

Istituto Papirologico
«G. Vitelli»

ARSINOE 3D

Riscoperta di una città perduta
dell'Egitto greco-romano



a cura di
Francesca Maltomini
Sandro Parrinello

קניון
FIRENZE
UNIVERSITY
PRESS

EDIZIONI DELL'ISTITUTO PAPIROLOGICO
«G. VITELLI»

Editor-in-Chief

Guido Bastianini, University of Florence, Italy
Francesca Maltomini, University of Florence, Italy

Scientific Board

Jean-Luc Fournet, Collège de France, France
Daniela Manetti, University of Florence, Italy
Alain Martin, ULB, Free University of Brussels, Belgium
Gabriella Messeri, University of Naples Federico II, Italy
Franco Montanari, University of Genoa, Italy
Rosario Pintaudi, University of Messina, Italy
Dominic Rathbone, King's College London, United Kingdom

ARSINOE 3D

Riscoperta di una città perduta
dell'Egitto greco-romano

a cura di
Francesca Maltomini
Sandro Parrinello

FIRENZE UNIVERSITY PRESS
2023

Arsinoe 3D : riscoperta di una città perduta dell'Egitto greco-romano / a cura di Francesca Maltomini, Sandro Parrinello. – Firenze : Firenze University Press, 2023.

(Edizioni dell'Istituto Papirologico «G. Vitelli» ; 14)

<https://books.fupress.com/isbn/9791221502107>

ISSN 2533-2414 (print)

ISSN 2612-7997 (online)

ISBN 979-12-215-0209-1 (Print)

ISBN 979-12-215-0210-7 (PDF)

ISBN 979-12-215-0211-4 (XML)

DOI 10.36253/979-12-215-0210-7

Cover graphic design: Sandro Parrinello, Francesca Picchio
Graphic design project: Sandro Parrinello, Francesca Maltomini, Anna Dell'Amico
Book editing: Anna Dell'Amico

Peer Review Policy

Peer-review is the cornerstone of the scientific evaluation of a book. All FUP's publications undergo a peer-review process by external experts under the responsibility of the Editorial Board and the Scientific Boards of each series (DOI 10.36253/fup_best_practice.3).

Referee List

In order to strengthen the network of researchers supporting FUP's evaluation process, and to recognise the valuable contribution of referees, a Referee List is published and constantly updated on FUP's website (DOI 10.36253/fup_referee_list).

Firenze University Press Editorial Board

M. Garzaniti (Editor-in-Chief), M.E. Alberti, F. Vittorio Arrigoni, E. Castellani, F. Ciampi, D. D'Andrea, A. Dolfi, R. Ferrise, A. Lambertini, R. Lanfredini, D. Lippi, G. Mari, A. Mariani, P.M. Mariano, S. Marinai, R. Minuti, P. Nanni, A. Orlandi, I. Palchetti, A. Perulli, G. Pratesi, S. Scaramuzzi, I. Stolzi.

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

♾ The online digital edition is published in Open Access on www.fupress.com.

Content license: except where otherwise noted, the present work is released under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>) This license allows you to share any part of the work by any means and format, modify it for any purpose, including commercial, as long as appropriate credit is given to the author, any changes made to the work are indicated and a URL link is provided to the license.

Metadata license: all the metadata are released under the Public Domain Dedication license (CC0 1.0 Universal: <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>).

© 2023 Author(s)

Published by Firenze University Press
Firenze University Press
Università degli Studi di Firenze
via Cittadella, 7, 50144 Firenze, Italy
www.fupress.com

*This book is printed on acid-free paper
Printed in Italy*

INDICE DEL VOLUME

PRESENTAZIONI

Alessandra Petrucci IX
Rettrice dell'Università degli Studi di Firenze

Giulia Dionisio, Fabio Di Vincenzo XI
Sistema Museale di Ateneo, sede di Antropologia e Etnologia

INTRODUZIONE

L'Istituto Papirologico «G. Vitelli» ad Arsinoe: memoria e recupero 1
Francesca Maltomini, Sandro Parrinello

PARTE I - CONTESTO

Arsinoe: il luogo, il nome 7
Francesca Maltomini

Arsinoe: storia della città 11
Ilaria Cariddi, Bianca Borrelli

La riscoperta di Arsinoe 17
Francesca Maltomini

Lo scavo dell'Istituto «G. Vitelli» ad Arsinoe 27
Alessio Corsi

I protagonisti: note biografiche 47
Alessio Corsi, Francesca Maltomini, Ilaria Cariddi

PARTE II - REPERTI

Introduzione 53
Alessio Corsi

1. INFRASTRUTTURE E REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE

Il sistema idrico e la sua manutenzione 55
Marco Stroppa

2. LE ATTIVITÀ ECONOMICHE

Introduzione 59
Simona Russo

2.1 ANFORE E ANSE D'ANFORA

La produzione e il commercio del vino 63
Marco Stroppa

2.2 TIMBRI E SIGILLI

L'uso del timbro 71
Simona Russo

2.3 MORTAIO	
<i>Il mortaio e le testimonianze dei papiri</i>	77
Marco Stroppa	
2.4 UNGUENTARI E AMULETI	
<i>Contenitori di olii ed essenze</i>	81
Simona Russo	
<i>La medicina e il cuore: contaminazioni cross-culturali nell'Arsinoite</i>	85
Simona Russo, Ilaria Cariddi	
3. LA VITA DOMESTICA	
<i>Introduzione</i>	89
Simona Russo	
3.1 OGGETTI DEL CULTO PRIVATO	
<i>Divinizzare e purificare tramite l'incenso</i>	93
Eleonora Angela Conti	
<i>Arpocrate e la magia antica</i>	96
Alessio Corsi, Francesca Maltomini	
<i>La protezione di Bes</i>	102
Simona Russo	
<i>Iside-Afrodite, la fertilità e la bellezza</i>	105
Alessio Corsi, Simona Russo	
3.2 STATUETTE ZOOMORFE	
<i>Il mondo animale tra coroplastica e papiri</i>	109
Simona Russo, Ilaria Cariddi	
<i>Iconografie e interpretazioni della sfinge</i>	123
Ilaria Cariddi	
3.3 MODELLI DI ARMI RITUALI	
<i>Soldati e armi votive</i>	127
Alessio Corsi, Bianca Borrelli	
3.4 LUCERNE	
<i>Produzione e decorazione delle lucerne</i>	131
Simona Russo, Roberta Carlesimo	
3.5 VASELLAME DOMESTICO	
<i>La ceramica da cucina e da mensa</i>	143
Mara Elefante, Simona Russo	

PARTE III - DIGITALIZZAZIONE

<i>Narrazioni digitali per la memoria dello scavo archeologico</i> Sandro Parrinello	155
<i>Tecniche di ricostruzione digitale tra immagini e simulazione visiva</i> Sandro Parrinello, Francesca Galasso	173
<i>Documentazione e ricostruzione dei reperti archeologici</i> Francesca Picchio, Alberto Pettineo	213
<i>Dal dato digitale al modello reale: la stampa 3D</i> Hangjun Fu	229

PARTE IV - RACCONTI

<i>Una narrazione a più dimensioni</i> Anna Dell'Amico, Alberto Pettineo, Giulia Porcheddu, Francesca Picchio	239
<i>Arsinoe 3D: applicazioni e sviluppo della visita interattiva</i> Francesca Galasso	251
<i>Il progetto del percorso espositivo nel Palazzo Nonfinito</i> Sandro Parrinello, Giulia Porcheddu, Anna Dell'Amico	271

GLOSSARIO	280
CONCORDANZE DEI REPERTI ARCHEOLOGICI	283
INDICE DEI PAPIRI CITATI NEL VOLUME	284
ABBREVIAZIONI BIBLIOGRAFICHE	286
CREDITI	302
PROGETTO DI RICERCA E MOSTRA	305

III

DIGITALIZZAZIONE





DOCUMENTAZIONE E RICOSTRUZIONE DEI REPERTI ARCHEOLOGICI

Francesca Picchio, Alberto Pettineo

La valorizzazione del sito archeologico di Arsinoe, attuata attraverso la comprensione spaziale e la ricostruzione virtuale delle sue strutture murarie, è stata ulteriormente arricchita di informazioni grazie all'analisi e alla digitalizzazione dei reperti rinvenuti durante la missione dell'Istituto Papirologico «G. Vitelli» negli anni '60. Nel caso dei reperti archeologici, sono molteplici le esigenze che hanno motivato le attività di digitalizzazione. Da un lato, produrre un catalogo digitale tramite cui sia possibile analizzare e studiare i reperti senza la necessità di un contatto fisico con gli stessi, con la conseguente riduzione dei rischi legati a danneggiamenti del manufatto; dall'altro, generare un database di modelli 3D utili a soddisfare tutte le diverse modalità di fruizione e interazione digitale. Queste comprendono, in particolare, le applicazioni mirate alla divulgazione, dove è richiesta una replica digitale dei pezzi facilmente comprensibile e accessibile. In ogni caso, i processi di riproduzione digitale dei reperti seguono le raccomandazioni proposte dalle linee guida generali condivise per l'impiego delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) nel contesto dei Beni Culturali¹, per le quali risulta fondamentale mantenere un elevato livello di fedeltà morfometrica e visiva all'oggetto reale, preservando al contempo l'integrità scientifica dei dati.

In considerazione della pluralità di esigenze per le quali vengono impiegate tecniche e strumenti di digitalizzazione, è necessario quindi che i dati e le procedure applicate siano versatili. Questa flessibilità deve essere coniugata con un'agevole possibilità di integrazione tra i diversi dati, definendo quelle che saranno le basi per ottenere un risultato altamente affidabile (in termini di corrispondenza visiva) e altamente adattabile (nella sua versatilità di risposta e di gestione da parte dell'*hardware*) alle svariate e mutevoli richieste descrittive e comunicative che si presentano. L'eterogeneità dei reperti provenienti dal contesto archeologico di Arsinoe ha reso necessaria la programmazione di attività di digitalizzazione multi-strumentale, definendo un flusso di lavoro efficiente per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati. Questo approccio, quando opportunamente testato e verificato, permette di stabilire *standard* e linee guida che possono essere facilmente riprodotti su contesti simili, senza però trascurare la singolarità insita in ciascun reperto, che richiede sempre un trattamento specifico in accordo con le sue peculiarità².

¹ Per una trattativa più specifica e approfondita sull'argomento, vd. ad es. Arnold - Geser, *The EPOCH research agenda*; Bonacini, *I musei*.

² In questo senso, sono notevoli le ricerche condotte su molteplici tipologie di reperti che hanno permesso di definire nel tempo un *workflow* operativo strutturato e altamente funzionale. Per un approfondimento metodologico e sullo stato dell'arte, cfr. Tucci - Cini - Nobile, *Effective 3D digitization*; Parrinello - Picchio - Dell'Amico, *When the Future Is the Past*; D'Agostino et al., *Integrated 3D survey*.

I 42 reperti selezionati per far parte della narrazione digitale dello scavo di Arsinoe sono stati rilevati attraverso l'impiego di due diverse metodologie di acquisizione. La prima, di tipo *range-based*, ha visto l'impiego di strumentazione scanner a luce strutturata, sfruttando avanzate tecnologie di tipo *blue light*. La seconda, basata su tecniche di tipo *image-based*, ha utilizzato fotocamere digitali³ equipaggiate con obiettivi calibrati (di tipo zoom) da 18-55 mm.

Le due metodologie hanno richiesto l'organizzazione di distinti *set* di acquisizione allestiti in parallelo, al fine di ottimizzare le tempistiche di rilievo.

Per quanto concerne l'acquisizione *range-based*, a causa della natura disomogenea dei reperti, i quali comprendono sia statuine in terracotta di pochi centimetri sia anfore di dimensioni superiori al metro, è stato necessario impiegare due differenti modelli di scanner 3D. Per gli oggetti più piccoli, che richiedono un'acquisizione di dettaglio, si è scelto di utilizzare uno scanner 3D modello *Artec Spider*⁴ attentamente calibrato, mentre per i manufatti di dimensioni maggiori è stato impiegato un modello *Artec Eva*⁵. In entrambi i casi, per ogni reperto, sono state condotte diverse campagne di acquisizione, in relazione alle caratteristiche formali, dimensionali e materiche dell'elemento⁶.

Ciascuna scansione ha prodotto un dettagliato modello tridimensionale dotato di *texture* ad alta risoluzione. In particolare, per l'*Artec Eva*, la modalità di acquisizione prevedeva il mantenimento statico dell'oggetto mentre lo stru-

³ Per le operazioni di acquisizione fotogrammetrica è stata utilizzata una fotocamera di tipo reflex Canon EOS 77D, che presenta le seguenti caratteristiche: sensore CMOS da 22,3 x 14,9 mm, pixel effettivi 24,2 megapixel, otturatore con scorrimento verticale sul piano focale controllato elettronicamente.

⁴ Prodotto dalla compagnia Artec 3D, *Artec Spider* è uno scanner a luce strutturata che consente di ottenere una risoluzione massima di 0,1 mm con una precisione di 0,05 mm e una velocità massima di acquisizione pari a 7,5 fps. Lo scanner lavora in un campo visivo lineare alla distanza minima di 90x70 mm e alla distanza massima di 180x140 mm con le informazioni colorimetriche ottenute tramite una fotocamera da 1,3MP.

⁵ Artec Eva è uno scanner a triangolazione con luce strutturata ideale per l'acquisizione di oggetti e manufatti di medie dimensioni. Nominalmente la risoluzione massima ottenibile è di 0,5 mm, con una precisione di 0,1 mm acquisita fino a 16 fps. L'intervallo del campo visivo lineare va da un minimo di 214x148 mm a un massimo di 536x371 mm e la telecamera disponibile per l'acquisizione delle informazioni colorimetriche è di 1,3 MP. Se usato correttamente, Eva acquisisce fino a 18 mln punti / sec. Per un approfondimento, <https://www.artec3d.com/>

⁶ Per alcuni dei manufatti, nonostante la loro dimensione ridotta, è stato necessario incrementare il numero di scansioni. Per esempio, per l'acquisizione del reperto nr. 16, Arpocrate con edicola [vd. p. 100], sono state effettuate 5 scansioni, di cui 3 per acquisire il reperto nella sua totalità e 2 per acquisirne i dettagli. Un altro esempio si configura con il reperto nr. 2 [vd. p. 66], una grande anfora impiegata per il trasporto del vino, per la quale è stato effettuato un totale di 11 scansioni. La necessità di effettuare più scansioni rispetto alla media per reperto deriva dalla complessità morfologica dei tipi di oggetti specifici. In alcuni casi, la presenza di particolari elementi, come colli, beccucci, elementi sporgenti che possono creare coni d'ombra o motivi decorativi incisi o stampati, ha richiesto la realizzazione di particolari scansioni di integrazione.



Fig. 96. Collocazione dei *micro-target* sulle superfici dei reperti selezionati per la documentazione. Le dimensioni dei *target* oscillano tra i mm 5x5, impiegati per reperti di minori dimensioni, fino ad un massimo di cm 1x1, per quelli di dimensioni maggiori. I *target* sono stati posizionati sulle superfici in modo non invasivo per non interferire con dettagli e caratteristiche di valore. Per come sono stati studiati, i *target* potevano essere rimossi con facilità sia durante la fase di post-produzione digitale, sia dal reperto senza causare danneggiamenti.

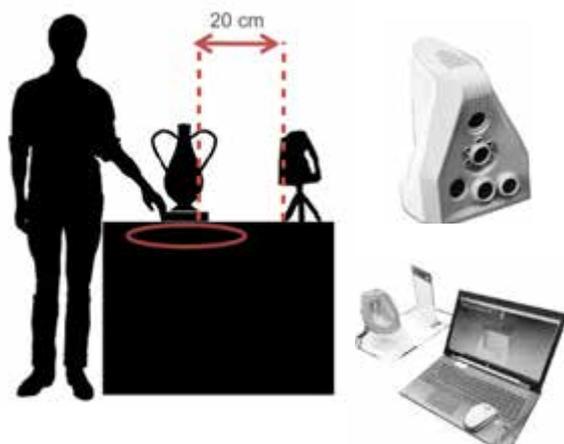


Fig. 97. La distanza di acquisizione ottimale dalla superficie dei reperti, con strumentazione *Artec Spider* è risultata essere di ca. cm 20. In questo caso lo scanner è rimasto fisso mentre l'oggetto era libero di ruotare su un supporto mobile.

Per ciascun reperto sono state effettuate due campagne di acquisizione: una per la porzione superiore dell'oggetto e una per quella inferiore. Grazie alla tecnologia *blue light*, lo strumento è in grado di acquisire le superfici e le geometrie complesse anche dei reperti più piccoli.

mento era in movimento⁷; diversamente, per l'*Artec Spider*, è stato predisposto un *set* in cui lo strumento era stabile su un cavalletto e il manufatto veniva posizionato su un supporto rotante con una superficie a bassa riflettività, per una migliore acquisizione dei dettagli tridimensionali. Durante la fase di acquisizione, è stata effettuata, per entrambi gli scanner 3D, una costante supervisione della qualità dei dati attraverso un monitoraggio diretto e in tempo reale del dato ottenuto in relazione alla sua corrispondenza con il reperto.

Nella documentazione *image-based*, ciascun reperto è stato acquisito attraverso la fotogrammetria SfM (*Structure From Motion*), mantenendo una distanza approssimativa di cm 50 tra fotocamera e oggetto.

Il singolo *dataset* è stato acquisito seguendo due riferimenti: il primo attorno all'asse orizzontale, a tre differenti livelli di altezza, allo scopo di poter rilevare possibili porzioni del manufatto in rientro o in sporgenza; il secondo attorno all'asse verticale, con un angolo variabile da 180° a 360° a seconda del reperto, con l'intento di generare un *dataset* che presentasse una sovrapposizione adeguata con il set di dati successivo, facilitando così la fase di post-produzione⁸. Per agevolare l'integrazione dei dati, su ciascun reperto sono stati predisposti alcuni *micro-target*, collocati in modo da far coincidere, su ogni gruppo di fotografie (*chunk*), almeno tre punti di riferimento. Inoltre, è stata garantita una buona percentuale di sovrapposizione dei fotogrammi (80%).

⁷ L'acquisizione con *Artec Eva* è stata spesso interrotta a causa di movimenti improvvisi che hanno causato una perdita del segnale, generando un errore macroscopico ben visibile nella *live preview* della scansione. Questa problematica è stata risolta correggendo il movimento dello strumento e lavorando sul controllo della velocità di acquisizione

⁸ Nei casi particolari in cui i reperti non potevano essere posizionati ad un'altezza adeguata, le operazioni di acquisizione sono avvenute unicamente attorno all'asse verticale. Ne è un esempio il reperto nr. 1, condotta [vd. p. 57], documentata con 4 *dataset* differenti, in cui l'operatore ha eseguito un giro di 360° attorno al manufatto.

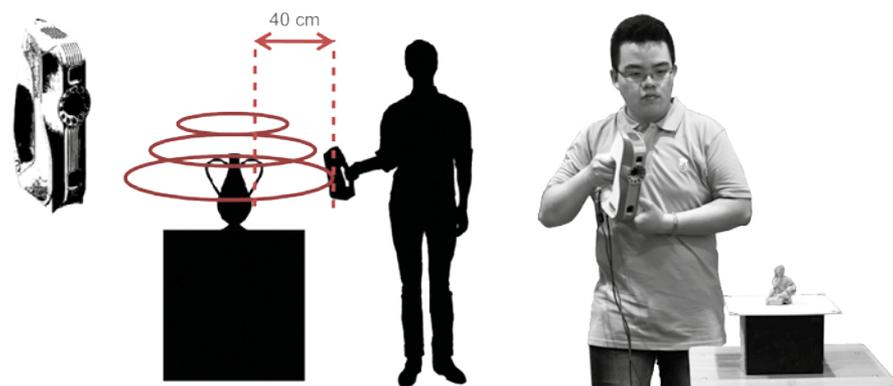


Fig. 98. La distanza ideale dello strumento dalla superficie da acquisire, nel caso del laser *Artec Eva*, si è aggirata intorno ai cm 40-50. Anche in questo caso sono state effettuate due campagne di acquisizione, una per la porzione superiore degli oggetti ed una per quella inferiore. Durante l'acquisizione vengono generate, in tempo reale, le superfici che danno vita ad un modello mesh con *texture*.

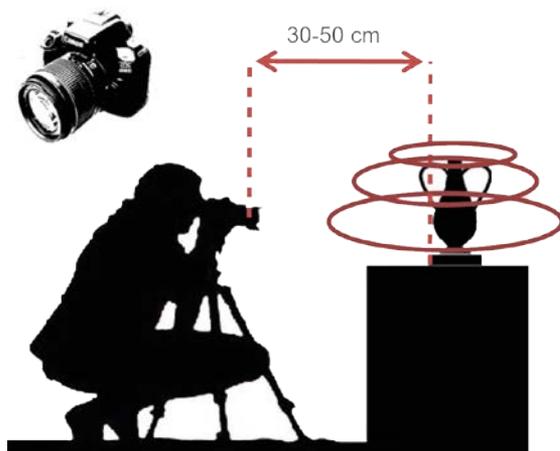


Fig. 100. Prima dell'acquisizione, gli oggetti sono stati opportunamente posizionati sopra ad una base di 'controllo' dotata di *target* fotogrammetrici di cui sono note le distanze relative. Tale azione permettere di scalare correttamente il modello in fase di post-produzione. Per l'acquisizione sono stati eseguiti una serie di scatti ad una distanza costante di circa cm 50 dall'oggetto, mantenendo una sovrapposizione di circa il 70% tra coppie di foto sequenziali. Le stazioni di ripresa seguivano un percorso concentrico a differenti quote, rispetto all'asse dell'oggetto. Per ogni reperto sono stati realizzati dei *dataset* del fronte, del retro e della base; successivamente allineati in fase di post-produzione.

Fig. 99. La campagna di acquisizione fotogrammetrica è stata effettuata allestendo un *set* di ripresa: utilizzando tripod, teli fotografici e un *set* di luci regolabili che ha permesso di limitare la presenza di cono d'ombra sui reperti.





In questo modo è stato possibile non solo semplificare il processo di allineamento dei dati omogenei, ovvero ottenuti dall'applicazione di un solo strumento, ma, grazie all'utilizzo dei *target*, è stato anche possibile integrare i *dataset* provenienti da diverse strumentazioni. Queste metodologie di acquisizione hanno permesso, da un lato, una valutazione circa l'affidabilità degli strumenti comparati sullo stesso oggetto di studio, dall'altro l'ottimizzazione delle geometrie dei modelli, per ottenere un prodotto valido alla finalità comunicativa del reperto digitalizzato.

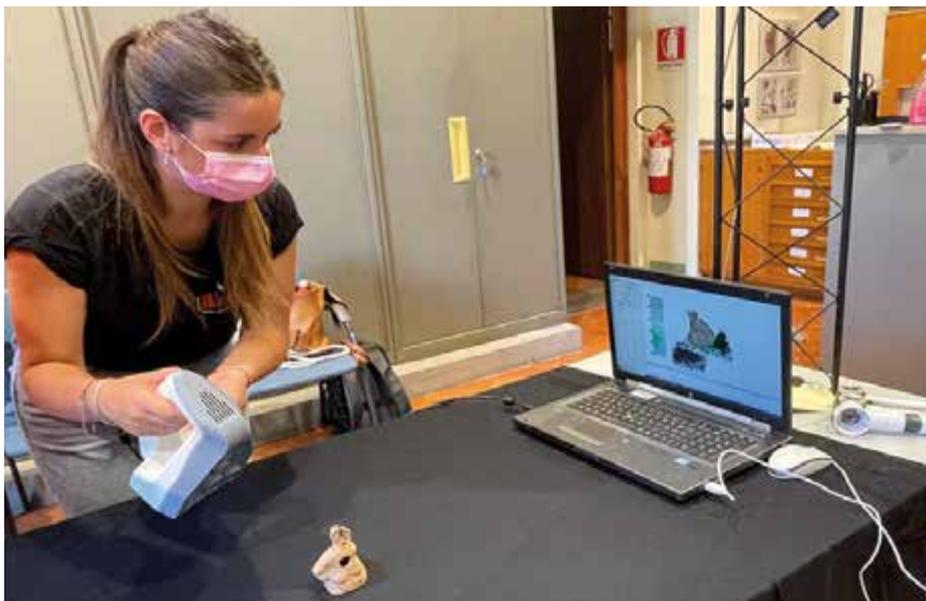
Una volta completata la documentazione del manufatto in tutte le sue angolazioni, è stato necessario, durante la fase di post-produzione del dato proveniente da scanner 3D, condurre un iniziale controllo relativo all'errore massimo e alla qualità complessiva della registrazione⁹ tramite il *software* proprietario *Artec Studio*¹⁰. Durante questa fase di pre-elaborazione, sono stati individuati e separati eventuali *frames* fuori allineamento, eliminando manualmente gli *outlier* (piccole superfici non collegate alla superficie principale) presenti nella scena¹¹.

⁹ L'errore massimo è il parametro che valida la qualità della registrazione, ovvero mostra il valore massimo tra tutti i *frame* all'interno di una stessa scansione. Maggiore è il valore, meno accurato sarà l'allineamento. In questo senso, il *software* *Artec Studio* in particolare evidenzia i valori migliori delle scansioni elaborate. Cfr. Guidi - Russo - Beraldin, *Acquisizione 3D*.

¹⁰ Il programma consente di gestire un preciso *workflow* per la ricostruzione digitale: dalla cattura delle superfici tridimensionali, alla modifica e *editing* delle acquisizioni, dall'allineamento e costruzione della *mesh*, fino all'aggiunta della *texture* sull'oggetto tridimensionale e alla sua esportazione nei formati più comuni (.obj, .stl, .ply).

¹¹ Cfr. Guidi - Russo - Beraldin, *Acquisizione 3D. Artec Studio*. È opportuno rimuovere gli *outlier* perché possono essere causa di errori in fase di allineamento. *Artec Studio* offre due modi per rimuovere gli *outlier*: cancellarli prima della fusione (approccio preventivo) o dopo la fusione (approccio '*furthering*'). È consigliabile ottimizzare le superfici in maniera preventiva utilizzando il primo approccio, riducendo così le possibilità di fusione impropria. Cfr. <https://www.artec3d.com/>





Figg. 101-107 Le campagne di rilievo, effettuate con le diverse strumentazioni a disposizione, sono state condotte in parallelo secondo un flusso di lavoro ben definito. La strutturazione di una metodologia operativa ha permesso di accelerare il processo di acquisizione multistrumentale dei reperti. Inoltre, questo metodo, una volta adeguatamente provato e validato, consente di definire procedure che possono essere replicate in contesti simili.



Fig. 108. I dati grezzi provenienti dalle scansioni *Artec Eva* e *Artec Spider* hanno richiesto una prima fase di pulizia da eventuali imperfezioni geometriche. La rimozione degli *outlier* nella scena è avvenuta attraverso elaborazioni automatiche e manuali.

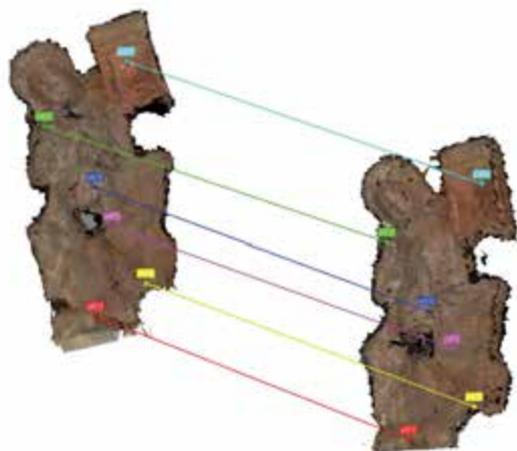


Fig. 109. Le diverse scansioni, sono state successivamente allineate tra loro sulla base del riconoscimento dei *micro-target* posizionati. Questo ha permesso di controllare l'errore di allineamento tra le singole scansioni, ottenendo un modello completo dell'oggetto.

Tali anomalie consistevano in piccoli poligoni non connessi alle superfici principali che, se non rimossi, avrebbero potuto influire sul modello finale o generare superfici indesiderate. Di conseguenza, sia i singoli *frames* che le famiglie di scansioni, che fanno riferimento a differenti sistemi di coordinate spaziali intrinseche nello strumento, sono stati registrati in un sistema di riferimento globale mediante roto-traslazioni rigide basate su un allineamento semi-automatico, impiegando almeno tre punti omologhi tra coppie contigue di scansioni.

Dopo l'eliminazione dei dati superflui, le scansioni allineate sono state registrate in un unico modello a maglia triangolare, nel quale sono stati corretti eventuali e ulteriori difetti geometrici come segue: 1 - in alcuni casi, è stato necessario correggere piccole imperfezioni nella superficie poligonale, tramite gli strumenti di pulizia e riparazione di triangoli irregolari per risolvere errori topologici; 2 - per alcuni manufatti, è stato effettuato il riempimento dei fori presenti nella maglia poligonale (*hole filling*) o la ricostruzione di porzioni interne come aperture strette e beccucci¹²; per tutti i reperti è stato necessario levigare (*smoothing*) le alterazioni superficiali causate dalla presenza dei *micro-target*.

¹² Alcuni esempi sono rappresentati dai reperti nr. 34 (brocca in terracotta rossa, [vd. p. 147]), nrr. 30-33 (set di lucerne in terracotta [vd. pp. 138-141]), nr. 35 (olla in terracotta, [vd. p. 147]) che sono stati rielaborati al fine di rappresentare in maniera semplificata l'interno.



Fig. 110. Il modello (dal dato Scanner 3D), ha subito una serie di processi di post-elaborazione che hanno permesso di eliminare alcune imperfezioni della *mesh*. A seguito della fase di ottimizzazione, il modello altamente dettagliato è stato infine texturizzato, ottenendo una chiara e affidabile riproduzione digitale dei reperti.

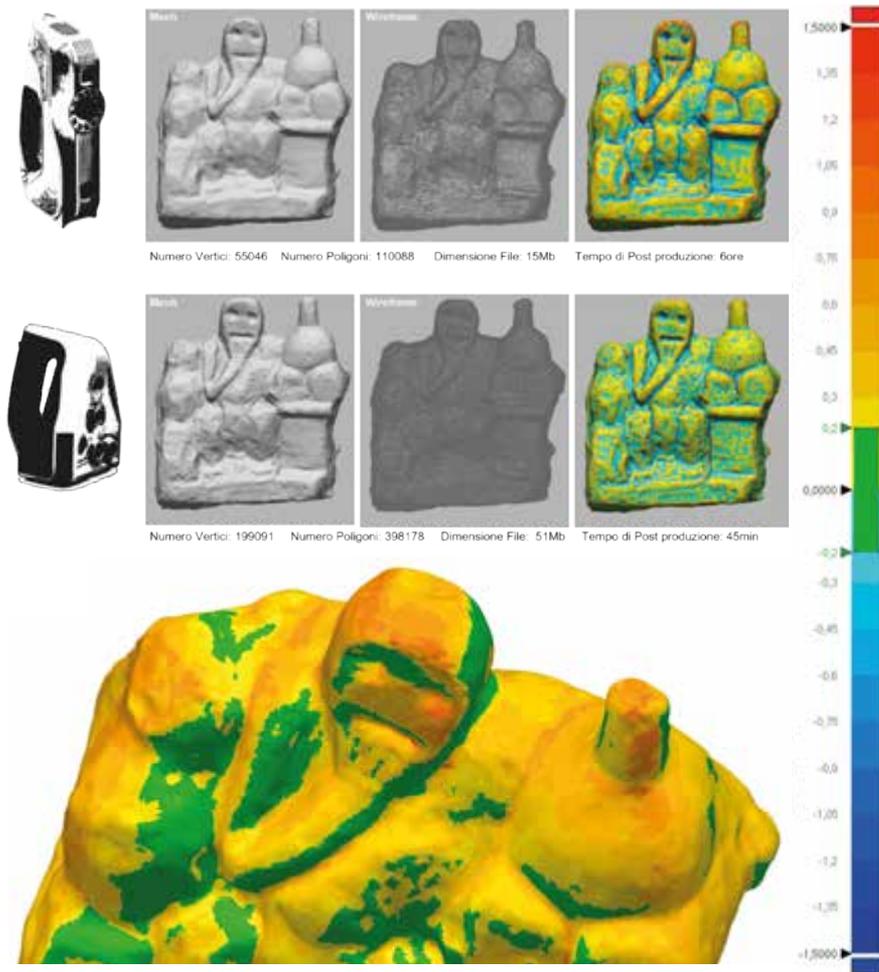


Fig. 111. Per assicurare la massima affidabilità dei modelli, è stata condotta un'analisi comparativa tra i dati acquisiti tramite *Artec Eva* e *Artec Spider*, con un range di tolleranza di mm 1,5. I modelli ottenuti dall'acquisizione *Artec Spider*, presentano un maggior numero di poligoni, rendendoli adeguati per la fruizione tattile e la stampa 3D.

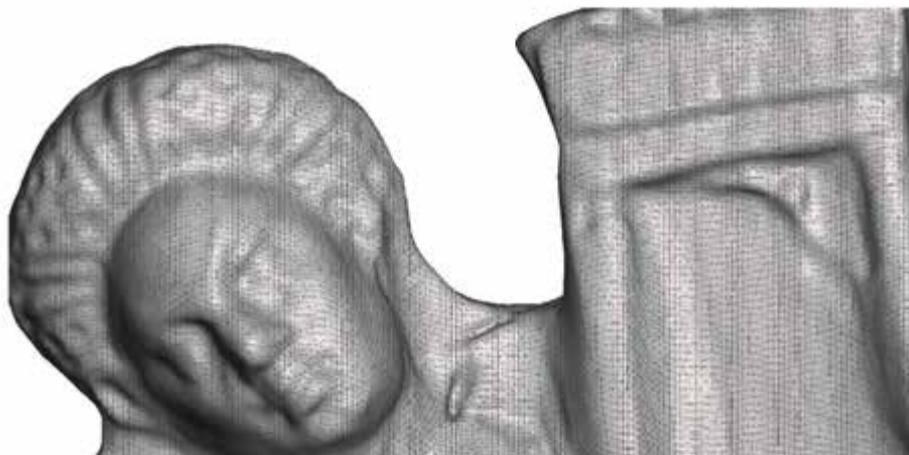


Fig. 112. Dalla rigorosa verifica della qualità della *mesh*, emerge un elevato numero di poligoni che consentono una precisa rappresentazione formale anche dei reperti più piccoli, con un alto grado di dettaglio.

Nei casi dei modelli più complessi, dove la *mesh* presentava un elevato numero di poligoni, sono state eseguite fasi di semplificazione controllata¹³, che hanno permesso di realizzare modelli digitali più leggeri pur mantenendo un alto livello di precisione. Infine, al modello tridimensionale ottimizzato è stata applicata la *texture* generata automaticamente dagli strumenti, anch'essa ottimizzata¹⁴, per ottenere una completa resa materica e colorimetrica dei reperti.

La fase di post-produzione dei dati provenienti dall'acquisizione basata su immagini è stata condotta seguendo un consolidato flusso operativo¹⁵, che ha permesso di trasformare l'allineamento delle immagini in un modello digitale texturizzato.

¹³ Sono molteplici i metodi di semplificazione della *mesh*. Nel caso specifico dei reperti di Arsinoe, si è scelto di utilizzare uno strumento che permettesse l'ottimizzazione del modello con una precisione predeterminata attraverso il parametro di errore. Questo definisce la deviazione massima consentita del modello ottimizzato (in millimetri) rispetto al modello originale. Quando l'algoritmo raggiunge questo parametro, l'ottimizzazione si interrompe. Cfr. Guidi - Russo - Beraldin, *Acquisizione 3D*.

¹⁴ *Artec Studio* permette di correggere alcuni dei parametri principali, tra cui la luminosità, la saturazione, il contrasto. Inoltre, è possibile ripristinare manualmente le trame mancanti utilizzando lo strumento *texture-healing brush*, il cui algoritmo permette di utilizzare le informazioni sulla trama delle regioni vicine per riempire le aree con trama mancante o errata.

¹⁵ Il sistema di lavoro ha previsto le seguenti fasi consequenziali: allineamento delle immagini, generazione di nuvola di punti, sviluppo del modello *mesh* e infine texturizzazione dei poligoni. La procedura è stata svolta con l'ausilio del software *Agisoft Metashape*, per un approfondimento, <https://www.agisoft.com/>.

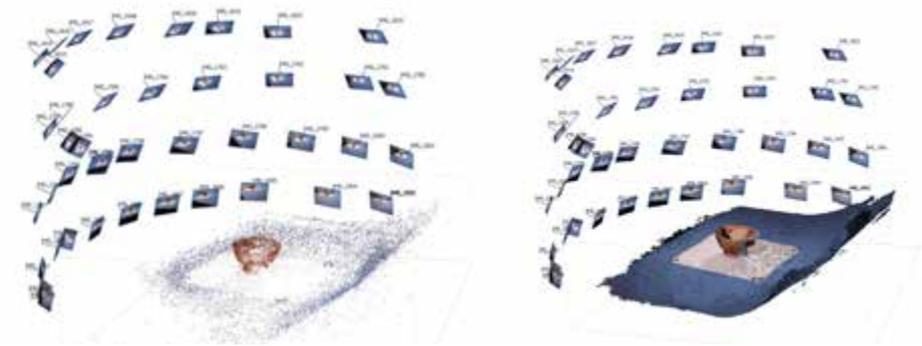


Fig. 113. La fase di elaborazione fotogrammetrica è stata condotta seguendo un *workflow* consolidato che, a partire dall'allineamento dei fotogrammi, ha condotto alla creazione di un modello texturizzato con un elevato grado di dettaglio morfometrico.

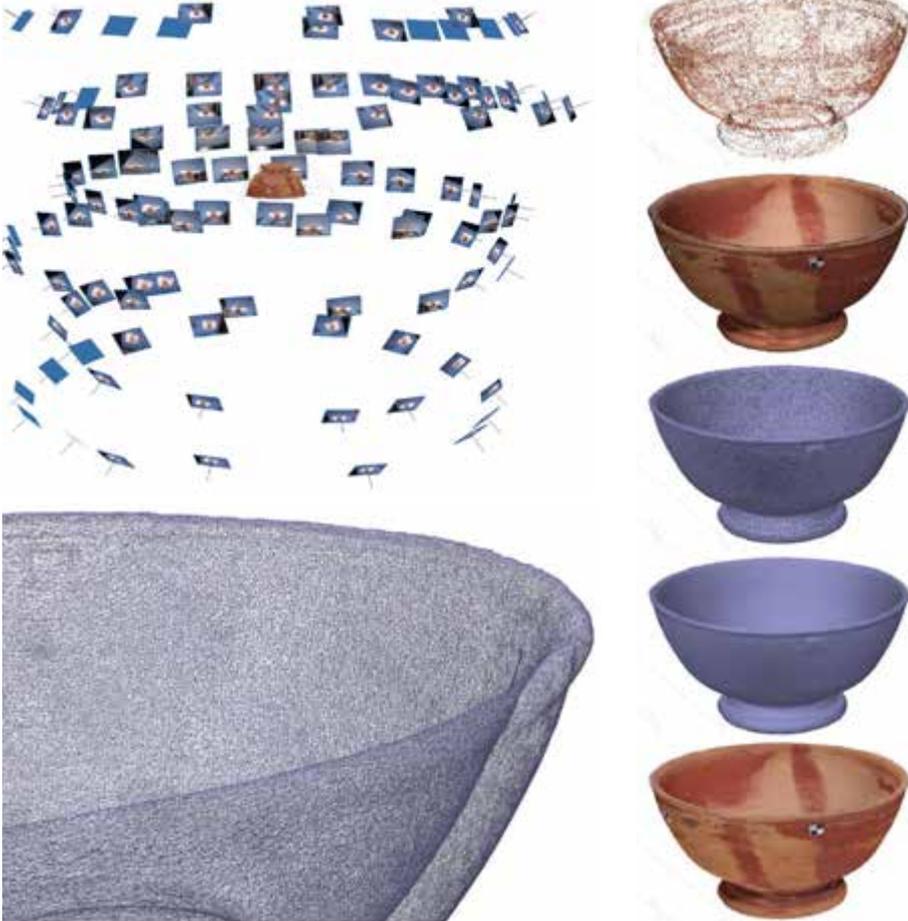




Fig. 114. Sono state effettuate delle prove di restituzione fotogrammetrica anche su alcuni papiri della collezione dell'Istituto. In alcuni casi il modello fotogrammetrico ha permesso di vedere nel dettaglio le imperfezioni e i segni del tempo sulla carta.

Per migliorare la precisione dei modelli fotogrammetrici finali, sono state realizzate manualmente delle maschere per ciascun fotogramma, in modo da escludere dalle operazioni di allineamento le parti dello spazio ritenute non essenziali per la ricostruzione. Questo ha ottimizzato il processo di generazione della maglia triangolare per i reperti di dimensioni più ridotte, sviluppando un modello digitale estremamente accurato¹⁶.

I risultati delle diverse fasi, che includono la registrazione, la verifica e l'integrazione dei vari *dataset* comprendenti scansioni e immagini, hanno prodotto modelli tridimensionali texturizzati con un elevato livello di dettaglio morfologico e qualitativo. Questi modelli hanno costituito un database digitale di partenza su cui definire differenti LoD (*Level of Detail*) in funzione degli obiettivi preposti dalla ricerca.

¹⁶ Le maschere sono state realizzate e applicate già in fase di allineamento delle immagini. In questo modo, le aree mascherate sono escluse dal rilevamento delle caratteristiche del modello finale e non influenzano la fase computazionale da parte del *software* per la stima delle posizioni di scatto della fotocamera. Il mascheramento può essere utile anche quando l'oggetto di interesse occupa solo una piccola parte della foto, come è avvenuto per i reperti più piccoli. In questo caso, senza l'applicazione della maschera, è possibile che un piccolo numero di dati utili possa essere filtrato erroneamente come rumore all'interno di un maggior numero di dati provenienti dagli oggetti di sfondo.



Fig. 115. L'insieme dei modelli 3D texturizzati ottenuti dalle operazioni di digitalizzazione dei reperti.

PROGETTO DI RICERCA E MOSTRA

RESPONSABILI SCIENTIFICI DEL PROGETTO

Francesca Maltomini, *Istituto Papirologico «G. Vitelli», DILEF, Università degli Studi di Firenze*

Sandro Parrinello, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*

RICERCA D'ARCHIVIO E CATALOGAZIONE DEI REPERTI

Costanza Bordoni, *Istituto Papirologico «G. Vitelli», DILEF, Università degli Studi di Firenze*

Ilaria Cariddi, *Istituto Papirologico «G. Vitelli», DILEF, Università degli Studi di Firenze*

Alessio Corsi, *UR 4030 HLLI, Université du Littoral Côte d'Opale*

Mara Elefante, *Istituto Papirologico «G. Vitelli», DILEF, Università degli Studi di Firenze*

Giovanna Menci, *Istituto Papirologico «G. Vitelli», DILEF, Università degli Studi di Firenze*

Lavinia Pesi, *Istituto Papirologico «G. Vitelli», DILEF, Università degli Studi di Firenze*

ATTIVITÀ DI RILIEVO E DIGITALIZZAZIONE DEI REPERTI

Francesca Galasso, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*

Hangjun Fu, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*

Alberto Pettineo, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*

Chiara Rivellino, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*

ELABORAZIONE DEI MODELLI 3D E DEI MODELLI A STAMPA

Hangjun Fu, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*

Alberto Pettineo, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*

Francesca Galasso, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*

PROGETTAZIONE E SVILUPPO DEI SISTEMI DI FRUIZIONE DIGITALE DEL MODELLO 3D

Sandro Parrinello, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*

Francesca Galasso, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*

Hangjun Fu, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*

RIPRESE FOTOGRAFICHE E VIDEO

Anna Dell'Amico, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*

Francesca Picchio, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*

Alessio Corsi, *UR 4030 HLLI, Université du Littoral Côte d'Opale*

SVILUPPO DEL SITO WEB

Anna Dell'Amico, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*
 Sandro Parrinello, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*
 Francesca Picchio, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*

COMITATO SCIENTIFICO DELLA MOSTRA

Francesca Maltomini, *Istituto Papirologico «G. Vitelli», DILEF, Università degli Studi di Firenze*
 Sandro Parrinello, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*
 Francesca Picchio, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*
 Ilaria Cariddi, *Istituto Papirologico «G. Vitelli», DILEF, Università degli Studi di Firenze*
 Alessio Corsi, *UR 4030 HLLI, Université du Littoral Côte d'Opale*
 Simona Russo, *Istituto Papirologico «G. Vitelli», DILEF, Università degli Studi di Firenze*
 Marco Stroppa, *Istituto Papirologico «G. Vitelli», DILEF, Università degli Studi di Firenze*

PROGETTO DI ALLESTIMENTO DELLA MOSTRA

Sandro Parrinello, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*
 Francesca Picchio, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*
 Anna Dell'Amico, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*
 Giulia Porcheddu, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*

REALIZZAZIONE GRAFICA DEI PANNELLI DELLA MOSTRA

Sandro Parrinello, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*
 Francesca Picchio, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*
 Anna Dell'Amico, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*
 Alberto Pettineo, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*
 Giulia Porcheddu, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*

ORGANIZZAZIONE E SVILUPPO DELLA MOSTRA

Francesca Maltomini, *Istituto Papirologico «G. Vitelli», DILEF, Università degli Studi di Firenze*
 Sandro Parrinello, *DIDA, Università degli Studi di Firenze*
 Anna Dell'Amico, *DICAr, Università degli Studi di Pavia*
 Giulia Dionisio, *SMA, Palazzo Nonfinito, Università degli Studi di Firenze*
 Fabio Di Vincenzo, *SMA, Palazzo Nonfinito, Università degli Studi di Firenze*
 Monica Zavattaro, *SMA, Palazzo Nonfinito, Università degli Studi di Firenze*

Allestimento realizzato con il supporto di BEEPAG S.r.l.



ARSINOE 3D

Il volume illustra il lavoro di ricostruzione della missione di scavo condotta dall'Istituto Papirologico «G. Vitelli» nell'inverno fra il 1964 e il 1965 sul sito di Arsinoe, antico capoluogo del distretto del Fayyum. Materiali d'archivio, reperti e papiri fanno luce sia sulle attività sul campo e sull'architettura del settore indagato, sia su alcuni aspetti della vita quotidiana nell'Egitto di età tolemaica e romana. La documentazione d'archivio è stata poi utilizzata per rendere nuovamente 'visitabile' – attraverso modelli 3D, digital storytelling e realtà aumentata – un sito archeologico scomparso a causa dell'incedere dell'urbanizzazione contemporanea.

Francesca Maltomini è Professoressa Associata di Papirologia presso l'Università di Firenze e Direttrice dell'Istituto Papirologico «G. Vitelli» di Firenze. Le sue ricerche si sono concentrate soprattutto sulla trasmissione della letteratura epigrammatica e gnomologica e su problemi relativi all'uso e al riuso dei materiali scrittori antichi. Ha curato prime edizioni e riedizioni di papiri letterari e documentari di diverse collezioni papirologiche europee ed è membro di progetti editoriali di rilevanza internazionale.

Sandro Parrinello, è Professore Ordinario di Disegno presso l'Università di Firenze e Dottore di ricerca in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo. Responsabile di numerosi progetti di ricerca nazionali ed internazionali, è Professore Onorario presso l'Accademia Statale di Ingegneria Civile e Architettura di Odessa (Ucraina) e, negli anni, ha diretto ricerche sulla documentazione del patrimonio in collaborazione con numerosi istituti universitari in Russia, Polonia, Spagna, Cuba, Brasile, Israele e Palestina. Responsabile di Riviste e Collane scientifiche, ha organizzato numerose conferenze internazionali sulla documentazione del patrimonio.

ISSN 2533-2414 (print)
ISSN 2612-7997 (online)
ISBN 979-12-215-0209-1 (Print)
ISBN 979-12-215-0210-7 (PDF)
ISBN 979-12-215-0211-4 (XML)
DOI 10.36253/979-12-215-0210-7

www.fupress.com