruzione virtuale della scena. La fase di acquisizione è fondamentale per la riuscita del processo di ricostruzione del modello 3D ed è necessaria una attenta programmazione delle riprese fotografiche. Utilizzando una cartografia di base l'area è stata divisa in ambienti e si è proceduto quindi all'acquisizione e all'archiviazione ordinata delle fotografie.

Sono stati realizzati disegni ed eidotipi al fine di comprendere meglio la complessità del luogo e degli elementi che lo compongono e per acquisire alcune misurazioni dirette utili alla ricostruzione del disegno tridimensionale. Come già accennato, è stato utilizzato un laser scanner come strumento di supporto per la ricostruzione del modello 3D e per la verificare l'affidabilità delle tecniche *image-based*. Il laser scanner si basa su una luce codificata che contiene informazioni riconoscibili da un sensore elettronico ed acquisisce, grazie appunto ad un raggio laser, l'andamento delle superfici esterne dell'oggetto che inquadra.

Postproduzione: il disegno tridimensionale

La fase di postproduzione è stata suddivisa in due processi paralleli. L'obiettivo infatti era quello di ricostruire due modelli 3D derivanti dalle due diverse tecniche di rilievo per poterli successivamente confrontare. La gestione della nuvola dei punti derivata dal laser scanner non è risultata complessa a differenza della rea-

function was carried out of the room further west. A group of such rooms is located just to the North in front of the panoramic square. The rooms are similar in size and they are oriented differently. Here too the central room is accessed through arcade.

In the complex there are also some stores, a quarry extraction and a guard tower³.

Integrated methodology

The adopted survey method requires the use of structure-from-motion techniques supported by the Laser Scanner⁴ technology in order to obtain an accurate 3D model and at the same time equipped with high definition textures, a three-dimensional drawing that contains information. The major technical SFM employs instrumentation low cost and easy portability. The Laser Scanner has higher costs but has as advantage the acquisition of a greater quantity of data in a short time and can be used in any lighting condition unlike the SFM techniques that rely on the quality of the photo, and then strongly depend on the conditions of illumination and thus of the object detected light.

During the research mission an extensive photographic campaign was carried out to test these techniques based on passive sensors. Sensors that use the light present in the environment to acquire the images that will be subsequently elaborated in special applications.

Given the morphological complexity of the site, numerous shooting sequences were conducted in order to be able to acquire all relevant information to the virtual reconstruction of the scene. The acquisition phase is crucial to the success of the 3D model reconstruction process and requires a careful planning of the photographs.

Using a map the area has been divided into specific ordered sections used to order and archive the photographs.

Dimensioned drawings were created in order to better understand the complexity of the place and the elements that compose it, and to acquire some direct measurements useful for the reconstruction of the three-dimensional design.

As already mentioned, a laser scanner was used as a support tool for the reconstruction of the 3D model and to check the reliability of the image-based techniques. This is based on a coded light that con-

6/ Confronto tra le metodologie di rilievo utilizzate - Le due immagini superiori sono relative ad una colonna derivata dal rilievo laser scanner (a sinistra in visualizzazione *wireframe* 450.387 poligoni, a destra con *texture*); sotto la stessa colonna rilevata con le tecniche SFM (477.010 poligoni).
 6/ Comparison of survey methods used - The top two images are related to a column derived from the laser scanner survey (left in *wireframe* 450,387 Polygon, right textured); below the same column detected with the techniques SFM (477.010 polygons).



lizzazione del modello 3D attraverso il programma Agisoft Photoscan⁵. Visto il gran numero di ambienti rilevati, il processo di allineamento foto e di ricostruzione dell'intera area ha richiesto molto tempo. I primi output che si ottengono da entrambi i procedimenti necessitano di molte lavorazioni di miglioria e semplificazione delle superfici. Il ruolo dell'operatore diventa qui fondamentale per la restituzione finale del modello 3D, egli infatti decide in che modo intervenire sulle *mesh*, andando a ricostruire delle porzioni di superfici che i programmi non sono riusciti a ricostruire in maniera automatica. Il processo di ri-disegno delle parti mancanti richiede all'operatore di conoscere bene sia l'oggetto analizzato, ma anche il tipo di output finale che si vuole ottenere in modo da poter scegliere quanto accurato e preciso debba essere il modello e in modo da scegliere il metodo di rappresentazione più efficace. In questo caso l'obiettivo finale era riuscire a creare un modello 3D con *texture* ad alta definizione per la visualizzazione e la divulgazione, un modello quindi leggero e facilmente gestibile.

Al termine dei due processi si sono ottenute due diverse *mesh* ed è stato possibile confrontarle poiché orientate secondo lo stesso sistema di riferimento (quello assegnato alla nuvola di punti derivata da laser scanner). Si è proceduto sovrapponendo le due *mesh* per verificare la deviazione tra esse. Impostando un *range* di tolleranza di 10mm risultano accettabili soltanto il 15% dei poligoni sovrapposti. Circa il 90% dei poligoni risultano invece accettabili all'interno di un *range* di 100mm.

Visto che si vuole dimostrare la possibilità di usare lo strumento fotografico come principale strumento di rilievo in un'area così vasta, si ritiene accettabile l'errore ottenuto.

Si possono inoltre fare altre considerazioni tra le due *mesh*: andando ad analizzare il particolare di una colonna risulta che in seguito alla decimazione e alle operazioni di pulitura e miglioria della *mesh*, applicandovi la *texture* ad alta definizione, non si hanno sostanziali differenze apparenti. Questo è dovuto al fatto che le fotografie sono scattate ad alta definizione e dopo essere state applicate ai modelli, vanno a "nascondere" i difetti delle *mesh*.

tains information recognizable by an electronic sensor and acquires, thanks to a laser beam, the geometry of the external surfaces of the captured object.

Post-production: the three-dimensional drawing

The post-production was divided into two parallel processes. The aim was in fact to reconstruct two 3D models derived from two different survey techniques and to compare them later.

The management of the points cloud derived from the laser scanner was not complex to manage unlike the creation of the 3D model through the program Agisoft PhotoScan⁵. Given the large number of detected rooms, the alignment process of the pictures and reconstruction of the whole area took a long time.

The first output obtained by both processes require a lot of improvements and simplification of the obtained surfaces. The operator's role becomes crucial here for the final version of the 3D model, in fact he decides how to operate on meshes rebuilding the portions of surfaces that the programmes have failed to automatically rebuild.

To redraw properly the missing parts the operator needs to know well both the scanned object and the type of final output you want to achieve so you can choose how accurate and precise the model needs to be and choose the most effective method of representation. In this case, the goal was to be able to create a high-definition 3D textured model for display and for the wider public, in the end a light and easily manageable model.

At the end of the two processes were obtained two different meshes and it was possible to compare them as oriented in the same coordinates system (the ones assigned to the cloud of points derived from laser scanner).

It proceeded with the overlapping of the two meshes to verify the deviation between them. Setting a 10mm tolerance range are acceptable only 15% of overlapping polygons. About 90 % of the polygons are rather acceptable within a range of 100mm.

Considering that we want to show the ability to use photography as the main instrument of survey in this big area, it is acceptable the error that we obtained.

7/ Mesh finale decimata del 75% costituita da 10.497.601 poligoni, utilizzata per le successive elaborazioni.

7/ Final Mesh decimated by 75 % consists of 10,497,601 polygons, used for subsequent processing.



Nonostante l'aspetto dei due particolari sia del tutto simile, si nota che la colonna derivante dal programma Photoscan ha subito una leggera deformazione dovuta all'approssimazione di alcuni poligoni.

Vista la volontà di dimostrare la possibilità di ottenere modelli 3D completi di *texture* ad alta definizione, utilizzando soltanto lo strumento fotografico e lo strumento laser scanner come supporto, si è proceduto al completamento del modello 3D derivante dalle tecniche *shape from motion*, andando a disegnare e modellare tutti quegli elementi di dettaglio come ringhiere e scale, utilizzando gli eidotipi e le misurazioni dirette effettuate.

A differenza di una *mesh*, cioè una superficie che approssima la geometria degli oggetti ad una maglia di poligoni, la superficie *nurbs* è definita da un'equazione matematica ed è quindi molto precisa. Si è preferito disegnare dunque questi elementi utilizzando un programma di modellazione che impiega *nurbs* (Rhinoceors). Successivamente il modello è stato mappato con *texture* ed è stato importato all'interno di un programma per la renderizzazione. Il modello finale ottenuto a seguito di questo processo può essere utilizzato per vari scopi quali l'estrazione di elaborati bidimensionali.

La divulgazione del patrimonio culturale

L'occasione di cimentarsi con la documentazione di questo luogo ha avviato una riflessione in merito alle potenzialità dei vari strumenti a disposizione per il rilievo e la rappresentazione al fine non solo di arricchire la conoscenza ma anche di divulgare le risorse del patrimonio culturale e renderlo fruibile ad un pubblico più vasto.

You also can do other considerations between the two meshes: going to analyze the detail of a column: by analyzing the detail of a column, after having applied the decimation and cleaning operations and improved the mesh, by applying high definition textures, we do not have substantial differences in appearance. This is due to the fact that the photographs are taken in high definition and after being applied to the models, go to "hide" the imperfections of the mesh.

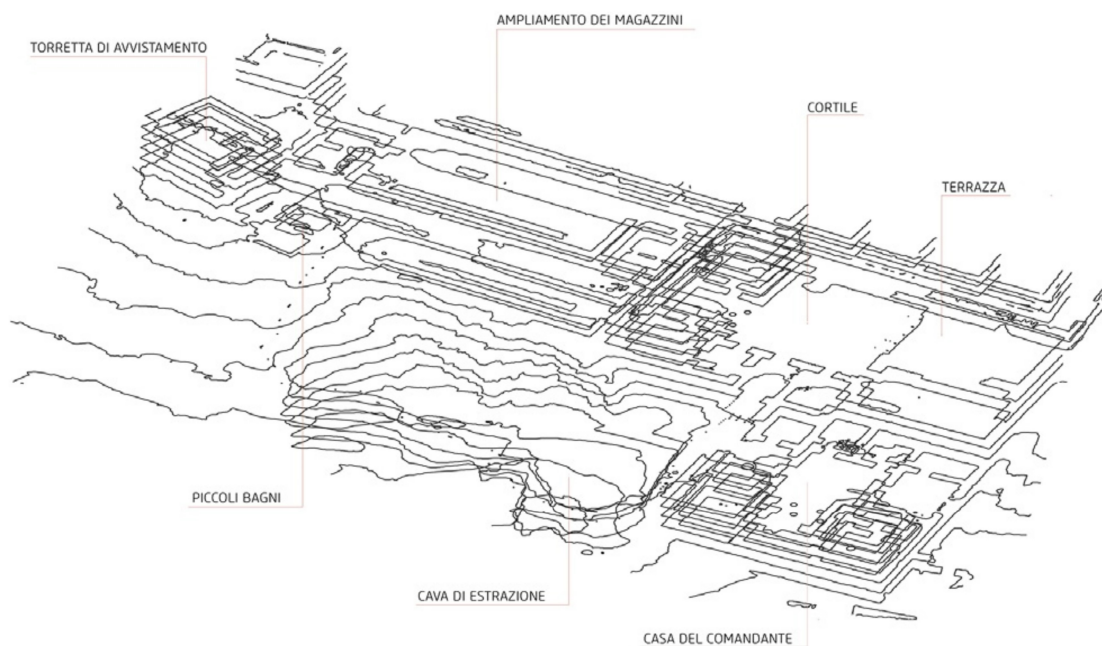
Despite the appearance of the two details is very similar, it is noted that the column resulting from PhotoScan program has undergone a slight deformation due to the approximation of some polygons.

Given the will to demonstrate the possibility to obtain models with high definition textures embedded, using only the photographic instrument and laser scanners as a support tool, we proceeded to complete the 3D model derived from the "shape from motion" techniques, drawing and modelling all the details such as railings and stairs, using dimensioned drawings and taking direct measurements. Unlike a mesh, a surface that approximates the geometry of the objects to a mesh of polygons, the NURBS surface is defined by a mathematical equation and is therefore very precise. It is preferred, therefore, to draw these elements using a modelling program that uses NURBS. Subsequently, the model has been mapped with textures and was imported into a rendering program.

The final model obtained as a result of this process can be used for many purposes such as the extraction of two-dimensional drawings.

The dissemination of cultural heritage

The opportunity to grapple with the documentation of this place has initiated a discussion about the potential of the various tools available



La “realtà virtuale” rappresenta un potente strumento che permette di visualizzare oggetti e ambienti tridimensionali e di interagire con questi in tempo reale fornendo una sensazione di immersione nella realtà. È proprio questo il campo in cui trovano maggior impiego i modelli tridimensionali di cui è oggetto questo lavoro; il prodotto finale è infatti il modello 3D dell’area del quartier generale, mappato con *texture* ad alta definizione, che può essere utilizzato per simulazioni e ricostruzioni virtuali o semplicemente per la visualizzazione e quindi la musealizzazione.

I modelli 3D generati e la loro associazione a contenuti multimediali ci permette inoltre di sfruttare le potenzialità della “realtà aumentata”, ovvero la sovrapposizione di *layer* fittizi ad uno scenario reale.

Questo tipo di tecnologia consente appunto di interagire direttamente con oggetti all’interno degli ambienti in cui si trovano e dove le informazioni esplicitate in ipertesti.

Se immaginiamo quindi una visita ad un sito archeologico o ad un museo in cui sono presenti oggetti “sensibili”⁶ possiamo parlare non più di museo tradizionale o museo virtuale ma di museo “misto” in cui si ha una sovrapposizione tra reale e artificiale.

Nonostante le tecniche di rilievo *shape-from-motion* non siano ancora oggi in grado di sostituirsi del tutto ai sistemi di rilevamento laser scanner, in termini di accuratezza e precisione, sono però un valido ed efficace strumento di rappresentazione e comunicazione. La fotografia digitale e le tecniche di rilievo ad essa associate sono dunque un metodo speditivo che non solo arricchiscono la conoscenza ma ne permettono la musealizzazione e la divulgazione.

for the relief and representation in order not only to enrich the knowledge but also to disclose the resources of cultural heritage and make it accessible to a wider audience.

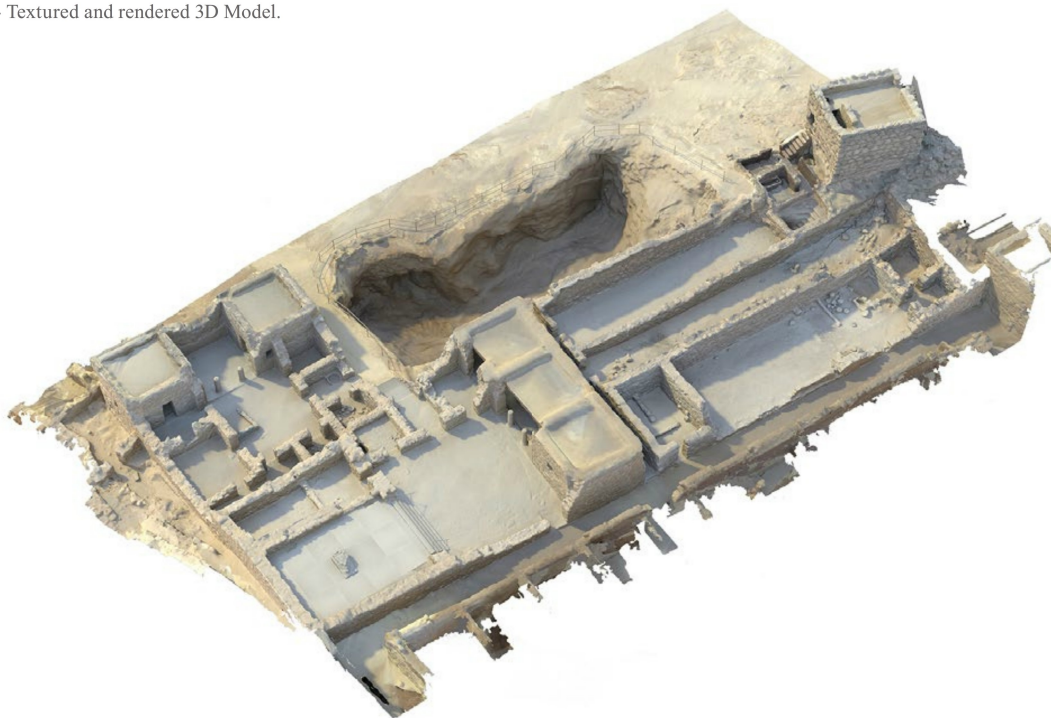
The “virtual reality” is a powerful tool that allows you to view three-dimensional objects and environments and to interact with these real-time providing a sense of immersion in reality. This is precisely the field in which they find most use three-dimensional models of which this work is the subject; the end product is in fact the 3D model of the area of the headquarters, mapped with high definition textures, which can be used for simulations and virtual reconstructions or simply for viewing and then the musealization.

The 3D models generated and the association with multimedia contents also allows us to exploit the potential of “augmented reality”, that is, the overlapping of “layers” unreal to a real scene.

This type of technology just permits you to interact directly with objects in the environments they are located and where explicit information in hypertext.

Then we imagine a visit to an archaeological site or museum where objects are “sensible”⁶ We can not speak of traditional or virtual museum but “mixed” museum where it has an overlap between real and artificial. Despite many technical *shape-from-motion* are still able to take the place of all the scanners laser detection systems, in terms of accuracy and precision, however, they are a valid and effective representation and communication tool.

Digital photography and surveying techniques associated with it are therefore an expeditious method that not only enrich the knowledge but rather facilitate disclosure.



Note

* DIDA, Università degli Studi di Firenze, via della Mattonaia, 14 – 50123 Firenze.
monica.bercigli@unifi.it

¹ Il lavoro fa parte di un progetto di ricerca triennale (2012-2014) riguardo alla documentazione del sito archeologico di Masada. Il progetto è coordinato dal Prof. Stefano Bertocci dell'Università di Firenze e dal Prof. Sandro Parrinello dell'Università di Pavia, in collaborazione con la Shenkar University di Tel Aviv e della Prof.ssa Rebeka Vital. L'acquisizione dei dati è avvenuta durante il "Masada International Workshop: Digital documentation of the site of Masada, Israele" del 2014.

² Il ruolo di Erode durante il suo regno era quello di difendere i confini orientali dei territori romani. Questo era reso possibile grazie alla costruzione di impianti militari, posti in luoghi strategici, in particolare grazie alle "fortezze del deserto", collocate su altipiani naturali che emergono dal terreno oppure sistemati artificialmente. Si ricordano Hyrcania, Machaerus e Erodium.

³ Netzer 1991, pp.184-198.

⁴ Lo strumento utilizzato è un Laser Scanner Leica Z+F IMAGER 5006h. Le scansioni sono state fatte in risoluzione "high", 10000 Pixel/360°, con un tempo di scansione normal quality 25 rps dalla durata di 3.22 min ciascuna.

⁵ Il software PhotoScan, di proprietà di Agisoft, utilizza tecniche di rilievo image-based che consentono la ricostruzione di nuvole di punti e modelli tridimensionali utilizzando le fotografie.

⁶ Esistono molte aziende che producono applicazioni per la visualizzazione di realtà aumentata, la quale può essere fruita tramite *smartphone* e *tablet* che consentono appunto la visualizzazione dei contenuti associati agli oggetti sensibili.

Notes

* DIDA, University of Florence, via della Mattonaia, 14 – 50123 Firenze.
E-mail: monica.bercigli@unifi.it

¹ The work is part of a three-year research project (2012-2014) which concerns the documentation of the archaeological site of Masada. The project is coordinated by Prof. Stefano Bertocci, Florence University and Prof. Sandro Parrinello, University of Pavia, in collaboration with the University of Tel Aviv Shenkar and Prof. Rebeka Vital. Data were collected during the "Masada International Workshop: Digital documentation of the site of Masada, Israel" of 2014.

² The role of Herod during his reign was to defend the eastern borders of the Roman territories. This was made possible thanks to the construction of military installations, placed in strategic places, especially thanks to the "desert castles", placed on natural plateaus or artificially arranged. Remember Hyrcania, Machaerus and Erodium.

³ Netzer 1991, pp.184-198.

⁴ The instrument used is a Leica Laser Scanner Z + F IMAGER 5006h. The scans were made on resolution "high", 10000 Pixel / 360°, with a scan time "normal quality 25 rps" the length of 3:22 min.

⁵ The software PhotoScan, of Agisoft properties, uses image-based surveying techniques that allow the reconstruction of point clouds and three-dimensional models using the photographs.

⁶ There are many companies that produce applications for the display of augmented reality, which can be enjoyed through smartphones and tablets that just allow the display of content associated with the sensible objects.

Bibliografia - Bibliography

- Bertocci Stefano, Bini Marco, 2012. *Manuale di rilievo architettonico ed urbano*. Novara: Città Studi Edizioni, De Agostini Scuola SpA, 2012, 436 p. ISBN 9788885173628
- Bertocci Stefano, Parrinello Sandro, Vital Rebeka, 2013. *Masada Notebooks, Report of the Research Project 2013, Vol.1*. Pisa: Edifir Edizioni Firenze, 2013, ISBN 9788879706407
- Bertocci Stefano, Parrinello Sandro, Vital Rebeka, 2014. *Masada Notebooks, Report of the Research Project 2014, Vol.2*. Pisa: Edifir Edizioni Firenze, 2014, ISBN 9788879706957
- De Luca Livio, 2011. *La fotomodellazione architettonica: Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*. Palermo: Dario Flaccovio Editore, 2011, ISBN 9788857900704
- Netzer Ehud, 1991. *Masada III, The Yigael Yadin Excavations 1963-1965, final reports, the buildings stratigraphy and architecture*. Jerusalem: Israel Exploration Society, 1991, ISBN 9682210129
- Remondino Fabio, 2006. *Image-based 3D modelling: A review*, «Photogrammetric Record», 21, 115, 269-291. El-Hakim S. 2006.