



Pilar Chías - Vito Cardone (dirs.)

## **Dibujo y arquitectura**

1986-2016, treinta años de investigación

## **Disegno e architettura**

1986-2016, trent'anni di ricerca

Drawing and Architecture. 1986-2016, Thirty Years of Research

# **Dibujo y arquitectura**

1986-2016, treinta años de investigación

# **Disegno e architettura**

1986-2016, trent'anni di ricerca

Drawing and Architecture

1986-2016, Thirty Years of Research

Pilar Chías - Vito Cardone (dirs.)

UAH MONOGRAFÍAS  
ARQUITECTURA 08

*Dibujo y arquitectura. 1986-2016, treinta años de investigación*  
*Disegno e architettura 1986-2016, trent'anni di ricerca*  
*Drawing and Architecture 1986-2016, Thirty Years of Research*

Pilar Chías - Vito Cardone (Dir.)  
Universidad de Alcalá, Madrid, España - Università degli Studi di Salerno, Italia  
1 v. (420 pp.)  
ISBN: 978-84-16599-77-6

1. Dibujo 2. Arquitectura 3. Levantamiento 4. Fotogrametría 5. Geometría 6. Investigación gráfica  
7. Patrimonio 8. Paisaje  
1. Disegno 2. Architettura 3. Rilievo 4. Fotogrammetria 5. Geometria 6. Ricerca grafica 7. Patrimonio  
8. Paesaggio  
1. Drawing 2. Architecture 3. Survey 4. Photogrammetry 5. Geometry 6. Graphic Research 7. Cultural  
Heritage 8. Landscape

El contenido de este libro no podrá ser reproducido, ni total ni parcialmente, sin el previo permiso escrito del editor. Todos los derechos reservados.

© Universidad de Alcalá, 2016  
Servicio de Publicaciones  
Plaza de San Diego, s/n  
28001, Alcalá de Henares  
www.uah.es

DIRECTORES: Pilar Chías - Vito Cardone

EDITOR: Tomás Abad

AUTORES: Antonio Almagro, Stefano Bertocci, Eduardo Carazo, Vito Cardone, Mario Centofanti, Pilar Chías, Cesare Cundari, Mario Docchi, José Antonio Franco Taboada, Francesca Fatta, Marco Gaiani, Ángela García Codoñer, José María Gentil, Paolo Giandebiaggi, Antonella di Luggo, Margarita de Luxán, Anna Marotta, Antonio Millán, Carlos Montes, Pablo Navarro, Pina Novello, Javier Ortega, Enrique Rabasa, José Antonio Ruiz de la Rosa, Livio Sacchi, Rossella Salerno, Javier Seguí, Ornella Zerlenga

IMAGEN DE CUBIERTA: Pilar Chías

DISEÑO Y MAQUETACIÓN DE CUBIERTA E INTERIOR: NMyK Creativos

EDICIÓN: Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá  
IMPRESIÓN: Imprenta ROAL  
ISBN: 978-84-16599-77-6  
DEPOSITO LEGAL: M-18332-2016

© de los textos: los autores

© de las imágenes: las instituciones, archivos, bibliotecas y centros de documentación que se citan

**Dibujo y arquitectura**  
1986-2016, treinta años de investigación

**Disegno e architettura**  
1986-2016, trent'anni di ricerca

Drawing and Architecture  
1986-2016, Thirty Years of Research

Pilar Chías - Vito Cardone (dirs.)



# Índice      Sommario      Table of contents

PRESENTACIÓN	PRESENTAZIONE	PREFACE	XIII
ANTONIO <b>ALMAGRO</b> . Escuela de Estudios Árabes, Granada			2
	Dibujar la arquitectura de Al-Andalus: la base de un método de investigación <i>Drawing the Architecture of Al-Andalus: The Basis of a Research Method</i>		
STEFANO <b>BERTOCCI</b> . Università degli Studi di Firenze			16
	Beni Archeologici e tecnologie digitali per la documentazione <i>Digital Technologies for Documentation of Archaeological Sites</i>		
EDUARDO <b>CARAZO</b> . Universidad de Valladolid			32
	El dibujo en la investigación e interpretación de la forma urbana <i>The Role of the Drawing in the Research and Interpretation of the Urban Form</i>		
VITO <b>CARDONE</b> . Università degli Studi di Salerno			46
	Un'affascinante avventura, tra disegno e architettura <i>A Fascinating Adventure, Between Drawing and Architecture</i>		
MARIO <b>CENTOFANTI</b> . Università degli Studi dell'Aquila			60
	La rappresentazione digitale dell'architettura: soggetto, fenomeno, modello <i>The Digital Representation of the Architecture: Subject, Phenomenon, Model</i>		
PILAR <b>CHÍAS</b> . Universidad de Alcalá			74
	La construcción del territorio y del paisaje o el esencial conocimiento de un patrimonio olvidado <i>Building Territories and Landscapes: The Essential Knowledge of a Forgotten Cultural Heritage</i>		

CESARE <b>CUNDARI</b> . Sapienza Università di Roma			90
	Il rilievo dell'architettura come sintesi interdisciplinare <i>Architectural Survey as a Merged Interdisciplinary Activity</i>		
MARIO <b>DOCCI</b> . Sapienza Università di Roma			104
	Nuove prospettive per il rilevamento architettonico <i>New Prospects for Architectural Survey</i>		
JOSÉ ANTONIO <b>FRANCO TABOADA</b> . Universidad de La Coruña			118
	Los pilares de la enseñanza del dibujo en España: Profesionalización, innovación y compromiso <i>The Pillars of Teaching Drawing in Spain: Professionalism, Innovation and Commitment</i>		
FRANCESCA <b>FATTA</b> . Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria			130
	Il disegno del mediterraneo: il racconto dei luoghi in trent'anni di ricerche <i>Designing the Mediterranean: a Thirty-Year Research on its Sites (1986-2015)</i>		
MARCO <b>GAIANI</b> . Alma Mater Studiorum Università degli Studi di Bologna			144
	Una contro storia lunga trent'anni <i>A Counter History of Thirty Years</i>		
ÁNGELA <b>GARCÍA CODOÑER</b> . Universidad Politécnica de Valencia			156
	De la reivindicación a lo subjetivo <i>From Vindication to Subjectivity</i>		
JOSÉ MARÍA <b>GENTIL</b> . Universidad de Sevilla			170
	Para una crónica de la expresión gráfica arquitectónica: los profesores anteriores a 1986 <i>Towards an Account of Architectural Graphic Expression: Professors prior to 1986</i>		
PAOLO <b>GIANDEBIAGGI</b> . Università degli Studi di Parma			184
	Espressività - Disegno - Architettura: l'Italia dal dopoguerra ad oggi, dal tradizionale al digitale <i>Expressiveness - Drawing - Architecture: Italy since the War, from Traditional to Digital</i>		

ANTONELLA DI LUGGO. Università degli Studi di Napoli "Federico II"	198	ENRIQUE RABASA. Universidad Politécnica de Madrid	306
Disegno della città, disegno dell'architettura: procedure e modelli interpretativi per la lettura del reale <i>Urban and Architectural Representation: Procedures and Interpretative Models for the Knowledge of Reality</i>		La traza y la concepción histórica de la forma <i>Layouts and the Historical Conception of the Shape</i>	
MARGARITA DE LUXÁN. Universidad Politécnica de Madrid	212	JOSÉ ANTONIO RUIZ DE LA ROSA. Universidad de Sevilla	318
Investigación arquitectónica y medioambiental y comunicación arquitectónica <i>Architectural and Environmental Research and Architectural Communication</i>		Aportaciones al control formal en arquitectura a lo largo de la historia <i>About the Evolution of the Shape's Control in Architecture</i>	
ANNA MAROTTA. Politecnico di Torino	224	LIVIO SACCHI. Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara	328
Disegno e architettura come emozione e sentimento <i>Drawing and Architecture as Emotion and Feeling</i>		Tre stagioni del disegno <i>Three Seasons of Drawing</i>	
ANTONIO MILLÁN. Universidad Politécnica de Cataluña	238	ROSSELLA SALERNO. Politecnico di Milano	336
En un nuevo milenio <i>Within a New Millennium</i>		Rappresentare l'architettura: dall'approccio teorico a una nuova dimensione politecnica <i>Representing Architecture: From a Theory-Based Approach to a New Polytechnic Dimension</i>	
CARLOS MONTES. Universidad de Valladolid	252	JAVIER SEGUÍ. Universidad Politécnica de Madrid	348
Outrage! Los dibujos de Gordon Cullen sobre <i>Subtopia</i> <i>Outrage! Gordon Cullen's Drawings of Subtopia</i>		¿Hacia dónde va la enseñanza del dibujar? <i>Where are we Heading in the Teaching of Drawing?</i>	
PABLO NAVARRO. Universidad Politécnica de Valencia	266	ORNELLA ZERLENGA. Seconda Università degli Studi di Napoli.	360
La Fotogrametría Arquitectónica en el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica Universidad Politécnica de Valencia <i>Architectural Photogrammetry in the Department of Graphic Expression in Architecture. Polytechnic University of Valencia</i>		Temi di ricerca attorno alla geometria <i>Research Topics about Geometry</i>	
GIUSEPPA NOVELLO. Politecnico di Torino	280	RESEÑAS BIOGRÁFICAS      BIOGRAFIE      ABOUT THE CONTRIBUTORS	374
Una ricerca continua: il disegno come passione condivisa <i>A Continuous Research: Drawing as a Shared Passion</i>			
JAVIER ORTEGA. Universidad Politécnica de Madrid	292		
Dibujo e investigación en el ámbito del patrimonio arquitectónico y urbano <i>Drawing and Research Within the Scope of Architectural and Urban Heritage</i>			

# BENI ARCHEOLOGICI E TECNOLOGIE DIGITALI PER LA DOCUMENTAZIONE

Tre progetti per il Patrimonio Mondiale UNESCO; di Villa Adriana a Tivoli (Roma), la Fortezza di Masada (Israele), la Basilica della Natività a Betlemme (Palestina)

*Digital Technologies for Documentation of Archaeological Sites; Three Projects for Villa Adriana in Tivoli (Rome), the Fortress of Masada (Israel) and the Basilica of the Nativity in Bethlehem (Palestine), UNESCO World Heritage Sites*

Strumenti ed applicazioni digitali di vario genere offrono da tempo la possibilità di rivivere virtualmente in 3D siti storici e ricostruzioni coinvolgenti per visitatori e studiosi di vario genere. Molti critici hanno identificato le diverse problematiche che spesso inibiscono la distribuzione e la fruizione del patrimonio virtuale in maniera diffusa. Questo articolo attraverso alcuni esempi relativi a tre siti archeologici facenti parte del Patrimonio Mondiale UNESCO, Villa Adriana a Tivoli (Roma), la Fortezza di Masada (Israele) e la Basilica della Natività di Betlemme (Palestina), tenta di mostrare ed analizzare, anche criticamente, alcune delle diverse metodologie e strategie di indagine oggi a nostra disposizione per la costruzione di apparati documentari e rilievi finalizzati anche alla ricostruzione virtuale del patrimonio archeologico.

New media and digital tools offer us the possibility to experience, as visitors, travellers or even as resident, 3D virtually reconstructed historic sites. Many critics have identified different issues that often inhibit widespread distribution and use of virtual heritage. This paper through some examples of three UNESCO World Heritage archaeological sites, Villa Adriana in Tivoli (Rome), the Fortress of Masada (Israel) and the Basilica of the Nativity in Bethlehem (Palestine), try to show and analyze, even critically, some of the different methodologies and investigation strategies at our disposal for the construction of equipment documentaries and surveys also aimed to the virtual reconstruction of the archaeological heritage.

Parole chiave: rilievo digitale 3D, rilievo archeologico, gestione del Patrimonio Mondiale UNESCO, Villa Adriana a Tivoli (Roma), Fortezza di Masada (Israele), Basilica della Natività a Betlemme (Palestina).

Keywords: 3D digital survey, archaeological survey, UNESCO World Heritage management, Hadrian's Villa at Tivoli (Rome), Masada Fortress (Israel), Nativity Church at Bethlehem (Palestine).

Stefano Bertocci

Università degli Studi di Firenze

## PREMESSA

Per svolgere un ruolo di primo piano nella produzione di contenuti, nel campo della tutela e della documentazione di Patrimonio Culturale nell'era dell'innovazione digitale, è importante che le istituzioni ed in particolare le università si offrano come "agorà" e luoghi di sperimentazione, dove la tradizione della conservazione del Patrimonio si può incontrare con lo sviluppo scientifico e tecnologico contemporaneo. Come è stato più volte sottolineato, per poter sfruttare le risorse offerte dal Patrimonio culturale è necessario pensare in maniera strategica al futuro sviluppo e favorire la creazione di uno spazio digitale in cui molte tipologie di utenti, operatori culturali, architetti e altre persone coinvolte nella ricerca scientifica possano connettersi insieme e sfruttare a pieno le molteplici opportunità offerte dai dati archiviati. Le possibilità di utilizzo di dispositivi multimediali consentono inoltre agli utenti di selezionare diversi livelli di informazioni, di personalizzare i percorsi, di favorire il dialogo con i diversi contesti del mondo contemporaneo, abbattendo così le barriere geografiche e le diversità culturali e linguistiche. Quanto detto si può ottenere progettando contenuti e relative strategie di comunicazione che identificano i linguaggi e gli strumenti più appropriati per interagire con le diverse esigenze di informazione e le dinamiche di interazione proprie di ogni tipo di pubblico. Con questo approccio l'interazione tra Patrimonio e tecnologia potrebbe valorizzare in modo corretto i contenuti, anche scientifici, per avvicinare in modo semplice e mirato utenti e visitatori (cfr. SCIRES-IT, 2, 2015).

## PREFACE

To play a leading role in the production of content, in the field of protection and documentation of Cultural Heritage Sites in the age of digital innovation, it is important that institutions like universities offer themselves as an "agora" where can meet tradition, scientific and technological development and find ways for contemporary dialogue.

In order to take advantage of the cultural heritage resources it is necessary to think strategically about their future development and create a digital space where many typologies of users, cultural operators, architects and others people involved in the scientific research can connect together through exchanging and filing data.

The possibilities of media devices allows the users to select different levels of detail, to customize the paths of knowledge, to foster dialogue with contemporary contexts in the rest of the world, thus breaking down geographical barriers and cultural and linguistic diversity. In practice, this is achieved by designing content and related communication strategies that identify the languages and the most appropriate tools to interact with the different information requirements, idioms spoken and the dynamics of interaction with each type of audience.

With this new approach the interaction between Heritage and Technology might be the proper manner to communicate the experience of visiting in a simple and focused way with respect to the type of users and visitors (SCIRES-IT, 2, 2015).

Per poter soddisfare la richiesta rivolta ai siti del patrimonio da parte del turismo globalizzato è essenziale che i professionisti riconoscano il problema della comunicazione interculturale, aiutando le istituzioni preposte alla conservazione a sforzarsi per superare questi problemi. Le strategie di comunicazione del patrimonio globalizzato dovrebbero prendere in seria considerazione le aree archeologiche, musei a cielo aperto, come un "sistema sensibile" dove le differenze culturali possono aiutare nella creazione di diverse interpretazioni per visitatori di differente livello di interesse. Le nuove tecnologie sono diventate una realtà globale e si stanno sviluppando in tutto il mondo a prescindere anche dai contesti economici locali. Rimane tuttavia problematica la questione dell'accessibilità e disponibilità di questi strumenti anche per l'impatto culturale che ancora non è stato ancora completamente affrontato.

### IL RILIEVO DIGITALE 3D

Quando si progettano campagne di rilevamento 3D per la documentazione di siti archeologici complessi, come nel caso più generale di studi relativi ad insediamenti urbani di rilevanza storica, il rapporto tra patrimonio materiale e immateriale è sicuramente una questione complessa da risolvere. La rilevanza di questi rapporti è stata riconosciuta dall' UNESCO fino dal 1964, dalla Carta di Venezia che ha dichiarato che "un monumento è inseparabile dalla storia alla quale è testimone e dal contesto in cui si trova" (Art. 7). Ma la ottimizzazione e standardizzazione dei vari processi di rilievo e documentazione idonei a tali scopi, in particolare nel settore del digitale 3D, è ancora un problema da risolvere in maniera compiuta. Siamo ancora alla superficie del problema con le numerose sperimentazioni che si stanno conducendo per sfruttare le opportunità che la tecnologia digitale ci ha offerto negli ultimi decenni.

Le soluzioni tecnologiche oggi a disposizione del rilevamento architettonico offrono numerose opportunità per la realizzazione di progetti di documentazione nel settore dei Beni Culturali sia per quanto riguarda il momento primario del rilievo,

In order to satisfy the request addressed to heritage sites by the globalized tourism it is essential that professionals acknowledge the question of cross-cultural communication, and make a conscious effort to overcome these problems. Globalized heritage communication strategies should consider the archaeological areas, open air museums, as a "sensible system" where cultural differences may help conservators and institution in creating several different visitors interpretations.

New technologies have become a global developmental reality across the world irrespective of their economic contexts. However, the question of the accessible interface with these new tools and their cultural impacts has not been yet completely addressed.

### 3D DIGITAL SURVEY AND DOCUMENTATION

When one plans 3D survey and documentation campaigns for archaeological sites and urban settlements, the relationship between tangible and intangible heritage is definitely a complex issue to solve. The relevance of these relationships has been recognized by UNESCO as early as 1964, in the Venice Charter, which stated that "A monument is inseparable from the history to which it bears witness and from the setting in which it occurs" (Art. 7). But, the realization of a suitable design process is far beyond having been accomplished.

The continuous evolution of techniques for surveying and 3D modeling based on the sensors and the development of ever more efficient systems for displaying digital data highlighted the added value from the use of these methods in the context of architectural documentation.

The technological solutions available nowadays at disposal of the architectural survey offer numerous opportunities for conducting documentation projects in the field of Cultural Heritage, both as regards the time of primary survey, or rather the phase of metric data acquisition, and as regards the question of

cioè la fase di acquisizione del dato geometrico e metrico, sia per quanto concerne la questione della rappresentazione utile alla complessa realtà di complessi di grande interesse archeologico, artistico ed architettonico.

E' necessario un approccio multi disciplinare che prevede l'integrazione di tecniche e tecnologie diverse che configurano altrettanto diversi approcci metodologici finalizzati alla realizzazione di rilievi multi scala, che pongano in relazione un fenomeno con il contesto relativo, dove tutti i dati e i risultati delle operazioni di rilevamento convergano in un unico e predefinito sistema di riferimento. Le tecnologie digitali offrono la possibilità di ottenere nuovi prodotti non solo dalle attività di rilievo ma comportano una riflessione complessa anche nel settore della rappresentazione e nella visualizzazione di contenuti. In particolare attraverso una descrizione metrica accurata in 3D delle strutture, degli edifici o dei reperti archeologici, esse costituiscono potenti strumenti per l'analisi a supporto delle attività di conservazione, restauro o ricostruzione virtuale. L'acquisizione ed il processamento dei dati devono essere realizzati seguendo appropriate metodologie, prendendo in considerazione le caratteristiche di ogni tecnica sia in termini di capacità intrinseche, come ad esempio dettaglio, accuratezza e formato dei dati, sia allo scopo della mutua integrazione con lo scopo di inserire tutti i prodotti delle analisi di vario tipo in un comune database.

Questo lavoro, attraverso alcuni esempi relativi a tre siti archeologici facenti parte del Patrimonio Mondiale UNESCO, tenta di mostrare ed analizzare, anche criticamente, alcune delle diverse metodologie e strategie di indagine oggi a nostra disposizione per la costruzione di apparati documentari e rilievi finalizzati anche alla ricostruzione virtuale del patrimonio archeologico (cfr. Bertocci, S., Parrinello, S., 2015).

### VILLA ADRIANA A TIVOLI (ROME)

Il progetto "Documentazione di Villa Adriana a Tivoli, indagine digitale per la conservazione e valorizzazione

representation for objects of archaeological, artistic and architectural interest.

It is an integrated and multi-disciplinary approach of techniques and technologies that make up many different approaches to determine the multi-scale surveys, which place a phenomenon in relation with its context, where all the data and results of a survey converge into a single and well defined reference system.

The digital techniques and technologies offer the possibility of obtaining new products not only from survey activities, but also in the representation and in the visual field; with the purpose of having a accurate metric description of the architecture, structures and artefacts they constitute powerful instruments for the analysis of objects in support to the conservation and restoration. The acquisition and the processing of data must be made following appropriate methods, taking into consideration the characteristics of each technique both in terms of inherent capabilities, such as accuracy and format of the data, and for the purpose of mutual integration, with the aim to incorporate all the products in a common database, useful for many applications. This paper through some examples of three UNESCO World Heritage archaeological sites, try to show and analyze, even critically, some of the different methodologies and investigation strategies at our disposal for the construction of equipment documentaries and surveys also aimed to the virtual reconstruction of the archaeological heritage (cfr. Bertocci, S., Parrinello, S., 2015).

### VILLA ADRIANA IN TIVOLI (ROME)

The project "The documentation of Villa Adriana in Tivoli: digital survey to the conservation and enhancement of archaeological sites" began with some survey campaigns conducted by the Department of Architecture of the University of Florence. The Hadrian's Villa, near Tivoli (Rome), was constructed between 118 and 138 C.E. by Emperor Hadrian over an area of 120 hectares and has been declared a World Heritage Site by UNESCO in 1999. The digital survey

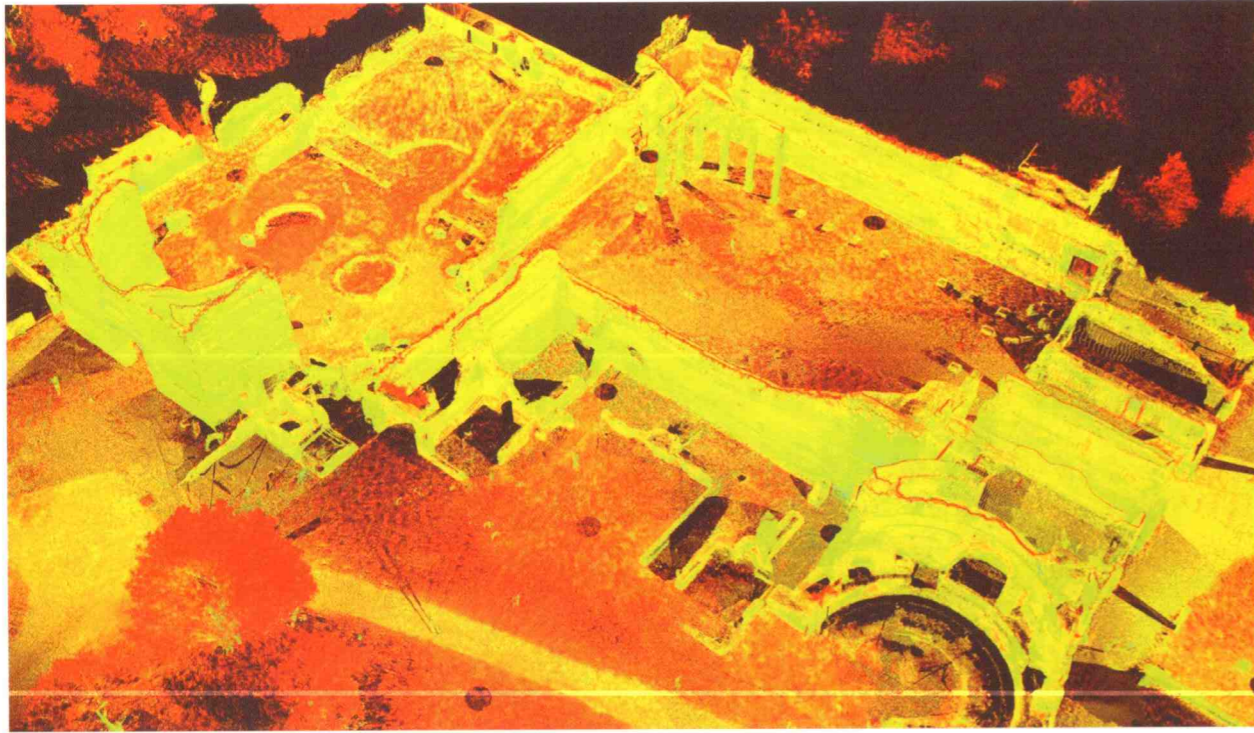


Fig. 1. Nuvola di punti del rilievo laser scanner dell'area di palazzo di Villa Adriana a Tivoli.

Fig. 1. Point cloud of laser scanner survey of an area of Hadrian's Villa in Tivoli.

delle aree archeologiche" è iniziato con alcune campagne di rilevamento condotte dal Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze; avviato dal 2010, ha visto successivamente il coinvolgimento di tre università, Firenze, Pavia e Bologna, in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici del Lazio. Gli obiettivi del progetto prevedono la creazione della documentazione digitale completa con il fine di contribuire alla redazione del piano di gestione di questo sito UNESCO e creare un database di riferimento, strumento di base di anche per gestione delle risorse, la conservazione ed il restauro. La campagna di rilevamento ha riguardato l'analisi dell'Area di Palazzo, il primo nucleo della residenza imperiale di Adriano, edificata a partire dal II secolo d.C. in un'area in parte già occupata da una villa risalente all'età repubblicana. La prima parte del lavoro, effettuato mediante riprese laser scanner 3D, ha portato alla generazione di una nuvola di punti tridimensionale di una parte

campaign focuses on three areas of the great Imperial mansion: the so-called Area di Palazzo, the Courtyard of the Libraries and the Maritime Theatre. Topographic and 3D laser scanner devices, together with photo modeling applications based on Structure From Motion, has provided to the research team a uniform framework for the documentation of the archaeological area of the villa at different levels of detail. The project, begun since 2010, involved later three universities, Florence, Pavia and Bologna, in collaboration with the Superintendence for Archaeological Heritage of Lazio, for the purpose of the digital documentation of the Villa Adriana archaeological site. The objectives of this collaboration are to create a comprehensive digital documentation of the existing site, to contribute to the drafting of the UNESCO management plan and to create a database that will serve as a base cultural resource management tool for the further historic documentation and conservation and restoration activities.

dell'area di interesse. Successivamente è stata fatta una suddivisione dei rilievi digitali 3D dei monumenti presenti nell'area, già identificati sulla base dei lavori dell'archeologo Federico Guidobaldi, rispettando la relativa suddivisione in unità topografiche (Guidobaldi, F., *et al.*, 1994; Adembri B., 2000). Sono stati inoltre rilevati con metodi fotogrammetrici SFM tutti i reperti dell'area; i modelli prodotti con la relativa texture sono stati quindi riallineati e scalati con nuvola dei punti del rilievo laser scanner. Abbiamo scelto di non creare un modello unico per mantenere l'elevato livello di dettaglio dei singoli modelli; per creare un modello unico sarebbe stato necessario decimare notevolmente la mesh. Tutti i modelli sono stati quindi raggruppati per macrogruppi, ambienti e corpi di fabbrica, utilizzando sempre la classificazione in unità topografiche individuata da Guidobaldi.

I modelli mesh sono stati quindi ottimizzati con un software di reverse modeling e sono stati rimappati all'interno del software di fotogrammetria. Gran parte del modello è infatti priva di texture perché è stata generata direttamente dal dato laser scanner privo di dato RGB. I modelli sono stati infine importati in un software di rendering con l'aggiunta dell'illuminazione. Confrontato i singoli macromodelli fotogrammetrici con i corrispondenti modelli prodotti dal dato laser scanner abbiamo verificato la ottima affidabilità dei prodotti ottenendo ad esempio uno scarto quadratico medio di 2,2 cm per l'affidabilità metrica del prodotto. Per poter mettere a disposizione su web dati utili alla visualizzazione di quest'area di Villa Adriana è stata sperimentata una piattaforma nella quale qualsiasi utente, il visitatore o il ricercatore, potrà accedere a tutti i dati a seconda dei propri interessi.

### MASADA (ISRAEL)

Le operazioni di rilevamento che interessano grandi siti archeologici, anche dotati di rilevanti contesti territoriali come Masada in Israele, hanno lo scopo di costruire una adeguata documentazione relativa ad ogni periodo storico che viene evidenziato dalla stratificazione archeologica: nessun monumento,



Fig. 2. Porzione del modello 3D fotogrammetrico ad alta definizione dell'area di palazzo di Villa Adriana a Tivoli.

Fig. 2. Portion of the high definition photogrammetric 3D model of a building of Hadrian's Villa in Tivoli.

It was decided not to create a unique model to maintain a high level of detail of the model itself. All the models were then grouped by broad groups, environments and construction bodies, always using the classification identified by Guidobaldi (Guidobaldi, F., *et al.*, 1994, Adembri B., 2000).

The mesh models so made have been optimized with a software of reverse modeling and they have been remapped into the photogrammetric software. The models thus generated were imported into a software of rendering where we added lighting. For verification, we compared the individual macro-photogrammetric products with the corresponding models from laser scanner data and we got a standard deviation of 2.2 cm thus verifying the high reliability of the product.

In order to provide useful information on the web to view this area of Villa Adriana it has been suggested a platform where any user, visitor or researcher, can see all the work produced according to his own interests.

### FORTRESS OF MASADA (ISRAEL)

The site's history is documented in particular by the Roman historian Titus Flavius Josephus, who describes the fortress of Masada, used as a fortification from the



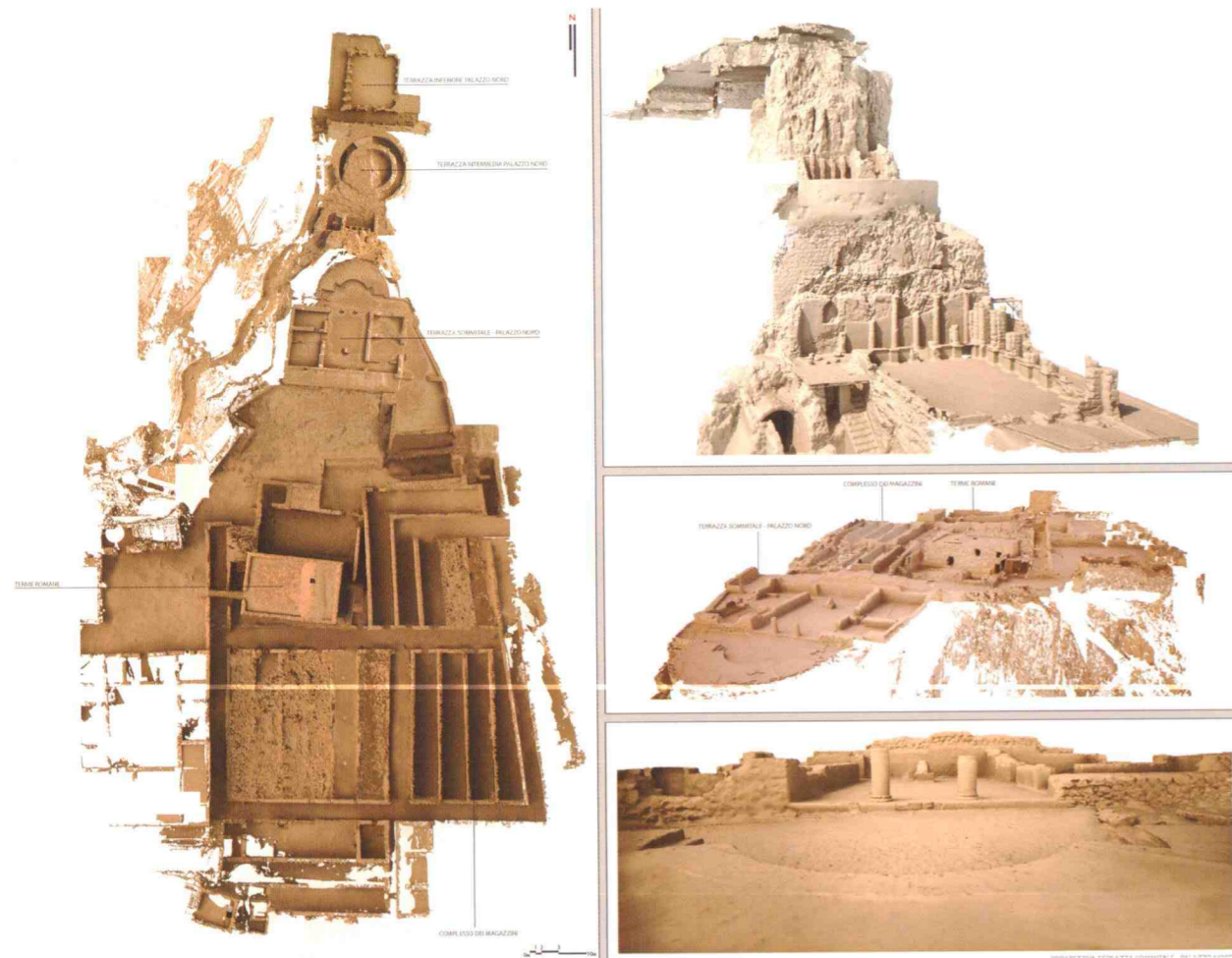


Fig. 3. Esempi di restituzione tridimensionale dalla nuvola di punti laser scanner per il Palazzo Nord a Masada (Israele).

Fig. 3. Examples of 3D model from three-dimensional point cloud laser scanner for the 3D drawing of the North Palace at Masada (Israel).

nessuna attività e nessun periodo può essere considerato più importante di altri, poiché l'indagine scientifica riguarda la documentazione di tutti gli aspetti dell'intero sito così come si presenta oggi in tutti i suoi aspetti. Il progetto partito nel 2013 con alcune campagne di rilevamento condotte annualmente sul sito fino al 2015, ha visto coinvolti il Dipartimento di Architettura dell'università di Firenze, il dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Pavia e lo Shenkar college di Tel Aviv (Israele). Il progetto che ha come obiettivo la documentazione scientifica condotta con tecnologie laser scanner 3D, integrate

second century B. C, situated on an isolated mountain with steep rocky slopes with only two accesses (Vitucci, G. 2012).

On top of the hill, at a height of about four hundred meters above the Dead Sea depression, there is a flatland of an area of about ten hectares. This summit plateau is fenced in by a walled curtain that extends for about 1,300 meters, and it is made of a double wall, with a first outer curtain wall with the reinforcement of towers and with an interior wall. The two walls are connected by transverse walls that form a series of communicating

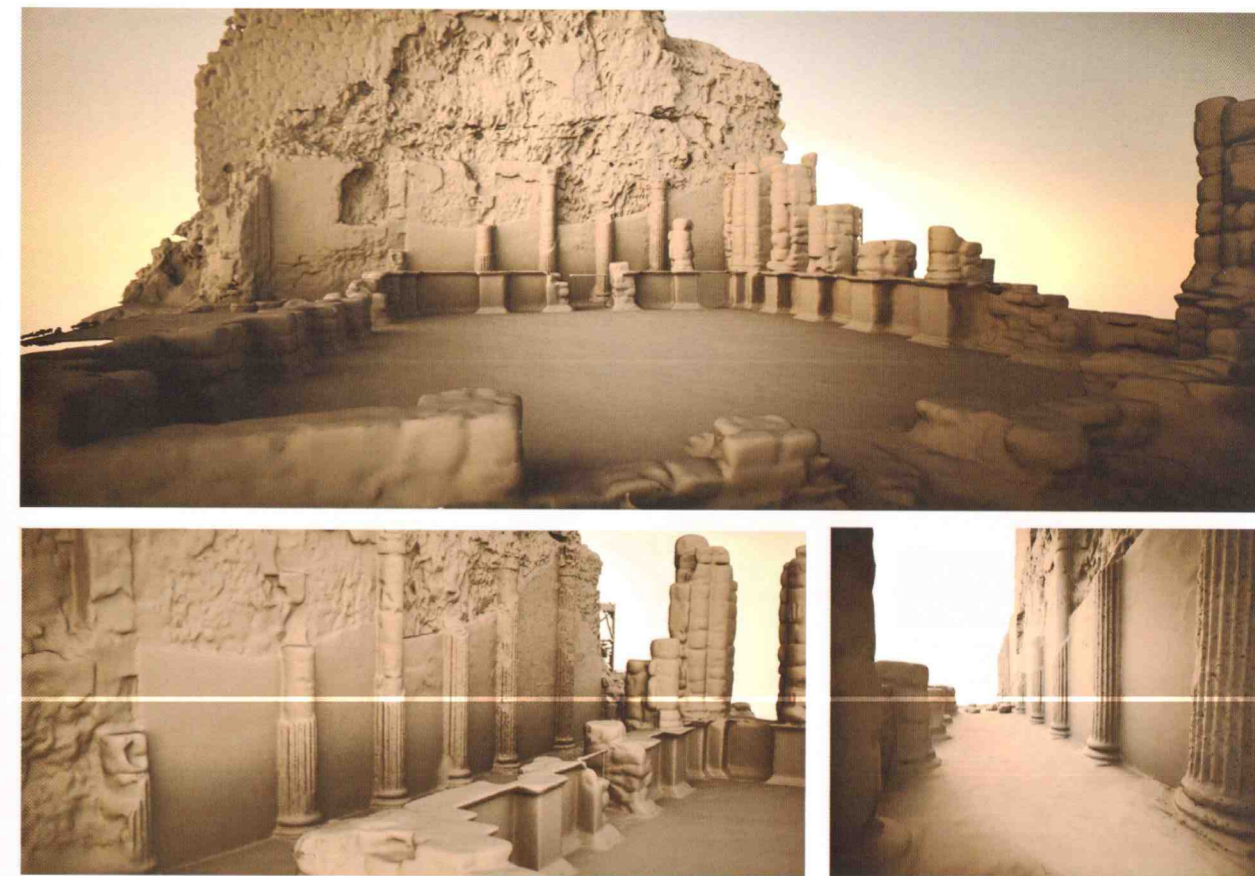


Fig. 4. Esempi di restituzione tridimensionale dalla nuvola di punti laser scanner per il Palazzo Nord a Masada (Israele).

Fig. 4. Examples of 3D model from three-dimensional point cloud laser scanner for the 3D drawing of the North Palace at Masada (Israel).

con metodologie di rilevamento fotogrammetrico SFM, ha previsto la documentazione della sommità della montagna che accoglie la fortezza di Masada ed alcune parti del complesso sistema di assedio realizzato dai romani per la sua conquista nel I secolo D.C. (Bertocci, S., Parrinello, S., Vital, R., 2013).

Il sito di Masada, scoperto nel 1828 da un viaggiatore sulle aspre montagne del lato orientale del Mar Morto nella Giudea sud-orientale, fa parte oggi del territorio israeliano e si trova a circa 100 chilometri a sud-est di Gerusalemme.

Il sito era stato studiato nel 1933, ma solo durante le attività di scavo svolte dal 1963 al 1965, la

compartments (called casemate system), once used as warehouses, arsenals as well as residences. Among these spaces there is also a synagogue (considered one of the most ancient of Palestine), and some buildings used as columbaria.

Inside the fortified wall, in the northern area, there is a well-structured complex, the Palace: the storehouses, made up of two series of buildings with long rooms (from 20 to 27 meters) and inner road network, the wide residences with inner courtyards, including the so-called Herod's Palace dating back to the first century BC. It is an amazing monumental complex located on three terraces of the rocky summit over the desert and with the beautiful panorama of the Dead Sea.

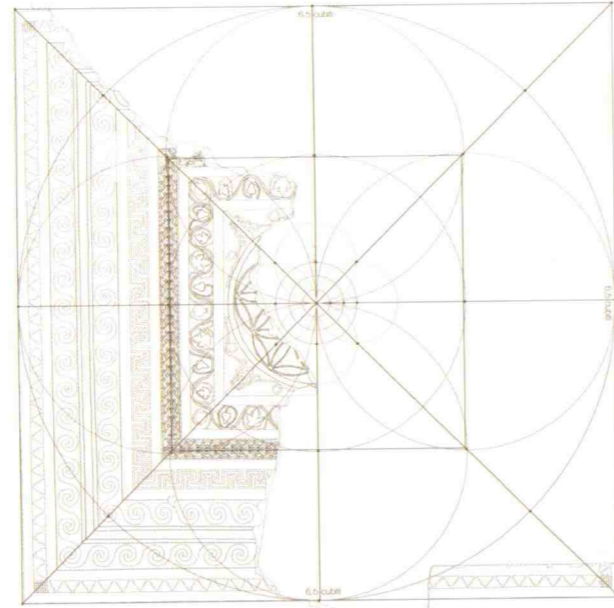
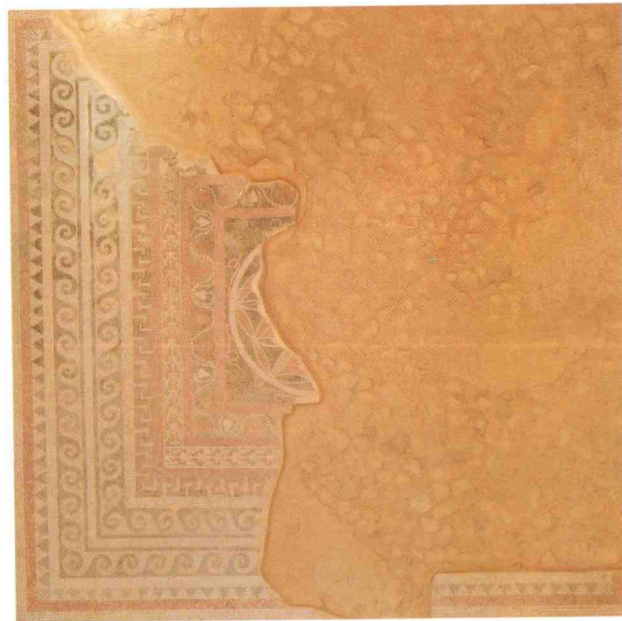


Fig. 5. Restituzione di un mosaico pavimentale del Palazzo Ovest di Masada (Israele).

Fig. 5. Drawing of a mosaic floor of the West Building of Masada (Israel).

grande fortezza è stata correttamente identificata dall'archeologo Yigael Yadin (Yadin, Y., 1965; Yadin, Y., 1966). Dal 1966 Masada, con il relativo territorio occupato dei resti delle strutture dell'assedio romano, è diventato una zona protetta da parte del Ministero delle Antichità e a partire dal 1998 è stato inserito fra i Parchi Nazionali, Riserve Naturali, Siti Nazionali e Luoghi della Memoria di Israele. È diventato un sito protetto dall'UNESCO nel 2000 ed oggi è un vasto parco archeologico aperto ai turisti, uno dei più importanti in Israele.

La storia del sito è documentata in particolare dallo storico romano Tito Flavio Giuseppe che descrive la fortezza, usata come fortificazione fino dal II secolo A.C., situata su una montagna isolata con ripide pendici rocciose dotata di due soli accessi (Vitucci, G. 2012).

In cima alla collina, ad un'altezza di circa quattrocento metri sopra la depressione del Mar Morto, vi è un altopiano con una superficie di circa dieci ettari. Questo pianoro sommitale è recintato da una cortina muraria che si estende per circa 1.300 metri, costituita

Within the complex there is also a big thermal palace opened on a courtyard with swimming pool and cisterns.

Well-preserved also the ruins of the great structures for the siege of Masada, built by the Romans between 72 and 73 AC, consisting of a wall surrounding the hill, reinforced by the presence of eight military camps, fortified with the traditional quadrilateral plan structure.

Among the siege structures, the most impressive remain is the artificial ramp, made of earth and protected with wooden structures (some traces still existing), used as sloping plane to reach the walls on the hilltop with an huge siege tower celebrated in the writings by Josephus Flavius.

For the study of archaeological sites such as the site of Masada, the use of different survey methods such as laser scanner survey (carried out by two distinct equips), topographic survey using GPS, three-dimensional modeling of the fast-type survey through processing of panoramic pictures 360° and documentation activities

da un doppio muro, rinforzata da torri; le due cortine parallele sono collegate da pareti trasversali che formano una serie di vani comunicanti (il cosiddetto sistema a casamatta), un tempo utilizzati come magazzini, arsenali e residenze. Fra questi spazi c'è anche una sinagoga (considerata una delle più antiche della Palestina), e alcuni edifici adibiti a colombari.

All'interno, nella zona nord, si trova il palazzo più importante costituito dal complesso dei magazzini, da due serie di edifici con stanze lunghe da 20 a 27 metri con una rete stradale interna, ed alcune ampie residenze con cortili interni; tra queste il cosiddetto Palazzo di Erode, risalente al I secolo A.C. Si tratta di un complesso monumentale straordinario, situato su tre terrazze artificiali della vetta rocciosa, con un bellissimo panorama del Mar Morto. All'interno del complesso si trova anche un complesso termale aperto su un cortile con piscina e cisterne.

Sono straordinariamente conservati anche i resti delle grandi strutture per l'assedio di Masada, costruite dai Romani tra il 72 e il 73 D.C.: queste sono costituite da un muro che circonda la base della montagna che collega otto accampamenti militari. Tra le strutture di assedio che appaiono ancor oggi evidenti la più impressionante è la rampa artificiale, fatta di terra e armata con strutture in legno (alcune ancora esistenti), usata come piano inclinato per consentire l'approccio alle mura, sulla parte alta della montagna, con un enorme torre d'assedio, un apparato ossidionale esaltato nelle descrizioni di Giuseppe Flavio.

Per lo studio di siti archeologici come Masada, è necessario l'utilizzo di diverse metodologie di rilievo quali rilievo laser scanner, rilievo topografico tramite GPS, modellazioni tridimensionali del tipo fast-survey attraverso elaborazioni di foto a 360°. Sono state sviluppate inoltre attività di documentazione generale attraverso la realizzazione di foto, in particolare con panoramiche che hanno prodotto una grande quantità di materiale e informazioni. Sono stati predisposti infine sistemi di archiviazione dei dati digitali, con un sistema di codifiche programmate per i dati in ingresso, che sono risultati fondamentali per operare in maniera

generally through creation of panoramic pictures, has produced a large amount of material and information, then the use of systems of archiving with encodings programmed incoming data is crucial for the result then operate in an orderly manner in the stages of postproduction and elaboration of the final data.

## THE BASILICA OF THE NATIVITY BETHLEHEM (PALESTINE)

The Basilica of the Nativity is one of the oldest Christian churches, built around 330 on the initiative of Emperor Constantine I st and his mother Elena on the ruins of a pagan temple built in the period of Hadrian, on the places where the early Christians celebrated the birth of Jesus. The church was restored and enlarged in the sixth century by Emperor Justinian I st. The complex has undergone several expansions and modifications both in the Crusader period than in later centuries, presenting today as a complex system of volumes and structures that is divided in the Franciscan monastery, the Orthodox monastery and the Armenian monastery, located around the walls of the basilica (Pixner, B., 2010; Bagatti, B., 1952).

In 2010 considering the needs of restoring the covers, the trussed roof, the wall surfaces, and the mosaics, following an international tender the preliminary study of the monument was assigned to a multidisciplinary team coordinated by Ferrara Research Consortium (University of Ferrara), with the aim of drawing up the restoration project. In 2013 the Palestinian government, under the supervision of universities team, has promoted the restoration whose execution of the work was assigned to the company Piacenti SPA.

The same company has indeed entrusted the Joint Laboratory Landscape Survey & Design of University of Florence and University of Pavia, for the analysis and new digital surveys of the construction site during the restoration work from 2014 and still in progress. The project involves testing for 3D laser scanner data capture, the development of detailed architectural drawings of architectural structures and wall surfaces,

ordinata nelle fasi di postproduzione e elaborazione dei dati finali.

## LA BASILICA DELLA NATIVITÀ A BETLEMME (PALESTINA)

La Basilica della Natività a Betlemme è una delle più antiche chiese cristiane, costruita intorno al 330 per iniziativa dell'imperatore Costantino I e della madre Elena sulle rovine di un tempio pagano costruito all'epoca dell'imperatore Adriano sui luoghi dove i primi cristiani celebravano la nascita di Gesù, venne ampliata e restaurata nel VI secolo dall'Imperatore Giustiniano I. Il complesso presenta le tracce di numerosi interventi con modifiche, anche sostanziali, che sono avvenute sia nel periodo crociato che nei secoli successivi, e si presenta oggi come un complesso architettonico di notevoli dimensioni suddiviso in diverse parti che sono attualmente sottoposte alla custodia di differenti istituzioni religiose, il Convento francescano, il Monastero ortodosso e il Monastero armeno (Pixner, B., 2010; Bagatti, B., 1952).

Da tempo erano emerse le esigenze di restauro delle strutture del tetto a capriate, delle superfici murarie, e delle pareti con superfici a mosaico. Nel 2010, a seguito di una gara internazionale, è stato assegnato ad un team coordinato dal Consorzio Ferrara Ricerche (Università di Ferrara) lo studio preliminare per il restauro del monumento, con l'obiettivo di redigere il progetto di restauro e, nel 2013, il governo palestinese ha promosso il restauro stesso bandendo una gara internazionale vinta dalla società italiana Piacenti SPA, sotto la supervisione delle università che avevano realizzato il progetto.

L'impresa di restauro ha poi affidato al Laboratorio Congiunto Landscape Survey & Design (Università di Firenze e Università di Pavia) le indagini ed i rilievi di cantiere del complesso durante i lavori di restauro che sono iniziati nel 2014 e sono ancora in corso. Il progetto prevede test per l'acquisizione dati laser scanner 3D, lo sviluppo di disegni architettonici di dettaglio delle strutture architettoniche e delle superfici murarie, e

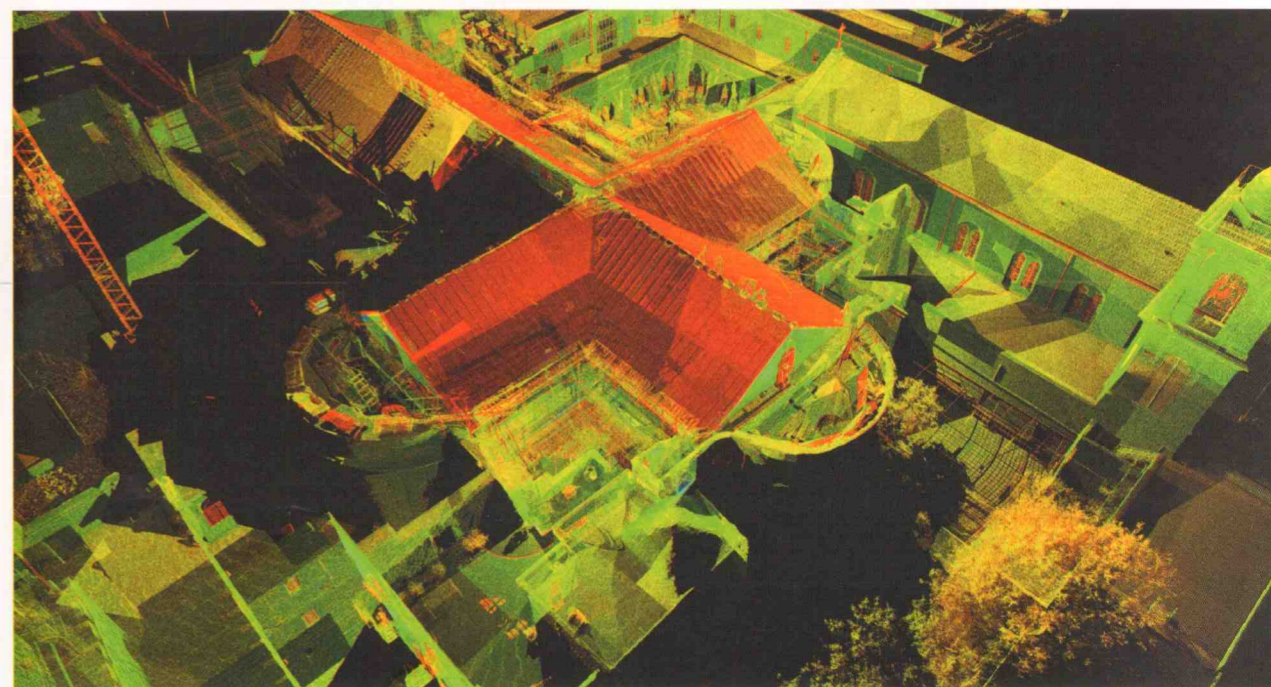
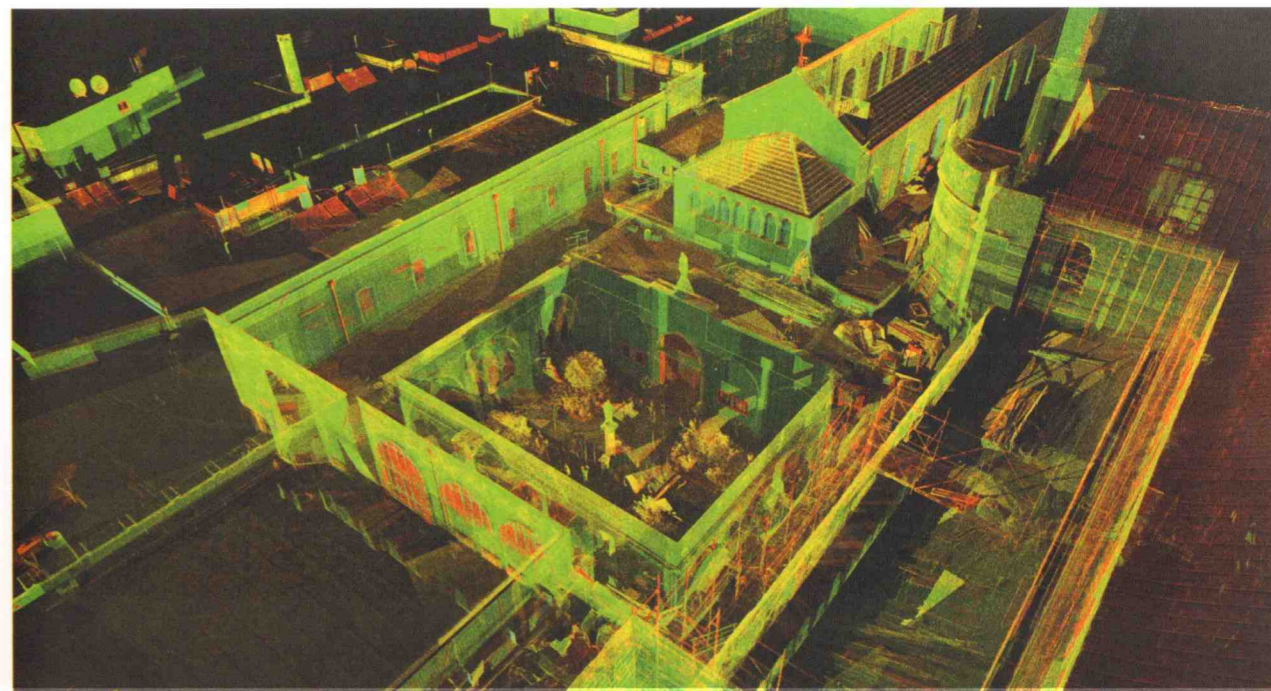
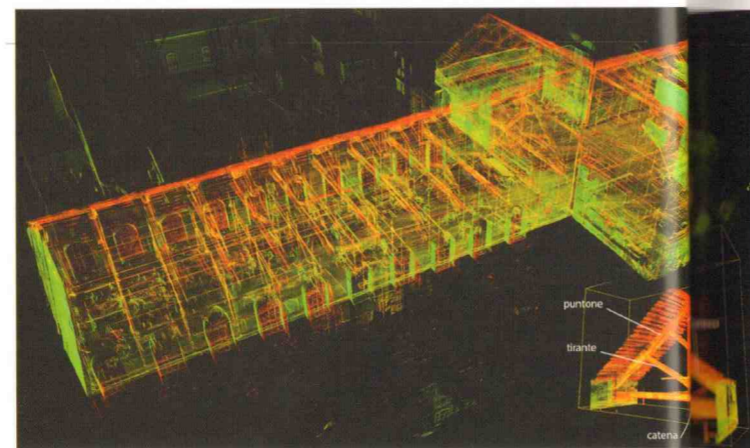
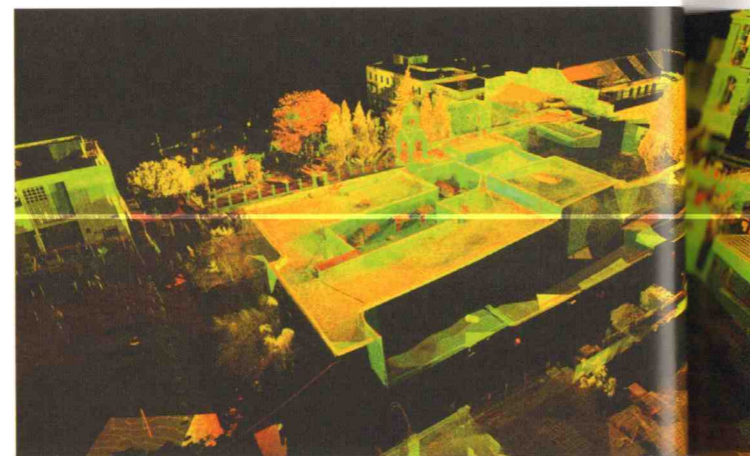


Fig. 6. Nuvole di punti laser scanner del complesso della Natività a Betlemme (Palestina).

Fig. 6. Laser scanner point clouds of the Nativity Church in Bethlehem (Palestine).

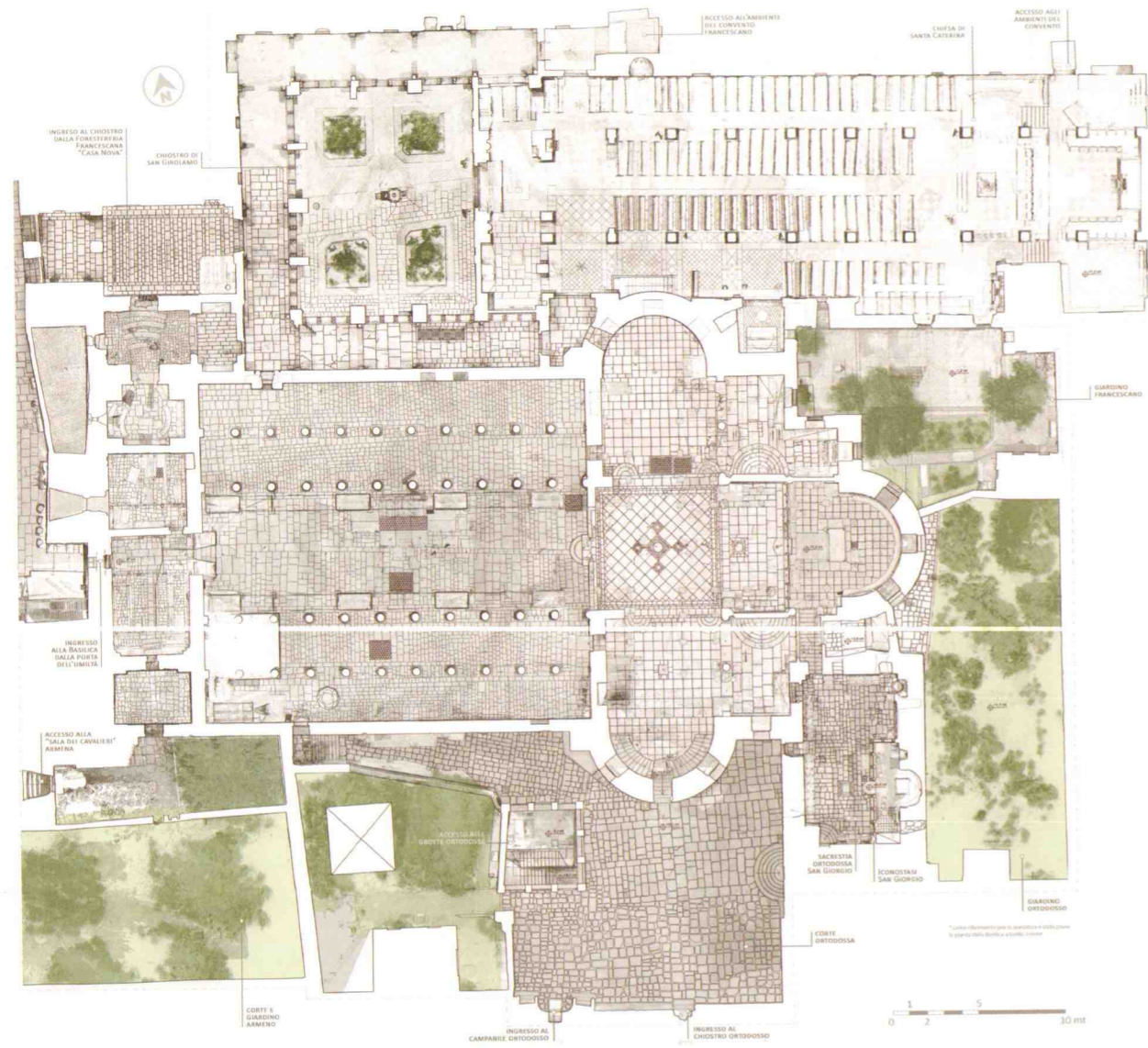


Fig. 7. Planimetria generale della basilica della Natività con il rilievo delle pavimentazioni.  
 Fig. 7. General plan of the basilica of the Nativity with the survey of the flooring stone slabs.

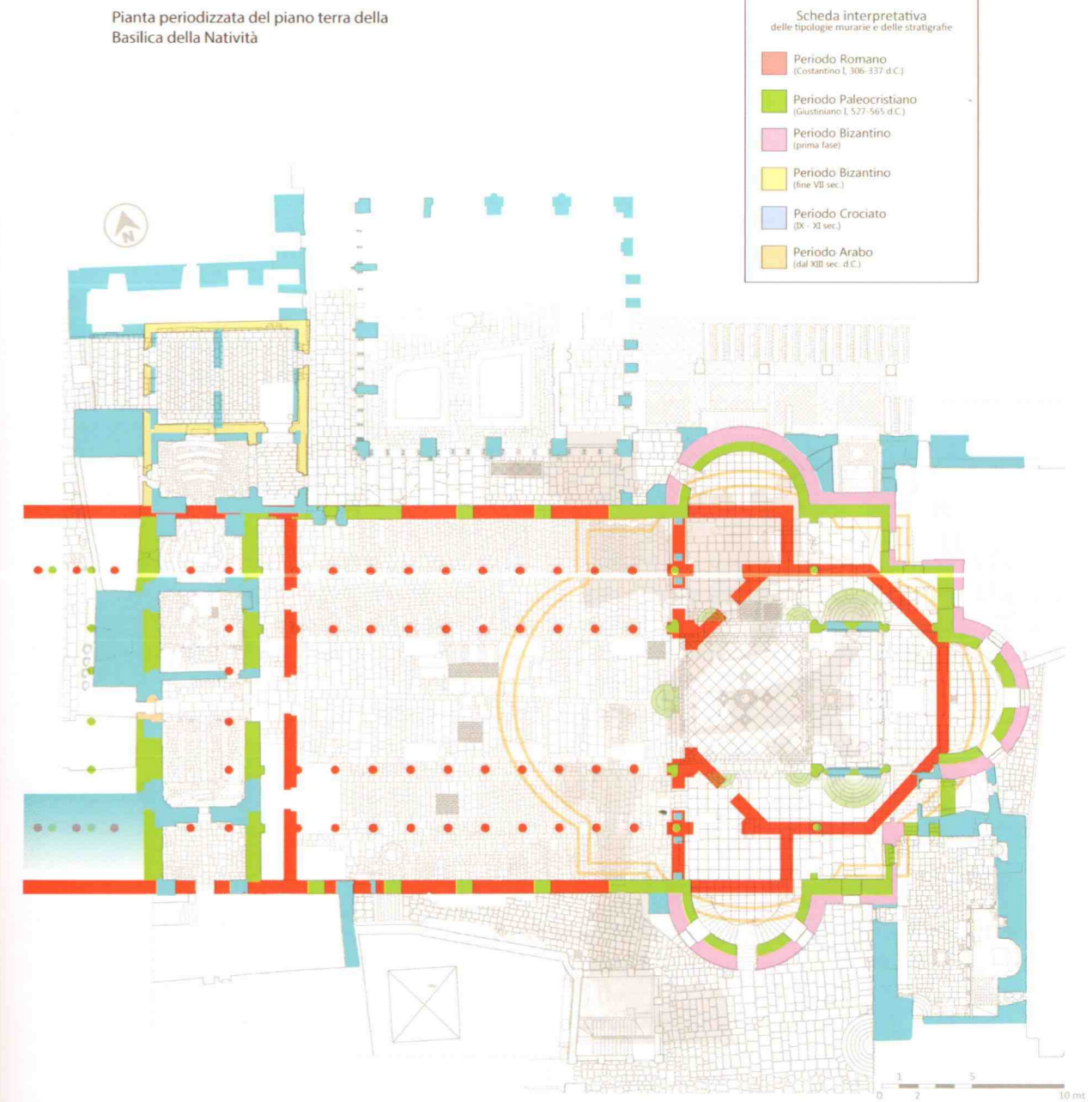


Fig. 8. Planimetria con interpretazione delle fasi di sviluppo della Basilica della Natività a Betlemme (Palestina).  
 Fig. 8. Plan with interpretation of the development stages of the Basilica of the Nativity in Bethlehem (Palestine).

la realizzazione di modelli tridimensionali finalizzati alla documentazione del restauro ed allo sviluppo di strumenti per la promozione culturale del complesso.

## CONCLUSIONI

Per determinare l'immagine architettonica, i materiali e la qualità delle tessiture delle murature di ogni elemento di un complesso architettonico o di un artefatto è necessaria la realizzazione di un disegno che sia in grado di rappresentare una mappa fisiologica dell'edificio: questo costituisce la restituzione ordinata di informazioni quantitative e qualitative dello spazio architettonico e del relativo ambiente. Quando il disegno è il risultato di una procedura di rilevazione sul campo con tecnologie digitali 3D, i dati ottenuti sono raccolti, ordinati e trattati dall'architetto che conferisce a questi aspetti un ordine interno nel momento della rappresentazione, non prescindendo dal requisito fondamentale di un controllo dimensionale efficace. Queste informazioni acquistano significato nel disegno o nel modello che viene successivamente utilizzato come contenitore dei dati acquisiti, frutto di ricerche specialistiche. Il rilievo richiede sempre l'analisi delle diverse qualità di un oggetto: la selezione di quelle considerate significative, raggiunge infine la sintesi di tutti i dati considerati attraverso un modello grafico 2D o 3D. Possiamo pertanto avere rilievi tematici per la conoscenza storica, rilievi per il restauro, rilievi per la documentazione archeologica, rilievi per la catalogazione, rilievi per la conoscenza formale e dimensionale o ancora altro; possiamo infine avere anche un rilievo sperimentale, che si sviluppa anche con modalità didattiche, finalizzato alla comprensione degli strumenti e dei metodi di lavoro.

and the creation of three-dimensional models aimed at documentation of the restoration and development of instruments for the promotion of the complex. It is very important to determine the architectural image, the materials and quality of the masonry of each lived environment, through the execution of a drawing allowed to order, in a physiological map of the building, the representation of quantitative and qualitative information of the space of the place.

## CONCLUSIONS

The drawing expresses the relationships that determine the architectural structure through the use of a hierarchy of signs that, orientating the reading of the graphic text, highlight a structure to which it is necessary to refer when you intend to deal with a critical analysis related to the interpretation of the context. When the drawing is the result of a survey procedure on an artifact place, the data obtained by the investigations are collected and processed by the surveyors that sum to these aspects of the order the requirement for a metric dimensional control. This information, full filled with meaning, is subsequently used as the container of the data acquired through the various researches.

So a survey always requires the analysis of the different qualities of an object, the selection of those considered significant, and finally the synthesis of all of them made through a graphic model.

We can subsequently have a survey for historical knowledge, a survey for the restoration, a survey for archaeological documentation, a survey for cataloging, a survey for the formal and dimensional knowledge and, finally, an experimental survey aimed to the didactic activity or rather aimed to the comprehension of instruments and methods.

## REFERENZE

## REFERENCES

Adembri, B 2000, *Villa Adriana Guida*, Milano, Electa.

Adembri, B, Di Tondo, S, Fantini, F & Ristori, F 2014, Nuove prospettive di ricerca su Piazza d'Oro e gli ambienti mistilinei a pianta centrale: confronti tipologici e ipotesi ricostruttive, in E Calandra & B Adembri (eds.), *Adriano e la Grecia: Villa Adriana tra classicità ed ellenismo. Studi e ricerche*, Milano, Electa, pp. 81-90.

Bagatti, B 1952, *Gli Antichi edifici sacri di Betlemme. In seguito agli scavi erestauri praticati dalla custodia di terra santa (1948-51)*, Jerusalem, Franciscan Printing Press.

Bertocci, S & Arrighetti, A (eds.) 2015, CIREs-IT 2015, *SCientific REsearch and Information Technology* 5(2). Retrieved from: <<http://caspur-ciberpublishing.it/index.php/scires-it/issue/view/756>>.

Bertocci, S & Parrinello, S 2013, Un'esperienza di collaborazione scientifica per la documentazione del sito archeologico di Villa Adriana, *Forma Urbis. Villa Adriana. Storia, archeologia, restauro e conservazione* 8: 48-49.

Bertocci, S, & Parrinello, S 2015, *Digital Survey and Documentation of the Archaeological and Architectural Sites. Unesco World Heritage List*, Firenze, Edifir-Edizioni.

Bertocci, S, Parrinello, S & Vital, R 2013, *Masada notebooks. Report of the research project 2013*, Firenze, Edifir-Edizioni.

Brusaporci, S & Trizio, I 2013, La "Carta di Londra" e il patrimonio architettonico: riflessioni circa una possibile implementazione, in *SCIREs-IT SCientific REsearch and Information Technology* 3(2): 55-68. Retrieved from: <<http://caspur-ciberpublishing.it>>. e-ISSN 2239-4303, doi: 10.2423/i22394303v3n2p55.

Guidobaldi, F, Olevano, F, Paribeni, A & Trucchi, D 1994, *Sectilia pavimenta di Villa Adriana, Mosaici Antichi in Italia 2*, Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Pixner, B 2010, *Paths of the Messiah. Messianic Sites of the Early Church from Galilee to Jerusalem*, San Francisco, Ignatius Press.

Vitucci, G (ed.) 2012, *Giuseppe Flavio, Guerra giudaica*, Milano, Arnoldo Mondadori Editore, pp. 484-488.

Yadin, Y 1965, *The excavation of Masada 1963-1964. Preliminary Report*, Jerusalem, Israel Exploration Journal.

Yadin, Y 1966, *Masada. Herod's Fortress and the Zealot's last Stand*, New York, Random House.