

# RILIEVO DEI BENI CULTURALI E RAPPRESENTAZIONE INCLUSIVA PER L'ACCESSIBILITÀ MUSEALE

a cura di

Mario Centofanti  
Alberto Sdegno  
Paola Cochelli  
Veronica Riavis



FrancoAngeli OPEN ACCESS

diségno

direttore Francesca Fatta  
director Francesca Fatta

La Collana accoglie i volumi degli atti dei convegni annuali della Società Scientifica UID - Unione Italiana per il Disegno e gli esiti di incontri, ricerche e simposi di carattere internazionale organizzati nell'ambito delle attività promosse o patrocinate dalla UID. I temi riguardano il Settore Scientifico Disciplinare ICAR/17 Disegno con ambiti di ricerca anche interdisciplinari. I volumi degli atti sono redatti a valle di una call aperta a tutti e con un forte taglio internazionale.

I testi sono in italiano o nella lingua madre dell'autore (francese, inglese, portoghese, spagnolo, tedesco) con traduzione integrale in lingua inglese. Il Comitato Scientifico internazionale comprende i membri del Comitato Tecnico Scientifico della UID e numerosi altri docenti stranieri esperti nel campo della Rappresentazione.

I volumi della collana possono essere pubblicati sia a stampa che in open access e tutti i contributi degli autori sono sottoposti a double blind peer review secondo i criteri di valutazione scientifica attualmente normati.

The Series contains the proceedings volumes of the annual conferences of the UID Scientific Society - Unione Italiana per il Disegno and the results of international meetings, researches and symposia organized as part of the activities promoted or sponsored by the UID. The themes concern the Scientific Disciplinary Sector ICAR/17 Disegno including also interdisciplinary research fields. The volumes of the proceedings are drawn up following an open call and with a strong international focus. The texts are in Italian or in the author's mother tongue (English, French, German, Portuguese, Spanish) with full translation into English. The International Scientific Committee includes the members of the Scientific Technical Committee of the UID and numerous other foreign teachers who are experts in the field of graphic representation.

The volumes of the series can be published both in print and in open access and all the contributions of the authors are evaluated by a double blind peer review according to the current scientific evaluation criteria.

## Comitato Scientifico / Scientific Committee

Marcello Balzani *Università degli Studi di Ferrara*  
Paolo Belardi *Università degli Studi di Perugia*  
Stefano Bertocci *Università degli Studi di Firenze*  
Carlo Bianchini *Sapienza Università di Roma*  
Massimiliano Ciammaichella *Università IUAV di Venezia*  
Enrico Cicalò *Università degli Studi di Sassari*  
Mario Docci *Sapienza Università di Roma*  
Edoardo Dotto *Università degli Studi di Catania*  
Maria Linda Falcidieno *Università degli Studi di Genova*  
Francesca Fatta *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*  
Andrea Giordano *Università degli Studi di Padova*  
Elena Ippoliti *Sapienza Università di Roma*  
Alessandro Luigni *Libera Università di Bolzano*  
Francesco Maggio *Università degli Studi di Palermo*  
Caterina Palestini *Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara*  
Rossella Salerno *Politecnico di Milano*  
Alberto Sdegno *Università degli Studi di Udine*  
Roberta Spallone *Politecnico di Torino*  
Graziano Mario Valenti *Sapienza Università di Roma*  
Chiara Vernizzi *Università degli Studi di Parma*  
Ornella Zerlenga *Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"*

## Componenti di strutture straniere / Foreign institution components

Marta Alonso *Universidad de Valladolid - Spagna*  
Atxu Amann y Alcocer *ETSAM Universidad de Madrid (UPM) - Spagna*  
Matthew Butcher *UCL Bartlett School of Architecture - Inghilterra*  
Eduardo Carazo *Universidad de Valladolid - Spagna*  
João Cabelreira *Universidade do Minho Escola de Arquitectura - Portogallo*  
Alexandra Castro *Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto - Portogallo*  
Angela Garcia Codoner *Universidad Politécnica de Valencia - Spagna*  
Pilar Chías *Universidad de Alcalá - Spagna*  
Noelia Galván Desvaux *Universidad de Valladolid - Spagna*  
Pedro Antonio Janeiro *Universidade de Lisboa - Portogallo*  
Gabriele Pierluisi *Ecole nationale supérieure d'architecture de Versailles - Francia*  
Jörg Schröder *Leibniz Universität Hannover - Germania*  
Carlos Montes Serrano *Universidad de Valladolid - Spagna*  
Jousé Antonio Franco Taboada *Universidade da Coruña - Spagna*  
Annalisa Viati Navone *Ecole nationale supérieure d'architecture de Versailles - Francia*

# FrancoAngeli

## OPEN ACCESS

Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma FrancoAngeli Open Access (<http://bit.ly/francoangeli-oa>). FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli ne massimizza la visibilità e favorisce la facilità di ricerca per l'utente e la possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

[http://www.francoangeli.it/come\\_pubblicare/pubblicare\\_19.asp](http://www.francoangeli.it/come_pubblicare/pubblicare_19.asp)

This volume is published in open access, i.e. the entire work file can be freely downloaded from the FrancoAngeli Open Access platform (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access is the platform for publishing articles and monographs, respecting ethical and qualitative standards and the provision of open access content. In addition to guarantee its storage in the major international OA archives and repositories and its integration with the entire catalog of F.A. magazines and series maximizes its visibility and promotes accessibility of search for the user and the possibility of impact for the author.

To know more:

[http://www.francoangeli.it/come\\_pubblicare/pubblicare\\_19.asp](http://www.francoangeli.it/come_pubblicare/pubblicare_19.asp)

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it) e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Readers wishing to find out about the books and magazines we publish can consult our website: [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it) and register on the home page to the "Newsletter" service to receive news via e-mail.

# RILIEVO DEI BENI CULTURALI E RAPPRESENTAZIONE INCLUSIVA PER L'ACCESSIBILITÀ MUSEALE

a cura di

Mario Centofanti

Alberto Sdegno

Paola Cochelli

Veronica Riavis

# RIlieVO DEI BENI CULTURALI E RAPPRESENTAZIONE INCLUSIVA PER L'ACCESSIBILITÀ MUSEALE



Relazioni e contributi della PHD *Summer School* svoltasi presso il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia e il laboratorio 3D Lab del polo goriziano dell'Università degli Studi di Trieste da 24 al 28 settembre 2018.

Iniziativa promossa dall'Unione Italiana per il Disegno nell'ambito delle attività "UID Survey and Representation Days. Seminari specialistici nelle discipline del Disegno per Dottorandi" con il contributo del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste, l'organizzazione del Dottorato di Ricerca in Ingegneria Civile-Ambientale e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste interateneo con l'Università degli Studi di Udine.

Museo Archeologico Nazionale di Aquileia

Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Udine.

## Comitato Scientifico della *Summer School*

Piero Albisinni  
Fabrizio I. Apollonio  
Paolo Belardi  
Stefano Bertocci  
Carlo Bianchini  
Vito Cardone  
Mario Centofanti  
Emanuela Chiavoni  
Michela Cigola  
Antonio Conte  
Antonella di Luggo  
Mario Docci  
Francesca Fatta  
Paolo Giandebiaggi  
Andrea Giordano  
Elena Ippoliti  
Francesco Maggio  
Anna Marotta  
Livio Sacchi  
Rossella Salerno  
Alberto Sdegno  
Ornella Zerlenga

## Comitato di coordinamento

Mario Centofanti  
Elena Ippoliti  
Francesca Fatta  
Emanuela Chiavoni  
Alberto Sdegno

## Referente per la PHD *Summer School* Aquilaia-Gorizia

Alberto Sdegno

## Impaginazione

Paola Cochelli  
Veronica Riavis

## Copertina

Veronica Riavis

ISBN (online): 9788835154860  
<https://doi.org/10.3280/OA-1040>

Copyright © 2023 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Publicato con licenza Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate  
4.0 Internazionale (CC-BY-NC-ND 4.0)

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla Legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

# Indice

Prefazione <i>Francesca Fatta</i>	9
Presentazione <i>Mario Centofanti</i>	13
Introduzione <i>Alberto Sdegno</i>	17
Il ruolo dei modelli virtuali 3D nella conservazione del patrimonio architettonico e archeologico <i>Mario Dacci</i>	25
Il progetto per un'accessibilità ampliata del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia <i>Marta Novello, Elena Braidotti</i>	39
Accessibilità e patrimonio culturale: alcuni spunti di riflessione per nuovi approcci progettuali <i>Ilaria Garofolo</i>	51
Rilievo e ricostruzione dell'anfiteatro romano di Milano <i>Giuseppe Amoruso</i>	63
Il ruolo della traduzione audiovisiva nel percorso verso la fruibilità dell'opera d'arte <i>Elisa Perego</i>	77
Toccare con mano. Dalla comunicazione ottica alla comunicazione aptica <i>Ivana Passamani</i>	91

Non si vive di sola visione! Il tatto e la sfida per un futuro “accessibile” <i>Aldo Grassini</i>	109
Toccare con gli occhi e vedere con le mani. Funzioni cognitive e conoscitive dell'educazione estetica <i>Loretta Secchi</i>	119
La sensorialità nei musei: appunti sull'accessibilità delle informazioni per la percezione degli ambienti espositivi <i>Christina Conti</i>	133
Técnicas de musealización virtual mediante fotogrametría automatizada <i>SfM</i> <i>Pedro Manuel Cabezas Bernal</i>	141
“Gorizia contatto”: per un patrimonio culturale più accessibile a non vedenti e ipovedenti <i>Silvia Grion</i>	153
Rilievo e percezione tattile di sculture con le nuove tecnologie <i>Alberto Sdegno</i>	167
Notes sull'attività laboratoriale <i>Alberto Sdegno</i>	183
Dal rilievo fotogrammetrico, al modello teorico, alla stampa 3D. Il caso di una pigna scolpita tra il I e il II secolo d.C. <i>Antonio Camassa</i>	189
Dall'acquisizione digitale alla stampa 3D per la comprensione tattile. <i>L'applique con testa di vento</i> <i>Paola Cochelli</i>	197
Patrimonio culturale tra narrazione e nuove tecnologie nella ridefinizione del ruolo del museo <i>Sara Eriche</i>	203
Artefatti comunicativi 3D per l'accesso al patrimonio culturale. Il <i>Sulcus primigenius</i> e l' <i>Edicola con ritratto di defunto</i> <i>Francesca Guadagnoli</i>	211
Modellazione fotografica con Photoscan. Realizzazione del modello 3D dell' <i>Opera maschile con cingulum</i> <i>Andrea Improta</i>	221

Fotomodellazione con Photoscan. Realizzazione del modello 3D del <i>Medaglione della dea Roma</i> <i>Gianluca Manna</i>	227
Applicazioni museali di rilievo massivo e sperimentazioni sulla illuminazione in ambito fotogrammetrico <i>Sofia Menconero</i>	233
Metodologie di rilievo speditivo per la documentazione e la prototipazione di due reperti archeologici del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia <i>Sandra Mikolajewska</i>	241
Un'esperienza di rilievo non invasiva. Fotomodellazione del <i>Plinto di Giove Ammone</i> <i>Carla Mottola</i>	249
Digitalizzazione del patrimonio archeologico attraverso acquisizioni <i>image-based</i> . <i>Urna con banchetto</i> e <i>Bassorilievo</i> del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia <i>Margherita Pulcrano</i>	257
Acquisizione e prototipazione per la rappresentazione aptica inclusiva. Sperimentazioni al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia <i>Veronica Riavis</i>	265
Fotomodellazione per l'ottenimento del <i>digital twin</i> di un manufatto archeologico <i>Pablo Angel Ruffino</i>	273





# Prefazione

Francesca Fatta

La ripresa dell'attività formativa legata a una riformulazione della Scuola di Dottorato Nazionale ha rappresentato uno dei punti programmatici dell'Unione Italiana per il Disegno. Occorre risalire al 2014, al programma del precedente presidente Vito Cardone, che indicava come uno degli "obiettivi strategici prioritari" una nuova struttura atta a sostituire la Scuola Nazionale di Dottorato di fatto scomparsa per la soppressione dei corsi di Dottorato monodisciplinari ICAR/17 che la costituivano.

E così, nel settembre 2018, sempre con Vito Cardone, si è varata la prima sperimentazione di workshop ad Aquileia destinati a dottorandi che svolgono la loro attività di ricerca nell'ambito del Disegno. Oggi, con una situazione fortemente frammentata e variabile che riguarda il terzo livello di formazione, il coraggio di riprendere non ci manca e questa prima esperienza, che ambisce a ripetersi e a diventare biennale, ci ha dato la conferma che si può fare.

Il volume esce dopo vari anni dalla conclusione e questo ritardo che può apparire come un limite, in realtà vuol essere un atto di fiducia e di speranza per una prossima iniziativa già programmata ma più volte rinviata per i noti motivi di sicurezza anti Covid-19 che ci auguriamo possano essere presto superati.

Nel primo workshop che è testimoniato in queste pagine si è affrontato il tema delle discipline del Disegno legate alla accessibilità e alla fruizione dei beni culturali e dei beni museali; un aspetto che impegna a diverso titolo tutto il settore disciplinare, anche per le importanti commistioni con le altre scienze; tale condizione di collaborazione rappresenta una opportunità imprescindibile per rafforzare l'impegno scientifico del Dottorato, senza il quale rischieremmo di cadere negli errori praticati negli spazi chiusi e autoreferenziali di una ricerca peraltro irriconoscibile sul piano internazionale.



In questo primo avvio delle attività intensive promosse dalla Scuola Nazionale di Dottorato, il Comitato Tecnico Scientifico della Unione Italiana per il Disegno ha affidato il ruolo di coordinamento scientifico e organizzativo a Mario Centofanti e Alberto Sdegno. Quest'ultimo ha avuto l'importante ruolo di collegamento tra la Scuola di Dottorato e il territorio friulano di riferimento, puntato sulla specifica collaborazione con il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia.

In questo quadro organizzativo nelle giornate di fine settembre 2018 tutti coloro che sono stati coinvolti – dottorandi di ricerca, docenti e tutors – hanno vissuto in modo pieno un contesto culturale e concreto estremamente stimolante.

Le lezioni teoriche e le sperimentazioni si sono alternate e integrate secondo un percorso che ha affrontato l'aspetto della digitalizzazione e della accessibilità aperta e democratica nei luoghi della cultura.

Come affermato, il Disegno, la rappresentazione in generale, da molti anni svolge un'intensa attività di ricerca e di sperimentazione, raccogliendo la sfida lanciata dal MiBACT di aumentare le performance dei musei italiani e dei luoghi della cultura mediante l'uso del digitale, della realtà aumentata e della stampa 3D, potenziando in modo consapevole l'aspetto tecnologico della comunicazione, fruizione e valorizzazione del patrimonio culturale. Ormai da anni si progetta per un modello di museo connesso, orientato a un'ampia accessibilità culturale attraverso le moderne tecnologie ICT.

La stretta connessione tra il mondo delle *digital humanities* e il tema del *cultural heritage* apre a una visione più ampia sull'impiego di soluzioni tecnologiche avanzate nel campo della rappresentazione e nuove forme di accessibilità che allargano, di fatto, le fruizioni museologiche e museografiche. In questa direzione vanno oggi i "Centri di Documentazione" e, in particolare, i "Centri di Interpretazione" del patrimonio culturale e, in particolare, del patrimonio archeologico.

Un sistema museale accessibile oggi non può fare a meno di una banca dati raggiungibile attraverso molteplici dispositivi, dai semplici *device* portatili, ai più complessi tavoli interattivi, per giungere infine alle librerie multimediali.

Multimedialità, interattività e *gaming* sono i caratteri che più degli altri connotano l'esperienza museale e, in tal senso, il compito di veicolare le informazioni è affidato più all'immagine che al testo scritto. Nello spazio digitale sembra essere di nuovo attuale il metodo *learning by doing*; all'apprendimento passivo si sostituisce quello attivo basato sull'esperienza diretta (in genere breve e coinvolgente). Copie digitali di testi e opere d'arte, ricostruzioni 3D di edifici e ambienti parzialmente perduti, simulazioni di accadimenti del passato che qualificano oggi i centri

di Interpretazione, vedono i ricercatori delle discipline legate al rilievo digitale e alla rappresentazione infografica, in prima linea nella realizzazione dei contenuti multimediali atti a comunicare correttamente gli esiti degli studi sul patrimonio materiale e immateriale presente o al di fuori dei centri stessi.

L'incontro tra dottorandi ad Aquileia ci è sembrato un terreno di sperimentazione ideale, sia per le caratteristiche del luogo che per l'accoglienza ricevuta. Si è testato così un sistema di scambio formativo e culturale che le tecnologie digitali assolvono a una funzione importante, in relazione soprattutto al processo di partecipazione e ricreazione del patrimonio stesso.

#### **Autrice**

*Francesca Fatta*

Presidente Unione Italiana per il Disegno

Dipartimento di Architettura e Territorio, Università Mediterranea di Reggio Calabria

[ffatta@unirc.it](mailto:ffatta@unirc.it)



# Presentazione

Mario Centofanti

L' UID, Unione Italiana per il Disegno, è una associazione scientifica e culturale senza fini di lucro, che persegue gli obiettivi statutari di “[...] sviluppare, promuovere, coordinare l'attività della ricerca scientifica nel settore del Disegno”, nonché “[...] promuovere il coordinamento e lo sviluppo dell'attività didattica delle discipline del Disegno, sulla scorta delle innovazioni scientifiche anche attraverso apporti pluridisciplinari”. L'UID sin dalla istituzione del Dottorato in Italia (1980) è sempre stato in prima linea nel fiancheggiamento delle iniziative istituzionali di cui erano e sono partecipi i suoi soci.

Pertanto nella rilettura, qui appena tratteggiata, della storia del rapporto tra UID e Dottorato di Ricerca, si possono ricercare l'origine e le ragioni dell'iniziativa che oggi inauguriamo.

Il Dottorato di Ricerca italiano è stato istituito con il Decreto del Presidente della Repubblica 11 novembre 1980, n. 382, dal titolo *Riordinamento della docenza universitaria, relativa fascia di formazione nonché sperimentazione organizzativa e didattica*.

Il Dottorato di Ricerca era definito “quale titolo accademico valutabile unicamente nell'ambito della ricerca scientifica” e destinato “all'approfondimento delle metodologie per la ricerca nei rispettivi settori della formazione scientifica”. Le sedi ove poter istituire un Dottorato erano identificate con le “Facoltà e i Dipartimenti individuati sulla base di criteri generali di programmazione” che tenessero conto “delle esigenze complessive e di quelle settoriali della ricerca scientifica”.

Risultavano incentivate le forme di collaborazione tra diverse Università, anche straniere, nelle quali erano “notoriamente sviluppate le tematiche di ricerca nei settori disciplinari per i quali si intendeva istituire il Dottorato”. Netta dunque l'accentuazione sui risultati della ricerca come elemento dirimente per la valutazione del percorso di formazione.



Il Dottorato, infatti, era conferito a chi aveva conseguito, “a conclusione del corso, risultati di rilevante valore scientifico documentati da una dissertazione finale scritta o da un lavoro grafico”.

La istituzione del Dottorato porta l'area del Settore Scientifico Disciplinare ICAR/17 – Disegno, ad assumere immediatamente un ruolo propositivo. Vengono costituiti due Consorzi inter-ateneo per la gestione di Dottorati nelle discipline del Rilievo e della Rappresentazione. Il primo composto dalla Facoltà di Architettura di Palermo (sede amministrativa), dalla Facoltà di Architettura di Firenze, dalla Facoltà di Architettura di Napoli, dall'Istituto Universitario Statale di Architettura di Reggio Calabria. Il secondo dalla Facoltà di Architettura di Genova (sede amministrativa) e dalla Facoltà di Ingegneria di Palermo.

Passano ben 18 anni prima che si profili una profonda mutazione del Dottorato sia a livello di contenuti che di organizzazione. Mutazione che coincide temporalmente e si sovrappone al Processo di Bologna che, come ampiamente noto, rappresenta uno snodo fondamentale nella storia della Università Italiana. Il Processo di Bologna si avvia nel 1999, con la Conferenza di Bologna dei Ministri dell'Istruzione Superiore europei, come accordo intergovernativo di collaborazione nel settore dell'Istruzione superiore, con l'obiettivo di costruire una “Società della Conoscenza” fondata sui pilastri dello “Spazio Europeo dell'Istruzione Superiore” e dello “Spazio Europeo della Ricerca”, e basata su principi e criteri condivisi tra i Paesi firmatari.

La Legge del 3 luglio 1998, n. 210, *Norme per il reclutamento dei ricercatori e dei professori universitari di ruolo*, cui fa seguito il Decreto Ministeriale n. 224, del 30 aprile 1999, *Regolamento in materia di dottorato di ricerca*, innovano radicalmente il Dottorato ri-definito come titolo, non più solo accademico, ma spendibile anche all'esterno dell'Università: “I corsi per il conseguimento del Dottorato di Ricerca forniscono le competenze necessarie per esercitare, presso Università, enti pubblici o soggetti privati, attività di ricerca di alta qualificazione” [art. 4 - L. 210/98].

È inoltre prevista, per la prima volta, “la valutabilità dei titoli di Dottorato di Ricerca, ai fini dell'ammissione a concorsi pubblici per attività di ricerca non universitaria”.

Altra innovazione riguarda il percorso formativo e la enfaticizzazione del ruolo della didattica nel conseguimento del titolo e, in particolare, la definizione degli obiettivi formativi e del programma di studi.

Questa nuova impostazione condiziona la individuazione dei requisiti che le sedi devono possedere come: “La possibilità di collaborazione con soggetti pubblici o privati, italiani o stranieri, che consenta ai dottorandi lo svolgimento di esperienze in un contesto di attività lavorative” [art. 2, D.M. 162/1999].

Sono molteplici, in tal senso, le raccomandazioni per un più stretto rapporto tra Università e mondo del lavoro, fino a dare la possibilità di concordare il programma del Dottorato con soggetti esterni, quali piccole e medie imprese o imprese artigiane.

Si profila in definitiva, in riferimento al più ampio quadro europeo, la trasformazione del Dottorato in un momento di formazione alla ricerca, composto da un'irrinunciabile parte didattica, anche interdisciplinare, e l'apertura del Dottorato al mondo extra-universitario, sia nella fase di progettazione dei corsi (e del loro finanziamento) sia come possibile sbocco occupazionale.

In tale contesto è istituita nel 2005 la Scuola Nazionale di Dottorato in Scienza del Rilievo e della Rappresentazione. Le sedi consorziate sono: Università "Gabriele d'Annunzio" Chieti – Pescara, Sapienza Università di Roma, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Politecnico di Bari, Facoltà di Architettura di Siracusa, Università degli Studi di Palermo, Università degli Studi di Firenze (sede amministrativa).

Ma in parallelo nasce anche la "Rete nazionale ICAR/I7" tra i curricula di Disegno esistenti sul territorio alla quale aderiscono l'Università della Basilicata, il Politecnico di Milano, l'Università di Napoli "Federico II", l'Università degli Studi di Parma, l'Università degli Studi di Perugia, il Politecnico di Torino, l'Università degli Studi di Genova.

Ma il rallentamento dell'economia, iniziato in Italia all'inizio degli anni Duemila, poi trasformatosi nella grande crisi globale del 2008-2013, porta a difficoltà sempre maggiori nei finanziamenti pubblici al sistema universitario e a un rapido ripensamento dell'autonomia universitaria entro un quadro di controlli e valutazioni sempre più stringenti da parte dello Stato centrale.

La riforma del sistema universitario è conseguente alla Legge 30 dicembre 2010, n. 240, *Norme in materia di organizzazione delle università, di personale accademico e reclutamento, nonché delega al Governo per incentivare la qualità e l'efficienza del sistema universitario*, e, per quanto riguarda il Dottorato, al successivo Decreto Ministeriale 8 febbraio 2013 n. 45, *Regolamento recante modalità di accreditamento delle sedi e dei corsi di dottorato e criteri per la istituzione dei corsi di dottorato da parte degli enti accreditati*, nonché alla Nota 24 marzo 2014, protocollo n. 436, *Linee guida per l'accreditamento dei corsi di dottorato*.

Il D.M. 45/2013 stabilisce che "[...] le modalità di accreditamento delle sedi e dei corsi di Dottorato, quale condizione necessaria ai fini dell'istituzione e dell'attivazione dei corsi [...] sono disciplinate con decreto del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, su proposta dell'ANVUR".

E ancora "[...] il Dottorato di ricerca fornisce le competenze necessarie per esercitare attività di ricerca di alta qualificazione presso soggetti



pubblici e privati, nonché qualificanti anche nell'esercizio delle libere professioni, contribuendo alla realizzazione dello Spazio Europeo dell'Alta Formazione e dello Spazio Europeo della Ricerca''.

L'organizzazione delle università orientata dalla Legge Gelmini verso la formazione di grandi Dipartimenti multidisciplinari, finisce con lo spingere quasi tutti gli atenei italiani a organizzare i corsi di dottorato per dipartimento.

Gli effetti dell'applicazione del D.M. 45/2013 e delle successive Linee guida ministeriali del 2014 risultarono subito evidenti negli esiti di una sensibile diminuzione numerica dei corsi di Dottorato e di un deciso orientamento in senso interdisciplinare.

In tale contesto non trova più adeguata collocazione una Scuola di Dottorato disciplinare e di conseguenza la Scuola Nazionale di Dottorato in Scienza del Rilievo e della Rappresentazione di fatto esaurisce il proprio ruolo, pur con un bilancio di attività formativa, quasi decennale, altamente positivo.

È a questo punto che l'UID per dare rinnovato seguito al suo ruolo statutario di promozione e sviluppo della formazione e della ricerca nelle discipline dell'area del Disegno, procede alla elaborazione – nelle sedi istituzionali dell'Assemblea dei Soci (Firenze 2016) e del Comitato Tecnico Scientifico CTS – di proposte inerenti alla conduzione di attività formative di completamento e affiancamento alle attività formative dei Dottorati di Ricerca, ormai Dipartimentali e Interdisciplinari.

Il CTS dell'UID, nella seduta del 15 maggio 2017, ha deliberato di avviare cicli di seminari di studio, riservati ai dottorandi di ricerca, con tesi all'interno dell'ambito disciplinare ICAR/17, denominati *UID Survey and Representation Days PhD – Seminari specialistici nelle discipline del Disegno per dottorandi* quali opportunità formative aggiuntive in merito a tematiche specifiche e/o specialistiche dei Dottorati di Ricerca.

All'apertura del primo seminario, dunque, i migliori auguri di buon lavoro a docenti e dottorandi.

#### **Autore**

Mario Centofanti

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura, Ambientale, Università degli Studi dell'Aquila  
mario.centofanti@univaq.it

# Introduzione

Alberto Sdegno

La decisione di promuovere una *Summer School* disciplinare per i dottorandi italiani dell'area della Rappresentazione, in gran parte finanziata dall'Unione Italiana per il Disegno (UID) con il contributo dell'Università degli Studi di Trieste, nasce a valle di alcune iniziative che sono state poste in essere dall'ateneo triestino, e che si sono manifestate nell'area goriziana dove insiste il Polo Universitario di Gorizia, luogo che ospita il Corso di laurea magistrale a ciclo unico in Architettura. In particolare alcune di queste sono state: la mostra *Le Corbusier Reloaded. Disegni, modelli, video*, tenuta dal 23 giugno al 19 luglio 2015 presso Palazzo della Torre a Gorizia, sede della Fondazione Cassa di Risparmio di Gorizia, in occasione del cinquantesimo anniversario della scomparsa di Le Corbusier, con la prolusione di José Oubrierie, suo ultimo stretto collaboratore; all'interno di essa erano presenti modelli in scala prodotti con le tecniche di prototipazione rapida di alcune sue architetture e sistemi di realtà aumentata per esplorare opere non realizzate del maestro [Sdegno 2015]. Una seconda iniziativa è stata il workshop di Rilievo e Rappresentazione digitale sul Castello di Gorizia intitolato *Il disegno del Castello*, tenuto da Giuseppe Amoruso dal 13 al 17 giugno 2016, nell'ambito delle attività di Workshop Integrati di Progettazione, che ogni anno vengono organizzati dal Corso di studi di Architettura. Oltre a queste, si può ricordare una serie di eventi svolti all'interno del progetto "Gorizia contatto", organizzati dalle sezioni goriziane di Italia Nostra e dell'Unione Italiana dei Ciechi e degli Ipovedenti, sui temi dell'inclusione e dell'accessibilità, tenutisi nel corso del 2017, di cui parla Silvia Grion nel suo intervento in questo volume. Infine, il 10 gennaio 2018 si è tenuta la *Open Conference Ai confini del disegno. Esperienze di modelli virtuali e spazi immersivi*, sempre presso la Scuola di Architettura di Gorizia, dedicata ai temi delle nuove tecnologie per il rilievo 3D e la virtualizzazione del modello digitale, patrocinata dall'Unione





Fig. 1. Sessione dei lavori della *Open Conference*.

Italiana per il Disegno e con la partecipazione di docenti del settore disciplinare ICAR/17, tra cui Vito Cardone, Mario Centofanti, Giuseppe Amoruso, Stefano Brusaporci, Leonardo Paris, Pedro-Manuel Cabezos Bernal, Alessandra Meschini, Daniele Rossi, oltre a chi scrive.

Avendo organizzato direttamente queste manifestazioni – con un coinvolgimento parziale per quelle tenutesi nel 2017 – possiamo considerare la presente *UID Summer School* di Aquileia come la necessaria conclusione di un ciclo dedicato all'approfondimento di tematiche di ricerca avanzata sulle nuove tecnologie della rappresentazione. La decisione di lavorare sul patrimonio culturale aquileiese nasce non soltanto dalla vicinanza tra le due città di Gorizia e Aquileia: poche decine di chilometri, infatti, consentono un rapido trasferimento di tutte le persone coinvolte – relatori e partecipanti. Ma anche per permettere di lavorare su contenuti di altissimo valore storico – quelli appunto rinvenibili nel contesto archeologico dell'ex colonia romana di Aquileia – e di avere una stretta relazione operativa con le attrezzature avanzate disponibili nel Laboratorio Advanced Modeling 3D LAB del Corso di laurea in Architettura, presente nella sede universitaria di Gorizia. L'ospitalità del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia ha permesso, infatti, di accedere a tutti i reperti scultorei necessari per portare avanti l'attività di sperimentazione.

L'iniziativa in oggetto ha previsto due momenti distinti, sebbene uniti dal filo conduttore delle nuove tecniche di rilievo e dell'inclusione: da un lato una *Open Conference*, tenutasi il primo giorno della *Summer School*, ovvero il 24 settembre 2018 (fig. 1), che ha aperto i lavori fornendo la necessaria introduzione di carattere teorico sui temi specifici, in cui alcuni esperti di livello nazionale e internazionale hanno discusso alcuni argomenti specifici in modo da fornire ai dottorandi partecipanti quei principi che l'attività pratica richiede a chi voglia dedicarsi all'approfondimento di tali questioni. Il secondo ha riguardato un coinvolgimento diretto da parte dei dottorandi partecipanti, di cui si parlerà nell'introduzione ai loro lavori.

Per quanto concerne la conferenza introduttiva, in particolare, alcuni relatori hanno affrontato il tema generale del rilevamento architettonico: il prof. Mario Docci ha trattato i rapporti tra rilievo con scansione laser e quello con fotogrammetria *SfM* e le implicazioni di carattere teorico derivanti dalla comparazione dei dati acquisiti; il prof. Giuseppe Amoruso ha presentato un lavoro di rilevamento condotto sui pochi resti dell'anfiteatro romano di Milano, dai quali è stato possibile ricavare la geometria dell'intero edificio con procedure di modellazione parametrica; il prof. Pedro Manuel Cabezos Bernal ha presentato alcuni esiti della ricerca condotta a partire dalla fotogrammetria in direzione della virtualizzazione del prototipo digitale con funzione espositiva; il sottoscritto ha descritto alcune sperimentazioni sul processo di trasformazione di un modello digitale derivato da una scansione 3D in



Fig. 2. Visita guidata al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia: presentazione della direttrice dott.ssa Marta Novello.



Fig. 3. Visita guidata al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia: la sala con le teste romane.

un oggetto fisico, prodotto con gli strumenti e le procedure di prototipazione rapida. Gli altri relatori hanno trattato – sebbene in vari modi – l’argomento dell’accessibilità e dell’inclusione per persone con differenti abilità percettive: le dott.sse Marta Novello ed Elena Braidotti hanno descritto il lavoro condotto al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia, sia sul piano dell’evoluzione storica, sia su quello relativo ai cambiamenti realizzati con finalità d’inclusione; la prof.ssa Ilaria Garofolo ha descritto in termini generali la relazione intercorrente tra accessibilità e patrimonio culturale, mostrando alcuni casi studio specifici; la prof.ssa Elisa Perego ha affrontato il tema della fruibilità di uno spazio espositivo attraverso ausili di carattere audiovisivo a supporto dei tradizionali sistemi informativi; la prof.ssa Ivana Passamani ha parlato di alcune esperienze condotte nel campo del miglioramento percettivo di ambienti architettonici e installazioni sul paesaggio; il dott. Aldo Grassini ha portato la sua esperienza diretta nel settore dell’esposizione museale accessibile anche a persone con disabilità, grazie al lavoro condotto all’interno del Museo Tattile Statale “Omero” di Ancona, di cui è presidente; la dott.ssa Loretta Secchi ha descritto l’attività del Museo Tattile “Anteros” di Bologna e del Laboratorio che dirige, che si occupa di trasformare opere d’arte pittorica in manufatti fruibili tattilmente anche da non vedenti e ipovedenti; la prof.ssa Christina Conti ha af-



Fig. 4. Esperienza tattile condotta da parte del presidente del Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona, dott. Aldo Grassini.

frontato il tema della percezione sensoriale di spazi destinati all'esposizione e dell'accessibilità richiesta nella logica del *Design for All*; infine la dott.ssa Silvia Grion ha parlato dei progetti di Italia Nostra Onlus in collaborazione con l'Unione Italiana dei Ciechi e degli Ipovedenti, per la fruibilità di alcune opere d'arte e architettoniche presenti all'interno del territorio goriziano. Nel corso della conferenza è stato affrontato anche il tema delle ricostruzioni virtuali delle aree archeologiche di Aquileia da parte del dott. Cristiano Tiussi, direttore della Fondazione Aquileia, il cui intervento non è pervenuto per la pubblicazione in questo volume.

Nell'ambito della conferenza si è tenuta anche un'attività dimostrativa di scansione 3D a cura della ditta Loudlab di Ruben Camponogara e Mattia Gottardo che ha collaborato anche per alcune operazioni di acquisizione 3D di sculture presenti nel museo; a conclusione della giornata vi è stata la visita degli spazi espositivi con la presentazione della direttrice dott.ssa Marta Novello (figg. 2-3), durante la quale il presidente del Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona, dott. Aldo Grassini, non vedente, ha fatto esperienza tattile della statua di *Augusto* presente nella sala conferenze (fig. 4).

Il ricco apparato teorico prodotto dagli interventi, reperibile anche attraverso le ampie bibliografie che corredano tutti i saggi, non soltanto ha costituito l'ossatura per il lavoro condotto poi dai dottorandi, del quale, come si è detto, si parlerà più avanti, ma può essere di grande utilità per esperienze future, sia nel campo specifico della rappresenta-

zione inclusiva dell'accessibilità espositiva, sia anche per altre iniziative che tengano conto della stretta relazione tra teoria e prassi, soprattutto in riferimento alle opere del patrimonio culturale. Per permettere, in tal modo, di dilatare a qualsiasi utente quanto già osservava Walter Benjamin nel noto saggio *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*: «Colui che si raccoglie davanti all'opera d'arte, vi si sprofonda; penetra nell'opera, come racconta la leggenda di un pittore cinese alla vista della sua opera compiuta» [1].

#### Note

[1] Cfr. Benjamin 1966, p. 44. Sul saggio di Benjamin si veda anche: Sdegno 2018.

#### Riferimenti bibliografici

Benjamin, W. (1966). *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*. Torino: Einaudi, pp. 17-56.

Sdegno, A. (2015). *Le Corbusier Reloaded. Disegni, modelli, video*. Trieste: EUT.

Sdegno, A. (2018). L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica. In *Disegno 2*, pp. 161-168.

#### Autore

Alberto Sdegno

Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste\*  
sdegno@units.it

\* Ora Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste, alberto.sdegno@uniud.it

# Rilievo dei beni culturali e rappresentazione inclusiva per l'accessibilità museale

Interventi alla open conference





# Il ruolo dei modelli virtuali 3D nella conservazione del patrimonio architettonico e archeologico

Mario Docci

*The new and advanced survey and modeling technologies offer great advantages in the architectural and archaeological fields for knowledge, communication and documentation, but also for the conservation of historical assets, such as H-BIM. The information in the numerical or geometric 3D models is not only volumetric but also high-resolution materials that bring out the intrinsic characteristics of the reconstructed work. They allow to extrapolate 2D representations, to intervene in 3D, to control and measure the space, but also to verify and suggest maintenance interventions. Virtual modeling of cultural heritage creates synergies for museums, but it is also a valid tool to manage or secure in anticipation or following events and disasters.*



Fig. 1. Progetto di Antonio da Sangallo per il nuovo San Pietro a Roma. Fronte principale realizzato in bicromia [Docci 2007, p. 35].



A partire dalla metà degli anni Novanta del secolo scorso i ricercatori più scrupolosi che operavano nel rilevamento mediante l'uso di laser scanner e successivamente con la fotomodellazione (*Structure From Motion*, d'ora in poi *SfM*) hanno dovuto trasformare le nuvole di punti (*point clouds*) in veri e propri modelli virtuali 3D; ciò per il fatto di non poter operare direttamente sulla nuvola, essendo essa un modello numerico e non già un modello definito da superfici [1]. Tali modelli infatti, dopo essere stati acquisiti, dovevano essere rielaborati al fine di evitare un errore di carattere concettuale commesso da alcuni rilevatori poco accorti o da imprese volte a massimizzare il loro profitto, i quali utilizzavano la nuvola di punti orientata per ricavarne direttamente le rappresentazioni bidimensionali (piante, prospetti e sezioni). Tale "scorciatoia" faceva però sì che alcuni punti caratterizzanti l'opera non fossero presenti tra quelli, numerosissimi, acquisiti mediante la scansione; si pensi ad esempio ai punti appartenenti a spigoli o all'intersezione di più rette. Molti rilevatori, tra i quali anche chi scrive, hanno dovuto quindi necessariamente rielaborare le proprie nuvole, null'altro che un insieme di moltissimi punti che costituivano unicamente un modello numerico; le opere architettoniche o archeologiche, come è noto, sono invece definite da una serie di superfici di varia natura e pertanto sono modelli di tipo geometrico o matematico che dir si voglia. Questa la ragione per la quale i rilevamenti realizzati con i laser scanner devono comportare necessariamente la trasformazione della nuvola di



Fig. 2. Tempio del Divo Claudio, Roma. Dettaglio texturizzazione [Ippolito 2009, p. 84].

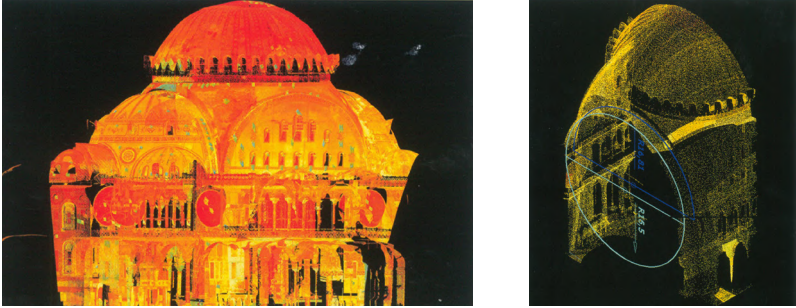


Fig. 3. Hagia Sofia, Istanbul. A sinistra la nuvola di punti generata dalla scansione 3D; a destra assonometria della nuvola dei punti dell'arcone est [Bianchini, Paolini 2003, p. 23].

punti da modello numerico a modello geometrico grazie all'impiego di mesh o NURBS.

Va ricordato che il modello geometrico, essendo caratterizzato da superfici, può essere orientato e poi proiettato perpendicolarmente sui tradizionali piani orizzontali o verticali al fine di ottenere rappresentazioni 2D che contengono tutti i punti caratterizzanti l'opera rappresentata, così come accadeva con le precedenti metodologie di rilevamento (metodo diretto, fotogrammetria, ecc.) che consentivano di selezionare e di rilevare preventivamente i punti notevoli.

L'esperienza maturata nell'elaborazione dei modelli virtuali 3D derivanti dal rilevamento laser scanner o dalla fotomodellazione o SfM, ha permesso anche di fare un piccolo passo in avanti, sovrapponendo alle superfici del modello delle foto ad alta definizione, ottenendo così modelli virtuali 3D che costituiscono una vera e propria replica dell'opera rappresentata, con caratteristiche figurative del tutto identiche all'originale; potremmo anzi dire che in taluni casi l'impiego di fotografie ad altissima definizione restituisce i caratteri formali, coloristici e materici dell'opera meglio di quanto non lo faccia l'opera stessa.

Da ciò deriva che molto spesso vengono consegnati ai committenti non solo i tradizionali grafici 2D ma anche il modello 3D o i modelli dai quali sono stati ricavati i grafici bidimensionali. Tali modelli, di fatto, iniziano a risultare indispensabili poiché da essi è possibile ricavare in automatico tutte le rappresentazioni 2D e anche poiché, in alcuni casi, possono essere effettuate, per approfondire la conoscenza del bene, tutte le operazioni di analisi preliminari alla progettazione dell'intervento di conservazione o di restauro che risultano necessarie. In alcuni Paesi europei vi sono già dei *services* che provvedono a ricavare dal modello 3D i grafici di rilievo o di progetto, tanto che si reclamizzano



Fig. 4. Cupola della Basilica di San Pietro, Roma. Nuvola di punti dell'intradosso [Docci, Ippolito 2009, p. 240].

dichiarando: “dateci i vostri modelli 3D, vi daremo i vostri disegni 2D”. I modelli virtuali 3D svolgono pertanto un ruolo essenziale nella conservazione del patrimonio culturale, in tutte le fasi in cui essa è articolata, almeno dal punto di vista operativo: la prima destinata alla conoscenza, la seconda alla manutenzione e agli interventi conservativi, e la terza destinata alla valorizzazione del bene e alla diffusione della sua conoscenza. In particolare questi modelli hanno un ruolo importantissimo nella prima fase della conoscenza: il rilevamento, unitamente all’analisi delle fonti di archivio e alla storia del bene stesso, costituisce una base fondante in cui i modelli tridimensionali ampliano il mondo della conoscenza non solo agli aspetti geometrico-formali, ma anche a quelli materici e coloristici.

Venendo al mondo della conservazione, oggi si cominciano a comprendere le enormi potenzialità dei modelli 3D in quanto essi sono esplorabili dal conservatore o dal restauratore meglio dell’opera stessa, con la possibilità di osservare quest’ultima alle diverse scale e da diversi punti di vista. Ad esempio, una delle operazioni tradizionali eseguita sulle superfici decorate di una facciata, come su di un affresco su una parete parzialmente rinvenuta in uno scavo, è quella della mappatura, che può essere effettuata direttamente sul modello tridimensionale in modo più preciso e puntuale di quanto non si potrebbe fare in cantiere direttamente sull’opera. Anche in questo caso la mappatura eseguita sul modello tridimensionale potrà essere trasferita sui grafici 2D, per ricavarne il progetto di intervento oppure per avere una documentazione di archivio esaustiva.

I modelli 3D consentono anche di effettuare la stesura del progetto, direttamente in tre dimensioni; si pensi ad esempio alla possibilità di ottenere il quadro fessurativo di un’opera che necessita di consolidamento da parte dei progettisti delle strutture, i quali potranno operare per le loro elaborazioni direttamente sul modello tridimensionale.

Analogamente accade per gli interventi di restauro che prevedono sia la rimozione di piccole superfetazioni, sia interventi di adeguamento all'accessibilità, per i quali sarà possibile valutare l'impatto delle trasformazioni operando direttamente sul modello 3D, eliminando le superfetazioni e inserendo, ad esempio, una scala di sicurezza; si realizza così la possibilità per il progettista di controllare direttamente nello spazio la validità di tali interventi sull'immagine e sulla fruibilità dell'opera. In questo caso si agisce attraverso modifiche dirette del modello 3D, in modo da avere un secondo modello che costituisce il progetto e che si affianca a quello relativo allo stato attuale dell'opera; il secondo modello, una volta ultimato, potrà essere utilizzato per ricavare la rappresentazione grafica 2D che costituirà la base del progetto di restauro da inviare al cantiere.

Passiamo a esaminare alcune esperienze sui modelli virtuali.

Nelle figure 1 e 2 sono riportati alcuni esempi di modelli 3D realizzati con differenti metodologie, tra i quali il progetto di Antonio da Sangallo per il nuovo San Pietro [2] e quello del Tempio del Divo Claudio [3].

In alcuni casi la nuvola di punti può essere utilizzata per eseguire delle misurazioni, come nel caso della scansione delle superfici interne di Hagia Sofia a Istanbul [4]. Qui la lettura dei dati dimensionali dei due archi di circonferenza del grande arco che sostiene la cupola nel passaggio dal vano centrale all'abside ci mostra che si tratta non già di un tronco di cilindro bensì di un tronco di cono (fig. 3); ciò conferma che Antemio di Tralle aveva messo in essere una correzione ottica per rendere più fluido il passaggio visivo tra la cupola e l'abside.

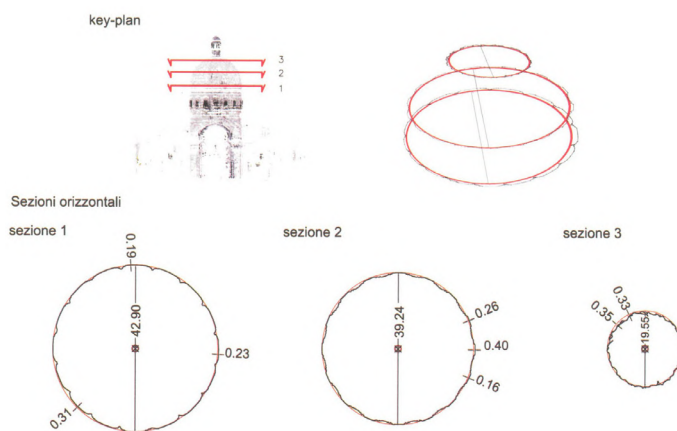


Fig. 5. Cupola della Basilica di San Pietro, Roma. Rilievo e tre sezioni orizzontali a differenti livelli [Docci, Ippolito 2009, p. 242].

La scansione laser della superficie interna della cupola di San Pietro di Michelangelo (fig. 4) ci ha consentito di elaborare una serie di tre sezioni orizzontali (fig. 5) dalle quali è risultata una serie di deformazioni rispetto alla sezione circolare che hanno evidenziato discostamenti fino a 40 cm. Tali dati hanno consentito di risalire alle cause di tali deformazioni, che sono da ricercare nel posizionamento delle catene che fanno da cerchiatura alla cupola durante la realizzazione di Giacomo della Porta e nei successivi interventi di Valadier [5].

Altro caso è quello dell'Arco di Giano, la cui scansione e modellazione 3D ci hanno permesso di avere un modello 3D affidabile e con una buona texturizzazione delle superfici mediante la sovrapposizione (*mapping*) al modello geometrico di foto ad alta definizione (fig. 6). Da tale modello orientato è facilmente ricavabile il prospetto grafico del fronte (modello 2D), come mostra la figura 7 [6]. La presenza di elementi decorativi su alcune parti dell'opera può richiedere scansioni con un intervallo più piccolo, intorno al centimetro, come si è fatto per le nicchie che presentano una decorazione a conchiglia di particolare raffinatezza. La sequenza delle fasi della scansione della nicchia dell'Arco di Giano, che dalla nuvola di punti arriva per passaggi successivi fino al modello 3D con la texture, che mostrano la geometria, il colore e i materiali utilizzati, è illustrata nella figura 8.

L'utilizzo da circa un decennio della fotografia per ricavare modelli virtuali 3D – che si caratterizzano per la loro economicità e per una incertezza sensoria accettabile, anche se non di pari livello alla scansione laser – ha aperto una nuova metodologia di rilevamento detta anche

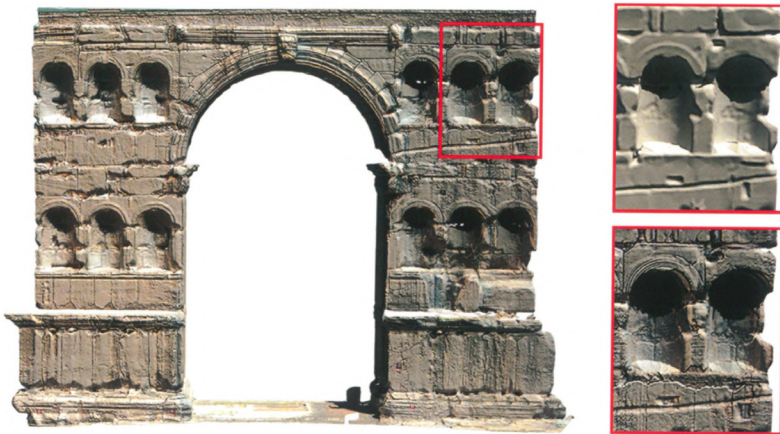


Fig. 6. Arco di Giano, Roma. Modello mesh di uno dei prospetti e dettaglio dello stesso [Ippolito 2011, p. 32].

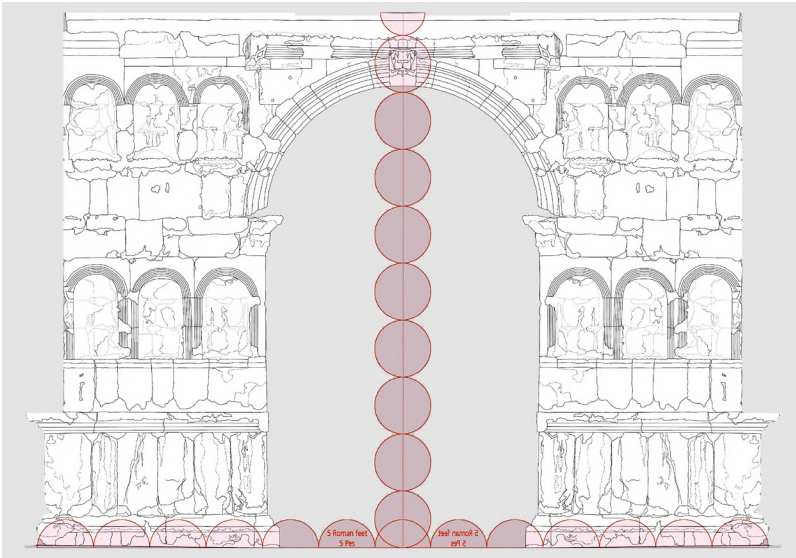


Fig. 7. Arco di Giano, Roma. Prospetto grafico del fronte e rapporti proporzionali in piedi romani (elaborazione grafica a cura di Alfonso Ippolito).

fotomodellazione o fotogrammetria digitale (*SfM*). Per sperimentarne la praticabilità di questa metodologia abbiamo eseguito la scansione dello stesso soggetto sia con il metodo del laser scanner sia con quello della fotomodellazione. La figura 9 ci mostra la sovrapposizione dei due rilevamenti eseguiti su una chiesa romanica a Cosenza; come si può osservare, le zone in colore blu sono sostanzialmente corrispondenti, mentre le zone in rosso sono quelle dove si rilevano le maggiori differenze, tuttavia va detto che l'errore medio è pari a cm 1,5 e la deviazione standard è pari a cm 1,07. Tenuto conto degli esiti, si può dire che per un edificio come l'Abbazia di Santa Maria della Matina l'errore è accettabile [7].

La fotomodellazione (*SfM*) in questi ultimi tempi, grazie anche a software molto affidabili quali ad esempio Agisoft PhotoScan, è diventata una nuova metodologia di rilevamento che consente in modo economico di rilevare oggetti purché tutti i punti da rilevare compaiano in almeno due distinti fotogrammi [8]. Nella figura 10, che documenta il rilevamento dell'Edicola della Musa a Villa Borghese a Roma, a sinistra è illustrato il modello 3D definitivo: in sequenza dall'alto il modello restituito dal software, quello restituito dalle mesh e infine la sovrapposizione delle foto ad alta definizione; la sequenza a destra mostra come dal modello 3D sia possibile ricavare piante e sezioni dell'edicola



[9]. Tale modello può essere utilizzato anche per finalità diverse quali ad esempio la valorizzazione del bene, dove il modello dell'edicola può essere integrato con informazioni sul bene, con immagini del passato e con altre informazioni, attraverso la realtà aumentata (fig. 11). In questo caso il modello 3D può essere anche meno definito e quindi più maneggevole al fine di utilizzarlo con strumenti con minori capacità come ad esempio gli *smartphone*.

Sui versanti della valorizzazione e della comunicazione più esaustiva possibile, i modelli tridimensionali possono dare un grande apporto alla creazione di musei virtuali e alle sinergie tra archeologia e musei. È il caso dell'area archeologica di Pyrgi a Santa Severa a Roma dove è presente la piattaforma del Tempio A con la dislocazione delle basi delle colonne, e del Museo Etrusco di Villa Giulia a Roma nel quale sono conservati molti elementi decorativi fittili provenienti dal suddetto tempio. È stato possibile modellare questi ultimi e il basamento del tempio al fine di realizzare un modello virtuale del tempio con la ricollocazione della decorazione fittile presente nel museo sul modello stesso. Il modello virtuale con tutti gli apporti dei reperti presenti nel museo potrà essere visibile sia nel museo stesso sia nel sito archeologico di Pyrgi, con grande beneficio per tutti i visitatori di entrambe le strutture [10] (figg. 12-13).

In conclusione possiamo affermare che il ricorso ai modelli 3D è oggi ampiamente diffuso e sicuro, in quanto molte sono le sue possibili utilizzazioni, sia nella fase della conoscenza del manufatto sia durante gli interventi su di esso. In fase di studio, ad esempio, il modello 3D dello stato attuale può essere modificato in modo da ricavare diversi modelli

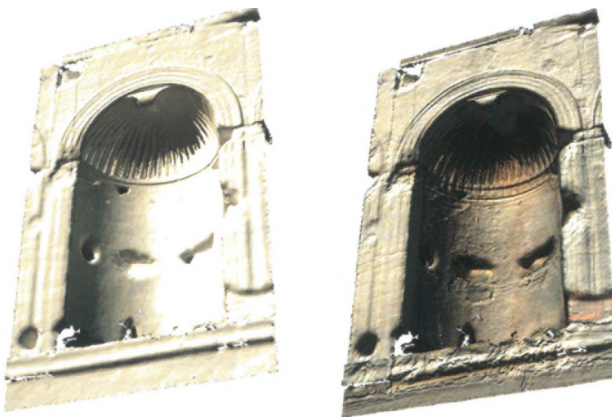
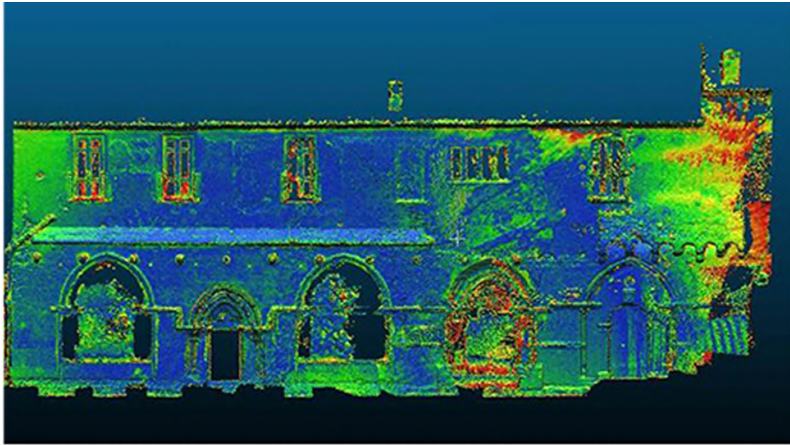


Fig. 8. Arco di Jano, Roma. Modello 3D mesh della nicchia [Ippolito 2011, p. 32].



Comparazione n.2 - media Deviazione Standard: 0,016m



Fig. 9. Abbazia di Santa Maria della Matina, San Marco Argentano (Cosenza). Comparazione tra i modelli numerici da scansione laser e da *Structure from Motion* della facciata e della sala capitolare. Rilievo ed elaborazione a cura di Alfonso Ippolito, Martina Attenni, Simone Russo.



Fig. 10. Edicola della Musa, Villa Borghese (Roma). Costruzione modelli 2D dal modello 3D.

che documentino le diverse trasformazioni che l'opera ha subito nel corso dei secoli; in molti casi è anche possibile realizzare un modello che restituisca l'opera come era stata ideata dal suo progettista, la quale potrà anche essere esplorabile per divenire un supporto per la comprensione del monumento, da fruirsi mediante le modalità offerte dalla realtà aumentata.

Uno degli aspetti più interessanti è costituito dalle possibili interazioni dei modelli 3D con il sistema BIM, il cui uso è oggi richiesto dalle nuove normative sui progetti delle opere pubbliche. Quest'ultimo non è un software per modellare né per rappresentare l'architettura, ma è un importate strumento – un software gestionale – per gestire il

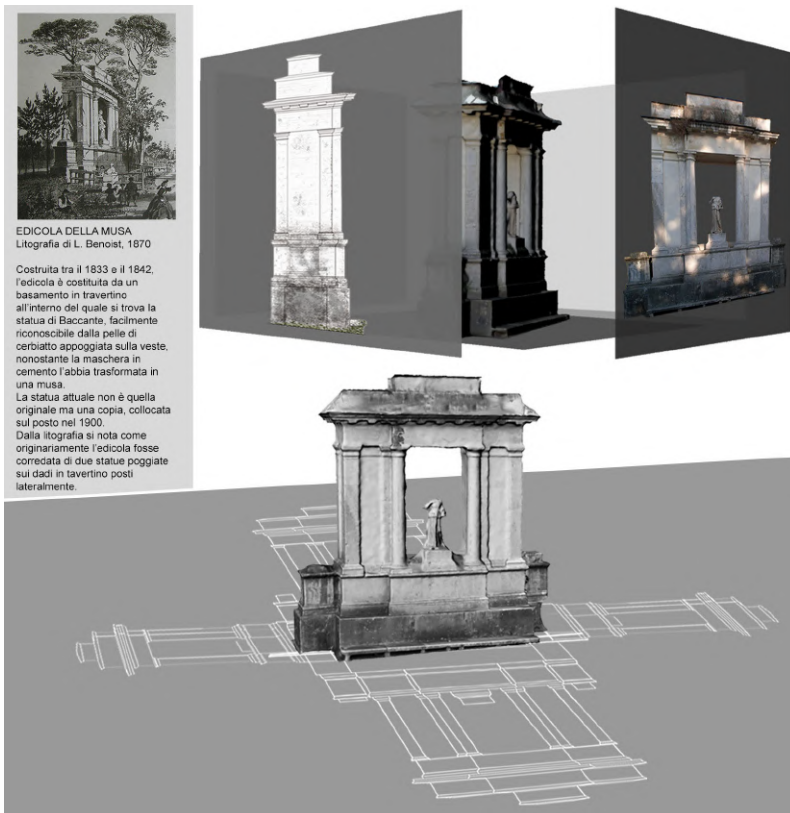


Fig. 11. Edicola della Musa, Villa Borghese (Roma). La comunicazione di dati eterogenei: il modello mesh 3D senza texture permette di ricostruire i prospetti geometrici dell'edicola; il modello mesh 3D con texture e la foto raddrizzata consentono di definire i prospetti architettonici individuandone anche lo stato di degrado. Nel layout si possono inserire anche i dati d'archivio reperiti (testi e immagini storiche). Rilievo ed elaborazione a cura di Martina Attenni.



Fig. 12. Altorilievo mitologico del Tempio A di Pyrgi, Santa Severa (Roma). Modello tridimensionale texturizzato da *Structure from Motion*. Rilievo ed elaborazione a cura di Martina Attenni.

progetto, il cantiere e, infine, la manutenzione dell'opera realizzata. Il BIM lavora per modelli di singoli elementi della fabbrica, pertanto è possibile importare al suo interno un modello 3D derivante da una nuvola di punti; questo aspetto è particolarmente interessante nel settore della conservazione, grazie alla possibile integrazione del sistema con i modelli 3D derivanti dal rilevamento. A tal proposito va osservato che questa integrazione presenta ancora alcune problematiche derivanti dal fatto che gli edifici storici sono in generale caratterizzati da strutture portanti di tipo lineare (murature continue portanti), mentre il BIM è stato elaborato per gestire progetti di edifici che utilizzano strutture portanti puntiformi; queste difficoltà oggi possono essere risolte mediante interventi manuali indirizzati a distinguere quali siano le murature portanti e quali quelle portate. Le volte degli edifici storici costituiscono un'altra categoria strutturale non prevista dalle attuali "librerie" del BIM e pertanto anche per quest'ultima dovrà trovarsi una soluzione nell'ambito di un nuovo BIM (il cosiddetto HBIM). Va anche tenuto conto che attualmente sono in corso molte ricerche volte a risolvere tale questione ed è pertanto prevedibile che anche questa difficoltà sia ben presto superata, con un notevole beneficio anche nella progettazione del restauro architettonico o archeologico.

È proprio il caso di ricordare che in questi ultimi anni il nostro Paese è stato, ancora una volta, colpito da un sisma devastante e che gli interventi di messa in sicurezza delle opere storiche, come già accaduto in passato, non sempre riescono, nonostante il grande impegno della Protezione Civile, a utilizzare tutto ciò che la ricerca scientifica può mettere a disposizione. Oggi noi disponiamo di metodologie di rilevamento con le quali, tramite l'impiego della fotomodellazione e dei laser scanner, in pochi giorni (5/10) siamo in grado di rilevare intere cittadine come ad esempio Camerino, e che permettono di realizzare in breve tempo modelli 3D relativi sia ai manufatti storici più significativi, sia all'intero aggregato urbano a una scala predeterminata.

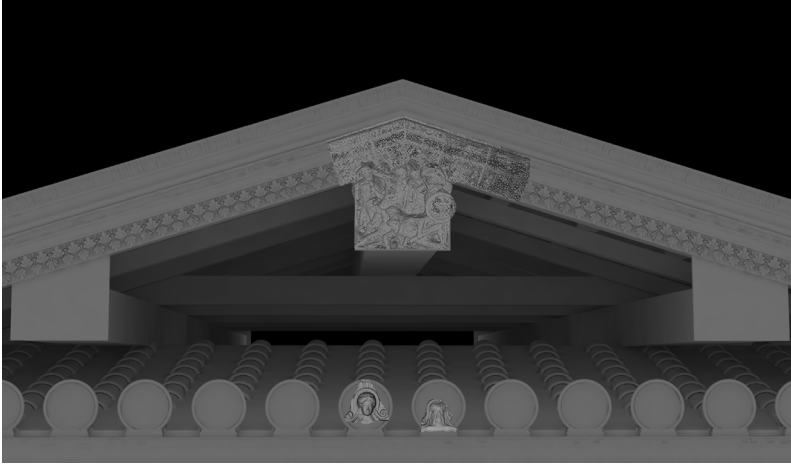


Fig. 13. Ricostruzione tridimensionale del Tempio A di Pyrgi, Santa Severa (Roma). Modello geometrico con integrazione del dato di rilievo da SfM. Elaborazione di Martina Attenni.

L'uso dei modelli 3D consentirebbe di lavorare con maggiore consapevolezza negli interventi di messa in sicurezza, operando correttamente dove è possibile e lasciando al proprio destino il bene quando esso dovesse risultare irrecuperabile. Oggi assistiamo a interventi di messa in sicurezza molto costosi che però dopo alcuni anni perdono la loro efficacia e non sono più in grado di garantire benefici in quanto il manufatto risulta irrecuperabile: operare alla luce di conoscenze profonde riduce i costi e in alcuni casi consente interventi più rapidi.

Se i modelli 3D possono fornire un contributo significativo nel dopo sisma, essi sono invece indispensabili nella fase preventiva, specialmente nelle zone sismiche di prima e seconda categoria per le quali, a mio avviso, dovrebbe essere reso obbligatorio l'impiego di questo processo di conoscenza. Un'architettura storica che risulti documentata mediante un rilievo con modello 3D potrà essere sottoposta a interventi di miglioramento sismico mirati a ottenere importanti riduzioni dei costi permettendo, al contempo, risultati statici rilevanti che consentiranno all'edificio di non crollare anche nel caso di sismi di elevata intensità.

Proprio in questa direzione, che vede nella prevenzione lo strumento più efficace e lungimirante, dovremo operare con le nostre metodologie, certi di poter conferire un contributo significativo al nostro Paese.

## Note

- [1] Per le problematiche generali sul rilevamento con i laser scanner si veda: Docci, Maestri 2009, cap. 9, pp. 217-229.
- [2] Docci 2007.
- [3] Ippolito 2009.
- [4] Cfr. i contributi nella rivista *Disegnare. Idee Immagini* 26: Bianchini, Paolini 2003; Docci 2003; Durukal, Erdik 2003.
- [5] Sul rilevamento della cupola vaticana, si veda: Docci, Ippolito 2009.
- [6] Per il rilevamento e la modellazione dell'Arco di Giano si vedano: Ippolito 2011; Inglese 2011.
- [7] Ippolito, Attenni, Inglese, Russo 2016.
- [8] Per una disamina dei problemi della fotomodellazione si veda: De Luca 2011.
- [9] Ippolito, Bartolomei, Attenni 2016; Bianchini, Ippolito, Bartolomei 2015; Ippolito, Bartolomei, Capiato 2013.
- [10] Ippolito, Attenni 2016; Attenni, Bianchini, Ippolito 2018.

## Riferimenti bibliografici

- Attenni, M., Bianchini, C., Ippolito, A. (2018). Emerging technologies for Archaeological Heritage: knowledge, digital documentation, communication. In Matsumoto, M., Uleberg, E. (Eds.). *Oceans of data. Proceedings of the 44th conference on computer applications and quantitative methods in archaeology: CAA2016*, Oslo 30 March - 3 April 2016. Oxford: Archaeopress, pp. 339-352.
- Bianchini, C., Ippolito, A., Bartolomei, C. (2015). The surveying and representation process applied to architecture: non contact-methods for the documentation of cultural heritage. In Brusaporci, S. (Ed.). *Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation*. Hershey PA, USA: Engineering Science Reference (IGI Global), pp. 45-93.
- Bianchini, C., Paolini, P. (2003). Rilievo per il restauro e la messa in sicurezza di Hagia Sophia a Istanbul: prime sperimentazioni / The survey for the restoration and the earthquake protection of Hagia Sophia in Istanbul: initial experimentation. In *Disegnare. Idee Immagini*, 26, pp. 20-31.
- De Luca, L. (2011). *La fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*. Palermo: Dario Flaccovio.
- Docci, M. (2003). Hagia Sophia. Analisi del rilevamento interno / Analysis of the survey of the interior of Hagia Sophia. In *Disegnare. Idee Immagini*, 26, pp. 32-45.
- Docci, M. (2007). La Basilica Vaticana non costruita. L'opera di Antonio da Sangallo. In *Disegnare. Idee Immagini*, 34, pp. 24-35.
- Docci, M., Ippolito, A. (2009). La Cupola di San Pietro: Analisi e Rilevamento. In Rocchi, P. (a cura di), con la collaborazione di Bussi, L., Carusi, M. *Nuove ricerche sulla Gran Cupola del Tempio Vaticano*. Roma: Edizioni PREprogetti, pp. 232-246.
- Docci, M., Maestri, D. (2009). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Roma, Bari: Laterza.
- Durukal, E., Erdik, M. (2003). Proteggere Hagia Sophia dai terremoti: una sfida per l'ingegneria e la conservazione / Earthquake protection of Hagia Sophia: a challenge for engineering and conservation. In *Disegnare. Idee Immagini*, 26, pp. 8-19.
- Inglese, C. (2011). Il raddrizzamento fotografico dell'Arco di Giano in Roma. In Docci, M., Chiavoni, E., Filippa, M. (a cura di). *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*. Ricerca Prin 2007 (Mario Docci coordinatore nazionale). Roma: Gangemi Editore, pp. 35-40.

Ippolito, A. (2009). La modellazione delle superfici murarie del Tempio del Divo Claudio a Roma. In *Disegnare. Idee Immagini*, 38, pp. 76-85.

Ippolito, A. (2011). La costruzione dei modelli per il rilievo archeologico. In Docci, M., Chiavoni, E., Filippa, M. (a cura di). *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*. Ricerca Prin 2007 (Mario Docci coordinatore nazionale). Roma: Gangemi Editore, pp. 27-34.

Ippolito, A., Attenni, M. (2016). *εκφρασις* (ekphrasis): un problema di rappresentazione. In Bini, M., Bertocci, S. (a cura di). *Le ragioni del Disegno / The reasons of Drawing*. Atti del XXXVIII Convegno internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione – XIII Congresso della Unione Italiana per il Disegno, Firenze, 15-16-17 settembre 2016. Roma: Gangemi Editore, pp. 395-402.

Ippolito, A., Attenni, M., Inglese, C., Russo, S. (2016). Rilievo, misura e qualità. Questioni sul metodo. In Parrinello, S., Besana, D. (a cura di). *ReUSO 2016. Contributi per la documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e tutela paesaggistica*. Firenze: Edifir, pp. 32-41.

Ippolito, A., Bartolomei, C., Attenni, M. (2016). The past is never dead. It's not even past. 3D Models for knowledge of CH. In Thwaites, H., Lau, S.L., Addison, A. (Eds.). *Proceedings of the 2016 International Conference On Virtual System & Multimedia (VSMM)*. Kuala Lumpur, 17-21 October 2016, pp. 221-229.

Ippolito, A., Bartolomei, C., Capiato, E. (2013). La fotografia come strumento per la catalogazione: documentare per catalogare attraverso l'uso dell'*image matching*. In Rodríguez-Navarro, P. (a cura di). *DISEGNARECON, Disegnare con la fotografia digitale*, vol. 6, n. 12, pp. 129-134.

## **Autore**

Mario Docci

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Sapienza Università di Roma  
mario.docci@uniroma1.it

# Il progetto per un'accessibilità ampliata del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia

Marta Novello, Elena Braidotti

*Since 2015, the National Archaeological Museum of Aquileia has been subjected to extensive renovation and rearrangement of spaces and collections.*

*The overall project aims to create a museum itinerary that is fully accessible in the organization of spaces and use of contents. For this reason, the museum didactic tools have been elaborated, paying great attention to the choice of languages, in order to guarantee everyone an educational and rewarding visiting experience. Next to the possibility of a stand-alone visit to the museum, the educational department also offers didactic activities developed explicitly on users' specific needs.*



Fig. 1. Il nuovo padiglione d'ingresso del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia [Archivio MAN Aquileia, foto di A. Chemollo].





Dal 2015 il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia è inserito nel Piano strategico “Grandi Progetti Beni Culturali” del Ministero per i beni e le attività culturali, destinati al completamento di musei di rilevante interesse nazionale (annualità 2015-2016 e 2017-2018). L'importante finanziamento ha consentito di attuare un nuovo progetto museale che prevede il rinnovamento dell'intero complesso.

Il progetto, suddiviso in lotti successivi e attualmente in corso di realizzazione [1], costituisce il primo intervento complessivo attuato dopo il radicale restauro dell'ottocentesco complesso museale realizzato nel dopoguerra e conclusosi nel 1955, la cui impostazione generale – salvo interventi puntuali volti al rinnovamento di singole sale e sezioni espositive – ha sostanzialmente caratterizzato il museo fino ai giorni nostri. Il processo così avviato intende adeguare il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia agli attuali standard museali, con il fine di meglio rispondere, nel pieno rispetto dell'identità storica del luogo, alle più attuali istanze in termini di comunicazione, servizi e accessibilità. L'obiettivo è quello di fare dell'antica istituzione un luogo aperto a tutti, e non solo ai cultori dell'archeologia, un luogo vivo, nel quale il pubblico, nella sua interrelazione con la collezione, diventi ancor più di prima il protagonista dell'esperienza di visita, vissuta con tutte le ormai imprescindibili dotazioni di comfort e accessibilità. Tale impostazione ha guidato sia la progettazione degli interventi strutturali dell'edificio e il riallestimento della raccolta archeologica sia la definizione di percorsi specifici rivolti alle diverse categorie di pubblico.

## **I. Il nuovo percorso museale**

### *I.1. Il riallestimento della sede espositiva della Villa Cassis Faraone*

Il primo lotto del progetto, concluso nel 2018, ha riguardato il nucleo principale della sede espositiva, costituito dalla ottocentesca Villa Cassis Faraone [2]. L'edificio è stato dotato di un nuovo padiglione d'ingresso, inteso come vero e proprio biglietto da visita del museo, destinato all'accoglienza del pubblico e a ospitare i servizi di biglietteria, bookshop e guardaroba, questi ultimi due assenti nel precedente allestimento (fig. 1).

Fin dalle fasi iniziali di progettazione si è prestata grande attenzione agli aspetti relativi all'accessibilità degli spazi, per garantire un percorso di visita non solo privo di barriere architettoniche, ma anche di facile fruizione per qualsiasi categoria di pubblico, privilegiando spazi ampi e caratterizzati dalla disposizione ordinata ed equilibrata di reperti e apparati didattici [3]. Sedute e luoghi di sosta sono stati progettati lungo il

percorso per rendere più agevole e confortevole l'esperienza di visita. Le nuove scelte museologiche e museografiche hanno trasformato radicalmente il precedente percorso di visita. Il criterio espositivo, per decenni improntato alla classificazione tipologica dei reperti, è stato ripensato nel linguaggio e nei contenuti; i materiali sono stati sottoposti a una attenta opera di selezione e vengono ora presentati all'interno dei loro ambiti di utilizzo, nell'intento di offrire un più coinvolgente percorso narrativo, in grado di consentire una maggiore comprensione della antica città romana di Aquileia.

Il racconto è suddiviso in sezioni corrispondenti a unità narrative numerate progressivamente, che accompagnano il visitatore lungo un percorso omogeneo e facilmente fruibile, alla scoperta di quello che fu uno dei più importanti centri economici, culturali e strategico-militari del mondo romano. Il contenuto di ogni unità narrativa è illustrato da apparati testuali in italiano e inglese, organizzati tenendo in considerazione un doppio livello: i pannelli di sala, essenziali nel numero e nella lunghezza (per un massimo di 1.500 caratteri ciascuno), introducono gli argomenti delle sezioni e collegano tra loro i reperti, mentre le didascalie (sintetiche o di approfondimento) permettono dei *focus* sugli og-



Fig. 2. La sezione dedicata alle domus di Aquileia nel nuovo percorso espositivo [Archivio MAN Aquileia, foto di A. Chemollo].

getti più significativi della collezione. I testi sono stati elaborati seguendo le indicazioni delle Linee guida MiBACT [4], con grande attenzione all'utilizzo di un linguaggio piano che riduce al massimo i termini tecnici e ne fornisce in ogni caso gli strumenti interpretativi quando necessari. Per agevolare la lettura si è scelto di usare un carattere non graziato con una interlinea adeguata e utilizzando colori diversi per distinguere più comodamente l'italiano dall'inglese.

L'intento narrativo e la volontà di avvicinare i visitatori agli oggetti esposti hanno guidato anche la selezione dei reperti: all'interno delle singole sezioni le nuove vetrine espositive si alternano alle opere la cui conservazione non impone dissuasori o ulteriori protezioni, così da creare un dialogo ancora più diretto e "immersivo" tra il visitatore e il bene culturale (fig. 2).

### *1.2. La riorganizzazione degli spazi esterni*

La necessità di ripensare il percorso museale in modo da rendere l'esperienza di visita maggiormente conforme alle attuali esigenze di comfort e accessibilità ha guidato anche la riorganizzazione degli spazi esterni, costituiti da un articolato sistema di gallerie e spazi di deposito, sviluppati a partire dalla fine del XIX secolo, che circondano il giardino storico della Villa Cassis Faraone.

Il progetto, cui è dedicato il secondo lotto dei lavori attualmente in corso di realizzazione [5], prevede il collegamento al coperto del sistema di ingresso e dell'edificio principale con un settore collocato nelle Gallerie lapidarie, dove troveranno posto i nuovi servizi igienici e uno spazio multifunzionale utilizzabile come area conferenze e di ristoro.

Grazie a questo nuovo settore di collegamento il circuito di visita verrà reimpostato, attivando un più razionale percorso circolare completamente al coperto, atto a guidare il visitatore dal punto di ingresso (rappresentato dal nuovo spazio biglietteria) all'uscita, attraverso i diversi settori del complesso museale. I magazzini verranno inoltre riorganizzati e dotati dei necessari impianti ai fini di un loro utilizzo multifunzionale come deposito ordinario, con spazi per esposizioni temporanee e un'aula didattica.

M.N.



Fig. 3. Esplorazione tattile di reperti originali [Archivio MAN Aquileia].

## 2. Il progetto per l'accessibilità ampliata

A completamento del progetto di riallestimento della collezione sono state avviate negli ultimi mesi una serie di azioni volte a “vestire” l'attuale percorso espositivo di ulteriori strumenti e dispositivi per la fruizione ampliata, in modo da potenziare gli apparati didattici e facilitare il pubblico con specifiche esigenze di apprendimento proponendo nuove modalità di fruizione (fig. 3). Il percorso espositivo verrà dunque arricchito di alcuni strumenti (sedute, segnaletica, mappe di orientamento, riproduzioni tridimensionali degli oggetti) e si procederà contemporaneamente all'implementazione di sistemi didattici multimediali da utilizzare sia all'interno del museo sia da remoto (come audiodescrizioni su *smartphone* e filmati con linguaggi differenziati). Le azioni progettate affrontano il tema dell'accessibilità fin dall'esterno del museo mediante la predisposizione di strumenti propedeutici alla visita per poi svilupparsi con coerenza lungo il percorso [6].

### 2.1. Gli ausili per l'orientamento all'interno del complesso museale

All'interno del padiglione di accoglienza è stata collocata nel maggio del 2019 una mappa dell'intero complesso museale, che comprende l'insieme delle Gallerie lapidarie e della Villa Cassis Faraone (fig. 4). Nella pianta compaiono le informazioni di primo orientamento e le indicazioni

relative alla posizione dell'ascensore, dei servizi igienici, degli ingressi e delle uscite. Le planimetrie dei singoli piani forniscono, inoltre, gli elementi necessari alla conoscenza delle diverse sezioni in cui è articolato il percorso narrativo, anticipando così i contenuti dell'esposizione. Di carattere introduttivo è anche il breve testo semplificato e tradotto in Braille che propone la chiave di lettura del nuovo allestimento museale. La mappa è l'esito di una progettazione partecipata e condivisa tra il personale del Servizio Educativo del museo, lo Studio di Architettura GTRF Giovanni Tortelli Roberto Frassoni Architetti Associati e l'associazione Lettura Agevolata, che hanno saputo coniugare un'estetica coerente con l'allestimento a scelte grafiche attente a una ottimale leggibilità. Lo strumento intende infatti costituire un dispositivo per tutti, di immediata comprensione e interpretazione: l'elaborato grafico, caratterizzato da colori a contrasto e linee ben marcate, si sovrappone a un disegno a rilievo comprensivo di scritte in Braille e campiture con texture differenziate, che definiscono le funzioni e la percorribilità degli spazi museali. La lettura tattile e visiva della mappa può avvenire in autonomia nel caso di utenti più esperti con il solo uso delle legende oppure può essere mediata, oltre che dall'intervento di un operatore museale, anche dalla presenza di un testo audio che descrive la mappa nella sua interezza ana-



Fig. 4. La mappa tattile per tutti collocata all'ingresso del museo [Archivio MAN Aquileia].

lizzandone l'orientamento e il contenuto. Tale testo costituisce la prima tappa del percorso tattile audiodescritto che si sviluppa lungo tutto il percorso museale e di cui si parlerà più sotto.

Sulla mappa è stata risparmiata una fascia che si intende utilizzare prossimamente per l'inserimento di QR code che rimanderanno a contenuti aumentati, presenti sul sito internet del museo.

La necessità di orientarsi all'interno della struttura museale anche durante l'esperienza di visita rende opportuno pensare a uno strumento che il visitatore può portare con sé nel corso dell'esperienza: si auspica quindi di poter stampare una sintetica brochure contenente la riproduzione della mappa tattile e l'aggiunta di informazioni essenziali in linguaggio semplificato e Braille.

## 2.2. Il percorso tattile audiodescritto

Il criterio espositivo di tipo narrativo che sta alla base del nuovo percorso museale ha incoraggiato la progettazione di un itinerario di visita specifico per categorie di pubblico con disabilità sensoriali e cognitive che necessitano di modalità di fruizione alternative.

La disposizione dei reperti, dentro e fuori vetrina, distribuiti lungo tutte le sezioni, ha indotto a selezionare alcuni manufatti particolarmente identificativi per ciascuna tematica e a metterli a disposizione in un percorso tattile audiodescritto che segue il filo logico della narrazione museale. L'intenzione è quella di garantire un'esperienza di visita realmente inclusiva, che si snoda lungo tutte le sale espositive e che è sempre fruibile, anche senza il diretto intervento di un operatore museale dedicato.

L'audiodescrizione che guida l'esperienza tattile su reperti originali è fruibile grazie all'uso di uno *smartphone*, messo gratuitamente a disposizione del pubblico che ne fa richiesta (fig. 5). I testi si attivano automaticamente di sala in sala attraverso un sistema di *beacon* collegati via *bluetooth* al dispositivo digitale, che funziona grazie a un'applicazione sviluppata [7] per operare con un'interfaccia essenziale: l'unico input previsto da parte dell'utente è il tocco dello schermo per interrompere e riavviare l'audio. Quando il *beacon* della sala "aggancia" lo *smartphone*, quest'ultimo avverte con una vibrazione l'utente sulla disponibilità di un contenuto. L'applicazione prevede un sistema di implementazione dei contenuti semplice e sostenibile [8], in cui gli operatori museali possono continuamente caricare e modificare i testi, in italiano e in inglese, a seconda delle specifiche esigenze temporanee del museo: è possibile quindi variare nel tempo il percorso sostituendo o aumentando i reperti "toccabili", per proporre esperienze di visita diverse e incentivare il ritorno a distanza di tempo al museo.



Fig. 5. Le audiodescrizioni che guidano il percorso tattile sono fruibili attraverso dispositivi messi a disposizione dal museo [Archivio MAN Aquileia].

I testi audio bilingue sono stati composti dai laureandi della Sezione di Studi in Lingue Moderne per Interpreti e Traduttori (SSLMIT) del Dipartimento di Scienze Giuridiche, del Linguaggio, dell'Interpretazione e della Traduzione dell'Università degli Studi di Trieste, nell'ambito di tesi dedicate all'audiodescrizione [9]. Il Servizio Educativo del museo è intervenuto per la parte dei contenuti specialistici e per gli aspetti strettamente pertinenti alla didattica e alla mediazione culturale. Ci si è potuti avvalere anche della collaborazione dell'Unione Italiana dei Ciechi e degli Ipovedenti e dell'Istituto Regionale Rittmeyer per i Ciechi di Trieste [10], il cui intervento è stato fondamentale per rendere i testi strumenti utili all'orientamento negli spazi museali, alla localizzazione dei reperti esplorabili, alla lettura tattile e all'interpretazione degli oggetti nell'ambito del tema della sezione espositiva.

### *2.3. La lettura agevolata dei pannelli di sala*

Per facilitare la lettura dei pannelli didattici di sala si è deciso di inserire nell'allestimento un QR code per ciascuno dei testi stampati: i collegamenti multimediali rimandano alle trascrizioni dei contenuti italiani e inglesi ed è quindi in tal modo possibile leggere i testi sul proprio strumento digitale servendosi eventualmente dei dispositivi di lettura personali (ingranditori, sintetizzatori vocali, ecc.).

#### *2.4. I filmati in lingua dei segni e sottotitoli*

Per favorire l'orientamento all'interno del complesso museale e per potenziare l'apparato didattico del percorso di visita è prevista, come si è già anticipato, anche la realizzazione di prodotti multimediali che comprendono diversi sistemi di comunicazione integrati tra loro. Verrà quindi realizzato un filmato introduttivo da caricare sulla pagina web del museo e fruibile anche attraverso la lettura di QR code: l'uso integrato di LIS e sottotitoli consentirà di trasmettere le informazioni necessarie per organizzare la visita più adatta alle proprie esigenze e per orientarsi all'interno del museo. L'obiettivo è quello di produrre contenuti che, con un linguaggio semplificato e uno stile accattivante, costituiscano un ausilio e un incentivo alla visita per diverse categorie di pubblico, anche con disabilità sensoriali e cognitive [11].

La fruizione di questi contenuti sarà possibile anche grazie all'intervento di generale ristrutturazione che si intende attuare sul sito internet del museo. La piattaforma dovrà infatti divenire nei prossimi mesi un archivio di contenuti di immediata consultazione, utili sia all'organizzazione del personale percorso di visita del museo sia all'approfondimento delle tematiche proposte lungo le sale espositive.

#### *2.5. Gli ausili per facilitare la visita*

Per garantire un'esperienza di visita non stancante dal punto di vista fisico, si intendono mettere a disposizione del pubblico, gratuitamente, delle sedute leggere e portatili che consentano di effettuare una sosta in qualsiasi punto del percorso di visita.

L'utente può in tal modo decidere in autonomia dove concedersi un momento di pausa, magari di fronte a un'opera di particolare interesse, oppure quando approfondire con calma la lettura di un apparato didattico più approfondito. Tali sedute saranno utili anche nel corso delle visite guidate, per godere appieno dell'esperienza di visita che può risultare particolarmente faticosa per la protratta sosta in piedi. In alcuni casi è necessario anche l'utilizzo di una sedia a rotelle che il museo già mette a disposizione del pubblico gratuitamente.

#### *2.6. I laboratori e i progetti educativi*

Parallelamente alla predisposizione dei nuovi strumenti di facilitazione e comunicazione che mirano all'autonomia di ogni visitatore all'interno del complesso museale e alla possibilità di scegliere quale proposta didattica sia più congeniale alle proprie specifiche esigenze, il museo propone anche una serie di attività che prevedono la mediazione di un operatore specializzato in didattica museale (fig. 6). Lo scopo resta



quello di rendere il patrimonio uno strumento efficace e stimolante per la crescita e il benessere delle persone.

La proposta educativa, sperimentata anche durante il periodo di parziale chiusura del museo e rimasta parte dell'offerta permanente al pubblico, prevede tra le altre attività anche esperienze di scoperta del patrimonio con modalità inusuali.

Una ricca selezione di reperti originali di materiali diversi è stata infatti messa a disposizione per l'organizzazione di eventi su prenotazione che propongono la scoperta "al buio" dei reperti, con un approccio diretto e multisensoriale basato sui vantaggi che la manipolazione attiva apporta nei processi di apprendimento, sia dei bambini che degli adulti. L'operatore museale in questo caso guida l'utente nella scoperta del reperto, favorendo la costruzione dei contenuti attraverso tecniche di analisi e rielaborazione basati su confronti e analogie con il proprio vissuto. La mediazione di un professionista del museo garantisce anche la sostenibilità dell'attività dal punto di vista della tutela e della conservazione dei reperti.

### *2.7. La verifica del progetto*

Nell'ambito del progetto per l'accessibilità ampliata del museo, si ritiene opportuno prevedere modalità di verifica del livello di gradimento e delle ricadute educative della proposta. Per questo motivo sono stati



Fig. 6. Attività educative per tutti al museo [Archivio MAN Aquileia].

predisposti alcuni sintetici questionari di gradimento specifici per gli utenti che sperimentano il percorso audiodescritto e i laboratori di esplorazione tattile, con lo scopo principale di cogliere e correggere eventuali problematiche in tempi utili nonché di creare un rapporto diretto e attivo con il pubblico.

E.B.

## Note

[1] Il contributo descrive lo stato del progetto aggiornato all'estate del 2019. Ulteriori azioni che sono state progettate e completate negli anni successivi non sono pertanto descritte. Per una prima presentazione del nuovo progetto di allestimento si veda: Novello M. (2018). Il "nuovo" Museo Archeologico Nazionale di Aquileia. Primi risultati e riflessioni in corso d'opera. In *Bollettino d'Arte*, 37-38, pp. 145-152.

[2] Il progetto ha coinvolto un gruppo di lavoro costituito da Luca Caburlotto (direttore Polo museale del Friuli Venezia Giulia), Marta Novello (direttore Museo Archeologico Nazionale di Aquileia, con la direzione scientifica del progetto, con Elena Braidotti e Annalisa De Franzoni), Anna Chiarelli (responsabile unico del procedimento), Stefania Casucci (coordinamento del progetto), Giovanni Tortelli - GTRF Giovanni Tortelli Roberto Frassonni Architetti Associati e Daniele De Santis (progetto museografico e progetto grafico). Il Comitato scientifico è composto da Gemma Sena Chiesa, Francesca Ghedini, Franca Maselli Scotti, Matteo Ceriana, Francesca Morandini.

[3] Dopo l'emanazione con D.M. 28 marzo 2008 delle *Linee guida per il superamento delle barriere architettoniche nei luoghi di interesse culturale* e le modifiche all'art. 6 del *Codice dei beni culturali e del paesaggio* (D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42) apportate tra 2006 e 2008, il MiBACT ha continuato a promuovere e incentivare tutte le azioni mirate alla più ampia fruizione dei luoghi della cultura statali. Recentemente la Direzione Generale Musei ha formato nel 2017 uno specifico gruppo di lavoro per l'elaborazione di nuove Linee guida per la redazione del *Piano di eliminazione delle barriere architettoniche (P.E.B.A.) nei musei, complessi monumentali, aree e parchi archeologici* (D.D. rep. n. 582 del 27.06.2017), emanate a luglio 2018. Sulla base di tale documento si sta lavorando alla predisposizione di strumenti progettuali e metodologici di supporto ai Musei, ai Poli museali e agli Istituti dotati di autonomia speciale del MiBAC, anche in relazione all'*Adozione dei livelli minimi uniformi di qualità per i musei e i luoghi della cultura di appartenenza pubblica e attivazione del Sistema Museale Nazionale* (D.M. 21 febbraio 2018 rep. n. 113), che fanno esplicito riferimento agli strumenti di facilitazione per l'accessibilità al patrimonio da parte di persone con disabilità. La Direzione Generale Musei ha inoltre di recente curato la pubblicazione, tra i "Quaderni della valorizzazione", del volume *Il patrimonio culturale per tutti. Fruibilità, riconoscibilità, accessibilità. Proposte, interventi, itinerari per l'accoglienza ai beni storico-artistici e alle strutture turistiche*, a cura di G. Cetorelli, M. R. Guido, Roma 2018. Il tema dell'accessibilità è anche il primo principio trasversale su cui si basa l'ultimo Piano nazionale per l'educazione al patrimonio culturale elaborato dalla Direzione Generale Educazione e Ricerca del MiBAC per il biennio 2018-2019.

[4] Da Milano C., Sciacchitano E. (2015). *Linee guida per la comunicazione nei musei: segnaletica interna, didascalie e pannelli, Quaderni della Valorizzazione, NSI*. Roma. Il testo è stato aggiornato a giugno 2019 con gli *Approfondimenti per la redazione di didascalie e pannelli*.

[5] Il responsabile unico del procedimento di questo secondo intervento è Anna Chiarelli; la progettazione è della Gnosis Architettura Società Cooperativa.

[6] Il progetto, parzialmente sostenuto con fondi ministeriali previsti dalla programmazione dei "Grandi Progetti Beni Culturali", è già stato cofinanziato da un contributo del Rotary Club di Aquileia, Palmanova e Grado e attualmente costituisce una delle proposte di intervento presenti sul portale del MiBAC Art Bonus, dedicato alla gestione delle erogazioni liberali a favore del patrimonio culturale pubblico italiano.

[7] La società che ha curato la programmazione dell'app commissionata dal Rotary Club è NearIT di Bergamo.

[8] Il testo è tradotto in audio da un sintetizzatore vocale automatico che asseconda eventuali modifiche apportate ai testi, senza imporre continue registrazioni.

[9] Le laureande Chiara Petracchi, Valeria Collavini e Carolina Valle sono state seguite dal professor Christopher John Taylor e dalla professoressa Elisa Perego.

[10] Il presidente Hubert Perfler ha testato il percorso.

[11] In quest'ottica il museo ha deciso di partecipare attivamente anche al progetto della Fondazione Radiomagica Onlus che sta elaborando mappe parlanti e videostorie con audio, disegni animati e video in LIS per raccontare il patrimonio culturale della regione Friuli Venezia Giulia.

## **Autrici**

*Marta Novello*  
Direttore del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia  
[marta.novello@cultura.gov.it](mailto:marta.novello@cultura.gov.it)

*Elena Braidotti*  
Museo Archeologico Nazionale di Aquileia  
[marta.novello@cultura.gov.it](mailto:marta.novello@cultura.gov.it)

# Accessibilità e patrimonio culturale: alcuni spunti di riflessione per nuovi approcci progettuali

Ilaria Garofolo

*The aim of recent national and international regulations is to ensure equality and the right to culture for every individual, with particular attention to the different forms of disability or the specific needs of the public. For these reasons, it is necessary to design with an integrated approach that goes from the technical dimension to the social one, based on the concept of inclusiveness. In this multidimensional vision, the correct design of accessibility and interpretation, communication and use of cultural heritage and its identity values –tangible and intangible– with an integrated approach offers various opportunities and suggests further reflections.*

Nell'ambito della più generale dialettica tra conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale, il tema dell'accessibilità ha acquisito una sua centralità scientifica da poco più di un decennio ed è il *focus* delle azioni sviluppate da diversi attori coinvolti nel raggiungimento dell'obiettivo indicato dell'art. 30 della Convenzione ONU sui diritti delle persone con disabilità (CRPD): far sì che le persone con disabilità possano prendere parte, su base di eguaglianza con gli altri, alla vita culturale; dunque, tra le altre cose, abbiano accesso a luoghi come teatri, musei, cinema, biblioteche e servizi turistici, e, per quanto possibile, abbiano accesso a monumenti e siti importanti per la cultura nazionale. Le motivazioni che hanno spinto in questa direzione sono molteplici e diverse: da una parte, le associazioni delle persone con disabilità, impegnate in un processo di rivendicazione del diritto di essere parte attiva nella società civile attraverso il rispetto per la dignità intrinseca, l'autonomia individuale e l'indipendenza possibile e compatibile con le proprie condizioni e capacità; dall'altra, una serie di attori prevalentemente pubblici che, riconoscendo cruciale la centralità del fruitore, hanno man mano modificato le iniziative e gli ambiti di intervento nel rapporto tra bene culturale e pubblico, con l'intento di stabilire un rapporto biunivoco tra uomo e contesto, per rendere intellegibile il messaggio che viene trasmesso dal patrimonio culturale. In tal senso, significativi sono gli sforzi per far "entrare in relazione" i fruitori con i beni culturali e le opere d'arte, sostenendo il principio che le stesse non sono più solo possedute ma partecipate da tutta la comunità.

In Italia, un primo riconoscimento dell'accessibilità alla cultura come "mezzo per favorire lo sviluppo civile ed economico del Paese" si trova nelle premesse delle Linee guida del MiBACT (2008, revisionate nel 2018), le cui basi teoriche integrano quelle dettate dal Codice Urbani con l'evoluzione del concetto di disabilità dal modello medico a quello bio-psico-sociale dell'uomo, propugnato dall'OMS, Organizzazione Mondiale della Sanità (modello ICF). Dalla lettura della CRPD emerge come il diritto alla cultura debba essere assicurato a tutti, e si debbano creare i presupposti perché ciò avvenga: ciò implica lavorare in un'ottica olistica che metta insieme gli elementi facilitatori per favorire le persone, anche le categorie più svantaggiate, nel loro percorso di conoscenza e crescita culturale.

In questo contesto il concetto di fruizione del patrimonio ha registrato un profondo cambiamento: ogni persona è sempre più un soggetto attivo, che contribuisce alle fasi di costruzione dei significati, fino a divenire da semplice fruitore un vero e proprio *cultural prosumer*.

In quest'ottica, i processi inclusivi e l'accessibilità sono due driver con cui i progetti più recenti di valorizzazione di siti e beni di interesse

culturale si sono misurati, per contribuire a generare conoscenza e benessere. Inoltre, negli ultimi due decenni numerosi documenti (Carte) hanno introdotto nuovi concetti nel campo della conservazione del patrimonio culturale, mettendo al centro il ruolo delle comunità e il tema dei “valori”, tangibili e intangibili, nonché la necessità di poter trasmettere gli stessi a un più vasto pubblico, rendendolo protagonista attivo del processo stesso. Tra queste, la Convenzione di Faro (2005) ha introdotto il concetto delle *heritage communities*; in seguito, nel 2008 attraverso la Carta di Ename l'ICOMOS (Principio 1: Accesso e comprensione) ha stabilito che “l'interpretazione e la comunicazione devono incoraggiare individui e comunità a riflettere sulla propria percezione di un sito e aiutarli a istituire con esso una relazione densa di significato, offrendo spunti di riflessione oltre che fatti. L'obiettivo è quello di stimolare nuovi interessi, apprendimenti, esperienze ed esplorazioni” e che, di conseguenza “deve essere fatto ogni sforzo per comunicare i valori e il significato del sito a pubblici diversi”.

C'è dunque la necessità di garantire una corretta interpretazione e una efficace comunicazione dei valori, tangibili e intangibili, del patrimonio culturale; a tal fine, garantire le condizioni affinché tutti i membri della comunità possano partecipare con diversi ruoli e in diversa misura alla sua conservazione e valorizzazione, è una strategia efficace di azione.

Una più larga interpretazione del concetto di “pubblici diversi” presuppone la considerazione di diversi interessi e diverse capacità che il fruitore del patrimonio culturale manifesta nel suo rapporto con esso; per chi si occupa di progettazione per la conservazione e la valorizzazione, ciò richiama a un agire secondo i principi dello *Universal Design* (UD) per trovare quel sistema integrato di soluzioni che permetta di rispondere alle esigenze dei fruitori nel loro relazionarsi con il patrimonio stesso, non tralasciando l'aspetto emozionale del rapporto tra persona e contesto.

### **Accessibilità e progetto: dalla soluzione tecnica alla dimensione sociale**

Il patrimonio culturale rappresenta un valore identitario forte per un territorio e la sua comunità, e lavorare su di esso e sui valori trasmessi significa contribuire a riconoscere il ruolo di collante che la cultura ha per una comunità. Proprio perché il rapporto con il bene culturale non prescinde dalle condizioni di contesto, è importante che tutto ciò che ostacola questo rapporto venga rimosso, nel rispetto dell'autenticità del significato che provenendo dal passato costituisce il nostro pre-

sente in termini di memoria, in primo luogo individuale e poi collettiva. È dunque indispensabile incrementare la consapevolezza del suo valore come risorsa condivisa, favorendone la conoscenza con strumenti facilitatori della fruizione e per la comunicazione verso le più ampie fasce di popolazione (secondo la filosofia del *Design for All*).

Un passo importante dal punto di vista culturale, registrato negli anni più recenti, è stato quello di passare dal concetto di “superamento delle barriere” – collegato alla risoluzione di problemi puntuali, per accezione largamente diffusa riferibili a fatti architettonici – al concetto di “accettare la sfida” per innalzare il livello culturale, economico e più in generale il benessere di una intera comunità. È indubbio che ciò abbia determinato un diverso approccio al progetto di accessibilità di un bene o di un sito di interesse culturale, non da ultimo perché sottintende un riferimento al tema dell’accessibilità vista non più come un prodotto statico, ma un processo in continuo divenire che, da un iniziale conflitto tra esigenze spesso opposte, tende a un adattamento reciproco di valori e comportamenti nell’ambiente condiviso.

Una visione tradizionale del progetto partiva dall’enucleare le singole criticità per trovare soluzioni tecniche puntuali; questo approccio (*problem solving vision*) presenta diversi punti deboli: la schematicità delle soluzioni spesso “standardizzate” e governate dal rispetto di norme di Legge molto settoriali, che allo stato attuale necessitano di una profonda revisione e aggiornamento anche in ottemperanza a diversi concetti ispiratori; il soddisfacimento puntuale di esigenze di alcune categorie di utenti, laddove le persone con disabilità spesso sono ricondotte a poche categorie (con ridotta o impedita mobilità, con ridotta o nulla capacità visiva) e dalle esigenze in forte contrapposizione; l’assoluta assenza di una visione generale e d’insieme del progetto di accessibilità, che si limita al contesto dell’edificio, quando non solo di alcune sue parti, tralasciando il rapporto con lo spazio in cui è inserito (e quindi, ad esempio, il problema della raggiungibilità, che pure è una questione di accessibilità).

Una visione più attuale si basa sull’opportunità di trarre un vantaggio più ampio dalla progettazione dell’accessibilità (*meet the challenge*), enucleando le diverse criticità e cercando di rispondere con soluzioni che, combinando una serie di interventi sia materiali (soluzione architettonica del problema) che immateriali (ricorso a ICT, o a servizi), investono globalmente il bene e il contesto che lo contiene, soddisfano le esigenze della più ampia platea di fruitori in una visione olistica del progetto, e consentono un costante adeguamento del progetto alle mutevoli situazioni nel divenire nel tempo. Tale visione consente il salto da un approccio specialistico al progetto finalizzato all’accessibilità a un

approccio integrato che dalla dimensione tecnica passa alla dimensione sociale, basata su un concetto di inclusività: approccio che abbraccia il processo che dal progetto, alla realizzazione e all'operatività di soluzioni in grado di raggiungere standard qualitativi elevati, risponde agli interessi e alle aspirazioni dell'intera comunità considerando le capacità che ciascuno dei suoi membri può mettere in campo, accessibile a tutti senza creare discriminazioni.

In quest'ottica, l'accessibilità diviene un concetto complesso, difficile da definire e da misurare, che si evolve in un contesto poliedrico, costituito da variabili che provengono sia dalle dimensioni spaziali che da quelle non-spaziali in grado di catturare la complessità dei sistemi sociali [Wang et al. 2013; Bisht et al. 2010]. Per questi motivi, una migliore comprensione della multidimensionalità dell'accessibilità e dei suoi impatti sul comportamento nell'uso degli spazi e sulla fruizione di beni e servizi può aiutare il processo di progettazione e migliorare le qualità del progetto. Inoltre, proprio perché l'accessibilità è un concetto relativo e dinamico, non si può definire a priori in senso assoluto, ma deve essere considerata in termini relativi, in rapporto ai vari livelli di soddisfazione riferibili a diversi profili di utenza [Laurà 2003].

Considerare i profili funzionali delle persone aiuta a stabilire una valutazione dell'accessibilità razionale e metodologicamente corretta, perché si riferisce alla persona e alle sue esigenze, e non è espressione, in termini astratti, delle caratteristiche dell'ambiente costruito. Naturalmente l'operazione non è semplice, e non ha risultati univoci; quando si parla di *Universal Design* in relazione al progetto accessibile bisogna sempre considerare che il termine "universale" non implica affatto la soddisfazione di ogni particolare esigenza, e implicitamente contiene un suo limite. Papanek (1985) ha provato a definire l'universale come un risultato ex post acquisito dalla soluzione di molteplici situazioni particolari: *"Is this designing for minorities? The fact of the matter is that all of us are children at one point of our lives and that we need education throughout our lives. Almost all of us become adolescent, middle-aged, and old. We all need services and help of teachers, doctors, dentists, and hospitals. We all belong to special need groups. We all need transportation, communication, products, tools, shelter, and clothing. We must have water and air that is clean. As a species, we need the challenge of research, the promise of space, the fulfillment of knowledge. If we then lump together all the seemingly little minorities of the last few pages, if we combine all these 'special' needs, we find that we have designed for the majority after all."*

Risulta così evidente che la massimizzazione del risultato non implica una soluzione definitiva e univoca dei problemi legati all'accessibilità (eliminazione degli svantaggi), ma presuppone che il progetto si con-



figuri anch'esso come un processo in continuo divenire, nella consapevolezza che non esiste “una cura” o “una soluzione” ai singoli problemi, piuttosto un “prendersi cura”, un'attenzione continua e permanente alle mutevoli situazioni difficoltose in cui le persone possono trovarsi, avendo esigenze diverse, nel momento in cui fruiscono di uno spazio, di un bene o di un servizio. Visto in quest'ottica, l'*Universal Design* ha il “senso del limite” sia rispetto alle soluzioni adottate – dal momento che ogni soluzione può comportare difficoltà nell'uso per specifici utenti – sia rispetto alle situazioni in cui gli utenti possono trovarsi – poiché la complessità umana è il risultato di *pattern* mutevoli: ci sarà dunque sempre una situazione speciale che richiede una soluzione personalizzata [Arenghi et al. 2016].

### **Le strategie e gli strumenti di un progetto per l'accessibilità al patrimonio culturale**

Gli approcci alla progettazione architettonica come UD, *Design for All*, *Life Span Design*, *Inclusive Design* esprimono il primato dell'inclusione sulla separazione e contribuiscono fortemente a radicare una visione “progettuale” dell'accessibilità. Tali approcci, per portare a soluzioni efficaci e durevoli, si basano sulla strategia di implementazione di politiche coerenti su diverse scale spaziali e temporali e sullo sviluppo di azioni chiave, tra cui aumentare la consapevolezza del valore dell'accessibilità e pianificare gli interventi con l'ausilio di strumenti adeguati. Inoltre risulta strategico anche ricorrere a un modello integrato di accessibilità che contenga dimensioni spaziali e non spaziali, nonché a un modello comportamentale che consideri il fattore “accessibilità percepita” come rilevante per l'efficace risposta ai bisogni e alle aspettative delle persone [Wang et al. 2013].

Per incrementare i livelli di accessibilità nei siti di interesse culturale, è necessario, quindi, sviluppare piani e programmi integrati che supportino le esigenze della più vasta platea di fruitori; questo può essere fatto agendo su tutte le dimensioni in cui l'accessibilità può essere declinata. La dimensione materiale si identifica nel concetto di “luogo accessibile”, che assume nel progetto il significato di “luogo inclusivo, aperto e sensibile alle diversità”; un luogo capace di accogliere, in condizioni di comfort e di sicurezza, persone con differenti specificità e diversi gradi di libertà, e non solo luogo “privo di barriere architettoniche” o “a norma”, nella nostra impostazione culturale. Questa dimensione materiale dell'accessibilità è quella di gran lunga più largamente conosciuta ed esplorata: tuttavia, come dimostra il fallimento di numerosi progetti,

abbattere le barriere non basta. Ammesso che si realizzino soluzioni coerenti (fig. 1), in cui il necessario compromesso tra le diverse interpretazioni del concetto di barriera venga più o meno correttamente risolto – emblematico in tal senso è il caso del progetto sempre più diffuso di *stramp* (fig. 2) come elemento di comunicazione verticale tra piani a quote diverse – il rischio è quello di sommare e non integrare soluzioni, di fatto rendendo sovrabbondanti o addirittura inutili gli sforzi per rendere accessibile il bene/luogo. Significativo in tal senso l'esempio di numerosi musei o luoghi d'arte che o presentano percorsi "accessibili" di visita, con soluzioni in grado di rispondere alle esigenze di una vastissima categoria di visitatori – bambini, famiglie, disabili motori, disabili sensoriali, disabili cognitivi – che però non hanno un sistema di "accessibilità" dall'esterno adeguato (difficile raggiungibilità, mezzi pubblici non attrezzati per il trasporto disabili) o un sistema informativo in grado di far pianificare nei dettagli la visita da chi ha particolari esigenze (siti web difficili da visitare, con scarse o nulle informazioni sulle *facilities*, materiale in formato non accessibile, ecc.). A volte la disponibilità di molti (troppi?) mezzi di veicolazione delle informazioni o di soluzioni fortemente dipendenti dalle tecnologie evo-



Fig. 1. Percorso esterno intorno alla basilica di Aquileia: per un breve tratto, la pavimentazione continua che consente di attraversare il prato in maniera agevole anche con mezzi su ruote è volutamente interrotta.

lute risulta altrettanto deleteria, sia per i costi di gestione elevati, sia per le difficoltà di utilizzo perché dipendente dalla presenza di personale specializzato o autorizzato; in ogni caso, con un bassissimo grado di autonomia per il fruitore con difficoltà, che di fatto rimane penalizzato nel percorso di visita rispetto agli altri, e comunque con latente pericolo di discriminazione e di ghettizzazione dei visitatori. Emblematica in tal senso la scelta di avere ingressi differenziati per persone disabili motorie e per visitatori “normodotati” (definizione ancora in uso sulla segnaletica di indirizzamento, in numerosi luoghi pubblici), che obbliga spesso i primi a percorsi separati; altrettanto emblematica, in diversi musei, è la richiesta di prenotare con anticipo la visita se nel gruppo è presente una persona con disabilità.

Nel definire la combinazione di soluzioni che dovrebbe garantire la massima fruibilità, non può essere trascurata un'altra dimensione dell'accessibilità, legata alla comunicatività ambientale e più in generale alla comunicazione. Una dimensione, questa, riferibile a tutto il sistema di informazioni disponibili e acquisibili con semplicità e immediatezza, caratterizzate da una chiarezza di linguaggio per una comprensione immediata, il cui compito è quello di attrarre, guidare e incuriosire i visitatori, ma anche indurre quelle suggestioni che possono accendere



Fig. 2. *Stramp* (stair-ramp) al Centro Culturale di Bélem, Lisbona.

una sorta di “terzo occhio” su ciò che è oggetto di visita, aprire orizzonti per comprendere i contesti e permettere di collegare diverse discipline secondo assi trasversali.

La comunicazione stessa ha a sua volta una dimensione “materiale”, relativa ai mezzi impiegati per metterla in pratica, e una “immateriale”, inerente ai modi che comprendono i diversi usi della parola, dei linguaggi e delle immagini. L'impiego paradigmatico dei requisiti di alta visibilità, leggibilità, comprensione dell'informazione che si vuole trasmettere è significativo del grado di accessibilità che si vuole raggiungere.

Considerare la dimensione comunicativa dell'accessibilità risponde oltre che a un principio sinergico (i benefici dell'accessibilità pensata per utenti con disabilità o esigenze specifiche sono, in realtà, benefici per tutti gli utenti) a un principio di diritto: l'accesso all'informazione è un diritto fondamentale di ognuno di noi, con o senza disabilità o specifiche esigenze. Mettere a fuoco la platea dei destinatari, adattare il linguaggio in modo radicalmente diverso e cambiare i codici sensoriali, abbassare il tasso di erudizione senza banalizzare, riformulare i contenuti spesso partendo dall'inizio, avendo molto da raccontare: lavorare sulla dimensione comunicativa dell'accessibilità, relativamente alla fruizione del patrimonio culturale, pone delle sfide, comporta dei rischi e offre delle opportunità.

Molto ha fatto e può fare, in questa direzione, l'impiego delle ICT: grazie alla loro massiccia introduzione nei luoghi d'arte si è assistito a un lento ma profondo cambiamento del modo in cui il patrimonio culturale può essere fruito e comunicato. La reale portata delle conseguenze della diffusione di prassi e soluzioni innovative è ancora oggi difficile da valutare: la rapidità dell'evoluzione dei sistemi rende arduo il lavoro di confronto tra le possibili soluzioni a disposizione e di interpretazione dell'efficacia dei risultati (fig. 3).

A proposito delle sfide 2.0 per i musei, rappresentate dal combinato disposto dell'uso delle tecnologie digitali e delle piattaforme social, Bollo nota che il paradigma della digitalizzazione in ambito museale porterà le istituzioni a realizzare in tempi brevissimi cambiamenti complessivi e radicali nelle politiche per il soddisfacimento delle esigenze del pubblico [Bollo 2010]. Questo fatto implica un rischio implicito, che: “dal punto di vista dell'utente si venga a creare una situazione schizofrenica in cui convivono due musei. Uno, dall'anima digitale, in linea con i nuovi mantra della condivisione e della conversazione, vigile, sempre aperto, efficiente nel rispondere alle sollecitazioni di un pubblico sempre meno anonimo e sempre più intenzionato a far parte di una comunità ‘di pari’ e l'altro, fatto di muri, cose, oggetti, orari e divieti, spesso zavorrato dalle inerzie e dai tempi di reazione del mondo reale, abituato

a interpretare il concetto dell'accoglienza secondo la formula dell'impersonalità, dell'asetticità'.

Se consideriamo poi la difficoltà di rendere efficacemente accessibile il museo reale, nel senso più ampio del termine e come fin qui descritto, si può tranquillamente affermare che il rischio è veramente elevato. Inoltre, sempre lo stesso autore osserva che le nuove antropologie di utilizzo e godimento della cultura non avranno conseguenze solo in termini di livello di complessità nella gestione della qualità dell'esperienza di visita; influiranno sulla necessità di progettare risposte pertinenti e adeguate rispetto a mutamenti collettivi nei modelli di fruizione, di apprendimento, di creazione delle idee, di risoluzione dei problemi, di utilizzo e condivisione dei contenuti culturali.

Dato che "i musei potrebbero essere pronti per una nuova specie di visitatore, che sarà geneticamente modificato dall'esposizione continua e prolungata ai nuovi modelli di condivisione sociale dei significati e dell'informazione, di autorialità artistica, di partecipazione ai processi decisionali, di approvvigionamento e manipolazione dei prodotti della creatività artistica" [Bollo 2010], alla provocazione "Non rischia di essere riduttiva e obsoleta la definizione stessa di visitatore?" potremmo aggiungere: non rischia di essere già superata la definizione di accessibilità sulla base della quale stiamo lavorando oggi?



Fig. 3. Videoinstallazione dell'artista cinese Ai Weiwei in occasione del trasferimento al Padiglione Danese dell'Expo 2010 Shanghai dell'originale *Den lille Havfrue* (*La Sirenetta*).

## Riferimenti bibliografici

- Arengi, A., Garofolo, I., Lauria, A. (2016). On the Relationship Between 'Universal' and 'Particular' in Architecture. In Petrie, H., Darzentas, J., Walsh, T., Swallow, D., Sandoval, L., Lewis, A., Power, C. (Eds.). *Universal Design 2016: Learning from the Past, Designing for the Future*. IOS Press.
- Bisht, S.S., Mishra, V., Fuloria, S. (2010). Measuring Accessibility for Inclusive Development: A Census Based Index. In *Social Indicators Research*, vol. 98, n.1 (August 2010), pp. 167-181.
- Bollo, A. (2010). Surfing and walking. *I musei e le sfide del 2.0*. <http://www.fizz.it/> (last accessed 06.08.2019).
- ICOMOS (2007). *Carta di Enane per l'interpretazione dei siti del patrimonio culturale*.
- Interpret Europe - European Association for Heritage Interpretation (2011), *Freiburg Declaration on Heritage Interpretation*. <<http://www.interpret-europe.net/fileadmin/Documents/publications/Fbg-declaration-web.pdf>> (last accessed 08.08.2019).
- Lauria, A. (2003). Esigenze dell'uomo e progetto. In Lauria, A. (a cura di). *Persone "reali" e progettazione dell'ambiente costruito. L'accessibilità come risorsa della qualità urbana*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- Papanek, V. (1985). *Design for the Real World. Human Ecology and Social Change*. Second Edition. London: Thames & Hudson.
- Wang, D., Mateo-Babiano, I., Brown, G. (2013). Rethinking accessibility in planning of urban open space using an integrative theoretical framework. In *SOAC 2013, Proceedings of State of Australian Cities Conference 2013*, pp. 1-11. Sidney (Australia): State of Australian Cities Research Network.

## Autrice

Ilaria Garofolo

Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste  
ilaria.garofolo@dia.units.it



# Rilievo e ricostruzione dell'anfiteatro romano di Milano

Giuseppe Amoruso

*In the field of cultural heritage -artistic, architectural and archaeological- the use of advanced survey and modeling techniques allows to conduct analysis and to reconstruct three-dimensionally even past-era architecture of which limited traces are present to date. These potentials are highlighted by the case study of the lost Roman amphitheatre in Milan.*

*Starting from the point cloud obtained by laser scanning survey of the remains, it was possible to reconstruct the entire building in its three-dimensionality and make important discoveries about the geometric traces that generated it.*

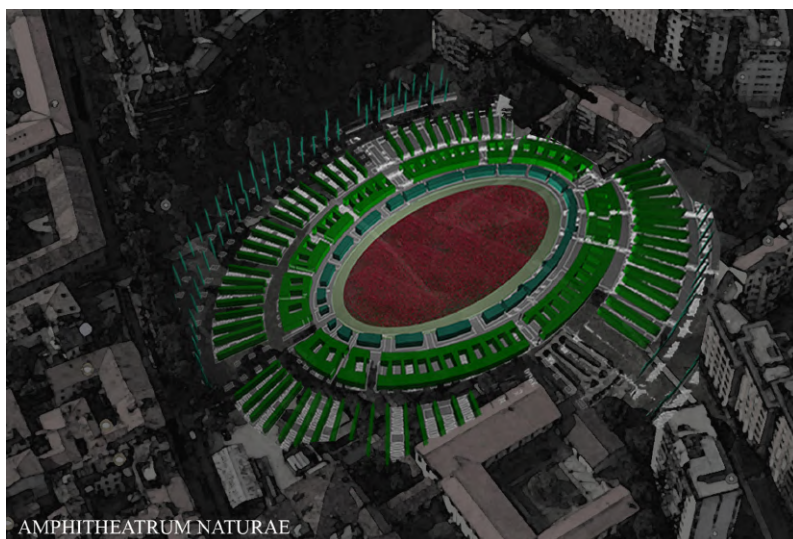


Fig. 1. Simulazione planimetrica dell'anfiteatro romano di Milano.





Nell'ambito archeologico e, più in generale dei beni culturali, si stanno diffondendo tecniche di modellazione e simulazione che utilizzano algoritmi generativi a integrazione e sviluppo 3D dei dati provenienti dal rilievo in sito.

Nel caso dell'anfiteatro romano di Milano, di cui rimangono 8 setti di fondazione e alcune porzioni murarie, è stato applicato e verificato un metodo grafico generativo per ricostruirne virtualmente la composizione geometrica piuttosto che quella architettonica, che sarà oggetto di un ulteriore sviluppo della ricerca.

Dopo l'analisi comparata delle diverse ipotesi ricostruttive descritte in letteratura e l'esecuzione del rilievo in sito, la ricerca ha verificato le rappresentazioni della geometria dell'anfiteatro impostando parametri e vincoli: geometria dell'ovale, rapporto tra larghezza e lunghezza degli assi e triangolo generatore.

L'obiettivo è testare le tecniche generative di simulazione in ambito archeologico per una successiva fruizione esperienziale dell'area.

I teatri e gli anfiteatri rappresentano un patrimonio universale che la Roma antica ci ha lasciato e dal punto di vista costruttivo e architettonico sono tra gli edifici più affascinanti e complessi: sia per la complessa genesi geometrica dovuta al tracciamento in cantiere di figure di grandi dimensioni che per la sintesi compositiva, che è diventata un paradigma di riferimento per secoli e secoli. Tra gli edifici più caratteristici e giganteschi conosciuti soprattutto per il grande spettacolo dei combattimenti dei gladiatori (*ludi munera*) e delle cacce di animali selvaggi (*venationes*) e, dove possibile, dei combattimenti sulle barche (*naumachia*) promossi dall'Imperatore, erano presenti in tutte le principali città dell'Impero romano.

L'Italia annovera non solo lo straordinario Colosseo ma anche numerosi resti disseminati per tutto l'Impero romano, come ad esempio Verona, Arezzo (*Arretium*), L'Aquila (*Amiternum*), Lecce (*Lupiae*) e nella stessa *Mediolanum*, che fu protagonista della storia dell'Impero romano per molti secoli. Milano romana, grazie alla sua rilevante posizione militare, politica ed economica fu scelta capitale dell'Impero romano d'Occidente dal 286 al 402 d.C. a seguito della divisione dell'Impero romano da parte di Diocleziano [Welch 2009].

Gli studi archeologici forniscono differenti ipotesi sulla tipologia architettonica con ricostruzioni e rappresentazioni di difficile validazione poiché della struttura originale sono sopravvissuti solo 8 setti di fondazione, tuttora affioranti dopo le numerose campagne di scavo, mentre le restanti porzioni murarie, sparse per tutto il sito, furono quasi completamente spoliate e i pochi frammenti rimasti sono stati interrati. Fu infatti spoliato e distrutto per costruire, poco distante, la Basilica di

San Lorenzo tra la fine del IV e l'inizio del V secolo, prima della totale distruzione nel V secolo a causa delle invasioni barbariche.

Negli anni recenti sono state avviate campagne di studio e ricostruzione virtuale di molti anfiteatri allo scopo di valorizzare tali strutture, spesso frammentate o al di sotto degli abitati; nel caso di Milano, è in via di realizzazione un progetto di allestimento della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio di Milano per un *viridarium* al fine di rivitalizzare il parco archeologico dell'anfiteatro romano. Il progetto prevede di farne un *Amphitheatrum viridans* per recuperare la memoria della Milano romana: un grande giardino ellittico verdeggiante con l'inserimento di elementi arborei tradizionalmente appartenenti alla topiaria antica (bosso, mortella e cipressi) per tracciare l'impronta planimetrica dell'anfiteatro perduto (fig. 1). Alla città di Milano sarà donato un giardino di circa 22.400 metri quadri che riproduce la pianta dell'antica costruzione romana capace di ospitare, secondo le stime, fino a 30.000 spettatori.

Per approfondire l'origine geometrico-proporzionale dell'arena, che attraverso lo sviluppo concentrico delle strutture portanti determina l'impronta finale della struttura, è necessario considerare diverse alternative tipologiche: la curva policentrica denominata ovale, a 4 e a 8 centri, e l'ellisse come luogo geometrico; inoltre si introduce anche il concetto di triangolo generatore, come anche indicato dalle costruzioni grafiche presentate da Sebastiano Serlio.

La forma di un anfiteatro deriva dal tracciamento, operato da 4 squadre di agrimensori, di una curva conica o policentrica, cioè un'ellisse o un ovale: in particolare Balbo, il più conosciuto tra gli agrimensori di Traiano, afferma che l'arena degli anfiteatri è costruita a partire da 4 archi di circonferenza: "*ex pluribus circulis forma sine angulo ut harenae ex quattuor circulis*" [Libertini 2018].

Un dettagliato studio tipologico di Jean-Claude Golvin presenta numerose tabelle comparative con le indicazioni delle misure canoniche di quasi tutti gli anfiteatri [Golvin 1988], mentre Mark Wilson Jones pubblica un ulteriore sviluppo di tali analisi nel saggio *Designing Amphitheatres* [Wilson Jones 1993]; la forma di molti anfiteatri romani si basa sul tracciamento di un ovale, cioè una curva policentrica a 4 centri anziché quella dell'ellisse, che è stata poco utilizzata.

L'ovale è una figura composita, molto prossima all'ellisse tanto che la differenza tra le due curve è davvero minima anche se le costruzioni geometriche sono molto diverse; l'ovale è formato da 2 coppie di archi di circonferenza di raggio differente che si incontrano nel punto in cui gli archi condividono la stessa tangente. L'ovale più semplice è quello a 4 centri, due sull'asse maggiore e due sull'asse minore, secondo le

note costruzioni di Serlio; più il numero di centri aumenta più la forma dell'ovale richiama quella di un'ellisse. Di assoluto riferimento sono gli studi e i rilievi del Colosseo diretti da Mario Docci e pubblicati sulla Rivista *Disegnare. Idee e immagini* [18-19, 1999]; i contributi di Docci, Migliari, Casale, Michetti, De Rubertis, Sciacchitano e Trevisan, e altri, affrontano la questione della forma tra l'ipotesi che sia stato ideato di forma ellittica e gli studi geometrici che evidenziano che sia stato tracciato con la forma di un ovale.

Mario Docci infatti scrive, a proposito del Colosseo, che “se si trattasse davvero di un'ellisse non si spiega come mai gli 80 assi dei fornic convergano, con uno scarto davvero irrisorio, in 4 punti precisi, eccetto gli assi di 4 fornic che convergono in altri punti situati sull'asse maggiore e sull'asse minore dell'anfiteatro”. Inoltre un'altra osservazione che elimina ogni dubbio sulla forma costruttiva dell'Anfiteatro Flavio è che “La larghezza dei deambulatori misurata secondo la direzione degli assi dei setti appare costante per tutte le parti dell'anfiteatro. Sappiamo che ellissi aventi in comune gli assi dei setti non sono equidistanti rispetto alla direzione stessa dei setti. Una regola della costruzione dell'ellisse non permette di costruire due ellissi parallele avendo gli stessi fuochi”. Inoltre dall'analisi di Docci emerge come il triangolo sacro era, secondo i *mensores aedificiorum*, lo schema di cui i Romani si servivano per il tracciamento dell'arena degli anfiteatri. Infatti, i cateti dei 4 triangoli rettangoli che individuano i centri dei 4 archi di circonferenza sono molto prossimi al rapporto dei cateti del triangolo sacro o triangolo pitagorico ossia 3:4:5.

Analizzando le planimetrie degli anfiteatri di Roma e Verona è stato dimostrato che in entrambi i casi gli ovali a 4 centri interpolano solo a grandi linee le strutture perimetrali, mentre sia ovali a 8 centri che ellissi non solo interpolano i punti con scarti più che dimezzati, ma anche con distribuzione degli errori molto più indifferenziata e casuale [Trevisan 1999].

In numerosi anfiteatri la distanza tra l'arena e il perimetro esterno è costante come conseguenza della perfetta concentricità degli anelli della cavea. Ipotesi avallata dalla circostanza che “in realtà non esistono ellissi concentriche ed equidistanti, e dunque parallele tra loro, poiché – a esclusione degli assi di simmetria – non esistono rette che siano contemporaneamente perpendicolari all'una e all'altra ellisse” [Trevisan 1999]. Wilson Jones nel suo studio, che riguarda gli anfiteatri di età imperiale (Pola, Verona, Roma, Pozzuoli, Nîmes, ecc.), ha verificato che gli anelli relativi alla cavea sono perfettamente concentrici (nel Colosseo lo scarto è di soli 4 cm); la forma di questi ultimi non può essere che un ovale.



Fig. 2. Sezioni orizzontali e verticali tratte dalla nuvola di punti dell'anfiteatro romano di Milano.

Secondo Golvin e Wilson Jones, la forma di alcuni anfiteatri romani si origina da un ovale.

Per l'anfiteatro di Milano, Mario Mirabella Roberti, parlando dell'arena, utilizza la parola ellisse mentre altri autori, in riferimento alla forma dell'arena (la parte centrale dell'anfiteatro, usata per giochi e lotte coperte dall'arena o dalla sabbia), parlano esplicitamente di ovale. Solo nel 1973 alcune pareti radiali dell'anfiteatro furono portate alla luce; gli scavi condotti da Mirabella Roberti, anche integrando le indagini di Calderini del 1931 e del 1938, hanno permesso di conoscere la geometria dell'anfiteatro. Mirabella Roberti scrive: "aveva la forma tipica degli anfiteatri romani: un'ellisse, i cui due assi principali erano di 155 e 125 metri (un rapporto canonico 1,24 come descritto anche da Cozzo) [Cozzo 1971], l'asse maggiore, quasi orientato sulla linea est-ovest, con un corpo di almeno 32 metri".

L'anfiteatro di Milano viene considerato di dimensioni "medie" rispetto all'Arena di Verona, leggermente più piccola (152,49 x 123,24 metri), e a quella di Pola di 132,45 x 105,10 metri; il Colosseo, il più grande di tutti, misura 188 x 156 metri. Le fondamenta dell'anfiteatro di Milano sono di particolare tecnica costruttiva, costruite con conglomerato di ciottoli invece che blocchi di pietra: alte 2 metri, sono state posate direttamente nello scavo. I setti di fondazione, larghi 1,38 metri, che sono sopravvissuti allo spoglio, sono collegati direttamente al muro perimetrale con una larghezza di 3,60 metri su cui poggiavano i pilastri quadrati; c'è una seconda parete concentrica di spessore pari a 2,45 metri [Mirabella Roberti 1984].

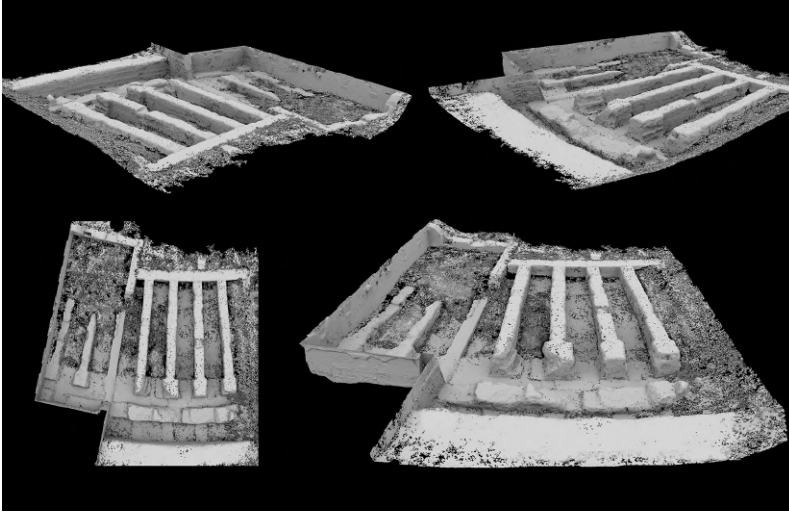


Fig. 3. Viste assometriche dei resti dell'anfiteatro milanese ottenibili dalla *point cloud*.

### Ricostruzione virtuale con tecniche generative

La ricostruzione geometrica dell'anfiteatro si fonda su un rilievo tridimensionale ad alta risoluzione dei setti di fondazione affioranti con tecnologia di scansione laser (fig. 1). L'elaborazione del rilievo ha fornito i dati metrici e formali su cui sviluppare ogni ipotesi di ricostruzione geometrica permettendone di verificare la configurazione originaria; l'utilizzo degli strumenti concettuali di analisi grafica e il confronto con manufatti analoghi consente di ipotizzare le dimensioni dell'arena e le gerarchie funzionali degli spazi dell'anfiteatro.

Un ulteriore obiettivo è di rendere disponibile la documentazione per una successiva e ulteriore valorizzazione dell'area archeologica favorendo un'ampia accessibilità a diverse categorie di utenti, sia direttamente che attraverso i sistemi digitali.

Durante la campagna di rilievo dell'aprile 2017 sono stati rilevati i setti di fondazione del monumento emersi dalle campagne di scavo effettuate negli anni '50 e '60, nonché la posizione delle recinzioni e degli edifici che si trovano lungo il perimetro dell'area archeologica. È stata elaborata una nuvola di punti che unisce le 30 scansioni effettuate che ha permesso un'accurata rappresentazione delle sezioni orizzontali e verticali, alcune viste assometriche, un *Digital Elevation Model* e infine ha permesso la realizzazione di un modello poligonale dell'area di scavo (figg. 2-4).

Successivamente al rilievo, la ricerca ha avviato la ricostruzione virtuale con un software di modellazione CAD associato a un linguaggio di programmazione visuale, in particolare Rhino e il *plug-in* Grasshopper. Mark Wilson Jones ha illustrato che il progetto di un anfiteatro si basa sul triangolo rettangolo con proporzioni tra i lati 3:4:5 o sul semitriangolo equilatero, che dà la scala all'anfiteatro e ne vincola la forma alla posizione di due punti focali posti sull'asse maggiore; ampliando proporzionalmente tali triangoli si raggiunge la dimensione stimata per gli archi perimetrali.

Per la ricostruzione è stato impostato un codice generativo a partire dai seguenti parametri geometrici: forma ovale a 4 centri, triangolo generatore pitagorico e rapporto tra la larghezza e la lunghezza degli assi 5:3; Jones indica come rapporti per l'anfiteatro di *Mediolanum* i valori di 1,68 o 1,75, mentre in alcuni anfiteatri è  $\sqrt{3}$  [Wilson Jones 1993, p. 439]. Poiché gli ovali possono essere infiniti, la routine creata ha lavorato per fasi successive generando rapidamente forme probabili, in seguito testate per verificare l'effettiva coerenza con il modello ideale e il rilievo delle emergenze archeologiche.

La prima fase è consistita nell'acquisizione del profilo geometrico curvilineo dell'anello di fondazione dell'anfiteatro. Si è quindi proceduto con l'estrazione automatica di una serie di punti salienti dal rilievo della *point-cloud* delle fondazioni, circa un punto ogni 50 cm per ogni faccia delle travi di fondazione (fig. 5).

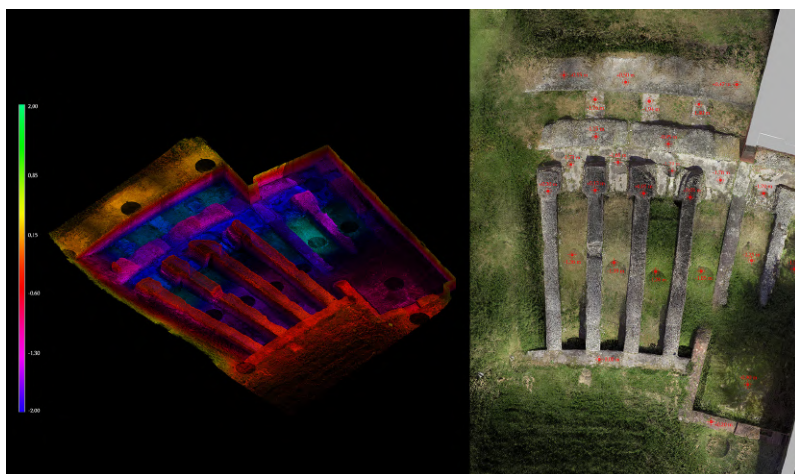


Fig. 4. A sinistra il *Digital Elevation Model* (DEM), a destra il modello quotato della nuvola di punti relativi all'area di scavo.



Fig. 5. Individuazione di punti salienti e loro estrapolazione dalla *point cloud* dell'anfiteatro.

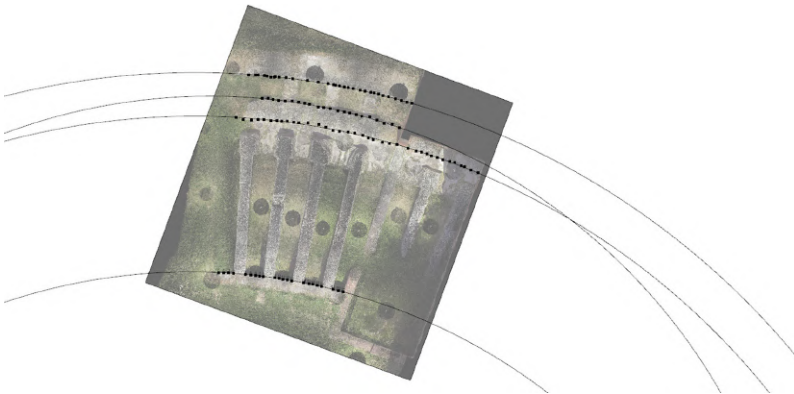


Fig. 6. Individuazione di geometrie: tracciamento di circonferenze passanti per i punti significativi appartenenti alle travi di fondazione.

Sulla base di questi punti si ricava la circonferenza che più si avvicina a essi. In particolare l'algoritmo associa i punti tra loro creandone ogni possibile combinazione di tre e su queste combinazioni genera altrettante circonferenze, poi per ciascuna circonferenza calcola la sommatoria delle distanze di ogni punto da essa. A ciascuna circonferenza è quindi associato un numero che rappresenta la sua deviazione dai punti di ingresso; infine viene estratta, tra tutte le circonferenze generate, quella con la deviazione minore dai punti, ovvero quella associata al numero minore.

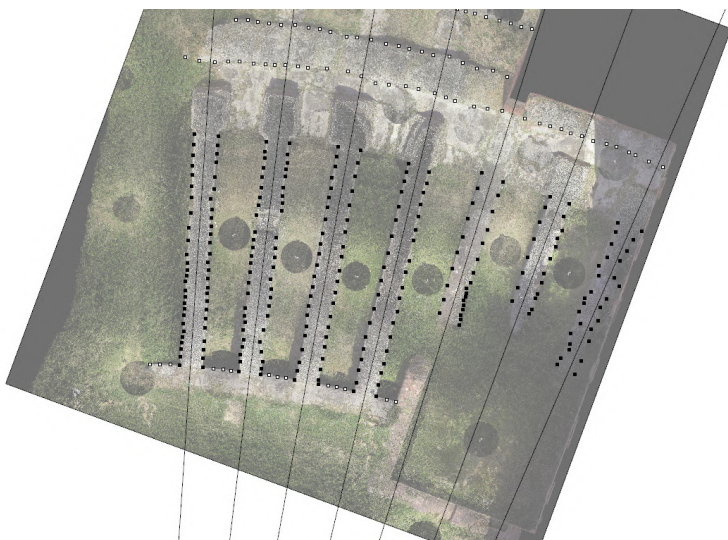


Fig. 7. Individuazione degli assi medi delle travi trasversali di fondazione.

È stata quindi ricavata una circonferenza per ogni superficie delle travi di fondazione (fig. 6). Le 4 circonferenze ricavate non sono concentriche, e in particolare la terza circonferenza ha un centro molto distante dagli altri. Si è deciso di rimuovere la terza curva dall'esercizio per via di questa estrema divergenza, e invece di dare priorità alle altre. Nonostante i punti giacessero su superfici estremamente frastagliate, le circonferenze sono molto vicine a essere concentriche.

La seconda fase consiste nella determinazione degli assi trasversali delle travi di fondazione e nel calcolo del loro punto di convergenza.

Anche in questo caso, l'algoritmo utilizza come dato di ingresso una serie di punti per la definizione degli assi medi delle travi trasversali di fondazione (fig. 7). Vengono quindi trovati i punti di intersezione tra le rette generate e ricavato il punto medio tra questi (fig. 8). Gli assi trasversali risultano essere perpendicolari rispetto alle circonferenze concentriche ricavate nei passi precedenti. La deviazione tra il punto medio così trovato e i centri delle circonferenze permette di affermare con una certa sicurezza che la porzione di fondazione riportata alla luce dallo scavo è sicuramente parte di una struttura di forma ovale e si può ipotizzare la posizione del centro dell'ovale con una buona sicurezza. Il punto medio tra i centri così determinati viene quindi utilizzato come centro di una delle 4 circonferenze che generano l'ovale. Lo *script* quindi ricostruisce l'ovale in base a questo centro, alla deter-



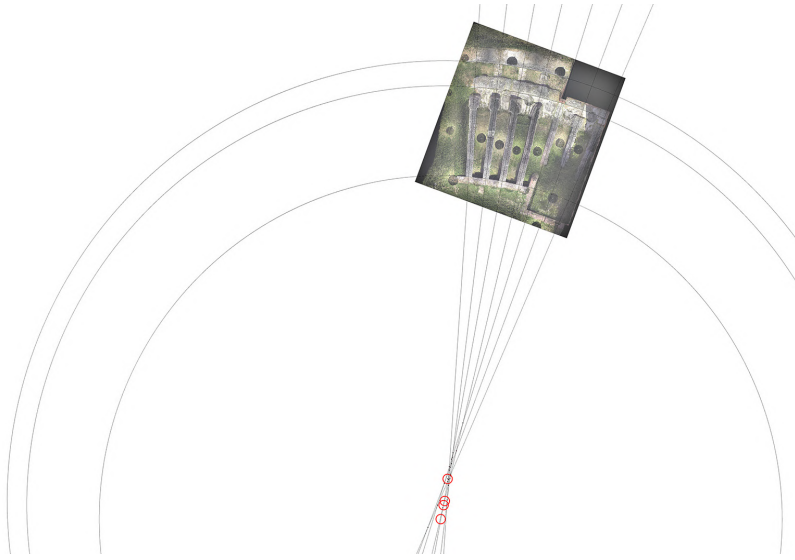


Fig. 8. Intersezione tra le rette rintracciate e definizione del punto medio. Geometrie in relazione alle circonferenze passanti per i punti principali.

minazione del centro dell'arena e all'inserimento del rapporto tra i lati del triangolo rettangolo generatore.

Con un algoritmo di *evolutionary computing* (Galapagos di Rhino) sono stati ricavati i parametri che meglio assecondavano la geometria fornita come dato di ingresso, ovvero la ricostruzione dei rilievi avvenuti tra il 1931 e il 2000.

I risultati suggeriscono che l'anfiteatro sia stato costruito attraverso un triangolo pitagorico con rapporto 3:4:5. La curva generata dall'algoritmo è un ovale a 4 centri. Sfuggono dal processo di controllo eventuali ovali a 8 centri o ellissi. Vale la pena precisare che qualora si disponesse di dati di scavo più dettagliati ed estesi sarebbe possibile condurre uno studio enormemente più preciso in grado di tener conto di più varianti di configurazioni.

L'ovale è stato quindi ripartito in 4 settori e in particolare l'arco sul lato maggiore risulta sicuramente suddiviso in 21 settori mentre l'arco sul lato corto è stato suddiviso in 23 settori. Il totale dei settori che formano l'anfiteatro è molto probabilmente di 88 settori. Sulla base delle informazioni di tracciamento dei punti precedenti, lo *script* ha potuto generare semplici geometrie solide conformandole agli ovali generatori (figg. 9-10).

## Conclusioni

Questi primi studi vanno classificati come test sperimentali per lo sviluppo di una procedura operativa in campo archeologico. Grazie alla integrazione delle tecnologie è possibile proseguire nella elaborazione del modello digitale e, quindi, ricavare supporti multimediali, visite interattive, animazioni e riproduzioni in scala come modelli tattili e repliche, anche per includere più categorie di utenti e rendere tale patrimonio più accessibile. I nuovi sistemi di rappresentazione basati sulla realtà aumentata (tablet, sistemi mobile e visori AR e VR) restituiscono il valore culturale di un sito archeologico rendendolo più accessibile alla collettività, e inclusivo nel superamento delle barriere culturali e linguistiche permettendo una estesa fruizione immersiva. Un altro aspetto importante della ricerca è la valorizzazione del patrimonio della Milano romana; lo studio ha evidenziato come la metodologia fornisce uno strumento di visualizzazione e valutazione dell'impatto di nuovi inter-

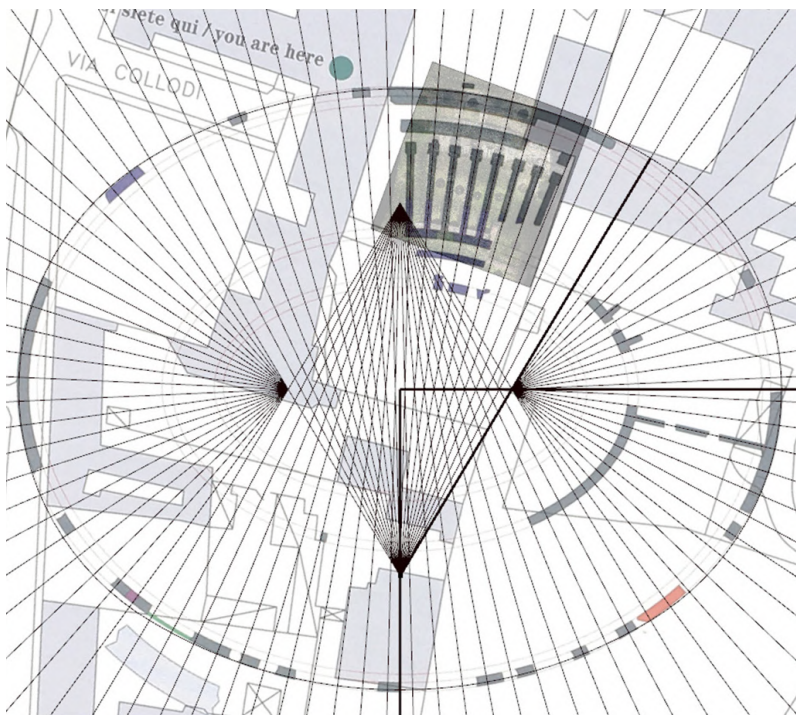


Fig. 9. Impianto ovale dell'anfiteatro romano di Milano. La figura è stata ricostruita sulla base di analisi geometriche condotte sulla nuvola di punti.

venti. Le metodologie di rappresentazione consentono pertanto una maggiore comprensione del valore culturale di un sito archeologico rendendolo più accessibile alla comunità.

## Riconoscimenti

Tale saggio è parte di una ricerca più ampia sulle tecnologie per la fruizione del patrimonio culturale nel quadro di una collaborazione tra la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio di Milano e il Dipartimento di Design del Politecnico di Milano: Giuseppe Amoruso è coordinatore della ricerca e ha curato la stesura del presente saggio che presenta le elaborazioni scaturite dal rilievo con tecnologie di scansione laser (a cura di Andrea Manti) e le rappresentazioni provenienti dall'applicazione degli algoritmi generativi del modello (a cura di Vito Sirago).

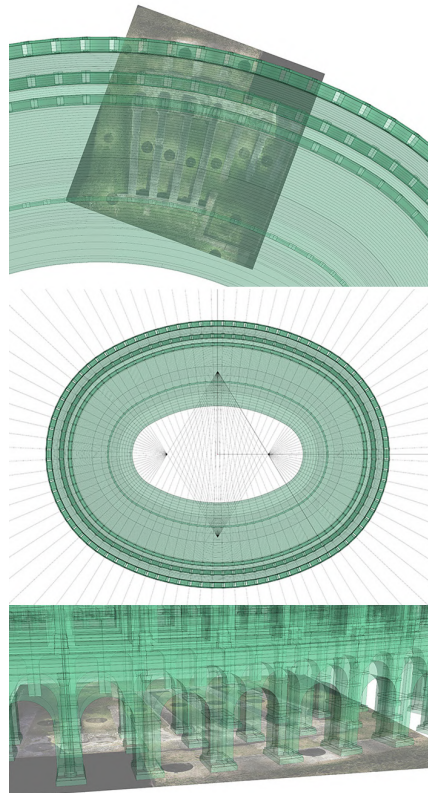


Fig. 10. Dalla nuvola di punti all'analisi geometrica per la ricostruzione del modello 3D dell'anfiteatro di Milano.

## Riferimenti bibliografici

- Cozzo, G. (1971). *Il Colosseo: l'Anfiteatro Flavio nella tecnica edilizia, nella storia delle strutture, nel concetto esecutivo dei lavori*, pp. 13-17. Roma: Fratelli Palombi.
- Docci, M. (1999a). Il Colosseo: studi e ricerche. *Disegnare. Idee Immagini*, 18-19.
- Docci, M. (1999b). La forma del Colosseo: dieci anni di ricerche. Il dialogo con i gromatici romani. In *Disegnare. Idee Immagini*, 18-19, pp. 23-32.
- Golvin, J.-C. (1988). *L'Amphithéâtre romain: Essai sur la théorisation de sa forme et de ses fonctions*. Paris: Diffusion de Boccard.
- Libertini, G. (2018). *Gli antichi agrimensori (Raccolta di opere degli agrimensori romani) nella ricognizione di Karl Lachmann*. Frattamaggiore: Istituto di Studi Atellani.
- Mirabella Roberti M. (1984). *Milano Romana*. Milano: Rusconi Immagini.
- Trevisan, C. (1999). Sullo schema geometrico costruttivo degli anfiteatri romani: gli esempi del Colosseo e dell'Arena di Verona. In *Disegnare. Idee Immagini*, 18-19, pp. 117-131.
- Welch, K. E. (2009). *The Roman Amphitheatre: From its Origins to the Colosseum*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wilson, J. M. (1993). Designing amphitheatres. In *Römische Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts*. vol. 100, pp. 391-441.

## Autore

Giuseppe Amoroso  
Dipartimento di Design, Politecnico di Milano  
giuseppe.amoroso@polimi.it



# Il ruolo della traduzione audiovisiva nel percorso verso la fruibilità dell'opera d'arte

Elisa Perego

*Audio description for people who are blind and sight impaired are becoming more and more important in the field of art accessibility. What cannot be seen can in fact be communicated orally (and received aurally) using linguistic and practical tactics that have been developed over time as a result of research, user input, and museum involvement. In this paper, I will use the collaboration of the University of Trieste and the National Archaeological Museum of Aquileia to define audio description and inclusive audio description tours. This will enable me to exemplify as well as focus on both the linguistic and practical considerations that go into creating audio description tours for all.*



Fig. 1. Sezione di Studi in Lingue Moderne per Interpreti e Traduttori del Dipartimento di Scienze Giuridiche, dell'Interpretazione e della Traduzione dell'Università degli Studi di Trieste.



## I. Dalla traduzione all'arte accessibile

La traduzione audiovisiva è una forma di trasposizione in cui solo una porzione del testo di partenza (non necessariamente la colonna sonora nella forma di dialogo) viene trasformata (o “adattata”) [Delabastita 1989] e ricollocata o aggiunta nella sua nuova forma all'interno dello stesso complesso testo audiovisivo. L'audiodescrizione per ciechi e ipovedenti, tema centrale di questo contributo, ne è un esempio interessante e relativamente nuovo. Nata negli Stati Uniti negli anni '70, l'audiodescrizione è una forma di traduzione intersemiotica [Jakobson 1959] che offre una versione verbale degli aspetti visivi rilevanti del testo di partenza a beneficio di persone cieche e ipovedenti [per es. Snyder 2007]. Diffusa inizialmente in ambito filmico, oggi l'audiodescrizione si applica a quasi qualsiasi prodotto culturale statico o dinamico [Remael et al. 2015]. Si possono audiodescrivere film, libri illustrati, eventi (come matrimoni, funerali, messe, eclissi di sole e di luna, ecc.), sport, concerti, spettacoli di danza o circensi, e opere d'arte [Maszerowska et al. 2014; Perego 2014; Taylor, Perego 2022].

Da anni la Sezione di Studi in Lingue Moderne per Interpreti e Traduttori del Dipartimento di Scienze Giuridiche, del Linguaggio, dell'Interpretazione e della Traduzione (SSLMIT) dell'Università di Trieste (fig. 1) è impegnata nella ricerca teorica e applicata in questo settore, ricerca che è stata supportata anche grazie al sostegno di diversi progetti come ADLAB, ADLAB PRO, FRA 2015 e ultimamente anche EA-



Fig. 2. Il MAN di Aquileia [fonte: it.wikipedia.org].

SIT [1], e alla collaborazione con diverse realtà museali del territorio: Museo Archeologico Nazionale di Aquileia (fig. 2), Museo Revoltella, Castello di Miramare, Museo dell'Arte Fabbrile e delle Coltellerie di Maniago.

Questo contributo si concentra su alcuni dei risultati ottenuti dalla collaborazione della SSLMIT con il Museo Archeologico Nazionale (MAN) di Aquileia, che ha portato all'ideazione di un percorso descrittivo accessibile bilingue, inaugurato il 30 maggio 2019. Gli esempi riportati in questo contributo sono tutti relativi a opere esposte al MAN di Aquileia ed elaborati nell'ambito di tesi di laurea sotto la supervisione dei prof. Perego e Taylor, e degli educatori museali di Aquileia. Nei paragrafi che seguono daremo una definizione di percorso descrittivo anche attraverso quelli costruiti per il MAN; illustreremo l'organizzazione delle guide descrittive soffermandoci sull'esplorazione tattile; concluderemo con un rapido sguardo al futuro e alle nuove prospettive didattiche che si stanno aprendo in questo campo.

## **2. Come costruire un percorso descrittivo**

Rispetto all'audiodescrizione di opere singole, il percorso descrittivo costituisce un itinerario coerente, che descrive oggetti interconnessi, e aiuta le persone cieche e ipovedenti a spostarsi da un'opera all'altra e a orientarsi nello spazio museale grazie a istruzioni chiare e brevi. Pianificare un percorso descrittivo efficace è un processo impegnativo, che implica la capacità di osservare, ma anche il tempo di interagire con figure diverse e complementari – il traduttore audiovisivo, il direttore e il curatore del museo, il museologo, lo storico dell'arte, l'architetto, ecc. L'intero processo di costruzione di un percorso descrittivo è molto dinamico e implica diverse fasi che sono riassunte nei paragrafi seguenti. Visitare il museo anche più volte assieme al personale interno e a utenti ciechi e ipovedenti è fondamentale per ricevere indicazioni precise e coerenti sulle opere da selezionare e per valutare a fondo le esigenze dei futuri visitatori con disabilità visive. La scelta delle opere infatti non può essere effettuata dal solo descrittore ma deve essere il risultato del lavoro congiunto di più figure specializzate che siano in grado di selezionare le più particolari, significative, rappresentative e che meglio si prestano a essere fruite attraverso una narrazione orale ed eventualmente anche a essere accompagnate dall'esplorazione tattile. Solo così ci si può assicurare di produrre un itinerario gratificante e fruibile in autonomia, ben integrato nell'ambiente cui appartengono le opere selezionate, e pianificato in modo efficiente anche in termini di lunghezza







e di durata: Giansante [2015], ad esempio, precisa che le audioguide tradizionali si attengono a una durata di 90 secondi a tappa cercando di non superare mai i due minuti, e suggerisce quindi di non allungare eccessivamente questi tempi se si deve produrre una descrizione accessibile a persone cieche e ipovedenti. Quanto ai percorsi descrittivi, invita a mantenerli entro l'ora, lasso di tempo che permette di godere dell'esperienza museale senza stancarsi eccessivamente.

La scelta di offrire al visitatore anche un'esperienza tattile all'interno del museo va ponderata e basata sulla possibilità del museo stesso di riprodurre le proprie opere o alcune parti di esse per renderle accessibili, o di mettere a disposizione del pubblico opere originali non particolarmente fragili. Inoltre, l'offerta di un'esperienza tattile è sicuramente maggiormente fruibile se accompagnata da una guida umana specializzata e capace di guidare opportunamente il visitatore – risorsa questa che non tutti i musei si possono permettere. In alternativa, è importante pensare a un testo descrittivo mirato, da offrire in forma pre-registrata, che sia in grado di rendere il visitatore sufficientemente autonomo nell'esplorazione anche in assenza di una persona fisica che gli sta accanto.

Non esistono regole univoche per la costituzione di un itinerario descrittivo, ma ognuno sarà il risultato della sensibilità, della formazione e della collaborazione delle figure coinvolte. È importante che ogni itinerario, indipendentemente dalla sua entità, includa una selezione di elementi strettamente interconnessi per tema, storia o logica, e che consentano di essere esperiti con facilità generando gratificazione. La positività dell'esperienza del visitatore museale, oggi centrale nel settore di ricerca noto come *visitor studies*, deve stare alla base delle scelte dell'audiodescrittore e del curatore museale che con lui collabora [ad es. Black 2005].

Il breve percorso descrittivo accessibile per il MAN di Aquileia, ad esempio, era costituito da sole quattro opere del piano terra, scelte perché collocate in uno stesso settore del museo facilmente accessibile, ma anche per la loro diversità in termini di forma, rappresentatività e funzione. Per il breve itinerario pilota sono state scelte, in questo ordine di fruizione: 1) il rilievo del *Sulcus primigenius* raffigurante il rito di fondazione di Aquileia; 2) la statua togata e con capo velato dell'imperatore *Augusto*; 3) la testa in bronzo di *Borea*, e, per concludere il percorso 4) un'urna cineraria con scena di banchetto funebre.

La scelta è dunque ricaduta su una lastra marmorea in due frammenti, in pietra calcarea, con raffigurazioni in rilievo (I secolo d.C.); una scultura monumentale (metà I secolo d.C.) di bottega non aquileiese; una *applique* bronzea di età augustea; e per finire un capolavoro dell'arte

			
<i>Sulcus primigenius</i>	Statua di Augusto	Applique bronzee con raffigurazione di Borea	Urna cineraria
I secolo d.C.	Metà I secolo d.C.	Età augustea	fine I secolo a.C. - inizio I secolo d.C.
Bassorilievo in marmo	Statua in marmo	Applique in bronzo	
Prima sala	Sala della scultura monumentale	Sala dell'architettura	Ultima sala, della scultura funeraria
Piano terra			

Tab. 1. Breve itinerario pilota per il MAN di Aquileia: dettagli delle opere selezionate.

funeraria aquileiese (fine I secolo a.C. - inizio I secolo d.C.), un'urna destinata alla conservazione delle ceneri del defunto, di forma cilindrica e lavorata in forma di cesto di vimini (Tabella 1) [Ventura 2013]. È dalle descrizioni di questi reperti che sarà tratta la maggior parte degli esempi di testi descrittivi contenuti nei paragrafi successivi. Una versione sonora delle descrizioni è presente anche sul canale YouTube "Audio for All".

### 3. La guida descrittiva: organizzazione e informazioni

Che sia offerta in forma pre-registrata o esposta oralmente da una guida umana, la traccia descrittiva (*script*) è generalmente suddivisa in sezioni ricorrenti, come è stato possibile anche constatare in seguito all'analisi della letteratura su tema (per es. Giansante 2015; Neves 2015) e di numerose guide descrittive in lingue diverse. Queste sono schematizzate nella figura 3 e discusse nei paragrafi successivi.

#### 3.1. Introduzione al museo e alla guida

Il blocco di apertura della guida descrittiva generalmente comprende una breve introduzione al museo, al percorso descrittivo che si sta per affrontare e, se prevista, all'esplorazione tattile (cfr. paragrafo seguen-

# La guida descrittiva

## Introduzione

- Al museo
- Alla guida
- All'esplorazione tattile

## Informazioni sulle opere

- Denominazione
- Datazione
- Dimensioni
- Descrizione degli elementi salienti
- Breve storia
- Indicazioni spaziali di collegamento tra le opere

Fig. 3. Sezioni salienti di una guida descrittiva.

te). Del museo si potranno specificare lo scopo, le origini storiche e la struttura. Del percorso descrittivo si potranno delineare l'organizzazione, la dislocazione e le modalità. Queste informazioni possono essere più o meno articolate e non devono necessariamente essere proposte secondo un ordine rigido.

Nell'estratto che riportiamo sotto è possibile osservare le note introduttive più rilevanti selezionate come *incipit* al nuovo percorso accessibile del MAN di Aquileia:

“Benvenuti nel Museo Archeologico Nazionale di Aquileia. Questa audioguida vi accompagnerà durante la visita alle sale e l'esplorazione tattile di alcuni reperti archeologici. Il Museo raccoglie reperti archeologici provenienti dalla città romana di Aquileia. [...] Il perimetro del complesso museale ha quasi la forma di un rettangolo alto e stretto che si affaccia, in basso e a destra, rispettivamente su via Giulia Augusta, la strada regionale che va da Udine a Grado, e su via Roma, su cui si trova l'ingresso del museo. Voi siete entrati da via Roma, passando sotto una pergola e vi trovate ora nella biglietteria che si trova all'interno di un piccolo padiglione vetrato. [...]

Il percorso tattile audio-descritto che vi proponiamo all'interno di questo edificio consta al momento di 10 reperti, distribuiti tra il piano terra e il primo piano. Non appena varcherete le soglie delle sale, attendete l'attivazione automatica delle audio-descrizioni collegate ai *beacon*. Vi suggeriremo di volta in volta come raggiungere i reperti da esplorare con le mani. Quando sentirete vibrare lo *smartphone* toccate lo schermo per attivare l'audio e ritoccatelo per interromperlo. Non esitate a chiedere aiuto al personale di sala qualora ne sentiste il bisogno”.

Notiamo subito il saluto di benvenuto in apertura seguito dalla specifica del tipo di percorso offerto – un percorso audiodescritto con esplorazione tattile; la specifica della tipologia di museo e una breve descrizione del complesso museale; il numero di opere descritte e la loro distribuzione all'interno del museo; la spiegazione del funzionamento del sistema a *beacon* scelto dall'ente museale per offrire l'audioguida; un suggerimento relativo alle modalità di esplorazione tattile dei reperti. L'introduzione si chiude con l'invito a non esitare a contattare il personale per qualsiasi necessità – invito importante per assicurarsi che il visitatore possa sentirsi a proprio agio e libero di interagire con il personale del museo in ogni momento.

### 3.2. *L'esplorazione tattile*

Per quanto riguarda l'esplorazione tattile [per es. Secchi 2004, 2014], se prevista, può essere utile prevedere un cenno generale rivolto specialmente a chi non l'ha mai sperimentata o è ancora inesperto. Questo dovrebbe comprendere poche e semplici indicazioni che possano consentire poi la fruizione semi-autonoma delle opere.

Il testo che abbiamo elaborato, ad esempio, include alcuni suggerimenti pratici e procedurali, guida l'attenzione del visitatore, e fornisce indicazioni sui tempi di lettura tattile – lunghi perché risultato di un processo percettivo analitico, progressivo e organizzato:

“In qualsiasi momento, potrete toccare ed esplorare con le mani tutti i reperti descritti usando una o due mani, e sfruttando i palmi, le dita e i polpastrelli per assaporare meglio le caratteristiche fisiche delle superfici esplorate, il loro grado di tridimensionalità e le geometrie della composizione. Prendetevi il tempo necessario: vedere con le mani è un esercizio emozionante ma complesso”.

La complessità del processo di esplorazione tattile richiede che, specialmente nel caso di guide pre-registrate, le indicazioni sulle modalità di lettura e sui particolari degni di nota vengano riprese anche durante la fase di descrizione dell'opera. Riportiamo di seguito due esempi in cui sono inclusi ulteriori suggerimenti mirati elaborati per il percorso pilota accessibile del MAN di Aquileia.

Nel primo, è possibile visualizzare in grassetto la porzione di descrizione che guida l'esplorazione di un reperto dalla forma rettangolare (il *Sulcus primigenius*), e invita quindi il visitatore a iniziare l'esplorazione dal perimetro per spostarsi al centro solo in un secondo momento. Si tratta di una strategia esplorativa molto utilizzata ed efficace per permettere al visitatore di prendere confidenza con l'opera e con le sue dimensioni (Es. 1). Nel secondo esempio, si propone al visitatore

di concentrarsi su porzioni specifiche di Augusto e di fare attenzione alle caratteristiche fisiche delle superfici toccate (Es. 2). Al visitatore meno esperto, infatti, possono sfuggire le caratteristiche dei materiali esplorati, come ad esempio la ruvidità, la temperatura, o la consistenza, ed è compito della guida metterle in risalto.



“Uno dei reperti più importanti per ricostruire la storia di Aquileia è il bassorilievo in pietra calcarea con la raffigurazione del rito di fondazione della colonia romana. [...] La lastra di pietra, che potete cominciare a toccare partendo dai suoi contorni, è larga più di un metro e alta circa 44 centimetri”.

Es. 1. Estratto di audiodescrizione con immagine del *Sulcus primigenius*.



“Le parti più sporgenti e sottili della statua, come il naso e alcune pieghe della veste, sono scheggiate a causa dell’usura del tempo. Se lo desiderate, potete cercare di riconoscerle toccando le superfici usurate, che al tatto risultano più ruvide”.

Es. 2. Estratto di audiodescrizione per la statua di Augusto.

### 3.3. Le informazioni sulle opere selezionate

La guida descrittiva conterrà la descrizione audio delle opere selezionate. Poiché il testo è rivolto in primo luogo ai visitatori ciechi e ipovedenti, anche se può essere fruito da tutte le tipologie di visitatori, di ogni opera sarà necessario fornire la descrizione degli elementi visivi più importanti ma anche esplicitarne la denominazione (“La prossima opera che incontrerete è l'*applique* con la testa di *Borea*, dio del vento”), la collocazione (“L'*applique* è collocata in una teca di vetro, proprio a ridosso dell'ingresso, sul lato sinistro della sala”), la dimensione (“Si tratta di un bassorilievo alto 36,5 cm e largo 28,5 cm, il cui spessore misura in tutto soli 7 cm”), la datazione e la storia. Queste ultime informazioni sono spesso riportate in chiusura.

Di seguito il testo composto per l'*applique* bronzea con raffigurazione di *Borea*:

“L'*applique* era parte di un gruppo bronzeo più ampio che doveva decorare un monumento pubblico della piazza del foro, dove è stata rinvenuta nel 1988, all'interno di un pozzo, alla profondità di 75 centimetri. Forse, considerata la sua preziosità, venne intenzionalmente nascosta durante un assedio o in un momento di pericolo. Il pezzo ha un valore storico-artistico straordinario perché si tratta di un'opera di stile greco, eseguita in età romana”.

La descrizione vera e propria dell'opera contiene le informazioni visive più rilevanti, veicolate con un linguaggio vivido, semanticamente pieno e ricco, curato nelle scelte lessicali e nella struttura narrativa.

Il breve estratto che riportiamo dell'*applique* con la testa di *Borea* (Es. 3), collocata nella sala dell'architettura, mette in evidenza il tentativo di



“Vi trovate di fronte a un volto visto di profilo. L'*applique* infatti raffigura la parte sinistra del viso di *Borea*. Partendo dall'alto, la fronte presenta una ruga di espressione che la taglia esattamente a metà tra l'attaccatura dei capelli e le sopracciglia. Nelle parti lisce la pelle del viso è tesa su muscoli e vene, per poi interrompersi con il taglio dell'occhio. Lo sguardo è rivolto in avanti e il sopracciglio è arcuato a S e decorato a trattini paralleli incisi. Le palpebre sono profilate in modo netto, a spigolo vivo. Scendendo ancora verso il basso, notiamo che il profilo del naso non è perfettamente rettilineo, ma presenta un piccolo gibbo e la narice è allargata. Le labbra socchiuse sono rese con attenzione e sono sottolineate con un metallo diverso dal bronzo, ritratte forse nell'atto di soffiare, attività che ben si addice a una divinità del vento”.

Es. 3. Estratto di audiodescrizione con immagine della testa di *Borea*.

evitare un eccesso di dettagli e di seguire un ordine logico nella presentazione delle informazioni (“Partendo dall’alto, ...”; “Scendendo ancora verso il basso, ...”).

### 3.4. Le indicazioni spaziali

Poiché un itinerario descrittivo è pensato per essere fruito in semi-autonomia o in autonomia, è importante fornire all’utente delle indicazioni spaziali di collegamento che gli consentano di orientarsi non solo nell’immaginare l’opera descritta, ma anche negli spazi museali in cui si muove. Il repertorio di espressioni utilizzate è ampio e deve contenere indicazioni sulla collocazione del visitatore (“Vi trovate ora...”), sul percorso che deve seguire (“Proseguite verso...”), sul luogo da raggiungere o raggiunto (“Entrerete così nella prima sala”) e sull’entità del percorso da fare (“Fate dieci passi in avanti”).

Nell’estratto che segue riportiamo il testo di apertura alla visita della *Testa di Medusa*, collocata nella Sala dell’Architettura, quello che a conclusione della descrizione offre al visitatore l’alternativa tra esplorare un’altra opera nella stessa sala oppure spostarsi alla sala successiva, quella funeraria.

“Vi trovate in una stanza con due porte.  
È dedicata all’architettura monumentale della città e, in particolare, alla decorazione della sua piazza principale, il foro. Raggiungete ora il reperto che potrete esplorare, collocato a ore 11, a sinistra della porta davanti a voi. Si tratta di un monumentale blocco in calcare di Aurisina, una pietra locale, decorato con la rappresentazione a rilievo di una testa di *Medusa*. [...] Se vuoi esplorare anche una rappresentazione di *Giove Ammone*, puoi spostarti a sinistra di circa tre passi e la troverai più o meno alla stessa altezza. In caso contrario puoi proseguire direttamente verso l’ultima sala del piano terra, dedicata alle testimonianze di carattere funerario, provenienti dalle necropoli di Aquileia. La porta si trova a destra di *Medusa*. Una volta varcata la soglia della sala potete dirigervi a ore 10 per raggiungere la grande urna cineraria con scena di banchetto, che rappresenta l’ultima tappa nella visita del piano terra”.

## 4. La didattica dell’audiodescrizione museale

Anche in Italia la descrizione museale accessibile sta acquisendo rilevanza. Sempre più musei si stanno attrezzando per rendere il proprio patrimonio accessibile al pubblico non specializzato o diversamente abile, e per farlo ricorrono sempre più spesso ad approcci multisensoriali che si affiancano agli accorgimenti di accessibilità architettonica, di più lunga data. Per rendere questi servizi migliori, la corretta formazione degli

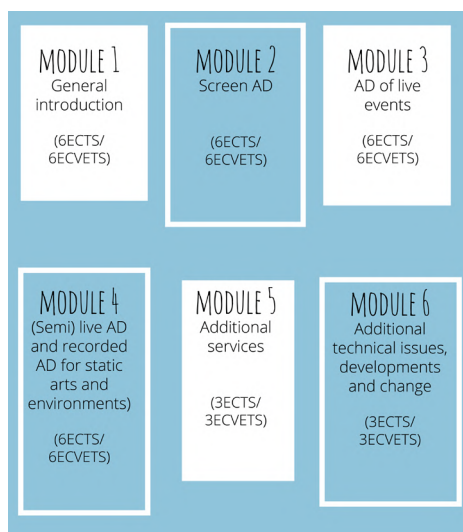


Fig. 4. Il corso ADLAB PRO: struttura, contenuto ed ECTS/ECVETS.

operatori nel settore è fondamentale, ma non ancora sufficientemente diffusa. L'audiodescrizione si declina in forme varie e la sua testualità cambia a seconda dell'oggetto da audiodescrivere. Questa consapevolezza sta alla base del *curriculum* creato dal progetto ADLAB PRO per la formazione e la specializzazione dell'audiodescrittore [ADLAB PRO 2018a, 2018b], un *curriculum* che prevede sei moduli (fig. 4) suddivisi a loro volta in unità didattiche mirate che l'apprendente può scegliere e combinare in base alle necessità, alla pregressa formazione, allo stile di apprendimento.

Il materiale didattico prodotto per ogni modulo e unità è disponibile online, in forma gratuita e ad accesso aperto, sul sito di progetto [2] e sull'*open repository* dell'Università Autonoma di Barcellona. L'intero modulo 4 è dedicato alla didattica dell'audiodescrizione per le arti ed è articolato in 10 unità. Oltre a definire le arti statiche, i nuovi musei e il nuovo pubblico del museo, questo modulo si propone di insegnare le strategie per descrivere un'opera d'arte sia in isolamento che all'interno di un percorso descrittivo; illustra le caratteristiche principali dei percorsi tattili; fornisce indicazioni sulle audiodescrizioni dal vivo e pre-registrate. Il modulo 4 si chiude con un *focus* sulla ricerca in questo specifico settore dell'audiodescrizione e propone svariati argomenti di ricerca per chi li volesse approfondire.

Per rendere il patrimonio culturale accessibile a un pubblico sempre più ampio, è importante porre particolare attenzione alla lingua delle descrizioni. Generalmente semplice e diretta [Fryer 2016; Remael et



al. 2015; Snyder 2007], nelle descrizioni museali la lingua può complicarsi sia dal punto di vista lessicale che sintattico [Perego 2018; Perego 2021]. L'esigenza di riportare i testi audiovisivi alla semplicità è alla base del progetto EASIT [3], incentrato sulla produzione di materiali didattici per creare contenuti facili da capire attraverso l'uso della lingua facile da leggere e da capire (*easy to read*) e del *plain language*. Grazie a EASIT, saranno prodotte raccomandazioni per consentire al traduttore audiovisivo, e quindi anche all'audiodescrittore museale, di applicare regole di semplificazione per rendere i testi usufruibili da pubblici diversi per età, esigenze, specificità cognitive.

#### Note

[1] ADLAB (Audio Description: Lifelong Access for the Blind), 2011-2014, finanziato da EACEA (Education, Audiovisual and Culture Executive Agency) nell'ambito del Lifelong Learning Programme (LLP), coordinato dal Prof. Taylor, numero di progetto: 517992-LLP-1-2011-1-IT-ERASMUS-ECUE, [www.adlabproject.eu](http://www.adlabproject.eu). ADLAB PRO (Audio Description: A Laboratory for the Development of a New Professional Profile), 2016-2019, finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Programma Erasmus+, Azione Chiave 2, Partenariati Strategici, coordinato dalla prof. Perego, numero di progetto: 2016-1-IT02-KA203-024311, [www.adlabproject.eu](http://www.adlabproject.eu). EASIT (Easy Access for Social Inclusion Training), 2018-2021, finanziato nell'ambito del programma Erasmus+, Azione Chiave 2, Partenariati Strategici, coordinato dalla prof. Matamala della *Universitat Autònoma de Barcelona*, numero di progetto 2018-1-ES01-KA203-05275, <http://pagines.uab.cat/easit/en>. FRA (Finanziamento di Ateneo per la Ricerca), 2015, Università degli Studi di Trieste, titolo del progetto: *La traduzione al servizio dell'accessibilità: il caso dell'audio descrizione per i musei*, coordinato dalla prof. Perego.

[2] <<https://www.adlabpro.eu/coursematerials/>>

[3] <<http://pagines.uab.cat/easit/it/>>

#### Riferimenti bibliografici

ADLAB PRO (2018a). *Course Design*. Project report no. 3. Retrieved at <<https://www.adlabpro.eu/>>

ADLAB PRO (2018b). *IO3 Course Structure*. Retrieved at <<https://www.adlabpro.eu/>>

Black, G. (2005). *The Engaging Museum. Developing Museums for Visitor Involvement*. London: Routledge.

Delabastita, D. (1989). Translation and mass-communication: film and TV translation as evidence of cultural dynamics. In *Babel*, 35(4), pp. 193-218.

Fryer, L. (2016). *An Introduction to Audio Description*. London: Routledge.

Giansante, L. (2015). Writing Verbal Description Audio Tours. In *Art Beyond Sight: Museum Education Institute*. Retrieved from <<http://www.artbeyondsight.org/mei/verbal-description-training/writing-verbal-description-for-audio-guides/>>

Jakobson, R. (1959). *On linguistic aspects of translation*. In *On translation*, vol. 3, pp. 30-39.

Maszerowska, A., Matamala, A., Orero, P. (Eds.). (2014). *Audio Description: New Perspectives Illustrated*. Amsterdam: Benjamins.

Neves, J. (2015). Descriptive guides: Access to museums, cultural venues and heritage sites. In Remael, A., Reviere, N., Vercauteren, G. (Eds.). *Pictures Painted in Words: ADLAB Audio Description Guidelines*. Trieste: EUT, pp. 68-71.

Perego, E. (a cura di). (2014). *L'audiodescrizione filmica per i ciechi e gli ipovedenti*. Trieste: EUT.

- Perego, E. (2018). Into the language of museum audio descriptions: a corpus-based study. In *Perspectives: Studies in Translation Theory and Practice*, 27(3), pp. 333-349.
- Perego, E. (2021). Extending the uses of museum audio description: implications for translation training and English language acquisition. *Textus: English Studies in Italy*, 1 (2021), pp. 229-253.
- Remael, A., Reviers, N., Vercauteren, G. (Eds.) (2015). *Pictures Painted in Words: ADLAB Audio Description Guidelines*. Trieste: EUT. Retrieved from <<http://hdl.handle.net/10077/11838>>
- Secchi, L. (2004). *L'educazione estetica per l'integrazione*. Roma: Carocci.
- Secchi, L. (2014). Between sense and intellect. Blindness and the strength of inner vision. In de Kerckhove, D., de Almeida, C. M. (Eds.), *The Point of Being*, pp. 197-212. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholar Publishing.
- Snyder, J. (2007). Audio Description: The Visual Made Verbal. *The International Journal of the Arts in Society*, 2, pp. 99-104.
- Taylor, C., Perego, E. (Eds.) (2022). *The Routledge Handbook of Audio Description*. London: Routledge.
- Ventura, P. (a cura di) (2013). *Il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia*. Verona: Electa.

## **Autrice**

*Elisa Perego*  
 Dipartimento di Scienze Giuridiche, del Linguaggio, dell'Interpretazione e della Traduzione,  
 Università degli Studi di Trieste  
 eperego@units.it



# Toccare con mano. Dalla comunicazione ottica alla comunicazione aptica

Ivana Passamani

*Touching is like a bridge between our body and the world around us. Touching gives us informations about size, shape and volume, but also about texture, temperature, vibrations, hardness/softness.*

*Communicating with tactile maps and three-dimensional models by applying the concept of equality of Design for All helps to increase the number of users. We can address the blind, the many visually impaired who are losing the vision of the world, but also the able-bodied, who can benefit from some of these tools. Anyone, touching a tactile map or model, must consider that the contents (landscape/architecture) are “mediated” representations: volumes are simplified, lines, embossed and textured areas become symbols, however explained by appropriate keymaps.*

*The designer must sensitively filter the real data, guaranteeing an easy understanding. We present the state of the art, the potential of tactile representation and some possible applications.*



“Quando in una casa immersa nell’oscurità totale accendiamo una luce, l’oscurità scompare.  
Allora ci chiediamo: dov’è andata?”

E la risposta può essere soltanto una:

“Non è andata da nessuna parte, l’oscurità è semplicemente  
l’altro lato della luce, il suo volto segreto”.  
[Saramago 2016]

Segni, immagini, città, territori e paesaggi: per la maggior parte di noi sono dati acquisiti, scontati, fanno parte del nostro quotidiano e non colpiscono la nostra attenzione a meno che non ci si trovi di fronte a nuovi segni, come immagini di città e paesaggio ancora inesplorate.

Ma se chiudiamo per qualche minuto gli occhi e proviamo a muoverci nel buio le certezze crollano, il controllo dello spazio e dello stesso corpo ci abbandona e il senso di precarietà prende il sopravvento: sperimentare questa situazione così disorientante è il modo migliore per avvicinarci ai problemi reali e concreti legati alle disabilità visive e per prendere consapevolezza che la ricerca e le soluzioni da individuare devono soddisfare i criteri del *Design for All*, che pongono l’inclusività al primo posto per abbattere le barriere della diversità.

Cambiare il punto di vista, soprattutto per chi è abituato a vagare per la città guardando ma non vedendo davvero, è il primo passo per avvicinarsi a questo *focus* con il corretto atteggiamento.

Il *focus* deve dunque concentrarsi sulla comunicazione tattile, non limitata all’architettura o ai singoli oggetti, ma che possa occuparsi di trasmettere informazioni e percezioni sull’ambiente e sul paesaggio che ci circondano. La componente paesaggistica e ambientale infatti, a causa della sua vastità e della oggettiva difficoltà a essere sintetizzata per la lettura tattile, è molto trascurata, addirittura per nulla considerata nei progetti di comunicazione tattile.

Questo avviene anche perché sembra più urgente e impellente mettere un non vedente nelle condizioni di orientarsi nell’uso di un oggetto o nella fruizione autonoma di uno spazio architettonico piuttosto che renderlo partecipe della conoscenza (apparentemente fine a se stessa) di vedute di paesaggi.

Da queste brevi premesse è possibile individuare gli obiettivi della ricerca *Le mani sull’architettura* [1]: individuare modalità descrittive sintetiche tridimensionali e bidimensionali per rendere comprensibile e controllabile, secondo le indicazioni del *Design for All*, il paesaggio e le architetture in cui ci muoviamo (fig. 1).

## Gli utenti destinatari del progetto

"Chiudi gli occhi e vedrai":  
[Joubert 1838]

Contrariamente a quanto si può immaginare, gli utenti non sono solo i non vedenti o i numerosi ipovedenti che per anzianità o per patologie degenerative subiscono una graduale e irreversibile riduzione della vista: infatti, a partire dalla stessa Costituzione Italiana fino agli obiettivi dell'Agenda 2030, la persona nella più ampia accezione del termine deve essere al centro del progetto, a prescindere dal fatto che sia normodotata o no. La fruizione del paesaggio, della città e dell'architettura dovrebbero quindi essere agevolate per tutti. Solo in questo modo potremmo parlare di un vero progetto di inclusione (fig. 2).

Non ha infatti alcun senso dividere gli utenti in tipologie e categorie in relazione alle loro capacità: l'*Universal Design* chiede di abbandonare la dicotomia progetto per lo standard-progetto per le disabilità, che produce diversi modi di progettare categorizzando gli utenti.

Possiamo quindi semplificare, sintetizzare e ridurre in modo opportuno i dati spaziali per tradurli in modelli tattili bidimensionali o tridimensionali che tutti possono fruire e dai quali trarre utili informazioni.

Università degli Studi di Brescia  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e Matematica  
www.unibn.it

la collaborazione con:

**LE MANI SULL'ARCHITETTURA**  
**Vedere con gli occhi, Vedere con le dita**

**25 05 2016**  
**Aula Magna**  
**Via Branze 38**  
**Brescia**

**14:00 - 18:30**  
Salute delle Autorità dell'Università degli Studi di Brescia  
(Ateneo, DICATAM, Commissione di Ateneo per le Disabilità)  
Salute delle Autorità del Comune di Brescia  
(Assessorato alla Cultura Laura Castellotti)  
Salute del Presidente dell'Ordine degli Architetti della Provincia di Brescia  
Salute delle Autorità Rotariane  
14:45 - 14:50  
**IVANA PASSAMANI**, introduzione al Seminario  
14:50 - 14:55  
**ALBERTO ARENGHI**, il Laboratorio Interdipartimentale brescia accessibility lab (brial)  
15:00 - 15:20  
**IVANA PASSAMANI**, "Le mani sull'architettura... codici di comunicazione e prime esperienze"  
15:20 - 15:30  
**JOANNA KARCEWSKA**, "Artecronni e il progetto Brescia tra le mani"  
**SANDRA INVERARDI**, Presidente UICI "I VICI e i modellini"  
15:30 - 16:00  
**LUCIA BARACCO**, "Barriere percettive e progettazione inclusiva. Accessibilità ambientale per percorsi non "difficili da vivere"  
16:00 - 18:30  
Conclusioni

SPONSOR  
Sponsor principale: Università degli Studi di Brescia  
Sponsor: Dip. Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e Matematica  
Sponsor: Comune di Brescia - Assessorato alla Cultura Laura Castellotti  
Sponsor: Provincia di Brescia - Assessorato alla Cultura Laura Castellotti  
Sponsor: Ordine degli Architetti della Provincia di Brescia  
Sponsor: Rotary Club Brescia  
Sponsor: Rotariani dell'Università degli Studi di Brescia - Rotariani 1015/5

Con il patrocinio di:

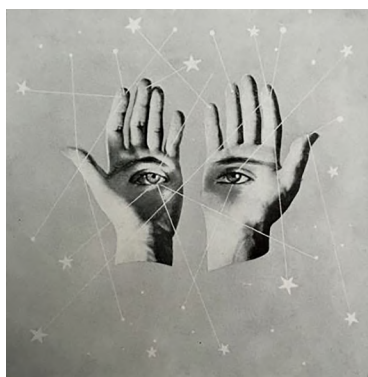


Fig. 1. A sinistra: *Le mani sull'architettura*. Locandina del seminario, Brescia, Università degli Studi, DICATAM, 25 maggio 2016.

Fig. 2. Sopra: Herbert Bayer, *Advertising Design* 1939 [in Kepes György, 1944].

## Multisensorialità e tatto

“E presto tutti i sensi si sono reciprocamente aiutati per il perfezionamento e per il benessere dell'io sensitivo, che è quanto dire dell'individuo. Così il tatto ha corretto gli errori della vista; il suono, per mezzo della parola articolata, è diventato l'interprete di tutti i sentimenti; il gusto si giovò della vista e dell'odorato; l'udito comparò i suoni e misurò le distanze; e il genesico invase gli organi di tutti gli altri sensi”.  
[Brillat-Savarin 1825]

Accantonando il senso più utilizzato – la vista – e focalizzando l'attenzione sugli altri sensi la percezione dell'intorno diventa più completa e l'esperienza più arricchente: non a caso sempre più frequentemente in questi ultimi anni si leggono studi e proposte che fanno della multisensorialità l'ispirazione fondante e il motivo conduttore della fruizione di un progetto o di un'esperienza [2].

Tra i diversi sensi da accendere il tatto assume, nella specificità di questa ricerca, un ruolo di primo piano perché consente di comunicare alcuni valori e caratteri spaziali ai non vedenti e agli ipovedenti, proponendo al tempo stesso a tutti gli utenti sintetiche ed efficaci chiavi di lettura.

La dimensione sensoriale del tatto rappresenta un ponte che connette la nostra corporeità con il mondo esterno, consentendo a tutti di coglierne le caratteristiche essenziali semplicemente toccando l'oggetto reale o un suo modello.

Ad ogni canale sensoriale si abbina una serie di sensazioni. La tattilità, in particolare, è particolarmente generosa, in quanto ci trasmette parecchie indicazioni: dimensione, forma e volume, texture, temperatura, vibrazioni, durezza/morbidezza.

Molto interessanti le riflessioni sulle relazioni sinestetiche [3] tra i sistemi sensoriali e le corrispondenti sensazioni proposte da Riccò: la studiosa, sottolineando come forma e dimensione derivino al tatto dal sistema sensoriale vista [Riccò 1999, p. 63], afferma che vista e tatto sono in relazione sensoriale nella corretta percezione di questi dati.

Cosa accade quando la persona è non vedente? In questo caso il tatto supplisce all'assenza della vista e ricompone, compensando con gli altri sensi, la dimensione fisica di ciò che viene rappresentato/raccontato.

A riprova di ciò, Marcantoni afferma che “la vista cancella tutte le altre esperienze sensoriali. Paradossalmente, la vista rende ciechi” [Marcantoni 2014, p. 25].

## Principi, definizioni, riferimenti bibliografici, esperienze, normative

“L'handicap può essere interpretato come il risultato dell'incontro tra la disabilità e l'ambiente fisico e sociale: tanto più l'ambiente è accogliente e adatto a ogni individuo, tanto minore sarà l'handicap”.  
[Marcantoni 2014, p. 17]

In ricerche sull'accessibilità visiva e sulla comunicazione i riferimenti ai concetti relativi a *Universal Design*, *Design for All* e *Inclusive Design* sono inevitabili, ma è importante ricordare che queste espressioni non sono sinonimi.

Il termine *Universal Design* è stato introdotto nel 1985 da Ronald L. Mace che così lo definisce: “*The design of products and environments to be usable by all people, to the greatest extent possible, without the need for adaptation or specialized design*”.

Successivamente, nel 1997 presso l'Università Statale della Carolina del Nord i sette principi dell'*Universal Design* sono stati definiti da un team di architetti, designer, ingegneri e ricercatori coordinati dallo stesso Mace: tali principi sostengono la progettazione degli spazi, dei prodotti e della comunicazione individuando delle linee guida cui attenersi.

Di seguito si riportano sinteticamente:

- equità (utilizzabile da tutti);
- flessibilità (adattarsi alle diverse abilità);
- semplicità (uso facile da capire);
- percettibilità (trasmettere le effettive informazioni sensoriali);
- tolleranza all'errore (minimizzare i rischi o le azioni non volute);
- contenimento sforzo fisico (utilizzo con minima fatica);
- misure e spazi sufficienti (rendere lo spazio idoneo per l'accesso e per l'uso).

L'espressione *Inclusive Design* viene coniata nel 1994 da Roger Coleman e definisce un particolare approccio progettuale: esso deve garantire, per prodotti e servizi, una rispondenza alle esigenze di un pubblico il più ampio possibile, a prescindere da età o abilità.

Per quanto concerne il termine *Design for All*, la sua definizione all'interno dell'Istituto Europeo per il Design e la Disabilità risale al 2004: “design per la diversità umana, l'inclusione sociale e l'uguaglianza”.

Per poter soddisfare l'obiettivo di facilitare per tutti pari opportunità di partecipazione nei vari aspetti della società, ogni oggetto progettato deve essere:

- accessibile;
- comodo da usare per ognuno;
- capace di rispondere all'evoluzione della diversità umana.



Questa definizione, letta alla luce del fenomeno dell'invecchiamento progressivo della popolazione mondiale, evidenzia la rilevanza del *Design for All* come progettazione per la diversità umana, che mira alla predisposizione di ambienti o servizi sempre più attenti alla fruibilità e usabilità. Come appare evidente, vi sono sfumature nelle definizioni dei concetti: tutti tendono comunque all'obiettivo di trasformare la difficoltà di pochi in una risorsa positiva per tutti.

Soffermandoci sul *focus* di cui stiamo trattando, quello dell'accessibilità visiva, notiamo del resto che anche a livello bibliografico esso è sviluppato in letteratura e nella normativa su più canali.

Il primo canale concerne le testimonianze personali: esperienze di vita vissuta in prima persona che ci spiegano come "capire la cecità" [Marcantoni 2014, p. 15] sgomberando il campo dalle visioni negative sull'handicap. "La normalità dovrebbe essere la soggettiva possibilità di vivere la propria esistenza con dignità e senza doversi confrontare con modelli preconfezionati, standardizzati o socialmente riconosciuti" [Marcantoni 2014, p. 20].

Un secondo canale è popolato di testi che forniscono risposte precise a domande e problemi concreti, portando esempi e proposte correttive. Dopo aver ricordato che Bruno Munari è il padre della tattilità (indimenticabili i suoi laboratori tattili) [Munari 1985], cito ad esempio *Disegnare per le mani* [Levi, Rolli 1994], un manuale tecnico che contiene i fondamenti del disegno in rilievo, mentre della leggibilità delle informazioni si occupa *Questione di leggibilità. Se non riesco a leggere non è solo colpa dei miei occhi* [Baracco 2005].

Il tema della progettazione dello spazio e dell'architettura è affrontato in *Barriere percettive e progettazione inclusiva* [Baracco 2016] mentre l'aspetto più ampio e complesso dell'accessibilità alla cultura è affrontato ad esempio in *L'accessibilità alla cultura per i disabili visivi. Storia e orientamenti* [Levi 2013] oppure, per quanto concerne l'accesso all'arte, in *L'arte contemporanea e la scoperta dei valori della tattilità* [Grassini, Socrati, Trasatti 2018].

Innumerevoli in questi ultimi anni le iniziative – spesso sponsorizzate dall'associazionismo – volte a proporre esperienze multisensoriali, percorsi, installazioni a servizio di opere d'arte o monumenti: esse sono puntualmente registrate dalla stampa locale, facilmente consultabili per un aggiornamento continuo iscrivendosi a Press-IN [4].

Un altro interessante canale è quello di eventi o percorsi "al buio": molti avranno partecipato a una "cena al buio", evento organizzato dalle varie UICI delle città italiane per sensibilizzare i normovedenti sulla condizione di cecità.

Un'esperienza per provare un diverso modo di relazionarsi con la realtà intorno a noi è *Dialogo nel buio*, una mostra dove l'assenza dell'immagine visiva consente una nuova percezione delle cose [5].

Un ulteriore canale riguarda gli aspetti legislativi sul tema della mobilità dell'ipovedente nello spazio.

Riporto alcuni passaggi a testimonianza dell'evoluzione in Europa della disciplina sul tema della disabilità.

1995 – Barcellona: Carta di Barcellona “La città e i disabili”, sottoscritta da 150 città dell'Unione Europea durante il Congresso europeo *La Città e le persone handicappate*. Definisce le misure finalizzate alla promozione di pari opportunità per i cittadini disabili.

2000 – Nizza: Carta Europea dei Diritti Fondamentali dell'Unione Europea. Specifica i principi su cui basarsi per tutelare i diritti dei disabili.

2006 – Assemblea Generale delle Nazioni Unite: Convenzione ONU sui diritti delle persone con disabilità. 50 articoli descrivono le azioni per garantire i diritti di uguaglianza e di inclusione sociale dei cittadini disabili. Viene definita come condizione di disabilità quella di coloro che “hanno minoranze fisiche, mentali, intellettuali o sensoriali a lungo termine che in interazione con varie barriere possono impedire la loro piena ed effettiva partecipazione nella società su una base di eguaglianza con gli altri”. Si comprende, quindi, nel concetto di disabilità la minoranza sensoriale, anche la condizione di cecità o ipovisione.

2001 – Italia: L. 138 *Classificazione e quantificazione delle minorazioni visive e norme in materia di accertamenti oculistici* (3/4/2001, G.U. 21/4/2001, n. 93). Supera l'atteggiamento assistenzialistico (legato al solo livello di minorazione visiva) precedente, proponendo il ricorso a parametri riferiti non solo all'acuità visiva.

Al di sopra di tutto, in conclusione, ricordo naturalmente la Costituzione Italiana, che all'art. 3 recita: “tutti i cittadini hanno pari dignità sociale e sono uguali davanti alla Legge senza distinzione di sesso, di razza, di lingua, di religione, di opinioni politiche, di condizioni personali e sociali”. Questo principio di pari dignità deve permeare qualunque azione, in qualunque campo.

## Strumenti e sussidi

“Anche i ciechi hanno bisogno di allargare i loro orizzonti spaziali. Essi partecipano dell'impellente necessità di tutti gli uomini: raggiungere la certezza di stare in un mondo conosciuto, scongiurare il disastroso smarrimento di stare in un mondo ignoto”.  
[Kepes 1944]

È importante fare una breve riflessione sui principali strumenti e sussidi per l'accessibilità dei non vedenti e degli ipovedenti, rammentando che il concetto di barriera architettonica riferito alle disabilità motorie va declinato per questi utenti in barriera percettiva e cromatica. Va considerata, inoltre, la fondamentale distinzione tra gli strumenti per l'accessibilità fisica allo spazio, per la sicurezza e l'orientamento e quelli per l'accessibilità mentale alla conoscenza e quindi per un accrescimento culturale.

### Strumenti per l'accessibilità fisica allo spazio, per la sicurezza e per l'orientamento

Gli strumenti e i dispositivi finalizzati all'accessibilità fisica allo spazio, all'orientamento e alla sicurezza devono soddisfare i seguenti obiettivi:

- l'orientamento, ovvero conoscere posizione e direzione;
- la sicurezza, ovvero riconoscere luoghi e situazioni pericolose.

È evidente che questi strumenti costituiscono una *condicio sine qua non* per assicurare un'autonomia della persona e quindi la loro presenza e diffusione dovrebbero essere garantite proprio in ottemperanza ai principi di uguaglianza e inclusione già menzionati e, naturalmente, alle normative vigenti.

Sottolineo che l'aspetto della sicurezza del tessuto urbano e del sistema dei trasporti per le categorie deboli è oggetto dell'Obiettivo 11 dell'Agenda 2030 [6].

A parte l'affiancamento del cane-guida, il bastone e le pavimentazioni tattili-plantari secondo il sistema Loges – strumenti sempre validi –, l'avanzamento della tecnologia ha reso possibile la predisposizione di altri efficaci sussidi: gli auricolari associati al bastone tattile, i *microchip*



Fig. 3. Berlino, *Isola dei Musei*. Modello tattile in bronzo [foto di I. Passamani].

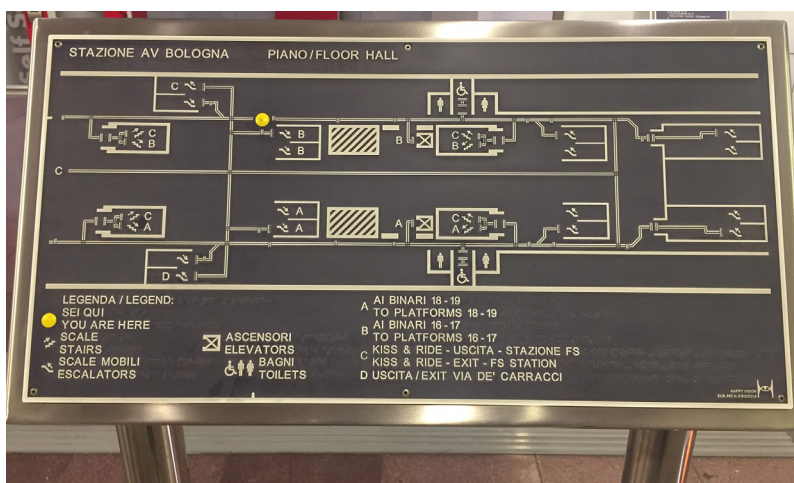


Fig. 4. Esempio di pannello tattile per l'accessibilità fisica e l'orientamento nello spazio [foto di I. Passamani].

e i *beacon* collegati tramite *bluetooth* che favoriscono in vario modo la mobilità in autonomia della persona non vedente.

Restano, inoltre, sempre indispensabili i sussidi installati nello spazio urbano: i corrimani tattili che dovrebbero essere maggiormente diffusi, le mappe tattili per favorire l'orientamento e per i percorsi, che aprono il complesso ragionamento della rappresentazione finalizzata a raggiungere le più corrette modalità di comunicazione bidimensionale grafica/tattile (figg. 3-4).

### Strumenti per l'accessibilità mentale alla conoscenza

Per l'accesso alla cultura e alla conoscenza, si propone una riflessione sui principali sussidi, che devono soddisfare i seguenti obiettivi:

- conoscenza del mondo circostante, del paesaggio e dell'architettura;
- formazione e accrescimento culturale.

La considerazione che l'accesso alla cultura sia di importanza minore rispetto alla accessibilità allo spazio non trova fortunatamente riscontro neppure nel secolo scorso, prova ne è l'art. 27 della Dichiarazione dei Diritti Umani [7]: "Ogni individuo ha diritto di prendere parte liberamente alla vita culturale della comunità, di godere delle arti e di partecipare al progresso scientifico e ai suoi benefici".

Tali concetti sono stati inseriti anche nell'Obiettivo 4 dall'Agenda 2030, che infatti recita: “garantire un'istruzione di qualità inclusiva ed equa e promuovere opportunità di apprendimento continuo per tutti”, sottolineando nel punto 4.5 l'accesso equo all'istruzione per le categorie più deboli [8].

I principali strumenti per comunicare l'accessibilità alla conoscenza si confermano i libri tattili e i pannelli tattili, dove il tradizionale disegno bidimensionale si trasforma in disegno in rilievo; a questi si aggiungono i modelli tridimensionali.

Proprio in questo ambito si colloca la proposta qui di seguito presentata, sulla quale si sta concentrando l'attenzione dei destinatari e dell'amministrazione pubblica.

## **La proposta: installazioni per accedere alla conoscenza del paesaggio**

“La vista cancella tutte le altre esperienze sensoriali.  
Paradossalmente, la vista rende ciechi”:  
[Marcantoni 2014, p. 25]

Premesso che nel caso di persone non vedenti il tatto supplisce l'assenza della vista ricomponendo la dimensione fisica di ciò che viene rappresentato e compensando le informazioni con gli altri sensi, bisogna ragionare sui segni più idonei a descrivere l'oggetto, da ridurre all'essenziale.

“Il nostro universo è fatto essenzialmente di concetti e di oggetti: i concetti si percepiscono attraverso la trasmissione del pensiero e l'udito è lo strumento per natura destinato a questo ufficio grazie alla comunicazione verbale. Gli oggetti si riconoscono dalla forma; per questo la vista e il tatto hanno importanza determinante. Sotto questo aspetto il tatto è l'unico senso capace di sostituire la vista” [Grassini 2018, p. 23]. Le considerazioni di Grassini mi permettono di introdurre un ulteriore passaggio: se l'oggetto da conoscere con il tatto ha una dimensione o posizione tale da non consentire il contatto diretto per la lettura delle mani, come posso metterlo in comunicazione con un non vedente?

Proprio questo interrogativo ha avviato la ricerca sulla comunicazione del paesaggio e mi ha permesso di dare al modello da toccare il valore di “concetto” rappresentativo della realtà, declinato secondo una convincente forma di comunicazione grafica/tattile che renda comprensibile ciò che sostanzia, ovvero una visione paesaggistica.

In coerenza con quanto previsto nel documento sulla *Healthy City* [9], che la definisce come una “città che crea e migliora costantemente gli ambienti fisici e sociali e amplia le risorse comunitarie che permettono alle persone di aiutarsi reciprocamente a svolgere tutte le funzioni necessarie alla vita, sviluppandole al meglio”, si propongono installazioni tattili integrative rispetto a quelle informative e per l'orientamento, che comunichino attraverso sagome tattili gli *skyline* intangibili che popolano l'esperienza quotidiana di un vedente.

Il progetto *Toccare il cielo con un dito* si occupa in particolare del Castello di Brescia posto sul colle Cidneo: un luogo sopraelevato da cui osservare, da diverse quote, il tessuto urbano e il paesaggio circostante, caratterizzato in modo diverso a seconda della direzione in cui lo si osserva. La particolare diversità e ricchezza sono naturalmente legate all'articolata morfologia del sito geografico in cui Brescia è collocata: pianeggiante verso sud, collinare nelle parti est e ovest, montuoso a

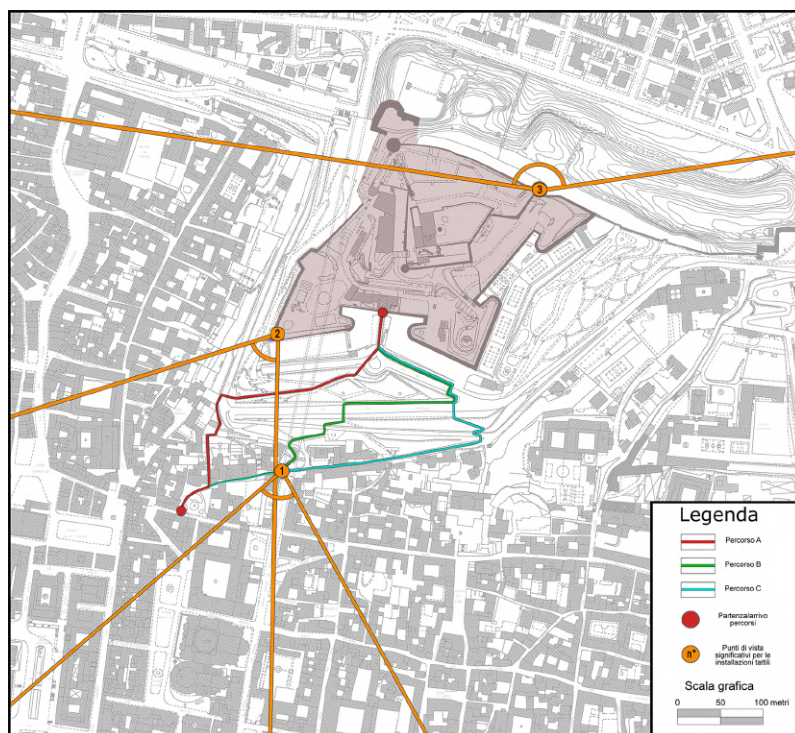


Fig. 5. Studio su possibili percorsi verso il Castello con la localizzazione di alcuni dei punti di vista da valorizzare mediante installazioni tattili [grafico di A. Schincariol].

FOCUS	ESITO	INTERAZIONE TRA PUNTO DI VISTA E PUNTO DI STAZIONE TATTILE	
			<p><b>E.V.</b> Punto di vista fisso con visione contemporaneamente prospettica e ortogonale.</p> <p><b>E.S.</b> Punto di stazione dell'esperienza fisso (P.V.).</p> <p><b>P.S. ■ P.V.</b></p>
			<p><b>E.V.</b> Punto di vista fisso con visione ortogonale del piano di profondità.</p> <p><b>E.S.</b> Punto di stazione dell'esperienza fisso (P.V.).</p> <p><b>P.S. ■ P.V.</b></p>
			<p><b>E.V.</b> Punto di vista fisso con visione panoramica (360°).</p> <p><b>E.S.</b> Punto di stazione dell'esperienza fisso (distanza tra piano parallelo al piano dello skyline).</p> <p><b>P.V. ■ P.S.</b></p>

Fig. 6. Modalità di impostazione degli skyline: relazione tra punto di vista P.V. e punto di stazione P.S. [grafico di I. Passamani].

nord. La salita stessa al Castello offre interessanti scorci che meritano di essere patrimonio di tutti: lo studio sui percorsi verso e all'interno dello stesso ha permesso di localizzare alcuni dei punti di vista da valorizzare con le installazioni tattili (fig. 5).

La peculiarità delle viste ha confermato le potenzialità della rappresentazione a *silhouette*: un efficace strumento di comunicazione e conoscenza sintetica che comunica gli skyline attraverso linee orizzontali, curve, spezzate da seguire con il dito.

Per utenti non vedenti o ipovedenti questa esperienza tattile permette loro di avere un'idea dello spazio circostante. Ne ho avuto la conferma quando, davanti a un panorama sulle montagne, ho pensato di guidare il dito di un non vedente lungo lo skyline per "toccare il cielo con un dito". Questa idea, proprio come accade in *Cattedrale* di Carver [Carver 2014, p. 224], traducendo la parola in gesto è stata accolta da chi l'ha vissuta come "una rivelazione": tradurre in *silhouette* tattile l'immagine dello skyline ha significato tradurre un concetto inaccessibile in modello tattile. I tre diversi punti di vista individuati nella fase sperimentale hanno anche consentito di riflettere su diverse soluzioni a seconda delle peculiarità delle viste (fig. 6).

I casi, diversi nelle modalità di lettura prospettica che condiziona i criteri ideativi dei pannelli, sono:

- lo skyline prospettico;
- lo skyline delle profondità;
- lo skyline dinamico.

Brevemente si descrivono le tipologie di installazioni proposte.

### Lo skyline prospettico

Si tratta di uno skyline urbano in cui emergono alcuni significativi *landmark* (cupola e torre). L'asse prospettico della strada sottostante arricchisce la visione. La vista è in prospettiva centrale. Il pannello sagomato in plexiglass riproduce fedelmente, ricalcandola, la visione prospettica da un preciso punto di vista segnalato sul pavimento da mattonelle Loges. La riproduzione della sola *silhouette* degli edifici sintetizza le informazioni: questa rarefazione di dati garantisce l'efficacia comunicativa (fig. 7).

### Lo skyline delle profondità

Dove il panorama urbano e paesaggistico si distende in profondità sul territorio della pianura, tanto che è possibile individuare la successione di emergenze architettoniche che descrivono lo sviluppo dell'espansione della città, si è evidenziata l'assenza di una direzionalità convergente in un punto di fuga prospettico. Sono stati così individuati alcuni piani di profondità caratterizzati dalla presenza di edifici significativi. Essi sono rappresentati da pannelli di plexiglass sagomati secondo i diversi profili, montati su un supporto orizzontale a distanza di pochi centimetri uno dall'altro; come nel caso precedente, il punto di stazione dell'esperienza tattile coincide con il punto di vista. Si tratta di rappresentazioni ad alto livello di astrazione, comprensibili più facilmente da chi ha perso la vista conservando il senso dello spazio piuttosto che da chi è non vedente dalla nascita; in ogni caso l'esercizio di scomposizione per piani di profondità permette a tutti un'esperienza stimolante ed è coerente con l'universo aptico del non vedente che misura con le mani il "vicino" e il "lontano" (fig. 8).



Fig. 7. Ipotesi di installazione di *maquette* con visione prospettica: fotoinserimento [elab. di A. Schincariol].





L'INDIVIDUAZIONE DELLE FASCE DI PROFONDITA' E DELLE EMERGENZE ARCHITETTONICHE

Fig. 8. Ipotesi di installazione di *maquette* con visione critica e per piani di profondità [elaborazione grafica a cura di I. Passamani].

### Lo skyline dinamico

Il respiro visivo degli skyline a perdita d'occhio impone un'impostazione diversa. Il punto di stazione fisso viene abbandonato a favore di una esperienza tattile in movimento: una lunga *maquette* (curvilinea o rettilinea) in plexiglass trasparente va letta spostandosi lentamente, seguendo il profilo curvilineo. La componente dinamica del movimento dà maggiormente l'idea della vastità dei panorami aperti e articolati dal punto di vista altimetrico.

Naturalmente tutte le tipologie di installazioni sono accompagnate da legende in Braille con icone visive/tattili, che segnalano i principali elementi del paesaggio e architettonici presenti nella visuale (fig. 9).

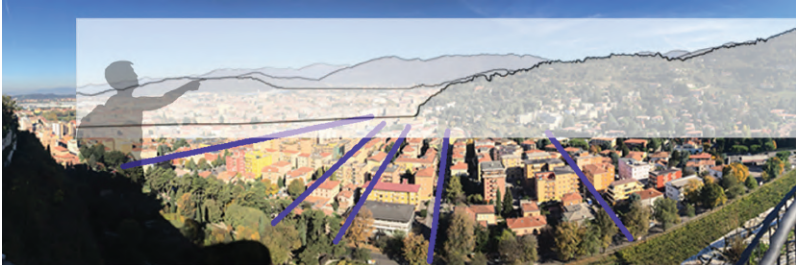


Fig. 9. Ipotesi di installazione di *maquette* con visione panoramica e con proposta di esperienza dinamica del tatto [I. Passamani, F. Trotti].

## Conclusioni

“I ciechi, dunque, come testimoni della possibilità  
– e dell’opportunità – di ripensare il mondo in cui viviamo”.  
[Marcantoni 2014, p. 27]

Di fronte alla dittatura delle immagini che caratterizza la società contemporanea e che esclude una parte della popolazione, è necessario cambiare il punto di vista, nella consapevolezza che tutti trarranno vantaggio da una nuova forma di comunicazione finalmente svincolata dall’oculocentrismo che ancora caratterizza la cultura occidentale.

L’attenzione ai principi dell’*Universal Design*, agli Obiettivi dell’Agenda 2030, il rispetto dell’art. 3 della Costituzione Italiana e delle altre normative e criteri possono guidare la ricerca dei più opportuni sistemi di comunicazione tattile e delle scelte legate alla Rappresentazione, declinata in modo inclusivo per produrre nuovi modelli bidimensionali: disegni in rilievo, mappe tattili, *silhouette*.

Abbiamo a tutti gli effetti un ruolo di “traduttori”: dobbiamo trasformare la realtà complessa in disegno, poi in sintesi tattile del disegno e talvolta anche in simbolo tattile. Altri tipi di comunicazione, come quelli pur efficaci proposti su una terrazza di Venezia, sono esaurienti ma non sono sufficientemente inclusivi (fig. 10).

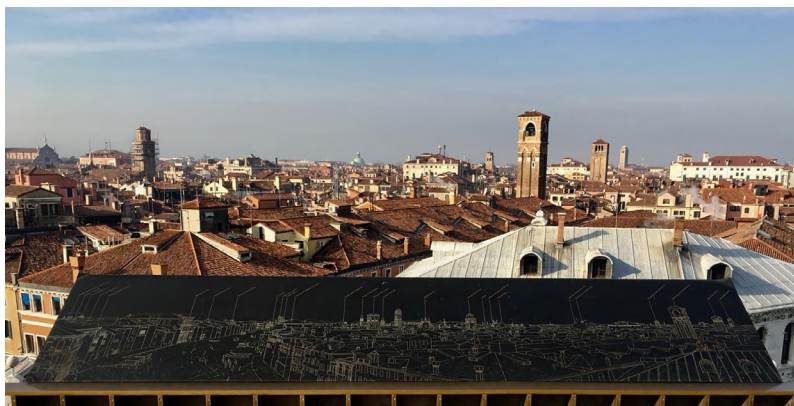


Fig. 10. Comunicazione della vista prospettica e indicazione dei principali elementi, dalla terrazza del Mulino Stucky a Venezia [foto di F. Trotti].

Dobbiamo anche essere molto inclusivi nei test e nelle sperimentazioni, garantendo un confronto costante con gli utenti non vedenti. La ricerca quindi è caratterizzata da una forte operatività, che certifica i risultati via via conseguiti. L'allestimento delle *maquette* permette, in modo inclusivo, il godimento di visioni paesaggistiche e urbane, traducendo l'intangibile (lo *skyline*) in tangibile (la *silhouette* tattile), grazie ad applicazioni prospettiche della Scienza della Rappresentazione.

## Note

[1] La ricerca *Le mani sull'architettura*, avviata dalla sottoscritta presso l'Università degli Studi di Brescia-DICATAM nel 2015, è stata presentata in occasione della donazione all'UICI di Brescia di modellini tattili realizzati dagli studenti dei corsi di Rilievo dell'Architettura. L'evento *Architettura tattile in dono. Dalla sperimentazione didattica ai percorsi sensoriali* è stato ospitato presso il comune di Brescia e si è svolto in data 7 aprile 2016. Successivamente (25/5/2016) è stato organizzato il seminario *Le mani sull'architettura. Vedere con gli occhi, vedere con le dita*.

[2] Cito ad esempio: Barbara 2011; Riccò 1999, Riccò 2008.

[3] Sinestesia: "particolare forma di interazione sensoriale, in cui stimoli induttori e sensazioni indotte instaurano fra loro una precisa relazione di causa ed effetto. L'uomo, pur essendo dotato di sistemi sensoriali delegati a specifici compiti recettivi, è nel contempo provvisto di un sistema di sincronizzazione centrale che integra in una unica percezione dati sensoriali disomogenei". Riccò 1999, p. 61.

[4] Press-IN è un servizio offerto dall'associazione Lettura Agevolata Onlus, e invia giornalmente gli articoli sui *focus* individuati dal fruitore.

[5] È visitabile all'interno dell'Istituto dei Ciechi di Milano. <[www.dialogonelbuio.org](http://www.dialogonelbuio.org)>

[6] "Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili". In particolare nei punti 11.2 (Entro il 2030, garantire a tutti l'accesso a un sistema di trasporti sicuro, conveniente, accessibile e sostenibile, migliorando la sicurezza delle strade, in particolar modo potenziando i trasporti pubblici, con particolare attenzione ai bisogni di coloro che sono più vulnerabili, donne,

bambini, persone con invalidità e anziani) e 11.3 (Entro il 2030, potenziare un'urbanizzazione inclusiva e sostenibile e la capacità di pianificare e gestire in tutti i Paesi un insediamento umano che sia partecipativo, integrato e sostenibile).

[7] <[http://www.senato.it/documenti/repository/relazioni/libreria/fascicolo\\_diritti\\_umani.pdf](http://www.senato.it/documenti/repository/relazioni/libreria/fascicolo_diritti_umani.pdf)> La dichiarazione è del 1948.

[8] Obiettivo 4.5: "Eliminare entro il 2030 le disparità di genere nell'istruzione e garantire un accesso equo a tutti i livelli di istruzione e formazione professionale delle categorie protette, tra cui le persone con disabilità, le popolazioni indigene e i bambini in situazioni di vulnerabilità".

[9] Healthy Promotion City – WHO, Geneva 1998.

## Riferimenti bibliografici

A.A.V.V. (1995). *Il disegno per l'apprendimento delle forme da parte dei soggetti non vedenti*. Firenze: Tipografia Ammannati.

A.A.V.V. (1996). *XY Dimensioni del disegno. Il disegno oscuro*, vol. 26. Roma: Officina Edizioni.

Agostiano, M., Baracco, L., Caprara, G., Pane, A., Viridia, E. (2016). *Linee guida per il superamento delle barriere architettoniche nei luoghi di interesse culturale*. Roma: Gangemi Editore.

Baracco, L. (a cura di). (2005). *Questione di leggibilità. Se non riesco a leggere non è solo colpa dei miei occhi*. Venezia: Progetto Lettura Agevolata, Comune di Venezia.

Baracco, L. (2016). *Barriere percettive e progettazione inclusiva. Accessibilità ambientale per persone con difficoltà visive*. Trento: Erickson.

Barbara, A. (2011). *Storie di architettura attraverso i sensi*. Milano: Postmedia Books.

Berlucchi, N. (a cura di). (2013). *Una fortezza per la città*. Brescia: Grafo Edizioni.

Brillat-Savarin, J.A. (1825). *Fisiologia del gusto*, in *Lettura di Brillat-Savarin di Roland Barthes*, tr. it., Sellerio, Palermo, 1978, pp. 1-273.

Carver, R. (2014). *Cattedrale*. Torino: Einaudi.

Joubert, J. (1838). *Recueil des pensées de M. Joubert*. [publié par Chateaubriand]. Paris: Le Normant.

Descartes, R. (1909). *La Dioptrique, Discours VII*. In Adam, C., Tannery, P. (Eds.). *Œuvres de Descartes*, VI. Paris.

Emler, T. (2013). *Universal Design: ruolo del Disegno e Rilievo / Universal Design: the role of Drawing and Survey*. In *Disegnare. Idee Immagini*, n. 46.

Grassini, A., Socrati, A., Trasatti, A. (2018). *L'arte contemporanea e la scoperta dei valori della tattilità*. Roma: Armando Editore.

Guerini, S. (2013). *Sinestesie e multisensorialità*. In Rossi, M. (a cura di). *Geometria, spazio, colore. Ricerche per la rappresentazione e il progetto*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore.

Kepes, G. (1944). *Language of Vision. Painting, Photography, Advertising-Design*. Chicago: Paul Theobald & Company Record.

Levi, F. (2013). *L'accessibilità alla cultura per i disabili visivi. Storia e orientamenti*. Torino: Zamorani Editore.

Levi, F., Rolli, R. (1994). *Disegnare per le mani. Manuale di disegno in rilievo*. Torino: Zamorani Editore.

Lynch, K. (2006). *L'immagine della città*. Padova: Marsilio.

Marcantoni, M. (2014). *Vivere al buio. La cecità spiegata ai vedenti*. Trento: Erickson.

Munari, B. (2016). *Prima ed. 1985. I laboratori tattili*. Mantova: Edizioni Corraini.

Passamani, I. (2017). *Le mani sull'architettura. Sperimentazioni per progetti di comunicazione*

inclusiva. In di Luggo, A., Giordano, P., Florio, R., Papa, L.M., Rossi, A., Zerlenga, O., Barba, S., Campi, M., Cirafici, A. (a cura di). *Territori e frontiere della rappresentazione / Territories and frontiers of Representation*. Atti del 39° Convegno internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione, XIV Congresso della Unione Italiana per il Disegno. Roma: Gangemi Editore, pp. 1371-1378.

Passamani, I., Trotti, F., Schincariol, A. (2018). Toccare il cielo con un dito. Dallo skyline intangibile alla silhouette tattile. In Salerno, R. (a cura di). *Rappresentazione/Materiale/Immateriale - Drawing As (In)Tangible Representation*. Roma: Gangemi Editore, pp. 1331-1338.

Riccò, D. (1999). *Sinestesie per il design. Le interazioni sensoriali nell'epoca dei multimedia*. Milano: Etas.

Riccò, D. (2008). *Sentire il Design. Sinestesie nel progetto di comunicazione*. Roma: Carocci.

Saramago, J. (2006). O outro lado / Dall'altro lato. In Valentinotti, M., de Zambotti, A., Bonaventura, W. (a cura di). *Passaggi. Dialoghi con il buio*. Milano: Mimesis Edizioni, pp. 53-55.

## **Autrice**

*Ivana Passamani*

Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e Matematica  
Università degli Studi di Brescia  
ivana.passamani@unibs.it

# Non si vive di sola visione! Il tatto e la sfida per un futuro “accessibile”

Aldo Grassini

*The Museo Tattile Statale “Omero” was founded in Ancona in 1993 and was recognized as a State Museum in 1999. Its mission is to offer blind and visually impaired people the opportunity to learn about the great masterpieces of art through tactile exploration. The Museum exhibits a wide selection of classical sculptures through the use of authentic copies. It also has a nice collection of modern works of art -all original- and many architectural models. Our experience at the Museo “Omero” provides a clear answer to an old question: can the sense of touch provide the blind with a dependable approach to the enjoyment of art, which is not only cognitive, but also aesthetic?*

*Although the sense of touch belongs to everyone, it is mostly people with visual disabilities who have considered it an interesting as well as a vital sense. However, sighted people can also enjoy the emotions of tactile reading, which has its own particular characteristics and is capable of generating an absolutely authentic aesthetic experience. We therefore believe that the definition of “visual arts” has undergone a revolution that cannot but involve museology itself.*



Fig. 1. Il Presidente Aldo Grassini all'ingresso del Museo "Omero" con le sue ultime pubblicazioni.



## Introduzione

Il Museo "Omero" propone un'esperienza unica nel suo genere. Esso è nato come museo tattile e pertanto si presenta radicalmente diverso dalla consueta struttura organizzata esclusivamente per soddisfare le esigenze del vedere.

Realizzato nel 1993 ad Ancona come museo comunale, nel 1999 viene riconosciuto dal Parlamento nazionale come Museo Tattile Statale in ragione della sua unicità e della sua funzione sociale. Sì, perché la sua primaria finalità era quella di consentire anche alle persone con disabilità visiva la fruizione delle arti plastiche.

I ciechi, costretti dalla loro minorazione a "vedere" con le mani, erano di fatto esclusi a priori dalla possibilità di visitare i musei e di goderne la fruizione, considerata la regola ovunque imperante per cui nei musei è assolutamente vietato toccare.

Ma questa identificazione del Museo "Omero" con una sorta di servizio sociale si è rivelata ben presto una camicia troppo stretta, incapace di contenere tutte le mirabili potenzialità scaturite dalla pratica applicazione di un progetto che a ogni passo manifestava una straordinaria ricchezza di prospettive.

Così questa struttura, fin dal tempo della gestione comunale, passò dalla competenza dei servizi sociali a quella della cultura e il Museo Statale, già nella formulazione della Legge istitutiva (L. 452/1999), si presentò come un'articolazione del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali. È dunque evidente che stiamo parlando di una realtà culturale che fatica a rientrare in alcuni schemi intangibili per una tradizione fortemente consolidata, ma proprio per questo impone la revisione critica di quegli schemi e la necessità di abbattere alcuni luoghi comuni ormai inadeguati. La cultura è vera quando sa mettersi in discussione e non ha paura di rivoluzionare le proprie impostazioni. Questo fa il Museo "Omero" e lancia molti sassi nello stagno del "si fa così".

Il primo sasso riguarda il concetto stesso di arte visiva e il secondo il "vietato toccare". In tal modo entra in crisi il concetto tradizionale di arte, ma se l'arte è un'altra cosa, anche il museo deve cambiare. Dunque, una nuova estetica e una nuova museologia. E se questa non è una rivoluzione culturale, non saprei proprio a quale categoria ascriverla!

Il Museo "Omero" è un campione dell'accessibilità e, secondo quanto detto più sopra, quest'ultima non può essere intesa come un insieme di espedienti tecnici per il raggiungimento di un obiettivo pratico. Essa diventa un valore etico-politico, un importante strumento pedagogico, e perfino un canone estetico che sa integrare nel concetto di bellezza il potere accattivante dell'arte e la forza coinvolgente della socialità.



Fig. 2. Aldo Grassini e Daniela Bottegoni esplorano tattilmente la copia in gesso dei *Lottatori*.

## Le arti visive

Quando si parla di arti visive assai spesso si fa di tuttata l'erba un fascio, mettendo insieme tutte le espressioni artistiche ad eccezione della musica e della poesia. Ma la fruizione dell'arte è un fenomeno complesso e spesso coinvolge più sensi. Allora, come si fa a definire l'arte semplicemente come "visiva"?

L'esperienza dei ciechi è molto interessante: se le arti sono "visive" a essi è preclusa qualsiasi possibilità di entrare in questo giardino proibito e di gustarne i frutti. Ma la realtà è ben diversa e il Museo "Omero" dimostra ogni giorno di più l'astrattezza del problema posto da Moli-naux a Locke e ripreso da Diderot con una conclusione dubitativa circa la capacità di un cieco di giungere a una valutazione estetica delle cose attraverso l'esplorazione tattile.

Se la vista è indispensabile per una qualsiasi fruizione artistica, per un cieco sarebbero altrettanti tabù una scultura, un ambiente architettonico, uno spettacolo teatrale, ecc. E come spiegare, invece, che molti ciechi provano un vero godimento intellettuale nel contatto con queste opere della creazione artistica e le comprendono e le sanno interpretare talvolta in maniera più profonda e acuta di chi vede?

La verità è che la fruizione estetica coinvolge anzitutto la mente e il cuore, oltre che i sensi; quasi mai soltanto la vista. Si può parlare di



arte visiva a proposito della pittura e, con qualche riserva, della grafica editoriale e del mimo. Negli altri casi la rinuncia a un senso tra quelli coinvolti può garantire un approccio parziale, ma pur sempre significativo. Lo stesso dicasi, però, di chi concentra tutto sul vedere e si lascia sfuggire altri aspetti non meno interessanti (fig. 1) [Grassini 2015].

Molti artisti contemporanei rifiutano il limite dell'“unico” senso ed esplorano con grande interesse le risorse della multisensorialità. Si tratta in fondo di recuperare anche in campo artistico un rapporto globale con la realtà che la natura ci assicura mediante i cinque sensi, mentre la nostra cultura ce l'ha fatto dimenticare.

Il primato della vista rispetto agli altri sensi è legato indubbiamente alla sua superiorità sul terreno pratico: il senso più veloce, più lungimirante (che vede più lontano), più sintetico, più raffinato; l'unico, insieme al tatto, capace di cogliere la forma degli oggetti (fig. 2).

La sua nobiltà è stata sancita e consacrata nel tempo dall'autorità incommensurabile di Platone che ha immaginato l'intuizione delle idee come un “vedere” spirituale di ciò che è perfetto. Non dimentichiamoci che “idea” significa visione, e il vedere è anelito alla perfezione. Per Platone l'occhio dell'artista ha la capacità di scorgere nelle cose materiali i modelli eterni di cui esse rappresentano le copie imperfette. La vista, dunque, è il senso più nobile e il tatto il più impuro.

Il tatto richiede il rapporto più intimo e diretto con le cose materiali.



Fig. 3. Aldo Grassini e Daniela Bottegoni esplorano tattilmente *Lui e Lei*, opera originale di Giuliano Vangi.

C'è sempre il rischio di "sporcarsi le mani", ma nessuno direbbe che guardare una cosa brutta può "sporcare" gli occhi! Il tatto è il "paria" dei sensi e la nostra cultura gli riserva un ostracismo senza appello. Toccare è pericoloso: è farsi male, danneggiare, sciupare. Usare le mani è indiscreto, vietatissimo a tavola, sacrilego con le cose sacre. Il tatto è il senso dell'erotismo e sempre potenzialmente peccaminoso. E qualcuno si meraviglia se in un museo che racchiude solo cose preziose, nobili e quasi sacre, è assolutamente vietato toccare? Si dice che questo divieto è indispensabile per tutelare le opere d'arte, per metterle al riparo dal rischio che possano usurarsi e deteriorarsi. Ciò è vero in molti casi, ma più spesso è il peso dell'ostracismo culturale che colpisce il senso del tatto, il principale responsabile del "vietato toccare", quasi che la mano fosse il primo nemico delle cose belle e preziose (fig. 3).

## La tattilità

Eppure anche il tatto possiede i suoi quarti di nobiltà. Esso ha la capacità esclusiva di percepire alcune qualità delle cose: il peso, la temperatura, la consistenza sono qualità tattili e percepirle costituisce un fondamentale elemento di conoscenza.

Tanto per fare un esempio: l'occhio riesce a riconoscere la levigatezza di una superficie, ma soltanto il tatto può averne la sensazione; insomma, la percezione visiva e quella tattile sono profondamente diverse.

Anche la tattilità, come la visione, dispone di una grande varietà di possibili sfumature del suo sentire che assistono con raffinate articolazioni la costruzione del concetto relativo ad ogni oggetto materiale.

Nessuno può affermare di possedere una vera conoscenza del mondo prescindendo da tutte le qualità tattili che in nessun altro modo possono essere rappresentate.

Un altro punto di forza a favore della tattilità è la percezione della forma che essa, unica tra i sensi, condivide con la vista anche se il processo della formazione dell'immagine mentale è assai diverso.

La vista con un solo colpo d'occhio riesce a cogliere la totalità dell'oggetto. Anche in questo caso esiste un processo di costruzione che, tuttavia, è così rapido da lasciare l'impressione soggettiva di un'acquisizione quasi istantanea. La vista domina lo spazio e lo fa suo con i contenuti che lo caratterizzano.

Il tatto procede in maniera analitica. Un primo "sguardo" rapido e sommario serve a riconoscere l'oggetto, a catalogarlo in una determinata categoria. La memoria deve afferrarne la forma schematica.



Fig. 4. Visita al museo: mani di ragazzi accarezzano la copia in gesso delle *Danzatrici*.

A questo punto ha inizio l'esplorazione tattile: le mani (ambo le mani) ripercorrono quell'oggetto per soffermarsi su un particolare che viene collocato nella memoria, in un punto di quell'immagine schematica che era frutto del primo approccio. A ogni passaggio delle mani sull'oggetto l'immagine mentale si arricchisce di altri particolari e viene sempre meglio definita. Come nella costruzione di un puzzle o di un mosaico, l'immagine (generica) è il luogo in cui si inseriscono, l'una dopo l'altra, le tessere necessarie alla definizione dell'oggetto.

La vista è veloce, il tatto ha bisogno del suo tempo. È questa la superiorità della vista, ma anche il fattore tempo ha il suo valore. Nel tempo si articola il ritmo del pensiero; la riflessione è indispensabile per assicurare stabilità e certezza all'intuizione. La tattilità è il maggior nemico del mordi e fuggi (fig. 4).

Ma, attenzione! Quando parliamo di immagine mentale, non commettiamo l'errore di pensare che essa sia sempre e soltanto visiva. Anche i ciechi congeniti si costruiscono le loro immagini mentali. In che modo? L'immagine non è altro che il ricordo di una sensazione o di un complesso di sensazioni.

Per chi vede, la percezione visiva fa la parte del leone fino a indurlo a credere che non ci siano altre possibilità di rappresentazione del reale al di fuori dell'immagine visiva. Ma il ricordo di un'immagine costruita su sensazioni tattili sarà un'immagine tattile e lo stesso può dirsi di un'immagine olfattiva, di un'immagine uditiva (ad esempio il ricordo del timbro di una voce o di una melodia) o il ricordo di un sapore.

Non voglio insistere oltre nel sottolineare l'importanza del senso del tatto dal punto di vista cognitivo. Ma altrettanto evidente dovrebbe apparire la peculiarità estetica di queste sensazioni. Le sensazioni tattili possono essere piacevoli o sgradevoli e la ricchezza delle sfumature sensoriali che può offrire il tatto non è inferiore a quella offerta dagli altri sensi. La distinzione tra una superficie dura o molle, solida o soffice approfondisce la nostra conoscenza, ma può rendere l'oggetto più o meno accattivante e costituisce un'esperienza più o meno piacevole. Se dalla singola sensazione passiamo al complesso delle sensazioni ci avvicineremo a una valutazione di tipo estetico.

Il piacere del toccare non è dato soltanto dal contatto con il materiale: conta molto anche il modo in cui il materiale è stato trattato con risultati molto diversi.

Il piacere estetico è il piacere della scoperta. Da questo punto di vista il tatto è assai fecondo. La varietà di una superficie non omogenea aggiunge al piacere della sensazione quello ancor più raffinato delle sorprese contenute nel passaggio dal liscio al ruvido, dal concavo al convesso, dal regolare all'irregolare in tutte le varietà possibili. C'è poi il piacere della valutazione delle forme, della scoperta del significato ogniqualvolta una semplice traccia si trasforma in un segno. Ciò vale per la vista e per l'udito, ma naturalmente anche per il tatto.

E tuttavia, il tatto ha forse una freccia in più nel suo arco. L'affettività esprimibile nel toccare, meglio ancora nell'accarezzare un oggetto bel-



Fig. 5. Collezione — Spazio greco e romano.



Fig. 6. Collezione – Spazio rinascimentale.

lo o anche semplicemente caro. C'è, quindi, un'estetica della tattilità, la più ignorata a causa dell'ostracismo che colpisce il "paria" dei sensi, ma non meno emozionante.

Esiste dunque un'arte tattile che merita la stessa dignità riservata alle arti visive e che rappresenta un linguaggio originale ed un approccio alla fruizione artistica dotato di specifici canoni di valutazione [Grassini, Socrati, Trasatti 2018].

E a questo punto possiamo far tesoro dell'esperienza accumulata in un quarto di secolo dalle numerose attività del Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona.

I ciechi smentiscono il dubbio di Diderot. Essi sono in grado di capire l'arte, ad esempio. La scultura possono interpretarla, possono coglierne il messaggio, si emozionano, si entusiasmano, si annoiano, si disturbano esattamente come un qualsiasi altro fruitore. L'approccio tattile è per i ciechi una porta alternativa che consente di penetrare nel regno dell'arte.

I vedenti che vogliono recuperare "il senso dimenticato" possono arricchire la loro esperienza estetica aggiungendo all'emozione del vedere anche quella del toccare. Parliamo di un'esperienza che riconquista un rapporto originario con la natura e riforma il concetto stesso di arte. Anche la museologia ne risulterà profondamente rinnovata: se i musei non sono più luoghi fatti solo per "guardare", la proposta e la fruizione non potranno essere come prima (fig. 5).

## L'accessibilità

L'accessibilità intende spalancare le porte dei luoghi della cultura a tutti coloro che per vari motivi ne sono esclusi. Il problema più delicato riguarda le persone con disabilità visiva per le quali il tabù del "vietato toccare" rende ciechi due volte. Nulla da dire se esiste un effettivo rischio che la mano possa danneggiare il bene culturale. Ma il divieto dev'essere motivato e non può basarsi semplicemente sul dubbio o il timore di un conservatore particolarmente zelante.

Non ci dimentichiamo che quel divieto impedisce ad alcuni cittadini di esercitare un loro diritto. L'art. 27 della Dichiarazione dei Diritti Umani, proclamata dalle Nazioni Unite nel 1948, sancisce che tutti gli uomini hanno diritto di godere della cultura e dell'arte. Ciò vale per tutti, anche per i ciechi. Quando si impedisce loro di "vedere" a loro modo, cioè con le mani, non basta dire: "Non si può", ma si deve offrire un'alternativa (per es. l'esplorazione di una copia dell'oggetto) (fig. 6). Chi dice che l'accessibilità per il momento non è possibile per mancanza di finanziamenti, non sa, o finge di non sapere, che le mostre, gli allestimenti e in generale l'offerta culturale devono essere accessibili grazie ad una progettazione che tenga conto di questa necessità, così come un architetto, dovendo progettare un ponte, non deve soltanto curare che sia bello; deve anche attribuirgli una perfetta agibilità.



Fig. 7. Collezione – Spazio '900 e contemporaneo.

La strada è ancora lunga, ma molti passi in avanti sono stati compiuti negli ultimi dieci anni tanto che il tema dell'accessibilità appare oggi all'ordine del giorno negli impegni di molte istituzioni e di tantissimi operatori museali.

L'accessibilità non esprime un'esigenza puramente tecnica. Non si tratta semplicemente di un modo di realizzare le cose (fig. 7). L'accessibilità è un valore e implica un processo evolutivo della coscienza sociale.

Accessibilità significa riconoscere che tutti, anche le persone con disabilità sensoriale, hanno gli stessi diritti e, se alcune impostazioni sono incompatibili con il loro esercizio, ebbene, esse vanno cambiate in modo da restituire a tutti pari opportunità e pari dignità.

In altre parole, l'accessibilità, fondandosi su un principio di uguaglianza, assume il ruolo e il valore di un nobile strumento di democrazia.

Chi alza il vessillo dell'accessibilità possiamo dire che è impegnato a cambiare il mondo. Qualcuno dirà che questa è un'utopia. Ma le utopie sono i motori che mandano avanti la storia e, in ogni caso, qualcosa si sta muovendo, se pensiamo alle tante iniziative che rendono i musei più vivibili per tutti e alle nuove *Linee guida* pubblicate dal MiBACT con la circolare n. 26 del 25 luglio 2018.

#### Riferimenti bibliografici

Grassini, A. (2015). *Per un'estetica della tattilità. Ma esistono davvero arti visive?*. Roma: Armando Editore.

Grassini, A., Socrati, A., Trasatti, A. (2018). *L'arte contemporanea e la scoperta dei valori della tattilità*. Roma: Armando Editore.

Museo Statale Tattile "Omero": <<https://www.museoomero.it>>

#### Autore

Aldo Grassini  
Presidente Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona  
[presidenza@museoomero.it](mailto:presidenza@museoomero.it)

# Toccare con gli occhi e vedere con le mani. Funzioni cognitive e conoscitive dell'educazione estetica

Loretta Secchi

*The “Anteros” museum of the “Francesco Cavazza” Institute for the Blind in Bologna aims to educate the residual senses of blind and partially sighted people to strengthen their perceptive, cognitive and intellectual faculties, but also to sensitize the normally-sighted visitors.*

*The collection exhibits three-dimensional translations (through perspective bas-relief) of famous paintings from the Middle Ages to the Modern Age, hand-crafted based on the fundamentals of optics, tactility, typhology, art history, pedagogy and plasticity.*



Fig. 1. Tecniche di esplorazione di un'opera originale presso il Museo Civico Medievale di Bologna.





## Introduzione

Il Museo Tattile “Anteros”, fondato a Bologna nel 1999, è il risultato di un progetto di ricerca applicata avviato nel 1995 all'interno dell'Associazione Scuola di Scultura Applicata di Bologna, in collaborazione con la cattedra di Ottica fisiopatologica dell'Ospedale Sant'Orsola, l'Unione Italiana dei Ciechi e degli Ipovedenti e l'Istituto dei Ciechi “Francesco Cavazza” Onlus.

Va considerato subito che l'Istituto “Cavazza” è per scelta e vocazione un centro di ricerca propulsivo, impegnato nella progettazione e realizzazione di strumenti tiflodidattici determinanti per la qualità della vita, oggi riconosciuto come luogo educativo in cui gli insegnamenti disciplinari sono strettamente legati alla ricerca applicata e all'innovazione tecnologica. È nella storia di questo Istituto il saper consolidare, potenziandola, la tutela del diritto all'Istruzione. È nella sua prassi nutrire competenze formative mirate, volte a dare risposte concrete alle effettive esigenze di qualificazione e riqualificazione professionale delle persone minorate della vista.

Per queste ragioni il Museo “Anteros” fonda le sue basi metodologiche su criteri pedagogici e tecnologici che rispettano la tradizione ma si aprono all'innovazione, operando secondo i principi di dignità e autonomia della persona, qui sposati ai moderni concetti di inclusione sociale, scolastica e professionale dell'individuo con deficit visivo.

La specificità di un metodo agito di educazione estetica – con il quale si rende leggibile al tatto il contenuto cognitivo e metaforico della pittura e si innesca un processo conoscitivo utile alla vita del pensiero – risiede in un lavoro estremamente delicato che cura la qualità della percezione delle opere d'arte, verificandone i livelli di comprensione, interiorizzazione e restituzione. Ciò rende questo spazio un riferimento importante per tutti quei musei su territorio nazionale e internazionale che, consapevoli del diritto collettivo alla fruizione dei beni culturali, e nel rispetto dell'odierna legislazione in materia di comunicazione e tutela del patrimonio artistico, decidano di rendere accessibili le proprie collezioni, contribuendo fattivamente a una conoscenza senza barriere dell'arte e delle sue infinite proprietà abilitanti e riabilitative.

### La funzione conoscitiva del tatto

C'è una concretezza del pensiero visivo che prende forma nel gesto ed emerge attraverso un consapevole rapporto tra corpo e mente. C'è una vita delle emozioni che evolve a partire dalla sensazione e si traduce in sentimento della forma.



Fig. 2. Tecniche di esplorazione di un disegno a rilievo di supporto presso il Museo Civico Medievale di Bologna.

Il tatto, fisiologicamente inteso, è un senso realistico, concreto e sequenziale, che informa sulla densità delle sostanze, sulla temperatura, sulla dimensione e sul peso di un corpo solido, mentre “avere tatto”, in senso figurato, significa praticare l’arte della sensibilità, dunque agire con discrezione, sapersi accostare con delicatezza alla realtà circostante per cercare nella qualità del contatto la profondità dell’ascolto.

Il tatto infine, scientificamente inteso, è una modalità sensoriale che invade e modifica i suoi obiettivi anche attraverso l’azione muscolare. Gli organi recettori del tatto fanno sì che l’apticità sia sempre coordinata alla complessità di sensazioni cinestesiche interne al corpo.

Per queste ragioni il riconoscimento di un oggetto e anche la comprensione tattile della sua rappresentazione plastica risultano agevolati quando il senso interno dell’equilibrio fornisce le dimensioni spaziali della verticalità e dell’orizzontalità, del fronte e del retro, dell’alto e del basso, di lateralizzazione e quando, entro queste coordinate, la percezione dell’oggetto e la sua rappresentazione vengono completate dalle direzioni in cui il torso, le braccia e le dita si orientano, rivelandosi strumenti aggiuntivi di comprensione. Le mani, con le articolazioni che possono muoversi organicamente, concertano gli stimoli tattili, e la visione,



Fig. 3. Scolaresca in visita: esplorazione tattile presso il Museo "Anteros".

che non conoscerebbe esito eguale, può essere in parte assimilata alla tattilità solo appropriandosi di questa pluralità sensoriale.

La similitudine tra comportamenti tattili e ottici impone un esame accurato dei processi compensativi della mente umana, in particolar modo quando l'uso integrato dei sensi residui vicaria la vista. Tale studio si basa su modalità percettive che si assomigliano, poiché volte a portare a livello della coscienza l'articolato fenomeno della visione, qui intesa come scelta di percorsi selettivi della vista tradotti in percorsi selettivi del tatto. Si potrebbe dire, infatti, che, come esiste una tattilità dell'occhio, contemplata anche dalla teoria dell'arte tra XIX e XX secolo, così esiste una "otticità" del tatto, considerata oggi importante, in termini didattici e cognitivi, dalla pedagogia speciale delle arti. E come lo sguardo, accarezzando linee di contorno, superfici e volumi, ci permette di ridisegnare un'immagine, così la mano, sfiorando linee, superfici e volumi a rilievo, ci permette una conoscenza della composi-

zione, facilitando la comprensione e assimilazione concreta di un valore estetico. Ma è sempre nella mente, e nella connessione di percezioni sensoriali e conoscenze diffuse, che noi elaboriamo la visione, sia essa di natura ottica, sia essa di natura tattile.

Saper vedere, pertanto, non è solo il prodotto di una sollecitazione puramente retinica o limitatamente aptica. La qualità della percezione, in assenza di vista, consiste in una integrazione compensativa dei sensi residui e in una organizzazione dei significati associati a ciò che abbiamo esperito. Ed è proprio grazie alla sinergia di stimoli sensoriali, funzioni cognitive ed elaborazioni intellettuali dei percetti, che si conquista l'interiorizzazione di forma e contenuto delle immagini.

È necessario poi un contatto diretto con la fisicità della forma e con la potenza icastica della parola che la descrive. L'appropriazione del senso della forma dipende infatti dalla visione interiore dei concetti e dall'interpretazione di quanto recepito sensorialmente e appreso cognitivamente. Per questo occorre un raffinato sentire sposato a un conquistato sapere. Il pensiero simbolico si fonda, così, su un'estensione di senso dell'esperienza puramente percettiva.

La percezione tattile è dunque strumento fondamentale di conoscenza per la persona non vedente. Essa è in grado di vicariare la funzione visiva a condizione che sia intesa in un'accezione molto più estesa e articolata rispetto a come è intesa per i vedenti. Infatti, mentre per i vedenti il tatto è spesso solamente un'appendice della vista, per il non vedente la tattilità assume una funzione prettamente gnosica e, in quanto tale, non può consistere solo nel contatto o nella prensione ma deve diventare una vera e propria esplorazione tattile attiva, sistematica e intenzionale. Questo rigoroso modo di toccare prende il nome di "esplorazione aptica" e comporta che il movimento organizzato della mano sull'oggetto da conoscere nasca da una coordinazione armoniosa delle due mani in sostituzione della regolare coordinazione oculo-manuale, abituale competenza, quest'ultima, del vedente.

Una percezione tattile così intesa fornisce informazioni significative su forma, dimensione, collocazione degli oggetti reali, e sul loro peso, sulla consistenza e sulla tessitura dei materiali di cui sono costituiti, dando la possibilità alla persona non vedente di accedere a dati sensoriali indispensabili per crearsi immagini mentali coerenti rispetto alla realtà stessa e alla sua rappresentazione.

L'esplorazione aptica comporta tempi più lunghi rispetto all'esplorazione visiva ed è impegnativa sul piano senso-percettivo, attentivo, mnemonico e mentale, perché il "vedere con le mani" richiede una successione di atti percettivi che vanno poi sintetizzati in una rappresentazione globale.

È opportuno ricordare che la percezione tattile non è affidata solo alla mano, anche se essa è certamente l'organo tattile più raffinato; si pensi in particolare al polpastrello che consente una lettura efficace dell'alfabeto Braille. La sensibilità tattile, grazie alla presenza di numerosissimi recettori distribuiti diffusamente su tutta la superficie corporea, comprende la sensibilità pressoria, termica e anemestesica [1].

Quanto detto può chiarire le ragioni per le quali presso il Museo Tattile di Pittura Antica e Moderna "Anteros" dell'Istituto dei Ciechi "Francesco Cavazza" di Bologna, si studia e si applica un metodo didattico e pedagogico funzionale a potenziare le facoltà cognitive e interpretative delle persone minorate della vista. Lo scopo è pervenire a una condivisione di modi di rappresentazione visivi, tattilmente leggibili, funzionali a facilitare la comunicazione e l'integrazione scolastica, sociale e professionale, di persone non vedenti, ipovedenti e normovedenti.

Il Museo Tattile "Anteros" è il risultato di un progetto di ricerca pionieristico e sperimentale avviato nel 1995, che ha ricevuto importanti riconoscimenti e ha contribuito allo sviluppo dei servizi educativi museali dedicati alla minorazione visiva. La sua collezione è costituita da traduzioni tridimensionali di capolavori pittorici rappresentativi delle età comprese tra classicità e contemporaneità, progettate e realizzate da un'équipe composta da esperti in Teoria dell'arte, Psicologia della percezione tattile e ottica, Storia e Pedagogia dell'arte, Tiflogia e Scultura applicata. La collezione attualmente comprende 50 esemplari, tra riproduzioni tridimensionali in bassorilievo prospettico di celebri dipinti, rilievi tecnici, copie di rilievi rinascimentali, tavole propedeutiche al concetto di stile storico, e tavole funzionali alla comprensione della prospettiva e delle categorie della rappresentazione. Ogni traduzione tridimensionale è corredata da descrizioni storico-artistiche in nero e in Braille che informano il lettore sui contenuti formali, stilistici, iconografici e iconologici dell'opera esaminata, guidandolo nell'esplorazione tattile del rilievo.

### **Toccare la scultura e la pittura tradotta in bassorilievo per vedere attraverso e oltre l'immagine dotata di valore estetico**

Poter accedere alla scultura a tutto tondo e alla pittura tradotta plasticamente, per non vedenti e normovedenti, significa potenziare le capacità immaginative del pensiero visivo a partire dalla conoscenza sensoriale della rappresentazione del reale. L'arte, essendo trasfigurazione del contingente, induce all'estensione di significato di quanto apprendiamo e alla connessione dei saperi.

La scultura a tutto tondo evoca nella persona non vedente le modalità tattili scansionali adottate comunemente nell'esperienza della vita quotidiana, permettendo così un'educazione alla tattilità fine, la motricità delle dita e il dinamismo dell'esperienza aptica: esperienza fisica dunque, e appropriazione intellettuale della realtà mediante il vissuto corporeo e mentale.

Leggere un bassorilievo significa invece accedere alle modalità di rappresentazione parziale della realtà, apprendere i concetti di completamento amodale, progressione dei piani di posa e di riflesso a nozioni prospettiche. Si tratta insomma di una vera e propria alfabetizzazione ai sistemi di rappresentazione visiva del reale.

Tecnicamente e storicamente parlando il bassorilievo prospettico ha origini nel Rinascimento fiorentino e la sua caratteristica peculiare è la presenza del sottosquadro, spazio ricavato oltre i profili dei soggetti staccati dal piano di posa, per corrispondere meglio al concetto di confine visivo, e permettere così la percezione della progressione dei piani di posa. Per questa ragione il bassorilievo tecnico che traduce plasticamente la pittura, a uso delle persone minorate della vista, mutua le regole della rappresentazione dalla pittura prospettica quattrocentesca e dal bassorilievo rinascimentale e le trasforma in valori tattili.



Fig. 4. Modellazione di un prototipo: traduzione in bassorilievo del *Seminatore* di Millet.

I piani di posa servono a codificare la profondità di campo presente nel dipinto plasticamente trasposto, e quindi l'unità di misura di ciascun piano dipende dallo stile del dipinto, afferente al suo periodo storico. La realizzazione della traduzione tridimensionale può corrispondere, nelle sue dimensioni, all'opera originale, oppure può essere in scala maggiore o minore. Le misure del bassorilievo vanno valutate secondo il livello di complessità e leggibilità tattile dell'opera selezionata: si parte da un piano di argilla sul quale riportare i contorni del soggetto, e a seguire si procede con la costruzione dei volumi per una progressiva definizione delle forme.

La creazione del prototipo è volutamente artigianale, così da permettere una maggiore sensibilità e finezza interpretativa, restitutiva dell'immagine, richiedendo parimenti una corretta interpretazione dei valori stilistici, estetici e volumetrici dell'opera pittorica tradotta.

È inoltre necessario considerare il grado di leggibilità del rilievo, nel rispetto delle soglie tattili tollerabili e condivise nel mondo della percezione aptica e della disabilità visiva.

La progettazione avviene entro un gruppo di lavoro che vede congiunte nozioni di Modellazione, Psicologia della percezione, Storia e Pedagogia dell'arte, infine Tiflologia: in fase di realizzazione e completamento la riproduzione viene testata da persone minorate della vista che abbiano maturato competenza in materia.

Una volta realizzato il prototipo tridimensionale in creta, levigate, texturizzate e perfezionate le qualità tattili delle superfici, si procede alla costruzione dello stampo in gomma silconica da cui si ricaverà un nuovo originale in resina bianca o gesso alabastrino.

Il passaggio dall'immagine dipinta all'immagine modellata, quindi dal bidimensionale al tridimensionale, richiede un raffinato processo di interpretazione e trasposizione plastica della composizione, nel rispetto dei concetti di stile, categoria della rappresentazione, e resa della spazialità.

### **Dalla realtà alla rappresentazione: la costruzione dell'immagine nei disabili della vista e nei normodotati**

La formazione della persona non vedente, in età infantile, evolutiva e adulta, deve tenere conto della differenza di condizioni cognitive tra non vedenti congeniti, acquisiti e ipovedenti, e per questo andrebbe letta in un contesto sociale più vasto.

La mente può organizzare una complessa *Gestalt* ma non può elaborare tutti gli elementi che la compongono in un solo atto. La visione trae profitto dall'immagine piena e costante del campo visivo, ma questo

sfondo è solo la superficie su cui opera la vera percezione. Quindi anche la modalità percettiva ottica non è in grado di conoscere una vera e propria simultaneità. Tuttavia, rispetto alla modalità tattile, la vista presenta tempi più rapidi e variabili più intuitive nelle modalità di strutturazione globale e integrata dell'immagine.

Gli organi recettori del tatto fanno sì che la tattilità sia sempre coordinata alla complessità delle sensazioni cinestesiche all'interno del corpo. Per questo il riconoscimento di un oggetto, e anche la comprensione tattile della sua rappresentazione plastica, risultano agevolati quando il senso interno dell'equilibrio fornisce le dimensioni spaziali della verticalità e dell'orizzontalità, del fronte e del retro, dell'alto e del basso, di destra e sinistra e quando, all'interno di queste coordinate, percezione dell'oggetto e sua rappresentazione vengono completate dalle direzioni in cui il torso, le braccia e le dita sono orientati quali strumenti aggiuntivi di comprensione. Le mani, con le varie articolazioni che possono muoversi organicamente, concertano gli stimoli tattili e la visione, che non conoscerebbe esito eguale, può essere in parte assimilata alla tattilità, solo appropriandosi di questa pluralità sensoriale.

La similitudine tra i comportamenti tattili e ottici si basa su modalità percettive che si assomigliano, perché portano al livello della coscienza l'articolato fenomeno della visione. Con la sincretisi del vedere, con l'analisi dei percorsi progressivi e sequenziali di lettura, infine con la sintesi raggiunta nella comprensione, riconoscimento e significazione dei soggetti esperiti sono azioni previste tanto nella percezione ottica del vedente quanto nella percezione tattile del non vedente e in questo senso costituiscono una possibile chiave per l'integrazione scolastica, sociale e professionale.

## **La percezione cinestesica e propriocettiva**

Spesso quando si prendono in considerazione i sensi a nostra disposizione si dimentica il senso cinestesico che ci avverte dei movimenti che stiamo facendo e il senso propriocettivo, ovvero il complesso di sensazioni che informa il cervello sullo stato delle singole parti del corpo, siano esse in stato di quiete oppure in stato di moto.

L'utilizzo della propriocezione e cinestesia permette di ricevere informazioni riguardanti la posizione e il movimento delle diverse parti del corpo per svolgere azioni coscienti anche se privi della percezione visiva dei gesti compiuti. Grazie all'insieme delle informazioni che possono essere acquisite attraverso l'integrazione dei sensi residui, in assenza di stimolazione visiva, con il contributo essenziale della componente





Fig. 5. Operatori impegnati nella dimostrazione di tecniche di percezione delle geometrie di un volto e delle espressioni facciali.

cinestetica e propriocettiva, data nello specifico dal senso muscolare e dal senso vestibolare, la persona non vedente può accedere alla conoscenza di una specifica configurazione di forme, assumendo sul proprio corpo posture e tensioni muscolari analoghe a quelle presenti in un modello esterno, esperito al tatto. Ad esempio: è possibile percepire la tensione muscolare di arti, braccia e gambe, assumendo una specifica postura secondo il principio dell'eloquenza del gesto, e quindi significare una rappresentazione artistica capendo il fenomeno meccanico-fisico rappresentato in rapporto alla realtà.

Nel caso dell'osservazione di un corpo umano la possibilità di far assumere al fruitore non vedente posizioni analoghe al soggetto pittorico o scultoreo esplorato al tatto è un aiuto assolutamente apprezzabile a supporto della visualizzazione mentale della configurazione di arti e gesti relativi a uno o più soggetti immersi in uno spazio osservato da un ideale spettatore esterno.

La finestra prospettica, con adozione di un punto di vista centrale e artificiale, mira a rappresentare, sia pur con forte astrazione, l'effetto visivo dell'osservatore che assume il punto di vista frontale da cui idealmente abbracciare lo spazio circostante. Intendere i concetti di punto di vista, punto di fuga, linea d'orizzonte e limite dello sguardo concorre

a produrre la visione di insieme di elementi correlati, ospitati entro uno spazio dato, e letti coerentemente al tema rappresentato, anche e proprio grazie all'ascolto di una descrizione sincrona alla percezione tattile del supporto plastico. Questo processo non risolve automaticamente i complessi processi di rappresentazione mentale di uno o più corpi calati in un contesto visivo articolato, ma aiuta a maturare il processo astrattivo necessario per sviluppare la conoscenza dei sistemi di rappresentazione di spazio e tempo, entro la funzione referenziale e informativa, oltre che espressiva, delle arti figurative.

### La prospettiva come forma simbolica

*Item perspectiva* è un'espressione latina che significa "vedere attraverso". Per il Rinascimento ciò indica vedere lo spazio tridimensionale come attraverso una finestra e quindi rappresentare l'intuizione prospettica mediante la costruzione geometrica e matematica della profondità. La prospettiva è però una forma simbolica, nel momento stesso in cui le modalità di rappresentazione prospettica possono essere tante quante sono le modalità stilistiche di percezione e strutturazione visiva dello spazio prospettico.



Fig. 6. Museo Tattile "Anteros". Attività di formazione.

Già l'orientamento organizzato delle strutture di base – forme percorse da linee di forza verticali, orizzontali, diagonali, serpentine, spezzate o continue – implica una percezione del profilo e del contorno privilegiato di una forma in sé estesa (forma chiusa/aperta, stilizzata/naturalistica, ecc.).

Nel bassorilievo prospettico, il sottosquadro è un'unità di misura di profondità che permette l'interpretazione tridimensionale dell'opera per effetto di una codificazione in piani di posa della spazialità, a vantaggio della ricostruzione mentale della nozione di spazio prospettico, visione a distanza e visione ravvicinata.

Ma per un non vedente congenito l'acquisizione della prospettiva impone una riflessione sul concetto di deformazione e alterazione della forma determinate dalla visione prospettica. Serve quindi che la persona cieca maturi l'idea di punto di vista e della parzialità della visione. Introdurre una persona non vedente congenita alla prospettiva significa educarla alla codificazione e decodificazione condivisa dei modelli di rappresentazione della spazialità. I procedimenti di lettura per il non vedente congenito corrispondono a una vera e propria costruzione, dapprima di geometrie essenziali, piane e solide, informative, successivamente di qualità formali dotate di valore estetico; questo in ogni percezione tattile di opere d'arte plastiche e non solo sul bassorilievo. Tuttavia la lettura d'insieme che il rilievo (traduzione plastica della composizione bidimensionale che già in sé è illusionisticamente tridimensionale) offre all'osservatore non vedente permette di cogliere l'insieme correlato più che la separazione tra parti e sezioni. Ogni lettura tattile è per definizione settoriale: procede mediante scansioni per induzione di nozioni e successivamente per deduzione intuitiva. Spesso il non vedente congenito, la cui sensorialità educata ha condotto al rafforzamento dell'intuizione cognitiva, procede per settori e per colmatatura delle lacune cognitive, partendo dalla conoscenza parziale, talvolta frammentaria, della rappresentazione. La costruzione mentale della disposizione dei soggetti calati nello spazio con le loro singole espressività e posture impone alla persona con menomazione visiva di assumere concettualmente specifici punti di vista come avviene per l'osservatore vedente rispetto al soggetto indagato.

## **Modellazione della creta e plasticità del pensiero**

Nei laboratori di Modellazione si attua la restituzione dell'immagine che, dopo essere stata esperita al tatto dagli allievi non vedenti e ipovedenti di ogni età, viene ricostruita nella materia della creta.

Attraverso la conoscenza di forme semplici e complesse, di geometrie regolari e irregolari, di peso e consistenza dei materiali, di stasi e dinamismo, si incoraggiano percezione senso-motoria e bimanualità, al fine di potenziare quelle facoltà cognitive e immaginative imprescindibili per accedere al pensiero simbolico.

L'esercizio della modellazione per l'abilitazione di competenze manuali e creative passa attraverso il gioco creativo, mentre gli apprendimenti specifici di concetti spaziali e di schema corporeo prevedono il confronto con modelli di rappresentazione della realtà utili a favorire nel bambino il riconoscimento di elementi familiari, l'appropriazione del concetto di raffigurazione grafico-plastica e la competenza di restituzione concreta dell'immagine letta al tatto.

Non va sottovalutata la funzione della narrazione che, durante la modellazione libera della creta e il dialogo che sempre la supporta e orienta, rende l'esperienza formativa. Per facilitare sviluppo e potenziamento delle competenze cognitive ed espressive degli allievi non vedenti e ipovedenti della scuola primaria e secondaria, risulta importante l'incoraggiamento all'intenzionalità esperienziale facilitata da azioni propriocettive e cinestesiche volte a fortificare i processi di visualizzazione, reificazione, e restituzione delle immagini mentali. In parallelo a queste attività dedicate vi sono le visite delle scolaresche di bambini normovedenti che possono esplorare al tatto la collezione del Museo per



Fig. 7. Operatore non vedente impegnato nella spiegazione del proprio lavoro di modellazione presso il laboratorio del Museo Tattile "Anteros".

poi prendere confidenza con la modellazione della creta, realizzando soggetti liberi a occhi chiusi. In queste occasioni la visita al Museo Tattile assume funzioni integrative, se all'interno del gruppo classe c'è un allievo con minorazione visiva. Ma la modellazione della creta è un valore aggiunto anche e soprattutto per adolescenti, giovani e adulti.

Tante, dunque, le declinazioni e ricadute di questa attività, se pensiamo all'importanza di confrontarsi con l'opera dei grandi maestri facendola propria attraverso lo studio e la copia. Proprio la copia, infatti, nell'esperienza dell'arte ha funzioni educative e conoscitive essenziali, e va intesa come appropriazione di un modello di riferimento da interiorizzare e ricreare. Questa prassi laboratoriale facilita la socializzazione e il confronto costruttivo mediante la conoscenza e condivisione dei sistemi della visione e in parallelo insegna, introspezzivamente, a vincere piccole e grandi resistenze al cambiamento. Nel piacere della creazione artistica si scopre che la vita delle forme, tra costanti e variabili, dimora parimenti nella plasticità del pensiero e nella mobilità del corpo.

## Note

[1] Per sensibilità anemestetica si intende la percezione degli spostamenti d'aria.

## Riferimenti bibliografici

Arnheim, R. (1994). *Aspetti percettivi dell'arte per i ciechi*. In *Per la salvezza dell'arte*. Milano: Feltrinelli.

Dellantonio, A. (1993). *Il tatto. Aspetti fisiologici e psicologici*. Padova: Edizioni Cleup.

Hildebrand, A. (1949). *Il problema della forma*. Messina-Firenze: Casa Editrice G. D'Anna.

Lancioni, T. (2000). *Il senso e la forma. Il linguaggio delle immagini fra teoria dell'arte e semiotica*. Bologna: Progetto Leonardo.

Mazzocut-Mis, M. (2002). *Voyeurismo tattile. Un'estetica dei valori tattili e visivi*. Genova: Il Nuovo Melangolo.

Magee, B., Milligan, M. (1997). *Sulla cecità*. Roma: Casa Editrice Astrolabio.

Ouchi, S., Doi, H., Secchi, L. (2006). *Progetto per l'apprezzamento della pittura nei non vedenti in Italia*. The National Institute of Special Education, Yokosuka (Japan), Kurihama, periodico, marzo dell'anno 18esimo di Heisei.

Panofsky, E. (1961). *Il significato nelle arti visive*. Milano: Einaudi.

Secchi, L. (2004). *L'educazione estetica per l'Integrazione*. Roma: Carocci.

Kennedy, M.J. (1997). Come disegnano i ciechi. In *Le Scienze*, n. 343. Roma.

## Autrice

Loretta Secchi

Curatrice del Museo Tattile "Anteros", Istituto dei Ciechi "Francesco Cavazza" di Bologna  
loretta.secchi@cavazza.it

## La sensorialità nei musei: appunti sull'accessibilità delle informazioni per la percezione degli ambienti espositivi

Christina Conti

*In the complex field of inclusive design, the intervention offers some food for thought on environmental accessibility as a resource for the design of museum spaces, places of experimentation, suggestive and fascinating. The project of the accessibility of spaces and their full use, in addition to the mere removal of architectural barriers, allows declining the formal and functional paradigms with attention also to the different perceptual requirements that affect the performance qualities for an inclusive use and the complete enjoyment of cultural heritage.*

*The attention to sensoriality directs the project to some technical issues in response to the multiple, and in many cases specific, user needs; knowledge of environmental characters must therefore be correlated to the understanding of the physiological effects that an artifact can generate on the user with the awareness that each person, single or related to others, is special in terms of ability, experience, and evolution in the different environmental context.*

*In the specific area of accessibility for blind people and haptic museum experiences, the theme of knowledge of the spaces in preparation for the visit emerges for an improvement of the user-environment sensory interaction, encouraging the emotional understanding of works of art. The theme of the multisensory accessibility of museums which has been the subject of some experiences conducted by the University of Udine including, in the specific context of the National Archaeological Museum of Aquileia, the inter-university experience of research and participatory teaching developed with the University of Trieste which investigated various aspects of accessibility, also experimenting with the textual representation of the visiting spaces.*



I temi inerenti all'informazione sui musei e sulla loro fruizione per una azione di promozione in termini di attrattività della struttura museale e di partecipazione consapevole dei visitatori, si collocano nel macro ambito dell'accessibilità del patrimonio culturale per esperienze di visita di qualità in risposta agli attuali paradigmi di inclusione.

L'informazione in sé e la sua accessibilità (strumenti, processi, e procedure) sono elementi caratteristici della nostra contemporaneità, fortemente condizionati dal modificarsi repentino dei quadri di riferimento funzionali, in particolare per l'innovazione tecnologica degli strumenti di comunicazione e d'uso rispetto al mutato significato dell'esperienza culturale che, nello specifico dei musei, è stato oggetto recentemente di evidenti cambiamenti; i musei si sono trasformati da luoghi della conservazione, della celebrazione e della consacrazione, veri e propri "templi del sapere", a "piazze della conoscenza" per una coinvolgente sperimentazione sociale, ludica, relazionale e culturale con conseguente ideazione e attuazione di programmi mirati al soddisfacimento delle aspettative e dei bisogni delle persone, visitatori/utenti alla ricerca di emozioni affascinanti in ambienti accoglienti.



Fig. 1. Le persone a seconda delle proprie abilità e personali esperienze si muovono in autonomia nello spazio, si orientano in sicurezza, svolgono determinate azioni e percepiscono determinate emozioni, singolarmente o in relazione con altre, in periodi di tempo variabili. Museo Archeologico Nazionale di Aquileia.

Alla base del “progetto museo” una visione *Human-Centered Design* [1] per la realizzazione di spazi, oggetti e servizi fruibili in modo confortevole e sicuro dal maggior numero di persone, nelle loro specificità e differenze attraverso un approccio inclusivo finalizzato a realizzare una relazione continua tra tutti, accettando come tratto distintivo di ognuno le diversità fisiche, sensoriali, cognitive e comportamentali [2]. Di rilievo le questioni emozionali che portano ad approfondire e sviluppare soluzioni mirate a condizionare la percezione prossemica spaziale dei visitatori attraverso stimoli visivi, olfattivi, gustativi, tattili e uditivi; attraverso i sensi e la propria personale facoltà intellettuale determinata dal proprio vissuto, le persone sono guidate nella comprensione e stimolate nell’emozione stabilendo un “contatto” con gli artefatti esposti. Ne consegue, quindi, che la qualità spaziale, gli elementi ambientali tecnologici e fisico-tecnici (materiali, superfici, texture, sistemi di illuminazione, di controllo dei rumori, acustici, ecc.) concorrono a condizionare le esperienze dei visitatori, individui singoli e tra loro in relazione, che hanno necessità diverse per condizione evolutiva ed età, per abilità fisiche, sensoriali e cognitive, per formazione, cultura ed esperienza.

### **La dimensione sociale del progetto tecnologico per l’accessibilità ambientale**

Dal punto di vista del progetto tecnologico degli ambienti museali, l’approccio inclusivo comporta la tutela delle esigenze di tutti soddisfacendo nel contempo i bisogni speciali, nel rispetto del principio di riconoscimento dei diritti di uguaglianza delle persone così come definiti nella Costituzione della Repubblica Italiana, “senza distinzione di sesso, di razza, di religione, di opinioni politiche, di condizioni personali e sociali” [3] e in attuazione degli indirizzi mondiali enunciati nella Convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilità per il rispetto dei diritti e la garanzia delle libertà (diritto all’istruzione, alla cultura, allo sport, allo svago, alla libertà di scelta, alla giustizia, alla sanità, ecc.) [4]. Nel merito specifico dell’interazione persona/ambiente per una accessibilità multisensoriale, la stessa Convenzione ONU esplicita il ruolo abilitante degli ambienti, e in particolare definendo le persone disabili come coloro che “presentano durature menomazioni fisiche, mentali, intellettuali o sensoriali”, individua il problema nell’interazione con barriere di diversa natura che “possono ostacolare la loro piena ed effettiva partecipazione nella società su base di uguaglianza con gli altri”, attribuisce un peso rilevante alla dimensione ambientale spostando l’attenzione dall’handicap, condizione personale dell’individuo, alla di-



sabilità come conseguenza di una inadeguata interazione tra l'individuo e l'ambiente [5].

Su queste premesse, si rileva l'attualità del tema multisensoriale per una accessibilità inclusiva dei musei; un tema che è il risultato di un lungo, articolato e partecipato percorso tra innovazione tecnologica, evoluzione dei processi e sviluppo sociale grazie, anche, alla costante azione dei portatori di interesse coinvolti fin dalle fasi di ideazione per una definita valutazione e verifica delle prestazioni [6].

Generalmente, oggi, gli spazi dei musei per una completa fruizione inclusiva, confortevole e sicura, delle opere d'arte sono fisicamente accessibili senza difficoltà dal punto di vista logistico e ambientale; ad aumentare il grado di accessibilità, con un avanzato approccio inclusivo, si rileva una sempre più diffusa attenzione dei musei dedicata alla percezione degli spazi e alla conoscenza delle opere con conseguente organizzazione di esperienze, iniziative e programmi *for All* dallo spiccato carattere multisensoriale.

## **L'informazione e la conoscenza degli spazi espositivi**

L'informazione rientra tra gli elementi del progetto che concorrono alla realizzazione di allestimenti accessibili, inclusivi e multisensoriali e spetta al museo "mettere costantemente in discussione il proprio modo di relazionarsi, adeguando costantemente i processi di comunicazione all'evoluzione della società e amplificando, per questa strada, il valore che è in grado di generare per la collettività alla quale si rivolge" [Solima 2012, p. 21] attuando scelte consapevoli che considerano l'intero sistema nella dimensione fisica (degli spazi, della loro percezione e fruizione, degli allestimenti, degli impianti dei servizi e delle attrezzature, nonché alle collezioni) e comunicativa rivolta ai destinatari effettivi del processo di comunicazione, declinando "i contenuti informativi in ragione delle caratteristiche degli utenti del museo, nonché delle specificità del mezzo utilizzato per veicolarli" [Solima 2012, p. 28].

Rimandando ad altra sede gli approfondimenti inerenti alle tecnologie informatiche di comunicazione, ci si limita a rilevare in questa sede il sempre più spiccato bisogno degli utenti, prima della visita, di reperire in Internet le indicazioni sulle modalità di fruizione delle strutture; di rilievo, quindi, anche il progetto dell'informazione di avvicinamento al museo per una attenta preparazione e organizzazione della visita. Bisogna questo che assume un'importanza particolare per gli utenti persone disabili a cui giova poter organizzare la visita conoscendo preventivamente anche gli elementi fisici del contesto [7].

La figurazione spaziale diventa questione più complessa nel momento



**Figura. Logo "Il Nastro Verde"**  
(fascia continua che simula l'andamento del terreno: dalla montagna, alla collina, alla pianura del territorio friulano)

## WORKSHOP DI STUDIO A.A. 2011/2012

ATTIVITA' DIDATTICA INTEGRATIVA (4cfu)

**L'accessibilità come risorsa per la valorizzazione dei beni culturali,  
ambientali, architettonici e paesaggistici;  
temi e progetti per spazi e servizi fruibili da tutti.**

**L'accessibilità al Museo Nazionale Archeologico di Aquileia  
con particolare attenzione alle persone con disabilità senso-percettiva.**

Fig. 2. Copertina del racconto testuale di "Rilievo del contesto in preparazione alla visita al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia". Workshop di studio a.a. 2011/2012, attività integrativa degli studenti del CdS in Architettura dell'Università degli Studi di Trieste e dell'Università degli Studi di Udine. Docenti: Christina Conti, Ilaria Garofolo. Studenti: Paola Barcarolo (tutor), Alice D'Andrea, Marco Strizzolo, Laura Telesca, Nicola Vecchiutti. Con la partecipazione di: Direzione Regionale per i Beni culturali e paesaggistici del FVG; Museo Archeologico Nazionale di Aquileia; Consulta Regionale Associazioni Disabili FVG. Di rilievo l'assenza di immagini tranne il logo descritto con un testo per la lettura audio.

in cui l'attenzione alle persone disabili visive esclude l'uso di un apparato iconografico composto di immagini fotografiche, disegni e schemi di orientamento; inoltre, il caso specifico dell'informazione in rete internet, esclude l'uso di sistemi tattili e indirizza a una lettura audio.

Da queste considerazioni l'ipotesi di redigere un racconto scritto per lettura audio che descriva tutti gli elementi necessari a definire gli spazi del museo negli elementi fisici identificativi del sistema edilizio e dei complementi accessori per una completa comprensione dei rapporti compositivi dello spazio (forme, colori, disposizioni, materiali, ecc.) per un orientamento autonomo e in sicurezza [8]; in questo specifico caso la difficoltà principale del rilievo è determinata dalla consapevolezza che la percezione effettiva dello spazio, in assenza di acuità visiva, è di tipo sensoriale e quindi attuata attraverso stimoli tattili, olfattivi, uditivi da cui anche l'importanza di identificare unità di misura idonee e coerenti rispetto ai bisogni fisiologici, psicologici e culturali in relazione agli elementi di sicurezza, comfort, salute e integrità psico-fisica [9]. Rispetto alla trasposizione testuale, invece, l'attenzione deve essere mirata all'uso di un linguaggio semplificato che traduca le componenti tecniche spaziali/dimensionali (altezza, ampiezza, profondità, ecc.) e gli elementi inerenti alla luce, al colore, al suono, ecc., di stimolo metabolico, fisiolo-

gico e psicologico. Ne deriva la necessità di affiancare alle competenze tecniche di rilievo e trasposizione testuale dei contenuti anche la partecipazione dei portatori di interesse fin dalle prime fasi di identificazione degli elementi del contesto e non solo per la validazione dei risultati. Nell'insieme il risultato è definibile come un "rilievo multisensoriale rappresentato attraverso il testo".

L'uso della descrizione testuale da ascoltare con lettore audio per l'accessibilità dei non vedenti è parte di un percorso ampio di ricerca approfondito dai Dipartimenti di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste e dell'Università degli Studi di Udine nell'ambito specifico dell'accessibilità delle strutture museali e che ha visto protagonista il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia come caso di studio in tre edizioni di un workshop di progettazione interattivo finalizzato a completare la formazione degli studenti di Architettura nell'ambito della progettazione inclusiva e del *Design for All* [10].

In particolare, nella seconda edizione del workshop, è stato sperimentato il rilievo con trasposizione in un testo che oggettivamente descrive lo spazio, le sue articolazioni e i contenuti, "al fine di permettere a un non vedente che ne ascolta la lettura di immaginare preventivamente l'ambiente che sta per visitare. Per poter formulare detto testo è necessario identificare gli spazi di azione degli utenti con la finalità di poter, quindi, calibrare il dimensionamento degli spazi e degli ingombri; con tale calibro (numero di passi, lunghezza percorsa con un quarto di giro di ruota della sedia, altezza di un braccio di una persona seduta, ecc.) si procede con la misurazione dello stato di fatto e con la formulazione della descrizione sufficientemente sintetica ma esaustiva di tutte le informazioni necessarie affinché l'utente possa immaginare il percorso di visita. Il risultato è un brano leggibile o ascoltabile tramite lettore sonoro" [Conti, Garofolo 2014].

A conclusione, si riporta un estratto del commento della dottoressa Edda Calligaris, tiflopedagogista (A.N.Fa.Mi.V. APS-ETS Associazione Nazionale delle Famiglie delle persone con Minorazioni Visive) estratto dalla relazione di conclusione del workshop a seguito dell'ascolto del racconto degli ambienti del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia:

"[...] Pur avendo visitato il Museo di Aquileia, non avevo colto tanti particolari verso i quali sono stata guidata dalla lettura dell'elaborato. In particolare mi sono costruita un'idea della struttura architettonica. [...] mi è sembrato, leggendo, di camminare lungo le stanze, di salire le scale (personalmente le preferisco in quanto gli echi dei passi e delle voci mi forniscono ulteriori informazioni sugli spazi), di toccare alcuni oggetti, di esplorare il giardino [...] ho invece qualche difficoltà a immaginare i totem e per questo avrei bisogno di conoscere la loro forma in maniera diretta. Non sono un tecnico, dunque più di questo non saprei cosa dire, se non che la lettura è stata stimolante e che, man mano che procedevo, mi si formava un'immagine mentale d'insieme molto nitida."

## Note

[1] "Nell'ambito dell'Industrial Design, l'approccio *User-Centered Design* (UCD) nasce nel 1970 proprio nel campo della Psicologia cognitiva come un metodo di valutazione del progetto basato sul coinvolgimento degli utenti e finalizzato a rispondere ai bisogni e alle aspettative delle persone che utilizzano il prodotto, sulla base della raccolta e della valutazione sistemica delle capacità, delle attitudini e delle esigenze (bisogni e aspettative) delle persone coinvolte nella rilevazione, al fine di progettare prodotti che possono essere utilizzati dagli utenti con la massima efficienza, la massima soddisfazione e il minimo stress fisico e mentale". Riferimento: Rubin, J., Chisnell, D. (2008). *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design and Conduct Effective Tests*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons (ed. 1994) in Cellucci, Di Sivo 2018, pp. 12-13.

[2] Lauria 2017; Conti, Tatano 2018.

[3] Articolo 3, Costituzione della Repubblica Italiana, approvata dall'Assemblea Costituente il 22 dicembre 1947, Gazzetta Ufficiale 27 dicembre 1947, n. 298. Riferimento: Conti, Tatano 2018.

[4] Convenzione delle Nazioni Unite 2006.

[5] Conti, Tatano 2018.

[6] Per ulteriori approfondimenti: Conti, Tatano, Villani 2016; Conti, Tatano 2018.

[7] La ricerca condotta dal MIBAC e pubblicata in Solima (2012) rileva che il 60% dei visitatori si documenta sul museo prima di recarvisi. La gran parte di essi (55%) lo fa attraverso le guide turistiche a stampa; il 30% utilizza il sito internet del museo e il 22% fa riferimento a libri e cataloghi; le informazioni ricercate prima della visita sono relative alle opere esposte e alle collezioni (71%), nonché all'accessibilità della struttura, ad esempio orari, tariffe, ecc. (55%).

[8] Garofolo, Conti 2012.

[9] Cellucci, Di Sivo 2018.

[10] "AA\_ArcheologiaAccessibile" è un progetto interateneo dell'Università degli Studi di Trieste e dell'Università degli Studi di Udine avviato nel 2009, facendo seguito ad alcune manifestazioni d'interesse avanzate dal "territorio regionale" per tramite della Consulta Regionale delle Associazioni delle Persone Disabili e delle loro Famiglie del Friuli Venezia Giulia e sviluppato con il supporto di diversi Istituti ed Enti (privati e pubblici che operano per la gestione e la valorizzazione del territorio attraverso il miglioramento della qualità dell'offerta funzionale di beni, spazi e servizi per il cittadino). Conti, Garofolo 2014; Conti, Garofolo 2013; Garofolo, Conti 2012. Nello specifico del rilievo testuale si rileva, inoltre, che è parte del percorso e dei risultati derivanti dalle sperimentazioni ideate e partecipate nell'ambito della ricerca di Dottorato di Paola Barcarolo, *Design della comunicazione inclusiva per la valorizzazione ubiqua del patrimonio culturale: criteri e linee guida progettuali per lo sviluppo di soluzioni comunicative aptiche per la fruizione dei Siti UNESCO*.

## Riferimenti bibliografici

AA.VV. (2009). *Linee guida per il superamento delle barriere architettoniche nei luoghi di interesse culturale*. Roma: Gangemi Editore.

Cellucci, C., Di Sivo, M. (2018). *FAAD. CITY. Città fiendly, active, adaptive*. Pisa: Pisa University Press.

Conti, C., Tatano, V. (2018). Accessibilità, tra tecnologia e dimensione sociale. In Lucarelli, M.T., Mussinelli, E., Daglio, L. (a cura di). *Progettare Resiliente*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore.

Conti, C., Garofolo, I. (2014). AA\_ArcheologiaAccessibile. La valorizzazione del patrimonio culturale attraverso l'accessibilità ambientale. In *Techne*, n. 07.

Conti, C., Garofolo, I. (a cura di). (2013). *Progettare accessibile*. Bologna: Pendragon.

Conti, C., Tatano, V., Villani, T. (2016). Accessibilità ambientale: verso l'inclusività nella progettazione / Environmental accessibility: towards inclusiveness in design. In Lucarelli, M. T., Mussinelli, E., Trombetta, C. (a cura di). *Cluster in progress. La Tecnologia dell'architettura in rete*

per l'innovazione / *The Architectural technology network for innovation*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore, pp. 27-41.

Convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilità, adottata dall'Assemblea Generale ONU il 13 dicembre 2006 ed entrata in vigore il 3 maggio 2008; ratificata e resa esecutiva in Italia con Legge n.18 del 3 marzo 2009.

Garofolo, I., Conti, C. (a cura di). (2012). *Accessibilità e valorizzazione dei beni culturali. Temi per la progettazione di luoghi e spazi per tutti*. Milano: FrancoAngeli.

Lauria, A. (2017). Progettazione ambientale & accessibilità: note sul rapporto persona-ambiente e sulle strategie di design. In *Techne*, n. 13.

Lucarelli, M. T., Mussinelli, E., Trombetta, C. (a cura di). (2016). *Cluster in progress. La Tecnologia dell'architettura in rete per l'innovazione / The Architectural technology network for innovation*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore.

Marota, A. *Il museo come evento culturale: riflessioni e prospettive nell'era del digitale*. In <[http://www.isabellapezzini.it/attachments/092\\_S3.pdf](http://www.isabellapezzini.it/attachments/092_S3.pdf)>

Martini, F., Sarti, L., Visentini, P. (a cura di). (2017). *Donne, Madri Dee*. Udine: Civici Musei di Udine.

Solima, L. (2012). *Il museo in ascolto*. Quaderni della valorizzazione. Ministero per i beni e le attività culturali. Soveria Mannelli: Rubbettino Editore.

Visentini, P., Marconato, A., Angeli, M., Collinassi, G., Conti, C., Petriccione, L., Poesini, S., Sarti, L., Casagrande, M., Nardini, A., Roma, S. (2017). L'applicazione delle "Linee guida" del progetto europeo COME-IN! Cooperazione per una piena accessibilità ai musei - verso una maggiore inclusione. L'esempio del Museo Archeologico di Udine / Implementing the "Guidelines" of the European project COME-IN! Cooperating for Open Access to Museums - towards a wider inclusion. The example of the Archaeological Museum of Udine. In *Museologia scientifica*, vol. 11, pp. 31-59.

## **Autrice**

*Christina Conti*

Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine  
[christina.conti@uniud.it](mailto:christina.conti@uniud.it)

# Técnicas de musealización virtual mediante fotogrametría automatizada SfM

Pedro Manuel Cabezos Bernal

*New photogrammetric survey techniques such as SfM photo-modeling allow us to document the cultural heritage through textured digital models that can be visualized via the Internet through the recent repositories of 3D models, allowing suitable interactive viewing from any computer or mobile device. It is also feasible to reach a totally immersive visualization mode, when using a virtual reality viewer, such as the economic Google Cardboard, which implies a great advance for the enhancement and dissemination of cultural heritage.*

*Latest automated photogrammetric techniques have acquired an important maturity in recent years, which has allowed a resurgence of photogrammetry compared to laser scanners, reaching a noticeable accuracy level [Rodríguez Navarro 2012]. This fact is mainly due to several advantages, such as the economy of the instruments and the versatility of photo-modelling software, that provide us with a three-dimensional textured model in a simple and straightforward way.*

*SfM automated photogrammetry is especially efficient when it is applied to models or fragments, preferably of moderate entity, with a well-defined texture and free of specular reflections.*

*The procedure requires taking several photographs of the model, from different viewpoints, until the entire surface of the model is covered. In order to obtain a successful result, it is crucial to guarantee a minimum overlap of 50% between adjacent shots, since the software needs to determine enough matching points between image pairs to accurately establish the spatial orientation of each photograph and to compute the point cloud.*

*Image quality is also an important factor for the photogrammetry software to succeed, so parameters such as image sharpness and deep of field becomes critical. Given the importance of the photographic capture, some guidelines will be set out in this chapter that will be extremely useful in order to carry out this process properly.*



## Introducción

Las nuevas técnicas de captura panorámica inmersiva y de levantamiento fotogramétrico, como la foto modelación *SfM* (*Structure from Motion*), nos permiten documentar el patrimonio mediante modelos tridimensionales texturizados que pueden ser divulgados a través de Internet gracias a los recientes repositorios de modelos 3D que permiten su visualización interactiva de manera muy ágil desde cualquier ordenador o dispositivo móvil, incluso de forma totalmente inmersiva, si se dispone de un visor de realidad virtual como el económico Google Cardboard, lo que supone un gran avance para la puesta en valor y divulgación del patrimonio.

Las últimas técnicas fotogramétricas automatizadas han adquirido una madurez importante en los últimos años lo que ha permitido un resurgimiento de la fotogrametría frente a los escáneres láseres a los que prácticamente iguala en precisión, véase Rodríguez [Rodríguez 2012]. Esto se debe principalmente a una serie de ventajas como la economía de los instrumentos y la versatilidad de los programas de foto modelado, que nos proporcionan un modelo tridimensional con la textura real aplicada de forma más sencilla y directa.

La fotogrametría automatizada *SfM* resulta especialmente eficiente cuando se trata de modelos o fragmentos, preferentemente de poca entidad, con una textura bien definida y exenta de reflejos especulares. El procedimiento requiere la toma de una serie de fotografías desde diversos puntos de vista hasta cubrir toda la superficie del modelo que quiere ser restituído, garantizando siempre un solape suficiente entre pares de fotografías que permita al software determinar la orientación espacial de cada fotografía con respecto al modelo. Este proceso de

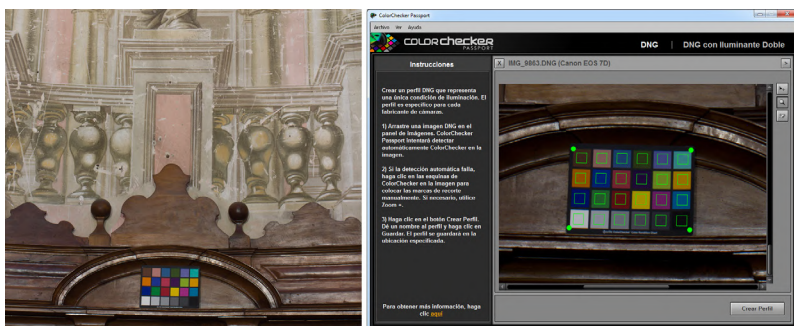


Fig. 1. Fotografía de una carta de color X-Rite Color Checker para el calibrado del balance de blancos y la creación del perfil de color de la cámara para las condiciones de la escena.

captura resulta crucial, pues de ello depende en gran medida el resultado final obtenido por el software de restitución. Dada la importancia de este proceso, se exponen a continuación unas pautas que resultarán de suma utilidad para acometer una correcta captura fotográfica.

## La captura fotográfica

Uno de los aspectos más importantes para obtener una buena restitución es proporcionar fotografías con una buena calidad de imagen. Ello no sólo depende de la calidad del material fotográfico empleado, sino que depende, en gran medida, del conocimiento técnico y la destreza del fotógrafo.

Por ello, es necesario que cualquiera que quiera abordar con seriedad un proyecto de restitución fotogramétrica tenga unos conocimientos mínimos acerca de la técnica fotográfica y tome una serie de medidas orientadas a facilitar al software su labor restitutiva.

Resulta de vital importancia que las imágenes tengan la mayor nitidez posible, por lo que es conveniente utilizar lentes de buena calidad y evitar que las fotos salgan movidas o desenfocadas. Para ello es aconsejable utilizar una velocidad de obturación alta.

En caso de no utilizar un trípode, es seguro utilizar una velocidad de 1/125s puede llegarse a 1/60s, si se tiene buen pulso o si la cámara cuenta con estabilizador de imagen, pero utilizar velocidades inferiores es muy arriesgado, salvo que se utilice un trípode.

En casos de fotografía en condiciones de escasa iluminación, puede resultar tentador subir el ajuste ISO de la cámara para compensar la falta

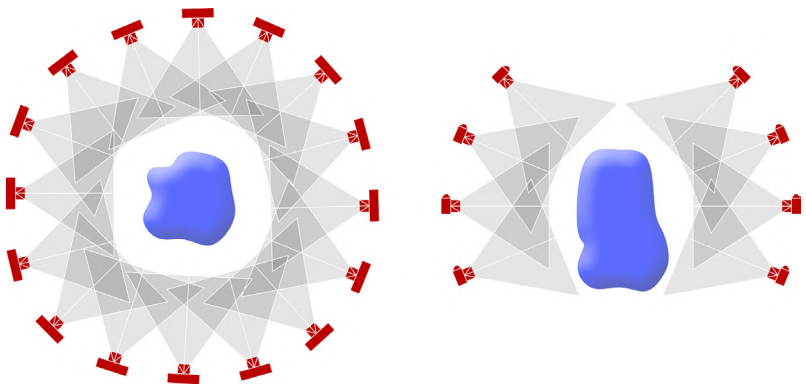


Fig. 2. Estrategia convergente en el caso de objetos aislados.



de luz, pero siempre es preferible utilizar un trípode, pues un valor alto de ISO generará un mayor nivel de ruido en la imagen y reducirá por tanto la calidad resolutive. En este sentido, utilizar un sensor digital de gran tamaño, normalmente ofrecerá menos ruido que un sensor pequeño, como el de una cámara compacta o un teléfono móvil. Por ello es aconsejable el uso de cámaras digitales con sensores *full-frame* o APS-C, como el que montan las cámaras réflex o las actuales mirrorless de gama media-alta.

Cuando se utiliza el trípode en combinación con una cámara réflex, es conveniente utilizar el bloqueo del espejo al disparar, para evitar la trepidación producida por éste al subir. En la mayoría de cámaras réflex, es tan sencillo como utilizar el modo *live view*.

Otro factor muy importante a tener en cuenta es la profundidad de campo de la escena, es decir, la nitidez con la que se perciben las zonas que quedan por delante y por detrás del motivo enfocado. En el caso de la fotogrametría automatizada, resulta obligado maximizar la profundidad de campo para lograr una mayor nitidez en todos los puntos de la imagen.

La profundidad de campo depende de varios factores, siendo el más determinante la apertura del diafragma de la cámara, de modo que

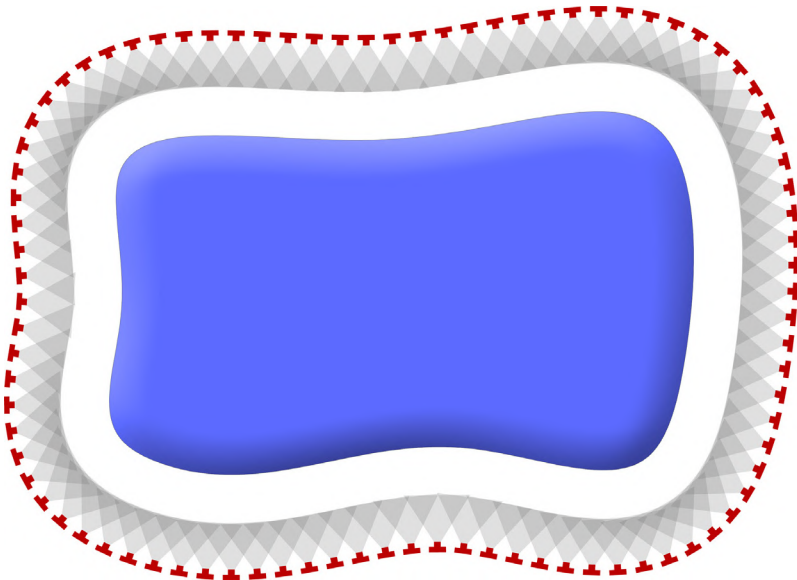


Fig. 3. Estrategia de captura con ejes ópticos sensiblemente paralelos en caso de entidades de gran tamaño tomadas desde su exterior.

con aperturas cerradas se consigue una mayor profundidad de campo, que es lo deseable para mejorar el proceso de restitución. Esto no quiere decir que debamos cerrar siempre el diafragma al máximo para conseguir una mayor profundidad de campo, pues seleccionar un diafragma muy cerrado tiene, por el contrario, un efecto negativo en la calidad general de la imagen debido al fenómeno físico de la difracción de la luz, que produce una alteración del haz luminoso que atraviesa el diafragma al chocar contra sus bordes. Por ello, se debe encontrar una solución de compromiso para lograr una buena profundidad de campo evitando la difracción. La clave es utilizar un diafragma intermedio, preferiblemente  $f8$  en el caso de cámaras con formato APS-C y  $f11$ , en cámaras con sensor *full-frame*.

Los algoritmos de restitución funcionan mejor con fotografías realizadas utilizando un objetivo gran angular; puesto que la triangulación que determina los puntos en el espacio resulta más precisa. Sin embargo, los objetivos de gran angular suelen producir distorsiones radiales notorias, por lo que conviene elegir un objetivo que no produzca distorsiones excesivas para lograr una mayor precisión. Al margen de ello, el software de fotogrametría automatizada hallará los parámetros de calibración de la distorsión radial automáticamente durante el proceso

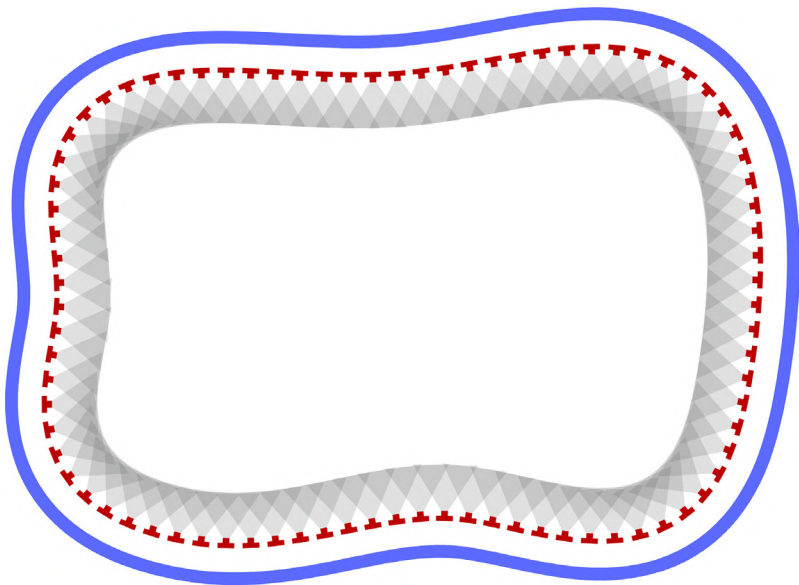


Fig. 4. Estrategia de captura con ejes ópticos sensiblemente paralelos en caso de entidades de gran tamaño tomadas desde su interior.

de análisis y optimización de los puntos homólogos entre fotografías, al igual que sucede en los programas de cosido de imágenes o *stitching*, véase [Cabezos, Cisneros 2012].

La iluminación de la escena es otra cuestión esencial para una correcta restitución, por ello resulta conveniente evitar los altos contrastes entre luces y sombras, pues en el caso de que haya zonas quemadas o demasiado oscuras, se perderá gran parte de la información necesaria para la restitución. Lo ideal es tener una iluminación constante y difusa del objeto. En el caso de fotografía al aire libre conviene realizar la captura en un día nublado, o bien, al amanecer o al atardecer, con el fin de minimizar los contrastes excesivos. En el caso de necesitar una iluminación artificial, ésta puede llevarse a cabo utilizando proyectores tipo *soft-box*, que proporcionan una iluminación difusa con sombras muy suaves.

Si se quiere obtener un modelo 3D texturizado, es conveniente que las fotografías tengan una exposición continua a lo largo de la captura. Si la escena está uniformemente iluminada convendría bloquear la exposición y el balance de blancos. No obstante, la mayoría de los programas de restitución fotogramétrica automatizada cuentan con algoritmos de optimización fotométrica para corregir las diferencias luminosas entre tomas, siempre que éstas no sean demasiado grandes. Para garantizar una correcta reproducción de los colores es conveniente utilizar una carta de color de referencia, como la X-Rite Color Checker, que permite crear un perfil de color y ajustar de manera precisa el balance de blancos (fig. 1).

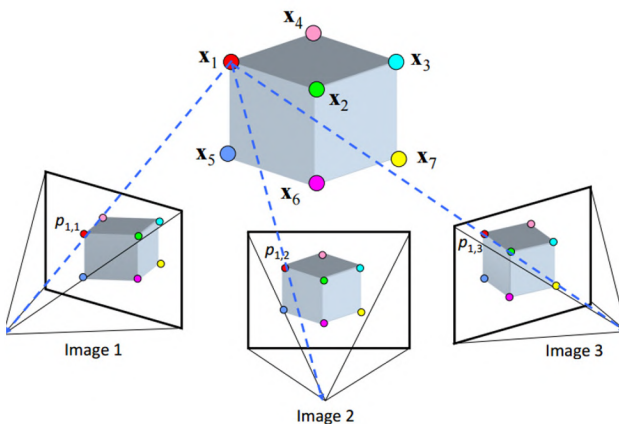


Fig. 5. Proceso de triangulación para la restitución espacial de la nube de puntos.  
Source: <[https://cs.nyu/~fergus/teaching/vision/11\\_12\\_multiview.pdf](https://cs.nyu/~fergus/teaching/vision/11_12_multiview.pdf)>

En este sentido, resulta muy conveniente utilizar el formato de captura .raw o en bruto, disponible en todas las cámaras de cierto nivel, pues ello nos permite ajustar el balance de blancos a posteriori y aplicar el perfil de color obtenido con la carta de referencia durante el proceso de revelado .raw, de modo que todas las tomas tengan el mismo ajuste. Además de ello, otra ventaja del usar el formato .raw frente al .jpg es que se obtiene una mayor profundidad de color y calidad global.

En resumen, podemos decir que una configuración óptima para la captura fotogramétrica, debería utilizar una cámara con un sensor digital de gran tamaño, preferiblemente *full-frame* o APS-C y una óptica de entre 24 y 50 mm de distancia focal equivalente, que ofrezca buena nitidez y baja distorsión radial. Para la captura convendrá utilizar un diafragma intermedio entre f8 y f11 y un valor de ISO todo lo bajo posible.

## Técnicas de disparo

En el caso de fotogrametría automatizada terrestre nos podemos encontrar ante diversas situaciones, por un lado, el caso más sencillo sería la restitución de un elemento aislado de dimensiones reducidas, que podemos rodear con la cámara. Por otro lado, tenemos la posibilidad de restituir casos más complejos que, por su tamaño y configuración, a veces es necesario acometer en varias etapas, como el caso de edificios. En el caso de elementos aislados la estrategia de disparo debe ser convergente, es decir, se debe girar alrededor del motivo realizando fotografías progresivamente apuntando hacia el sujeto, de modo que todos los puntos del modelo aparezcan al menos en tres fotografías diversas, siendo conveniente realizar un mayor número de fotografías que el mínimo requerido (fig. 2).

En el caso de restitución de elementos de mayores dimensiones, es conveniente utilizar una estrategia de ejes sensiblemente paralelos, en la que deberemos fotografiar siguiendo los contornos del modelo y garantizando un solape entre fotografías adyacentes de un 70%. Los cambios de dirección deberán hacerse progresivamente con ángulos de giro pequeños (figg. 3-4).

En el caso de tener que restituir elementos exteriores de gran altura, se hace imprescindible el uso de drones, si bien, la legislación actual impide sobrevolar núcleos urbanos con este tipo de aparatos, lo que suele ser un obstáculo importante. En ocasiones, podemos utilizar pértigas, si la altura no es muy grande o realizar las fotografías desde edificios adyacentes de mayor altura en el caso de que los haya.

## El proceso de reconstrucción tridimensional

Actualmente tenemos disponibles una gran variedad de programas de fotogrametría automatizada como, por ejemplo, Agisoft Metashape (antes Photoscan), Recap Photo, Reality Capture, 3DF Zephyr, Visual SfM, entre otros. Conviene señalar que algunos de estos programas son gratuitos como Visual SfM.

También 3DF Zephyr cuenta con una versión gratuita para uso personal que permite restituir proyectos de hasta 50 fotografías, siendo una excelente opción para fines educacionales.

Todos los programas de fotogrametría funcionan de una manera bastante similar; el flujo de trabajo se divide en una serie de etapas, en donde la primera fase consiste básicamente en la orientación de las fotografías en el espacio y la generación de una nube de puntos sencilla. Este proceso se produce de forma totalmente automatizada a través del análisis de los puntos homólogos que el programa encuentra entre las fotografías. La intersección de los haces provenientes de cada fotografía proporciona la configuración espacial de los puntos del modelo (fig. 5). Este primer paso determina una nube de puntos muy simple, que constituye la primera aproximación al objeto. La segunda etapa consiste en una búsqueda más detallada de puntos homólogos para conseguir una nube de puntos más densa. En una tercera etapa, la nube de puntos densa se triangula, con el grado de detalle requerido, para configurar una malla poligonal tridimensional. En la última etapa, la malla poligonal puede ser texturizada utilizando las propias fotografías. El resultado final es un modelo tridimensional con la textura real aplicada que puede ser exportado a un formato compatible con la mayoría de programas de diseño 3D, como el formato .obj o .stl (fig. 6).

En ocasiones, el modelo necesita algún tipo de edición, para cerrar pequeños agujeros o delimitar un volumen mediante operaciones de



Fig. 6. Fases de la restitución fotogramétrica. Nube de puntos, malla poligonal y modelo texturizado.

corte. Muchos de los programas de fotogrametría cuentan con operaciones básicas de edición, pero normalmente se puede recurrir a programas de modelado 3D más potentes para realizar este tipo de operaciones. Al margen de programas de pago como, por ejemplo, 3DSMax, Geomagic o Modo, existen potentes alternativas gratuitas como Meshlab, Cloud Compare, Meshmixer o Blender.

### La divulgación a través de repositorios 3D

Recientemente han aparecido varias plataformas gratuitas para visualizar modelos tridimensionales como p3d.in, Blend4web y Sketchfab, todas ellas con funcionalidades excelentes. Sketchfab es una de las plataformas pioneras y destaca por su sencillez y versatilidad a la hora de utilizar visores de realidad virtual como el económico Google Cardboard, que en combinación con un smartphone permite una experiencia de visionado totalmente inmersiva y estereoscópica (fig. 7).

El proceso de subida de los modelos es muy sencillo pues la plataforma admite una gran variedad de formatos de intercambio. Es aconsejable utilizar el formato de intercambio .obj, que irá acompañado normalmente de uno o varios archivos bitmap, en formato .jpg o .png, que contendrán las texturas aplicadas al modelo 3D.

Además, se incluirá un archivo .mtl, que establece las propiedades de los materiales aplicados y la ruta de los archivos bitmap. Este conjunto de archivos se sube a la plataforma empaquetado en un único archivo .zip comprimido.

Una vez subido el archivo se permite elegir el aspecto que rodea al modelo entre colores planos o entornos esféricos predefinidos. También permite elegir el algoritmo de renderizado y las opciones de iluminación, además de tener la posibilidad de añadir animaciones e incluir



Fig. 7. Visor personal de cartón Google Cardboard.

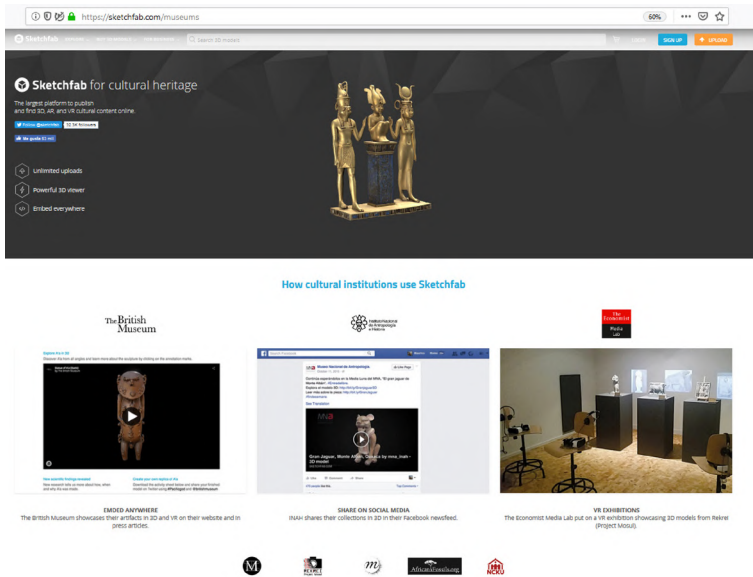


Fig. 8. Museos virtuales dentro de la plataforma Sketchfab. Véase: <<https://sketchfab.com/museums>>

nodos de anotación alrededor del modelo que servirán para incluir un cuadro de texto descriptivo con información adicional relativa a la pieza que el visitante podrá desplegar al pulsar sobre el nodo mientras realiza la visualización interactiva.

Los diferentes modelos pueden agruparse formando colecciones, lo que da origen a un museo virtual. Muchos museos importantes exhiben sus piezas a través de la plataforma Sketchfab (fig. 8).

A título de ejemplo, en la figura 9 se muestra un fragmento de cornisa de la Catedral de Valencia, perteneciente a la Puerta Románica conocida como Puerta del Palau. El modelo se puede visualizar de forma interactiva, mediante el código QR que aparece en la propia figura o a través link [1].

## Conclusiones

Las posibilidades que nos ofrecen las nuevas plataformas para compartir contenido 3D resultan especialmente útiles en el campo de la divulgación científica y del patrimonio cultural, pero también en otros campos como la educación. El análisis del proceso de creación de este tipo de museos virtuales ha permitido mostrar un flujo de trabajo efi-



Fig. 9. Visualización interactiva de un fragmento de cornisa de la Catedral de Valencia a través de la plataforma Sketchfab [Cordero 2018]. Véase: <<https://skfb.ly/6LFou>>

caz para llevar a cabo estas tareas con minuciosidad y rigor científico, empezando desde la planificación y el control de la toma fotográfica hasta la publicación definitiva de los modelos restituidos en la plataforma de visionado.

Hoy en día resulta bastante sencillo acometer un proyecto de restitución fotogramétrica incluso para personas sin experiencia que utilizan sus teléfonos móviles. Sin embargo, la precisión y la rigurosidad de los resultados dependerá fundamentalmente de la calidad de imagen obtenida y de una correcta estrategia de disparo que permita cubrir adecuadamente el modelo para lograr una restitución precisa y sin lagunas. Por ello, es necesario prestar especial atención a los parámetros de la captura fotográfica y a la iluminación del modelo.

Si la captura se realiza en las condiciones óptimas, la mayoría de los programas de restitución fotogramétrica proporcionarán resultados satisfactorios y los modelos generados podrán ser divulgados de manera muy sencilla utilizando las actuales plataformas gratuitas de visualización, cuyos visores pueden embeberse en páginas personales propias.

#### Notas

[1] Para visualizar este modelo de forma interactiva puede utilizarse el código QR que aparece en la propia figura o acceder al siguiente link: <<https://skfb.ly/6LFou>>



## Referencias

Cabezos Bernal, P.M., Cisneros Vivó, J. (2012). Fotogrametría con cámaras digitales convencionales y software libre. In *EGA*, n. 20, pp. 88-99.

Cabezos Bernal, P. M., Rossi, A. (2017). Técnicas de musealización virtual. Los capiteles del Monasterio de San Cugat. In *EGA*, n. 22, pp. 48-57.

Cordero Carmona, N. (2018). *Técnicas de Musealización Virtual aplicadas a la divulgación del Patrimonio arquitectónico. La portada románica de la Catedral de Valencia*. <<http://hdl.handle.net/10251/116119>>

Rodríguez Navarro, P. (2012). La fotogrametría digital automatizada frente a los sistemas basados en sensores 3D activos. In *EGA*, n. 20, pp. 100-111.

## Autor

Pedro Manuel Cabezos Bernal

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universitat Politècnica de València  
pcabezos@ega.upv.es

# “Gorizia contatto”: per un patrimonio culturale più accessibile a non vedenti e ipovedenti

Silvia Grion

*Italia Nostra is an Italian non-profit organization dedicated to the protection and promotion of the country's Historical, Artistic and Environmental Heritage. An essential part of the enhancement of a cultural asset, and therefore of the reason for its protection and conservation, consists in guaranteeing the full enjoyment and safety of all visitors, in the best conditions of autonomy and safety, regardless of their conditions, according to assumptions of non-discrimination. This is precisely the perspective of the project “Gorizia contatto” (wordplay between “contact” and “tactile experience”), born from the initiative of the Gorizia Sections of Italia Nostra and UICI (Italian Union of Blind and Partially Sighted People), and with the collaboration of many cultural, educational and academic institutions. The project aims to facilitate accessibility and enjoyment, for people with visual impairments, of some important monuments of Gorizia, in order to promote inclusion and tourism for all.*



Fig. 1. Logo del progetto “Gorizia contatto”.



## Introduzione

Conoscenza, tutela e valorizzazione dei beni culturali, ambientali e paesaggistici sono da oltre sessant'anni il fulcro dell'operato dell'associazione Italia Nostra [1] che, insieme ad altre associazioni culturali e di protezione ambientale, ha promosso anche un'intensa attività di suggerimento legislativo, come stimolo per la redazione di nuove norme sul patrimonio storico e ambientale italiano.

Parte essenziale della valorizzazione di un bene culturale, e quindi della ragione della sua tutela, consiste nel garantirne la piena fruizione, secondo quanto afferma il *Codice dei beni culturali e del paesaggio* che lega il concetto di "tutela" di un bene a quello di "protezione" e "conservazione" "per fini di pubblica fruizione" [2].

L'attività di tutela, inoltre, è inscindibile da quella di "valorizzazione", intesa nel senso di far conoscere e tramandare quei valori che hanno individuato il bene in oggetto come testimonianza della storia e della civiltà e quindi garantirne la piena fruizione, nelle migliori condizioni di autonomia e sicurezza, da parte di tutti i visitatori, indipendentemente dalle proprie condizioni.

Si deve considerare infatti che avere accesso alla cultura in condizioni di parità e non discriminazione fa parte dei diritti di cittadinanza sanciti dalla Costituzione Italiana [3] e ribaditi dalla Convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilità [4].

È all'interno di questo quadro che si inserisce l'operato di Italia Nostra come promotrice di azioni che implementino l'accessibilità ai beni culturali da parte di un'utenza ampliata, purché non rappresentino un'esigenza incompatibile con la conservazione stessa del bene o comportino una snaturalizzazione della sua essenza.

Concretamente la Sezione di Gorizia di Italia Nostra si è confrontata con la tematica dell'accessibilità avviando, assieme all'Unione Italiana dei Ciechi e degli Ipovedenti, il progetto "Gorizia contatto", finalizzato alla realizzazione di un sistema integrato di accessibilità ad alcuni monumenti significativi del patrimonio artistico e culturale della città per persone con disabilità visiva, nell'ottica dell'inserimento in un circuito di turismo per tutti, sostenibile e socialmente sensibile.

### 1. Il progetto "Gorizia contatto"

Il progetto "Gorizia contatto", ideato e avviato da Italia Nostra Onlus – Sezione di Gorizia [5] con l'Unione Italiana dei Ciechi e degli Ipovedenti – Sezione di Gorizia [6], con il sostegno finanziario della Fondazione

Cassa di Risparmio di Gorizia e del Comune di Gorizia, coinvolge i Dipartimenti di Ingegneria e Architettura delle Università degli Studi di Trieste e di Udine, l'ISIS "G. Galilei" di Gorizia, Settore Tecnologico, indirizzo Costruzioni, ambiente e territorio, l'Associazione "Amici di Israele", i Musei Provinciali di Gorizia, la Parrocchia di Sant'Ignazio Confessore e la Fondazione Palazzo Coronini Cronberg.

Il progetto ha previsto innanzitutto l'approfondimento delle problematiche legate all'accessibilità al patrimonio artistico e culturale da parte di fruitori con minorazione visiva. Dal 6 al 7 febbraio 2017 è stato organizzato a Gorizia, nella sede della Fondazione Cassa di Risparmio di Gorizia, un seminario propedeutico, con lezioni di alcuni dei massimi esperti del settore: Aldo Grassini, Direttore del Museo Tattile Statale "Omero"[7] di Ancona, e Loretta Secchi, responsabile del Museo Tattile "Anteros"[8] dell'Istituto dei Ciechi "Francesco Cavazza" di Bologna. La fase realizzativa del progetto si pone come obiettivo facilitare l'accessibilità e il godimento alle persone con disabilità visiva di alcuni monumenti significativi del patrimonio artistico e culturale di Gorizia, nell'ottica dell'inserimento in un circuito di turismo sostenibile e socialmente sensibile.

L'itinerario si propone come un sistema integrato e comprende il Palazzo Coronini Cronberg, il Palazzo Attems Petzenstein, la Chiesa di Sant'Ignazio Confessore, il Castello e la Sinagoga.

Per la fruizione di questi monumenti sono stati studiati e realizzati degli strumenti tattili che ne consentano la conoscenza ai visitatori con disabilità visiva.

## 2. I cinque siti interessati dal progetto

### 2.1. Palazzo Coronini Cronberg

Il Palazzo Coronini Cronberg, sede dell'omonima Fondazione per volontà del suo ultimo proprietario, il conte Guglielmo Coronini Cronberg, è una dimora storica risalente alla fine del Cinquecento, che conserva dipinti, mobili e preziosi arredi. Tra le opere d'arte di straordinario valore presenta due *Teste di carattere* del grande scultore austriaco Franz Xaver Messerschmidt (1736-1783).

Le copie in 3D a grandezza naturale dei due busti (fig. 2) sono state la prima realizzazione concreta del progetto "Gorizia contatto", cogliendo l'occasione dell'inaugurazione del nuovo allestimento dedicato alle opere di Messerschmidt, prevista a fine novembre 2016.

La sperimentazione è stata condotta con il coordinamento scientifico del prof. Alberto Sdegno, del Dipartimento di Ingegneria e Architet-



Fig. 2. Riproduzioni in 3D in scala 1:1 di due *Teste di carattere* di Franz Xaver Messerschmidt di proprietà della Fondazione Palazzo Coronini Cronberg.

tura dell'Università degli Studi di Trieste, che ha seguito tutte le fasi. Il rilievo è stato realizzato tramite scanner a luce strutturata per l'acquisizione, che ha consentito la registrazione di un alto livello di dettaglio, grazie al quale è stato possibile ottenere ogni singola variazione cutanea dei volti. La tecnologia, completamente non invasiva rispetto all'oggetto, ha previsto la proiezione di circa 30 *pattern* sulle sculture, dai quali si è potuto ricavare l'andamento della forma con un'accuratezza inferiore al millimetro.

Alla fase di scansione hanno fatto seguito le operazioni di modellazione, smussatura e occlusione dei fori.

Infine vi è stata la produzione fisica del modello a grandezza naturale [9] con una stampante 3D di tipo *FDM* (*Fused Deposition Modeling*).

Le due sculture sono state infine livellate e verniciate in modo da permettere il confronto percettivo con gli originali, sia dal punto visivo, sia dal punto di vista tattile.

Durante il *Seminario sull'accessibilità ai luoghi della cultura da parte delle persone con disabilità visiva* si è svolta una visita guidata all'allestimento dedicato alle *Teste di carattere* di Franz Xaver Messerschmidt, durante la quale i docenti intervenuti al seminario, il dott. Aldo Grassini e la dott.ssa Loretta Secchi, hanno avuto modo di esplorare al tatto le copie in 3D in scala 1:1 dei busti.

## 2.2. Palazzo Attems Petzenstein

Palazzo Attems Petzenstein, risalente alla prima metà del Settecento e sede della Pinacoteca Provinciale di Gorizia, è stato interessato da un progetto parallelo denominato "Approccio tifologico ai beni architettonici" e sviluppato dall'allora classe 4A CAT [10] dell'ISIS "G. Galilei", Settore Tecnologico con indirizzo CAT (Costruzioni, Ambiente e Territorio), con il coordinamento dei professori Marzia Bregant e Mauro Favaro.

La fase preliminare è consistita nel rilievo della facciata del palazzo tramite un laser scanner (TLS Riegl Z390i) e alcune stazioni totali (Leica vbnn) che hanno permesso l'acquisizione di una "nuvola di punti", la loro georeferenziazione e la generazione di ortofoto e texture ad alta definizione. L'attività è stata condotta con il supporto del prof. Domenico Visinitini del Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Udine.

Al rilievo è seguita la rielaborazione dei dati raccolti al fine di generare un modello digitale di superficie (DDSM - Dense Digital Surface Model) e definire il file di stampa specifico per la stampante 3D in dotazione all'Istituto scolastico.

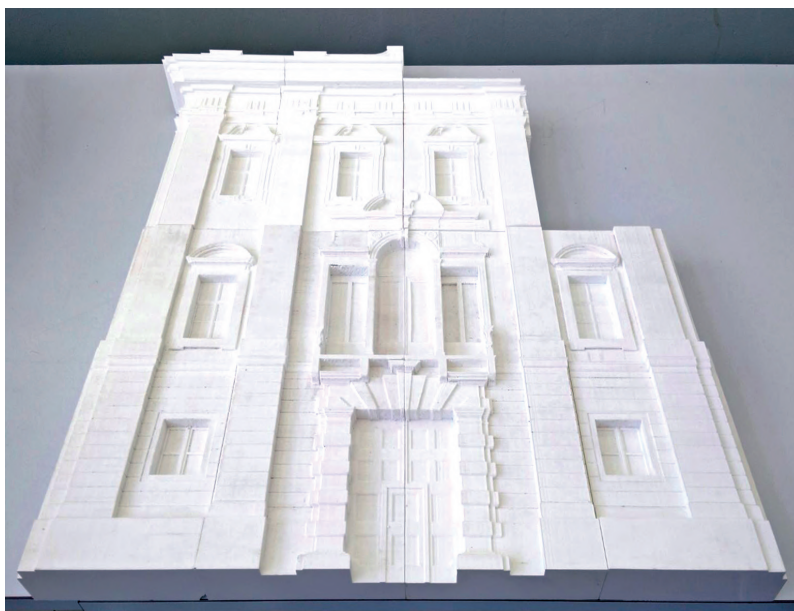


Fig. 3. Riproduzione di un brano della facciata di Palazzo Attems Petzenstein, realizzata con stampante WASP 2040 turbo. Materiale: PLA (acido polilattico).

Infine, coadiuvati dall'assistente tecnico Marino Clemente e con la consulenza dell'Unione Italiana dei Ciechi e degli Ipovedenti Sezione di Gorizia, gli studenti hanno realizzato un modello in rilievo del brano centrale della facciata del palazzo in scala 1:25 (fig. 3), tramite stampante 3D con tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*).

### 2.3. Chiesa di Sant'Ignazio Confessore

La Chiesa di Sant'Ignazio, costruita dai Gesuiti tra il 1640 e il 1725, è l'edificio sacro che ha subito meno danni nel corso della Prima Guerra Mondiale. Il tirolese Christoph Tausch, già allievo e collaboratore di Andrea Pozzo a Vienna, progettò la facciata, fondendovi elementi del barocco romano e austriaco, ed eseguì il vasto affresco sulla parete del presbiterio con *La Gloria di Sant'Ignazio* entro un'ardita prospettiva illusionistica.

La mappa tattile realizzata per la Chiesa di Sant'Ignazio Confessore è inserita all'interno del progetto di ricerca della dott.ssa Veronica Riavis, dottoranda in Ingegneria Civile-Ambientale e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste.

L'iter ha visto innanzitutto la semplificazione della planimetria convenzionale della chiesa, rimuovendo tutti gli ambienti e gli elementi ininfluenti e interdetti al pubblico.

La planimetria mostra schematicamente i principali ambienti della chiesa (navata, cappelle, presbiterio e sacrestie) nella loro forma, dimensione e dislivello, ma anche i contenuti di pregio (altari, confessionali, banchi e leggi) per consentire alla persona non vedente di formarsi un'immagine mentale completa della chiesa.



Fig. 4. Consulenza tecnica presso l'Istituto Regionale Rittmeyer per i Ciechi di Trieste. Le dottoresse Paola Cochelli e Veronica Riavis discutono dei dettagli realizzativi con il prof. Pierpaolo Lenaz, membro del Consiglio di Amministrazione, e il dott. Nicolò Finocchiaro, responsabile dell'Ufficio Promozioni e Progetti dell'Istituto.

Ai diversi elementi e destinazioni d'uso che compongono l'edificio corrispondono specifiche texture, simboli tattili e numeri, opportunamente spiegati in legenda.

Al fine di verificare la correttezza e l'efficacia della mappa tattile della chiesa, la dott.ssa Riavis ha costruito manualmente tre modelli fisici preparatori per poi riprodurre il prototipo definitivo. I diversi modelli, realizzati in rilievo con materiali quali cartonlegno, cartoncino stratificato e fogli a trama plastificati, sono stati sottoposti alla verifica da parte degli Istituti Regionale Rittmeyer per i Ciechi di Trieste [11] (fig. 4) e "Francesco Cavazza" di Bologna. Ulteriore consulenza tecnica è stata effettuata presso l'Incisoria Vicentina, ditta che ha realizzato la mappa (fig. 5), inaugurata domenica 29 luglio 2018, in occasione delle celebrazioni del santo. La mappa è in due colori a forte contrasto cromatico; i punti più significativi sono evidenziati con texture differenziate in modo da permettere un facile riconoscimento dei luoghi e a completamento vi è la scala metrica e una legenda con caratteri sia in rilievo e in colore contrastante per gli ipovedenti, sia in caratteri Braille per i non vedenti.

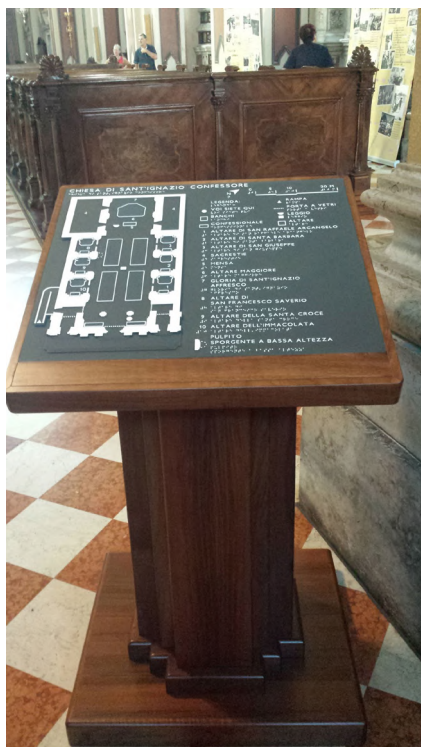


Fig. 5. Mappa tattile con riproduzione della pianta della Chiesa di Sant'Ignazio Confessore. Materiale: plex acrilico finito con vernice opaca antiriflesso.



## 2.4. Castello di Gorizia

Il Castello di Gorizia sorge sul colle che ospita il nucleo abitativo più antico della città di Gorizia. La salita che conduce al complesso fortificato è già dotata di percorso tattilo-plantare, che termina nei pressi della Chiesetta di S. Spirito e dei Musei Provinciali. Per proseguire il percorso dedicato alle persone non vedenti o ipovedenti si è quindi deciso di realizzare una mappa tattile di luogo da inserire all'ingresso della cinta muraria.

Anche in questo caso il progetto è inserito all'interno del progetto di ricerca della dott.ssa Paola Cochelli, dottoranda in Ingegneria Civile-Ambientale e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste.

Dopo una serie di sopralluoghi si è stabilito di rappresentare il Castello in tutta la sua interezza: la cinta muraria con i suoi camminamenti, i diversi edifici che compongono il nucleo centrale, il pozzo all'interno della Corte dei Lanzi; in un secondo momento si è deciso di indicare anche la posizione della meridiana.



Fig. 6. Consulenza tecnica presso l'Istituto dei Ciechi "Francesco Cavazza" di Bologna. La dott.ssa Paola Cochelli e il prof. Alberto Sdegno si confrontano con la dott.ssa Loretta Secchi, responsabile del Museo Tattile "Anteros" e il suo collaboratore Michele Piccolo.



Fig. 7. Mappa tattile con riproduzione della pianta del complesso degli edifici del Castello di Gorizia. Materiale: plex acrilico finito con vernice opaca antiriflesso.

Per quanto riguarda gli edifici si è deciso di segnalare la denominazione dei vari corpi di fabbrica come vengono riportati nella tabella turistica che si trova al di fuori del Castello.

I colori della tabella sono stati tradotti in campiture con tratteggi diversi in modo da differenziarli.

Anche in questo caso ci si è avvalsi delle consulenze tecniche degli Istituti Regionale Rittmeyer per i Ciechi di Trieste e “Francesco Cavazza” di Bologna (fig. 6) e dell’Incisoria Vicentina (fig. 8). La mappa (fig. 7) è realizzata in plex acrilico, con didascalie in Braille. L’uso di due colori a forte contrasto cromatico e di vernici opache antiriflesso facilitano la fruizione anche da parte di persone ipovedenti.

## 2.5. Sinagoga

La Sinagoga di Gorizia sorge al centro dell’ex ghetto ebraico e ospita il Museo “Gerusalemme sull’Isonzo”, in cui sono esposti oggetti rituali, manufatti, libri, fotografie, documenti e stampe relative alla storia dell’ebraismo goriziano e ai suoi rappresentanti, oltre a una mostra permanente dedicata al filosofo Carlo Michelstaedter. La Sinagoga fu utilizzata dalla comunità ebraica di Gorizia fino al 1969; oggi non è regolarmente adibita al culto. Il museo è gestito per conto del Comune dall’associazione Amici di Israele di Gorizia.



Fig. 8. Consulenza presso l'Incisoria Vicentina, ditta che ha realizzato le mappe tattili del complesso del Castello e della Chiesa di Sant'Ignazio Confessore. Il dott. Massimo Treu illustra specifiche tecniche alle dott.sse Cochelli e Riavis.

Il museo della Sinagoga possedeva un modellino smontabile dell'edificio, risalente al 1993, non adatto all'esplorazione tattile in quanto ideato esclusivamente per illustrare le varie parti della costruzione. L'intervento realizzato nell'ambito del progetto "Gorizia contatto" è consistito nel restauro del modello (fig. 9) agendo sulle superfici al fine di eliminare qualsiasi asperità che potesse compromettere o falsare la lettura tattile del manufatto e integrando o sostituendo alcune parti logore o mancanti.

Il museo inoltre era dotato anche di tre dispense in Braille con le informazioni sulla Sinagoga e sulla comunità ebraica di Gorizia, di cui si è provveduto al ripristino della rilegatura e alla pulizia delle superfici, colmando danni da maneggiamento e lacune che compromettevano la lettura dei caratteri [12].

### 3. Risultati conseguiti e future implementazioni

A conclusione della prima fase del progetto si è voluto presentare alla cittadinanza quanto realizzato tramite una mostra (fig. 10) tenutasi presso la sede della Fondazione Cassa di Risparmio di Gorizia dal 9 al 26 novembre 2017. L'inaugurazione è stata preceduta da una prolu-



Fig. 9. Modellino smontabile della Sinagoga di Gorizia. Struttura in compensato dipinto, rivestimento della copertura in cartoncino ondulato dipinto.

sione in cui sono intervenuti i rappresentanti degli enti coinvolti a vario titolo nel progetto e i docenti, dottorandi, professionisti e studenti che hanno contribuito alla realizzazione dei vari dispositivi e che hanno illustrato l'iter progettuale.

L'allestimento [13] ha voluto restituire le varie fasi di ricerca, studio, ideazione e realizzazione da parte dei numerosi soggetti coinvolti raccogliendo in una dozzina di bacheche immagini, filmati, didascalie e prototipi al fine di fornire al visitatore una panoramica quanto più esaustiva.

A eccezione delle riproduzioni delle sculture di Messerschmidt, già collocate in Palazzo Coronini Cronberg, le mappe tattili, i modelli e le riproduzioni 3D realizzate sono state a disposizione per l'esplorazione tattile sia dei non vedenti, sia di coloro interessati a un'esperienza cognitiva attraverso una percezione multisensoriale.

Attualmente è in corso un'ulteriore fase di implementazione del progetto che vede coinvolto il Laboratorio di ricerca sul Web Semantico, Adattivo e Sociale (SASWEB) del Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche dell'Università degli Studi di Udine. La finalità dell'attività di ricerca svolta sotto il coordinamento scientifico della prof.ssa Antonina Dattolo è la realizzazione di un'app, al fine di fornire informazioni riguardanti tutti i cinque siti dell'itinerario proposto. Sarà caratterizzata da un design semplificato per ottimizzare la fruizione da parte di persone non vedenti e ipovedenti, consentirà la riproduzione audio dei testi e, tramite trasmettitori *bluetooth beacon*, i siti oggetto di interesse verranno automaticamente riconosciuti.

Fig. 10. Manifesto della mostra tenutasi, a conclusione della prima fase del progetto, presso la sede della Fondazione Cassa di Risparmio di Gorizia dal 9 al 26 novembre 2017.



## Note

[1] L'associazione nazionale Italia Nostra è stata fondata a Roma il 29 ottobre 1955, come prima associazione culturale e ambientalista italiana di volontariato, apolitica e apartitica. La Sezione di Gorizia fu costituita il 18 aprile 1969 su iniziativa del conte Guglielmo Coronini Cronberg e di alcune importanti personalità della cultura cittadina. In linea con lo statuto dell'associazione nazionale, la Sezione di Gorizia si occupa di questioni riguardanti la tutela, la conservazione e la valorizzazione dei beni culturali, dell'ambiente, del paesaggio urbano, rurale e naturale, dei monumenti, dei centri storici e della qualità della vita. Collabora con altre associazioni che hanno affinità di obiettivi, offrendo consulenze, organizzando convegni, conferenze, visite guidate e gite culturali, promuovendo la partecipazione dei cittadini, la formazione culturale dei soci e l'educazione dei giovani alla conoscenza e al valore della conservazione. Nel 2008 è stata inaugurata la Biblioteca della Sezione, che comprende oltre 1600 volumi.

[2] Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", art. 3 - Tutela del patrimonio culturale.

[3] Costituzione Italiana, art. 2: "La Repubblica riconosce e garantisce i diritti inviolabili dell'uomo [...] e richiede l'adempimento dei doveri inderogabili di solidarietà politica, economica e sociale."; art. 3: "Tutti i cittadini hanno pari dignità sociale [...]. È compito della Repubblica rimuovere gli ostacoli di ordine economico e sociale, che, limitando di fatto la libertà e l'eguaglianza dei cittadini, impediscono il pieno sviluppo della persona umana e l'effettiva partecipazione di tutti i lavoratori all'organizzazione politica, economica e sociale del Paese."

[4] *Convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilità*, art. 30 - Partecipazione alla vita culturale, alla ricreazione, al tempo libero e allo sport.

[5] Referenti del progetto sono la dott.ssa Maddalena Malni Pascoletti, la dott.ssa Simonetta Brazza e l'arch. Silvia Grion.

[6] Hanno collaborato a vario titolo per l'UICI il presidente Oscar Di Monte, la vicepresidente Irena Gulin, la signora Genny Carnel e la prof.ssa Benvenuta Marin Panozzo.

[7] Il Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona è nato nel 1993 con lo scopo di rivelare a tutti, non solo a chi non può misurarsi con la luce e l'immagine, le possibilità della percezione multisensoriale. Nel museo sono esposte circa 300 opere fra copie al vero di capolavori di arte antica e moderna, sculture originali di arte del Novecento e contemporanea, modelli architettonici in scala e modelli volumetrici e reperti originali di archeologia.

Il Museo "Omero" inoltre organizza molte attività didattiche e di formazione a livello nazionale e internazionale.

[8] Il Museo Tattile di Pittura Antica e Moderna "Anteros" dell'Istituto "Francesco Cavazza" di Bologna è nato nel 1999. Espone una collezione di traduzioni tridimensionali in bassorilievo di celebri dipinti compresi tra il Medioevo e l'Età Moderna. Vi si svolgono anche lezioni di Storia dell'arte mirate a rendere comprensibili i concetti di rappresentazione della realtà. Organizza laboratori di esplorazione tattile e corsi di formazione.

[9] A cura di Loudlab S.n.c. di Ruben Camponogara e Mattia Gottardo - Sacile.

[10] Silvia Biason, Valbone Bytyqi, Michael Cristhopher Gratton, Jacopo Gurtner, Matija Malic, Michael Mandini, Ivan Vinciguerra, Alessia Zavan (anno scolastico 2016-2017).

[11] L'Istituto Regionale Rittmeyer per i Ciechi nasce nel 1913, grazie alla munifica donazione della baronessa Cecilia de Rittmeyer, nello spirito del mecenatismo protestante. Il cammino dell'Istituto è stato scandito dal progresso scientifico e sociale e dal mutamento delle necessità degli utenti. Da centro assistenziale per ciechi, intorno agli anni '20-'30 il Rittmeyer si è trasformato in ente educativo, attivando in seguito anche un laboratorio occupazionale, per dare ai ragazzi con difficoltà plurime una prospettiva per il mantenimento e l'ulteriore sviluppo delle loro abilità. Oggi l'Istituto è entrato in una nuova fase, indirizzandosi prevalentemente su progetti personalizzati, caratterizzati da un approccio multidisciplinare. In particolare, ha sviluppato un efficace percorso a sostegno dell'integrazione scolastica, con l'intervento specialistico a favore dei ragazzi, la presenza nelle scuole, il supporto agli insegnanti di sostegno, la programmazione di attività in parallelo, e a completamento di quelle condotte in aula.

[12] L'intervento principale sul modellino è stato eseguito presso il Laboratorio Restaurarte di Elisabetta Ceccaroni, mentre il restauro delle dispense in Braille e della copertura del modellino è stato realizzato presso il Centro Studi e Restauro di Gorizia, da Adriano Macchitella.

[13] A cura del grafico Marco Fichera, che ha realizzato anche il logo del progetto.

## **Autrice**

*Silvia Giron*

Italia Nostra Onlus - Sezione di Gorizia  
info@italianostra.go.it



# Rilievo e percezione tattile di sculture con le nuove tecnologie

Alberto Sdegno

*Among many investigations that can be carried out on architectural and sculptural works, survey's activity has undergone a significant evolution, especially with the use of new 3D acquisition systems. These tools increase the level of information knowledge on the object and provide as a result both a formalization in terms of planimetric and altimetric reduction of the acquired data, as well as documentation and conservation. Furthermore, the discretization of the sampled data defines digital models that can be structured by information levels.*

*The contribution examines some different instrumental surveys whose purposes go beyond the mere planimetric-altimetric or stereometric reconstruction, oriented to the physical realization of the artifacts, considering the possibility of a reduction in scale.*





Tra le operazioni di indagine su di un'opera architettonica o scultorea, il rilevamento è quella che nel tempo ha compiuto un'evoluzione significativa, trasformando operazioni di riduzione dimensionale – quali ad esempio la traduzione della stereometria della forma in rappresentazioni esclusivamente planari della geometria – in formalizzazioni che registrano la tridimensionalità dell'opera che si va ad analizzare. L'uso sempre più cospicuo delle attrezzature per il rilievo 3D è infatti un esempio evidente di tale mutazione. Spesso però all'astrazione formale delle operazioni svolte nella fase di rilevamento tradizionale – con la restituzione di disegni in proiezione ortogonale – ha fatto seguito una altrettanto astratta resa finale del modello tridimensionale – grazie appunto ai nuovi strumenti di acquisizione 3D, siano essi gli scanner laser o il campionamento per fotomodellazione digitale – che, sebbene consentano un maggiore e più preciso livello di conoscenza informativa sull'oggetto, prevedono come esito finale una formalizzazione simile in termini di riduzione planimetrica e altimetrica del dato acquisito. Sebbene i risultati siano notevolmente diversi in termini di precisione numerica del dato sensibile, la presentazione finale descrive un doppio



Fig. 1. La scansione della mensola a testa di leone (a-b) e della colonna tortile (c-d) di Palazzo Fortuny.

registro informativo: da un lato i disegni di pianta, prospetto e sezione dell'oggetto indagato e dall'altra la conservazione dell'opera nella forma digitale, a valle del processo di acquisizione. Un'ulteriore fase di lavorazione può prevedere la discretizzazione del dato campionato, così da ottenere un modello digitale che, pur rispettando le informazioni dedotte dal campionamento 3D, possa prevedere la trasformazione della nuvola di punti in un modello poligonale strutturato per livelli informativi che tengano conto delle valutazioni di merito, relative alle singole componenti dell'oggetto, da parte del rilevatore.

Le tre esperienze di seguito descritte si riferiscono ad altrettante indagini nel campo del rilevamento strumentale che non hanno come finalità la riduzione in proiezioni e sezioni, orizzontali e verticali, dell'oggetto analizzato, né la restituzione stereometrica esclusivamente digitale dello stesso. Pur essendo collocate a distanza di tempo e ottenute con strumentazioni dissimili, avevano come principale obiettivo la trasformazione fisica di quanto rilevato, con la riproduzione, in forma di clonazione materica, del manufatto da esaminare.

La finalità era quella di comprendere in che modo si potesse ottenere una copia tangibile di un oggetto, tale da costituire un duplicato reale, così da tornare nuovamente – sebbene attraverso una fase di astrazione – alla concretezza di un corpo fisico, pur considerando l'eventualità di una riduzione in scala.

### **Acquisizione, trattamento e restituzione fisica di elementi decorativi**

Il primo rilievo è frutto di una collaborazione tra l'Università Iuav di Venezia, con la direzione di chi scrive, e il Laboratorio UMR 3495 CNRS/MAP di Marsiglia, coordinato da Livio De Luca [1]. La ricerca, svolta anche nella forma di didattica avanzata per un limitato gruppo di studenti, ha previsto attività di scansione 3D applicate a un'interessante architettura veneziana: Palazzo Fortuny, in precedenza abitazione e studio di Mariano Fortuny y Madrazo (1871-1949), eccentrico artista-designer spagnolo, trasferitosi all'età di 18 anni a Venezia con la famiglia. Oltre agli interessi nel campo della pittura e dell'incisione, si occupò di fotografia, scenografia, ma anche di realizzare particolari tessuti, con la moglie Henriette, che donò poi al Comune per costituire quello che ancora oggi è uno dei più singolari musei veneziani.

Essendo un'opera aperta al pubblico, e dovendo essere considerata di fatto come un caso di studio per essere utilizzata anche con finalità didattiche, si è deciso di limitare l'analisi solo ad alcune significative parti del manufatto: la facciata prospiciente Campo San Beneto – tipico pro-

spetto veneziano con ampie polifore trilobate – e alcuni elementi di dettaglio, quali la colonna tortile angolare – collocata nell'intersezione tra il campo suddetto e Calle Pesaro – e la mensola del davanzale in aggetto a forma di testa leonina, sul citato prospetto.

Descriveremo solo la parte relativa all'acquisizione dei dati numerici degli elementi di dettaglio, dal momento che, in entrambi i casi, si è pervenuto poi alla realizzazione dei modelli fisici, che riguardano le tematiche qui affrontate.

L'attività di rilievo è stata effettuata con uno scanner a triangolazione ottica Minolta VI-910, messo a disposizione dall'unità di ricerca di Marsiglia, avente la caratteristica di acquisire informazioni tridimensionali attraverso scansioni e di trasformare il dato finale direttamente in una mesh poligonale, individuando in maniera semiautomatica i punti comuni dei singoli campionamenti.

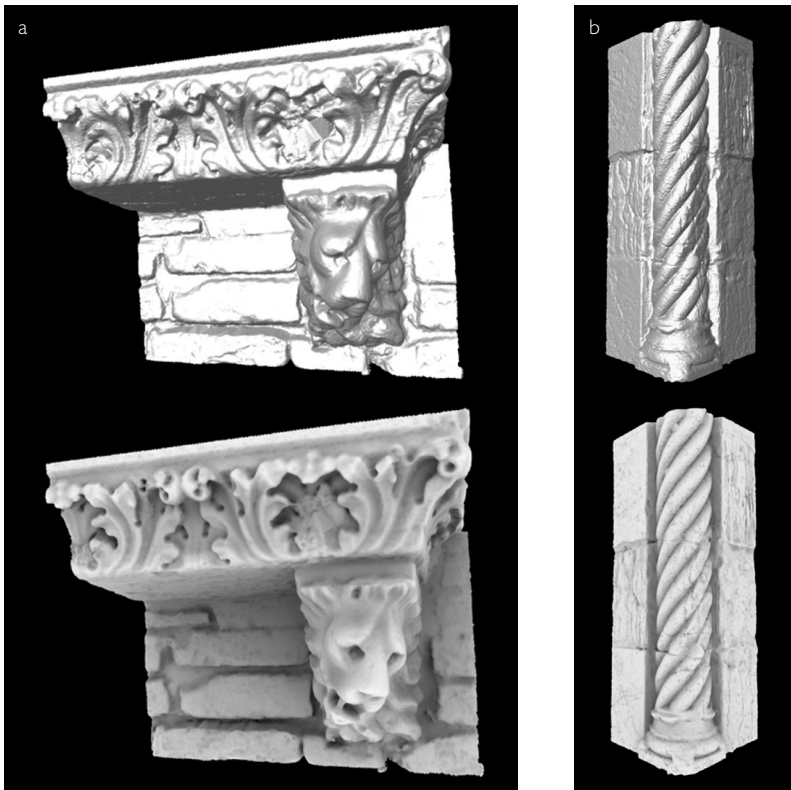


Fig. 2. Il trattamento della testa di leone (a) e della colonna tortile (b).



Fig. 3. Gli oggetti in scala prodotti con stampante a solidificazione di polvere di gesso.

Il range di profondità di scansione variava tra una distanza di 50 e 200 cm dall'oggetto, con una accuratezza di  $\pm 0,008$  mm e un tempo di scansione, nelle condizioni migliori, di 2,5 secondi per 307.000 punti stereometrici acquisiti.

Il primo oggetto scandito è stato la testa di leone, presente sul davanzale in oggetto. Essendo collocato ad un'altezza di circa 3 m dal piano di calpestio, le scansioni sono state fatte dal basso, ruotando lo scanner in modo da ridurre al minimo le zone d'ombra di ripresa e i relativi fori della mesh in assenza di informazioni. Sono state sufficienti poche scansioni, immediatamente interpolate grazie al software proprietario

di acquisizione che chiede l'identificazione di tre aree omologhe presenti nelle singole acquisizioni. A valle di tale definizione l'interpolazione delle singole scansioni avviene in maniera automatica, dal momento che il software intercetta con grande precisione la conformazione della superficie poligonale, andando a sovrapporre le facce omologhe.

Il secondo elemento è stato la colonna tortile, acquisita parzialmente a causa dell'estensione dell'altezza. Si tratta di un oggetto in pietra d'Istria, avente uno sviluppo elicoidale, e risultava molto interessante come caso studio anche per il fatto che, essendo collocato sul piano di calpestio, consentiva una acquisizione completa della geometria. A partire dall'attacco a terra si è deciso di scandire circa 50 cm di sviluppo verticale, utilizzando il medesimo strumento, già descritto precedentemente. Anche in questo caso poche scansioni sono state sufficienti per generare – con la medesima procedura di interpolazione semiautomatica – il modello digitale sotto forma di mesh poligonale.

Dopo la fase di acquisizione, si è passati al trattamento dei dati numerici utilizzando algoritmi di occlusione della geometria, in modo da ottenere un modello continuo, privo di interruzioni. Il modello di superficie è stato poi trasformato in solido in modo da costituire un volume pieno, che potesse essere gestito con la fase di trasformazione fisica.

Il successivo processo ha riguardato la prototipazione rapida dell'oggetto a scale differenti. È stato necessario l'impiego di una stampante 3D a solidificazione di polvere di gesso – la macchina impiegata è stata la ZPrinter 310 Plus, messa a disposizione sempre dal Laboratorio MC/MAP di Marsiglia, avente un dimensione fisica di produzione di 203x254x203 mm. La qualità della resa finale variava tra un'altezza di 0,089 e 0,203 mm.

Il procedimento prevede che la creazione dell'oggetto proceda a partire dall'analisi delle sezioni del modello numerico, solidificando i livelli sovrapposti grazie all'impiego di un collante termico, piuttosto che di un raggio laser – impiegato di solito nella stereolitografia e nella sin-



Fig. 4. La scansione del leone alato sul portale del Castello di Gorizia (a) e della scultura colorata in nicchia (b).

terizzazione selettiva. Tale metodologia consente di avere un pezzo che ha le caratteristiche fisiche della pietra naturale e, nell'eventualità vengano usate cartucce di inchiostro di differenti cromatismi, potrebbe riproporre anche il colore dell'oggetto acquisito. Non essendo tra le finalità della ricerca lo studio dell'aspetto cromatico, si è deciso di ottenere esclusivamente oggetti di colore neutro.

Il test di produzione fisica ha permesso la realizzazione dei due oggetti – testa di leone e colonna – a scale differenti, in modo da verificare la qualità della stampa 3D. In tutti i casi gli esiti sono stati di grande interesse, non soltanto per la resa effettiva della morfologia ma anche, come abbiamo prima accennato, per la consistenza percettiva offerta dal materiale, simile dal punto di vista tattile alla pietra con cui sono realizzati gli originali.

Grazie all'alta qualità del processo di lavorazione è stato possibile registrare anche il degrado del materiale, cosa abbastanza importante se si pensa che il palazzo è stato successivamente oggetto di restauro conservativo, con la conseguente perdita di tali contenuti informativi.

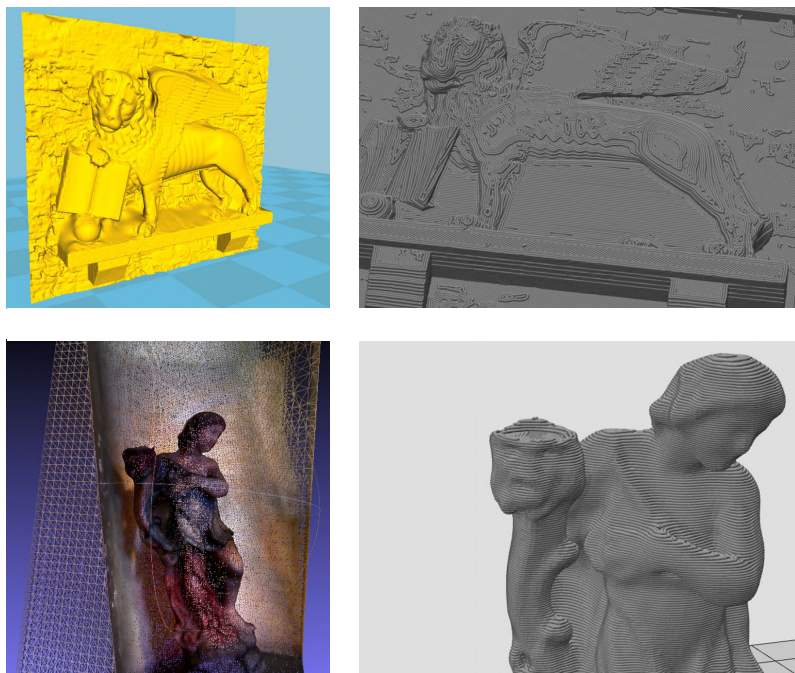


Fig. 5. Analisi degli elementi con software di trattamento dati.

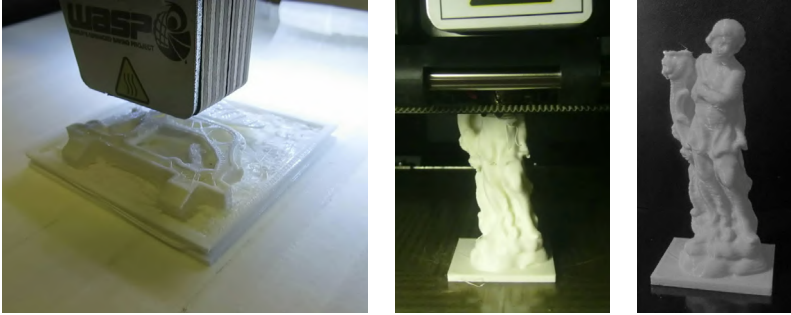


Fig. 6. Gli oggetti in scala prodotti con stampante FDM a fusione di filamento in PLA.

### Scansione 3D e campionamento fotografico per la stampa 3D

La seconda esperienza si basa su di un'attività didattica svolta come workshop conclusivo per gli studenti del Corso di laurea magistrale a ciclo unico in Architettura dell'Università di Trieste [2] sul tema del rilievo del Castello di Gorizia. Anche in questo caso non descriveremo la totalità del lavoro svolto, ma ci concentreremo sulla parte relativa all'acquisizione e trattamento di alcuni elementi, acquisiti con strumentazioni differenti. I due oggetti analizzati sono stati il leone alato presente sopra il portale di ingresso delle mura perimetrali del Castello e una scultura lignea colorata presente in una nicchia interna del Castello. Se nel primo caso si è utilizzato uno scanner laser Faro [3] a tempo di volo, capace di restituire la nuvola di punti, nel secondo caso è stato utilizzato uno scanner manuale a interpolazione di microfotografie [4]. Gli esiti delle due operazioni di scansione sono stati quindi molto diversi: da un lato il leone è stato ottenuto con un insieme di punti stereometrici che, opportunamente trattati con il software proprietario Scene, hanno permesso di pervenire al modello poligonale dell'oggetto. Nel secondo caso la scultura è stata clonata digitalmente direttamente dal software che, in tempo reale, restituiva la superficie poligonale già pronta per la successiva elaborazione.

In entrambi i casi, comunque, si è pervenuti alla materializzazione fisica degli elementi impiegando una stampante 3D a fusione di filamento, a valle di una generazione del percorso utensile avvenuta con il software Cura, che prevede le operazioni di controllo preliminare – quali precisione e velocità di stampa, tipo di materiale, gestione della stratigrafia, ecc. – e la generazione del codice finale da trasmettere alla periferica. Pur essendo di qualità inferiore rispetto alla periferica impiegata precedentemente – visto anche il costo significativamente più basso – è

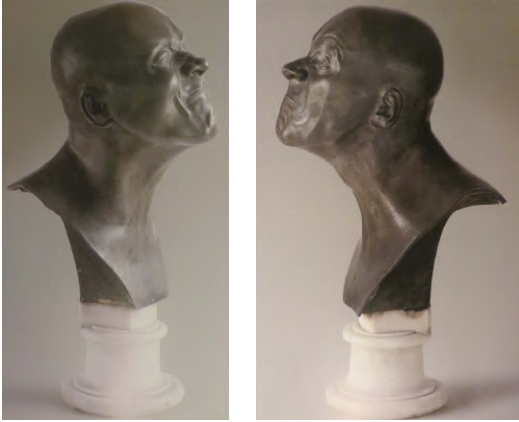


Fig. 7. Le due teste di FX. Messerschmidt presso il Palazzo Coronini Cronberg di Gorizia.

stato possibile produrre degli esiti che hanno comunque confermato una qualità media simile a quanto avvenuto per gli elementi di Palazzo Fortuny, nell'ordine di un decimo di millimetro per ogni livello di materiale prodotto. La differenza più evidente è stata determinata dal materiale impiegato: in questo caso, infatti, è stato utilizzato il polimero dell'acido lattico (PLA), sotto forma di filamento, che viene fuso a circa 200°C. Ha una consistenza materica simile alla plastica, quindi al tatto si presenta come una superficie non fredda e con minor resistenza nel tempo, essendo perfettamente biodegradabile.

### **Prototipazione rapida di elementi scultorei con finalità inclusiva**

La terza attività è stata uno sviluppo della precedente, dal momento che sono state impiegate simili tecniche di acquisizione e di produzione fisica, sebbene con risultati notevolmente differenti.

Oggetto della ricerca sono state due teste scultoree in peltro realizzate da Franz Xaver Messerschmidt, eccentrico scultore vissuto nel XVIII secolo, conservate presso il Museo Coronini Cronberg di Gorizia. La ricerca, avente il titolo di *Gorizia contatto*, è stata coordinata da Italia Nostra, e ha coinvolto alcune strutture che hanno contribuito a vario titolo alla buona riuscita del lavoro [5].

Le due opere oggetto di indagine risultano essere parte di una serie di circa 60 busti aventi caratteristiche morfologiche simili, distribuiti nei più importanti musei – dal Louvre al Metropolitan Museum of Art di New York. Le uniche due sul suolo italiano sono proprio quelle presenti nel museo goriziano. Le caratteristiche di tutte le opere sta nel fatto che presentano espressioni inconsuete del volto umano, in mol-



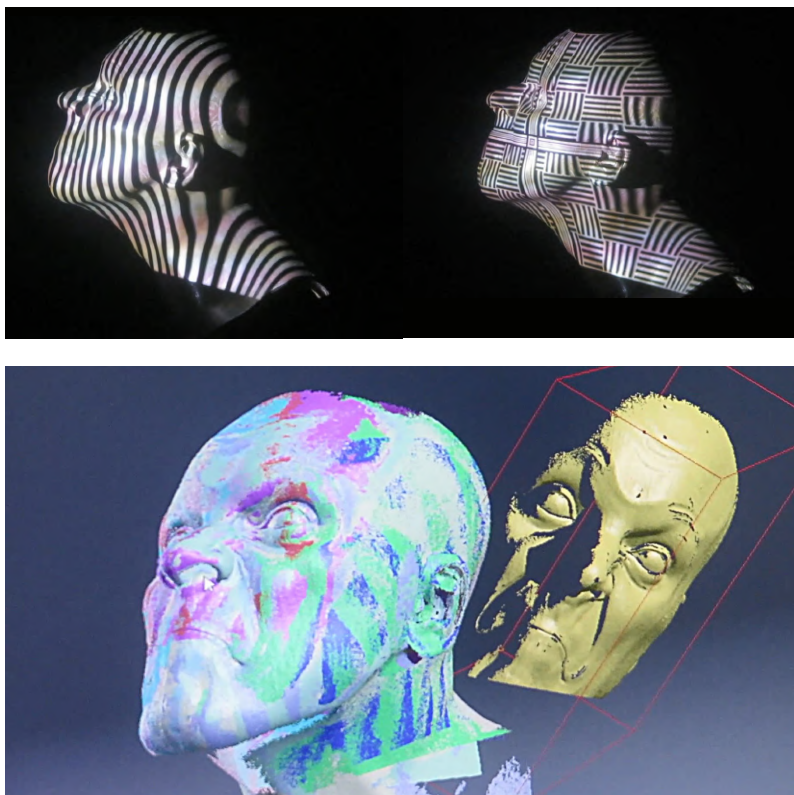


Fig. 8. La scansione dei busti con lo scanner a luce strutturata.

ti casi probabilmente autoritratti dello stesso autore: vere e proprie smorfie, che nel tempo sono state chiamate con il termine *Charakterköpfe*, vale a dire "Teste di carattere". Si va da un volto di uomo in atto di sbadigliare, a uno che sta ridendo, a uno nell'atto di starnutire e così via. Dettate, probabilmente, da alterazioni mentali dello scultore che, pur essendo di straordinaria destrezza, decise di modificare il soggetto delle sue attenzioni per rivolgersi – dalla riproduzione di busti di ricchi e nobili figure – a tale stravagante tipologia di contenuti.

A causa dell'alto valore di tali sculture sul mercato internazionale dell'arte, la direzione del museo ha deciso di sistemare in teca protetta le due opere, una intitolata proprio *Lo starnuto*, e l'altra *L'uomo che guarda il sole*, chiedendoci di poter replicare alla stessa scala i due soggetti, in modo da renderli tattilmente fruibili a tutti i visitatori, in particolare anche a ipovedenti e non vedenti.



Fig. 9. La scansione dei busti in peltro con lo scanner a luce strutturata.

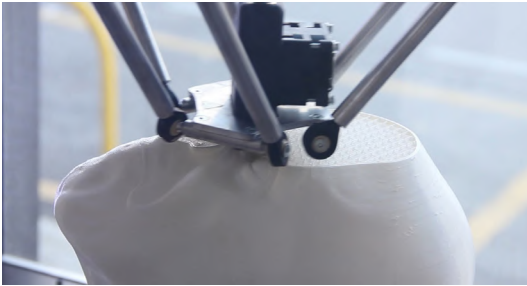


Fig. 10. Fase di stampa 3D con stampante a filamento.

È stata pertanto avviata una campagna di acquisizione che ha visto l'impiego, nella fase iniziale, di più tecnologie: dall'uso dello scanner a microfotografie – impiegato nel caso precedente – al campionamento fotografico per il trattamento successivo con algoritmi di *Structure from Motion*. In entrambi i casi, però, a causa del colore omogeneo del materiale e anche delle sue proprietà – il peltro è una lega a base di stagno, parzialmente riflettente sebbene in forma opaca – i risultati non sono stati soddisfacenti. Si è quindi deciso di lavorare con uno scanner a luce strutturata in ambiente privo di illuminazione. La scansione è stata eseguita con lo scanner David SLS-2 a luce strutturata, che prevede la proiezione di una maglia regolare sulla superficie dell'oggetto e la conseguente ripresa con una telecamera che registra la deformazione del reticolo sulla stessa. Nel caso specifico sono sta-

te proiettate sul modello 27 tessiture differenti sui tre canali RGB, in modo da consentire l'allineamento delle 60 scansioni eseguite per ciascuna testa.

La fase di post-acquisizione ha previsto il trattamento con software proprietario in modo da costruire il procedimento inverso [6], e generare pertanto la forma tridimensionale relativa. L'operazione ha dato ottimi risultati, potendo registrare tutte le pieghe della pelle e i caratteri dell'espressione facciale, così da restituire il modello digitale nella forma di clonazione numerica.

La fase successiva ha previsto la stampa fisica dei due volti con l'impiego di un sistema di prototipazione rapida simile al precedente, ma di qualità e dimensioni maggiori. In particolare è stata usata la stampante 3D DeltaWASP 4060 [7] a fusione di filamento, con tecnologia *Fused Deposition Modeling (FDM)*, con sezioni progressive di 0,25 mm e reticolo di svuotamento interno, in modo da ridurre i tempi di produzione di ogni singolo pezzo. Ogni testa ha previsto circa un giorno di lavorazione e poco più di un chilogrammo di materiale.



Fig. 11. I busti originali e le copie tattili in esposizione alla Fondazione di Palazzo Coronini Cronberg a Gorizia.

La superficie è stata poi rifinita con tecniche tradizionali di livellamento e ritocco manuale, così da renderla perfettamente liscia. Infine è stata utilizzata una vernice grigia, sopra una base di prime per garantire un migliore fissaggio sulla superficie, tale da rendere la riproduzione visivamente simile all'oggetto originale.

Pur avendo il risultato finale grande somiglianza con ognuna delle due singole opere scultoree, bisogna rilevare che la percezione tattile ha permesso di identificare alcune criticità, soprattutto dettate dalla natura del materiale. La temperatura del PLA – che come abbiamo detto è simile ad una plastica –, infatti, è mediamente più alta di quella che si potrebbe percepire al tocco di una pietra o una lega di metallo (come nel caso delle teste) e quindi risulta difficile pensare all'originale, nonostante i caratteri morfologici rispondano perfettamente alla tridimensionalità dei modelli autentici.

Ciò è emerso subito ponendo le due copie all'esperienza diretta di due tiflogi, che sono intervenuti a un seminario sul tema dell'inclusione tattile di opere d'arte in ambito museale [8].

Entrambe le opere, infatti, sono state sottoposte a verifica da parte del presidente del Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona, prof. Aldo Grassini [9] e della curatrice e responsabile del Museo Tattile di Pittura Antica e Moderna "Anteros" di Bologna, dott.ssa Loretta Secchi.

## Conclusioni

L'impiego delle nuove tecnologie digitali e delle relative applicazioni nel campo della prototipazione rapida si è dimostrato essere un utilissimo strumento di miglioramento della qualità dell'inclusione in ambito museale. Grazie alla clonazione di una scultura e alla riproposizione alla medesima scala della stessa con le tecniche di prototipazione rapida è possibile consentire a qualsiasi visitatore di toccare opere significative della storia dell'arte, finora percepibili soltanto nella forma visiva, a causa del possibile degrado derivato dall'usura e dal deterioramento della superficie se sottoposta all'esperienza tattile da parte di migliaia/milioni di visitatori, come avviene nei più importanti musei.

In questo modo sarà possibile, in futuro, vedere l'originale di opere come la *Pietà* di Michelangelo, le *Tre grazie* di Canova, o i *Bronzi di Riace* e toccarne le forme scultoree perfettamente rispondenti al reale, grazie alla riproduzione fisica con gli strumenti della scansione 3D e della clonazione fisica tridimensionale.

## Note

[1] L'attività didattica ha riguardato il Corso FSE professionalizzante per Tecnico rilevatore attivato all'Università Iuav di Venezia nell'anno 2006/2007, docenti del corso prof. Alberto Sdegno e Livio De Luca. Un ulteriore approfondimento della ricerca è stato condotto nell'ambito del Laboratorio di laurea da Pietro Clemente, con la tesi *Nuovi strumenti per il rilievo e la rappresentazione dell'architettura in un contesto storico: applicazioni al Palazzo Fortuny di Venezia*, relatore prof. Alberto Sdegno; correlatori prof. Agostino De Rosa, Livio De Luca, Università Iuav di Venezia, Facoltà di Architettura, Corso di laurea in Architettura, a.a. 2006/2007.

[2] Docente del corso prof. Giuseppe Amoruso, coordinamento generale prof. Alberto Sdegno, a.a. 2015/2016.

[3] Il modello impiegato è stato il Faro Focus 150, in grado di acquisire a una distanza variabile tra 0,60 e 150 m, con un errore di misurazione di circa un millimetro e una velocità che può arrivare a 976.000 punti al secondo.

[4] È stato utilizzato uno scanner 3D System Sense, le cui dimensioni delle immagini in fase di campionamento sono 240x360 pixel.

[5] La ricerca *Gorizia contatto* è stata promossa dalla dott.ssa Maddalena Malni Pascoletti, presidente della sezione goriziana di Italia Nostra, con il contributo della Fondazione Cassa di Risparmio di Gorizia e del Comune di Gorizia.

[6] In questi casi si usa il termine di *Reverse Modeling*.

[7] L'attrezzatura per il rilievo e la stampa è stato fornito dalla ditta Loudlab. Si ringrazia Ruben Camponogara per l'assistenza tecnica.

[8] Si tratta del *Seminario sull'accessibilità ai luoghi della cultura da parte delle persone con disabilità visiva*, tenutosi nei giorni 6-7 febbraio 2017 a Gorizia, organizzato da Italia Nostra.

[9] Il prof. Grassini è il fondatore e attuale presidente del Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona, tifologo e non vedente dall'età di sei anni.

## Autore

Alberto Sdegno

Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste\*  
sdegno@units.it

\* Ora Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine, alberto.sdegno@uniud.it

# Rilievo dei beni culturali e rappresentazione inclusiva per l'accessibilità museale

Attività laboratoriale alla PHD Summer School



## Note sull'attività laboratoriale

Alberto Sdegno

Come abbiamo già accennato nell'introduzione, a valle della *Open Conference* si è tenuta l'attività laboratoriale da parte dei dottorandi dell'area del Disegno che hanno partecipato all'iniziativa. Il lavoro è stato condotto sia presso il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia, sia presso il Laboratorio Advanced Modeling 3D LAB del Polo Universitario di Gorizia, dove sono presenti sia sistemi hardware e software di elaborazione dei dati acquisiti, sia stampanti 3D a fusione di filamento. L'attività pratica dei 12 dottorandi coinvolti, provenienti da sette differenti università italiane, era finalizzata allo studio di un'opera specifica presente tra i contenuti scultorei del museo, così da sottoporla a rilievo 3D – con la tecnologia ritenuta più opportuna – e successivamente al trattamento dati e alla traduzione in formato fisico grazie all'impiego della prototipazione rapida, tenendo anche conto dei caratteri specifici che potevano essere richiesti da una fruizione da parte di persone disabili dal punto di vista visivo.

Anche in questo caso alcune lezioni di carattere operativo, tenute da Giuseppe Amoruso, Pedro Manuel Cabezas Bernal e da chi scrive (docenti effettivi della *Summer School*) hanno consentito di ottimizzare le procedure e migliorare il lavoro da portare avanti (fig. 1).

È da sottolineare che in realtà molti dei partecipanti hanno deciso di lavorare su di un numero maggiore di casi studio, sia per affrontare differenti problematiche – legate magari alle diverse dimensioni degli oggetti o alle loro posizioni all'interno delle sale che consigliavano una pluralità di approcci legati alla strumentazione impiegata – sia perché spinti dalla necessità di analizzare altri aspetti specifici della procedura. Le metodologie impiegate per il rilevamento sono state molteplici: dall'acquisizione 3D con scanner a luce strutturata (fig. 2), che prevede una proiezione di reticoli geometrici sulla superficie dell'oggetto, la cui matrice deformata viene riconosciuta dall'algoritmo che restituirà la





morfologia reale in formato digitale, all'impiego di uno scanner manuale a luce pulsata, con il campionamento di microfotografie dell'oggetto, la cui sovrapposizione permette di restituire i punti omologhi del soggetto ripreso, fino all'utilizzo di macchine fotografiche per la registrazione di fotografie ad alta definizione (fig. 3), sempre tenendo in considerazione logiche di sovrapposizione in funzione di procedure di *Image Based Modeling*.

In dettaglio Antonio Camassa ha analizzato il caso studio dell'*Urna cineraria a forma di cesta di vimini con una pigna sul coperchio*, scolpita in pietra calcarea, della quale è stata analizzata anche la possibile genesi geometrica della forma; Paola Cochelli ha studiato la testa del dio *Borea* in bronzo, presente sotto forma di bassorilievo, che è stata acquisita con sistemi fotogrammetrici *SfM* e riprodotta in scala 1:2 rispetto all'originale; il lavoro di Sara Eliche è stato finalizzato allo studio del *Clipeo con rappresentazione di Marte*, anche in questo caso sotto forma di scultura a rilievo, soffermandosi sugli aspetti procedurali legati all'operazione di rilevamento e riproduzione; Francesca Guadagnoli ha indagato il *Sulcus primigenius* e l'*Edicola con ritratto di defunto*, il primo riproducente un bassorilievo relativo al tracciamento del solco primigenio in occasione della fondazione di una nuova città e il secondo un busto all'interno di un'edicola, che quindi richiede un approccio differente in termini di rilievo 3D; l'attività di Andrea Improta è stata rivolta



Fig. 1. Seminari didattici tenuti all'interno degli spazi di lavoro del museo.



Fig. 2. Attività di acquisizione 3D con scanner a luce strutturata.

allo studio del busto dell'*Opera maschile con cingulum* del quale è stata individuata la composizione delle mesh tramite la fotomodellazione, per poi riproporre la morfologia con i sistemi di prototipazione rapida; il *Medaglione della dea Roma* è stato l'oggetto del lavoro di Gianluca Manna, un altorilievo che mostra un busto femminile inquadrato in una cornice circolare, parzialmente lacerato da un lato, anch'esso elaborato con i sistemi basati sull'impiego di apparecchi fotografici e software di trattamento dati; Sofia Menconero ha lavorato su di una pluralità di casi studio – un *Torso maschile con cingulum* e una serie di 5 volti marmorei – affrontando anche il tema dell'illuminazione in sede di campionamento fotografico, e alle modifiche che questa comporta in merito alla qualità dell'acquisizione; i due modelli trattati da Sandra Mikolajewska sono stati il *Clipeo con il busto di Giove* e un vaso funerario, utilizzando differenti metodologie a causa della diversità dei due soggetti scultorei, il primo nella forma dell'altorilievo a parete e il secondo come oggetto a sé stante di forma tondeggiante; Carla Mottola ha studiato il *Plinto di Giove Annone*, cercando di comprendere la particolare geometria utilizzando gli strumenti tradizionali del disegno, per poi proseguire con l'indagine fotogrammetrica, dando indicazioni precise sugli aspetti procedurali dell'attività; anche Margherita Pulcrano, come già altri prima di lei, si è soffermata a indagare due differenti tipologie di opere sculto-



Fig. 3. Campionamento fotografico per l'attività di fotogrammetria SfM.

ree, la grande *Urna con banchetto* e il bassorilievo marmoreo riprodotto la *Sacra processione*, aventi due forme diverse, cilindrica la prima – rotante su se stessa, in modo da poter essere vista integralmente dal visitatore, ed essere sottoposta a scansione in maniera più agevole – e rettangolare la seconda; l'oggetto studiato da Veronica Riavis è stato la *Metopa con nave oneraria*, la cui analisi ha riguardato tutti gli aspetti della rappresentazione, dal disegno tradizionale in forma di schizzo, all'acquisizione tramite fotogrammi singoli poi sottoposti a trattamento, per terminare con la replica tattile in filamento PLA; infine Pablo Angel Ruffino ha indagato il *Rilievo con bucrani*, un bassorilievo marmoreo del quale è stata fornita una descrizione accurata sia dei processi impiegati sia dei dati finali ricavati.

Un ampio repertorio di opere, quindi, è stato trattato nel breve volgersi di pochi giorni, dai dottorandi coinvolti, alcuni di essi alla loro prima concreta sperimentazione pratica in questo ambito specifico.

A questa attività bisogna aggiungere altre operazioni condotte su alcune opere – in particolare sulla grande statua di *Augusto* che campeggia in posizione centrale nella sala principale del museo (fig. 4) a titolo di sperimentazione. Le difficoltà riscontrate nell'indagine su quest'opera, in particolare, sono state dettate dalla impossibilità di spostarla dalla sua collocazione e dalla sua posizione di vicinanza con la parete della sala espositiva, condizioni che rendono più difficoltosa l'acquisizione della tunica posteriore. L'integrazione dei dati della scansione 3D con quelli provenienti dalla fotomodellazione ha quindi reso possibile determinare il modello digitale della stessa, che ha conservato un alto livello di qualità morfologica, perfezionato successivamente con algoritmi specifici di trattamento e *smoothing*.

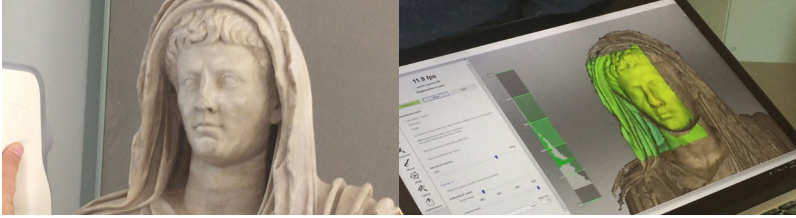


Fig. 4. Scansione 3D della statua di Augusto.

In definitiva, l'approccio intensivo si è dimostrato di grande utilità per riuscire a far convergere i dottorandi su alcune finalità pratiche che, in condizioni normali, forse avrebbero richiesto qualche settimana di lavoro. La compresenza di docenti e tecnici all'attività ha fornito quel giusto equilibrio tra teoria e prassi che è condizione indispensabile per condurre al meglio qualsiasi attività di ricerca scientifica.

#### **Autore**

*Alberto Sdegno*

Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste\*  
sdegno@units.it

\* Ora Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine, alberto.sdegno@uniud.it



# Dal rilievo fotogrammetrico, al modello teorico, alla stampa 3D

Il caso di una pigna scolpita tra il I e il II secolo d.C.

Antonio Camassa

*As part of the experiences proposed during the UID Summer School held in Gorizia in September 2018 I have analyzed a Cinerary urn in the shape of a wicker basket with a pine cone on the lid, dated between the 1st and the 2nd century AD, preserved in the National Archaeological Museum of Aquileia. The scales that characterize the pine cone in nature, called "bràttee", have been synthesized by the sculptor in pyramidal elements, whose size decreases in a proportional way to the height. Thanks to a photogrammetric survey and 3D modeling, some hypothesis has been made about the geometry of the decorative elements. Subsequently, to better understand both the formal synthesis operated on every single bràttea, both the development of the same elements in the space, a theoretical model has been elaborated. Finally, a 3D printed model allows the comparison between the detected and modeled shapes.*



Fig. 1. Urna cineraria a forma di cesta di vimini con una pigna sul coperchio. Particolare della pigna sul coperchio.



Nell'ambito delle esperienze proposte durante la *Summer School UID* tenutasi a Gorizia dal 24 al 28 settembre 2018 ho avuto l'occasione di rilevare una *Urna cineraria a forma di cesta di vimini con una pigna sul coperchio* datata tra il I e il II secolo d.C, conservata nel Museo Archeologico Nazionale di Aquileia.

Il reperto, rinvenuto in una necropoli a sud-ovest della città, è interamente scolpito da un blocco calcareo, decorato con semplici motivi naturalistici, molto efficaci nella resa plastica. La base cilindrica, istoriata dai ricorsi di vimini, riporta l'iscrizione dedicatoria "Amianto di 5 anni" e misura 25 cm di diametro, per un'altezza di 20 cm. Il coperchio presenta delle modanature con motivi fitomorfi che restringono il diametro della base fino ad arrivare a poco più di 15 cm. Sulla sommità (fig. 1) del coperchio un cordone circolare sottolinea la presenza di una pigna di circa 10 cm di diametro.

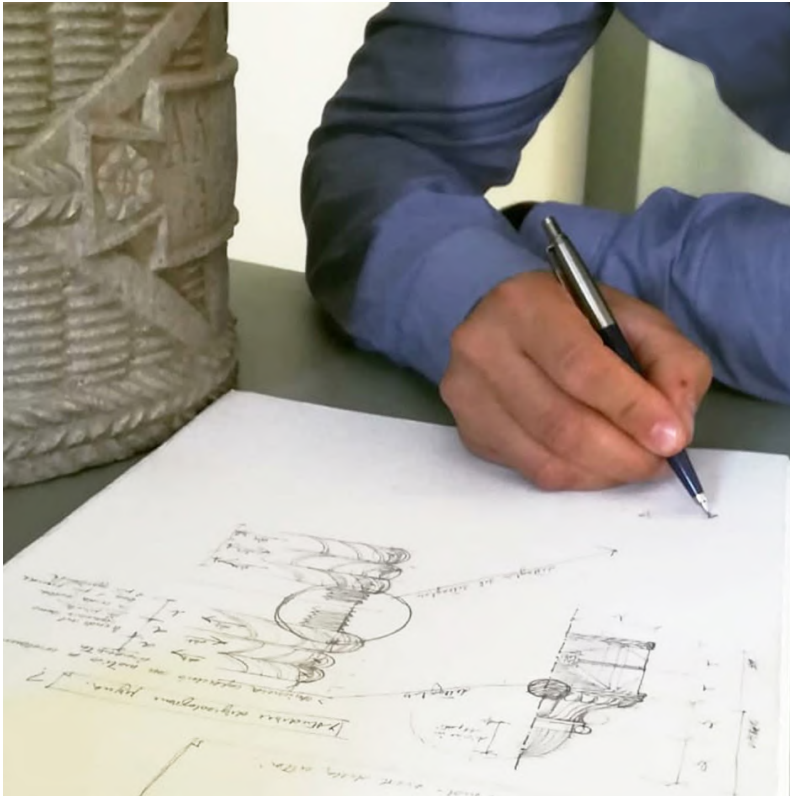


Fig. 2. Una fase del rilievo diretto.

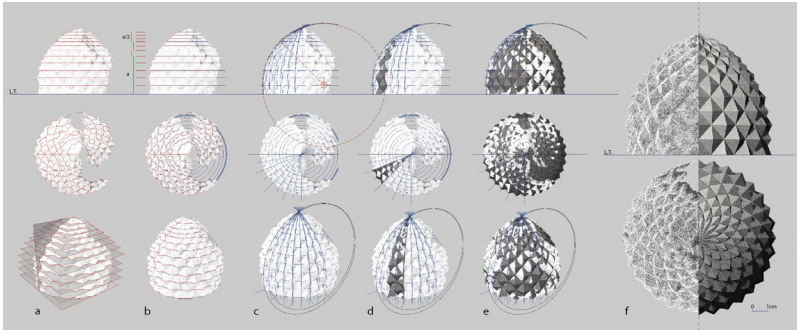


Fig. 3. Descrizione grafica delle fasi di elaborazione finalizzate alla modellazione tridimensionale del modello teorico della pigna.

Una prima analisi relativa alle forme geometriche del manufatto e del suo apparato decorativo è stata eseguita mediante un rilevamento diretto (fig. 2).

L'urna, per lo più in buone condizioni di conservazione, presenta delle mancanze di materiale scultoreo in corrispondenza della base del coperchio. La particolare foggia della pigna posta sulla parte sommitale di quest'ultimo – elemento naturale, peraltro, dal forte significato simbolico che proprio per l'involuppo spiraliforme rimanda ai concetti di eternità, immortalità ma anche fertilità e rinascita – ha dato avvio ad alcune riflessioni sulle geometrie che possano averne guidato la composizione. Le squame che caratterizzano la pigna in natura, dette brättee, sono qui sintetizzate dallo scultore in elementi piramidali, la cui grandezza digrada in maniera apparentemente proporzionale all'altezza.

Grazie alla esecuzione di un rilevamento fotogrammetrico e alla successiva modellazione tridimensionale è stata avanzata una ipotesi sulla intelaiatura geometrica da cui l'artista potrebbe essere partito per realizzare la sua opera. A tale scopo è stato restituito un modello teorico, proprio a partire dall'oggetto rilevato, per comprendere meglio sia la sintesi formale operata su ogni singola brättea, sia lo sviluppo delle stesse squame nello spazio.

Il reperto preso in esame è esposto in prossimità di altre urne cinerarie, costituendo un gruppo omogeneo di reperti dalle diverse dimensioni. L'eccessiva vicinanza tra le opere non ha consentito di eseguire riprese a tutto tondo e le condizioni di illuminazione non hanno permesso delle acquisizioni complete in quanto le urne vicine producevano ombre portate troppo nette per una ripresa adeguata [1].

Le fotografie, finalizzate all'elaborazione, sono state scattate con una fotocamera Canon EOS 600D, con ottica fissa da 18 mm, con esposi-



zione e tempi adeguati alle condizioni ambientali. I file sono stati salvati in formato nativo Canon Camera Raw (CR2) per consentire maggiore libertà nella post produzione delle immagini. Le stesse foto, adeguatamente trattate nel bilanciamento del bianco, sono state elaborate attraverso il programma per la restituzione fotogrammetrica Agisoft Photoscan. Per evitare che nel calcolo fossero incluse anche le urne poste nelle vicinanze, si è deciso di applicare alle fotografie di input delle maschere che hanno reso più breve il tempo di elaborazione e ridotto il “rumore”. Il programma ha restituito una *sparse cloud* che, attraverso ulteriori passaggi, è stata densificata, fino all'ottenimento di una mesh che ha restituito un buon livello di dettaglio.

Il modello mesh è stato ulteriormente processato utilizzando il software Rhinoceros per isolare la pigna rispetto all'urna. Data l'incompletezza, come descritto in precedenza, dei dati fotografici di input, il modello ha presentato delle evidenti lacune. Tuttavia i dati acquisiti sono risultati sufficienti per la realizzazione del modello teorico, di seguito descritto. Per l'ottenimento del modello teorico sono state dapprima operate le sezioni orizzontali della pigna: selezionando i punti della *dense cloud* precedentemente ottenuta e imponendo il passaggio per i vertici delle piramidi che rappresentano le bràttee è stato possibile individuare le curve bidimensionali appartenenti a ogni piano di sezione [2] che meglio approssimassero le sezioni orizzontali dell'oggetto passanti per i punti prescelti.

Come appare evidente dalle immagini (figg. 3a-b), la distanza tra i piani ottenuti non segue una legge di digradazione lineare delle quote. Infatti i piani individuati, da una prima analisi proporzionale, appaiono distanziati da misure modulari, che permettono una digradazione scandita per gruppi della stessa altezza.

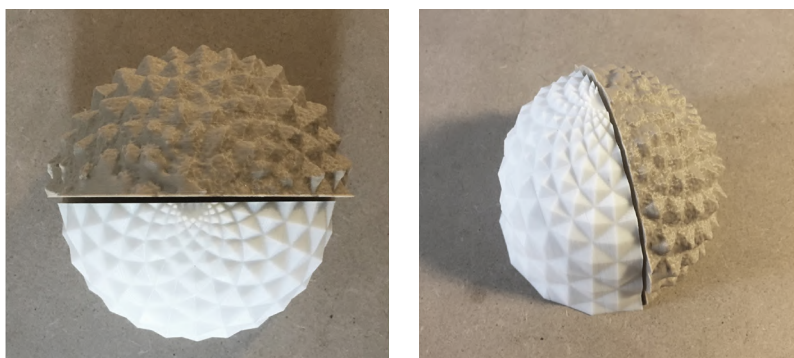


Fig. 4. Il modello rilevato e il modello teorico ottenuto attraverso la stampa additiva.

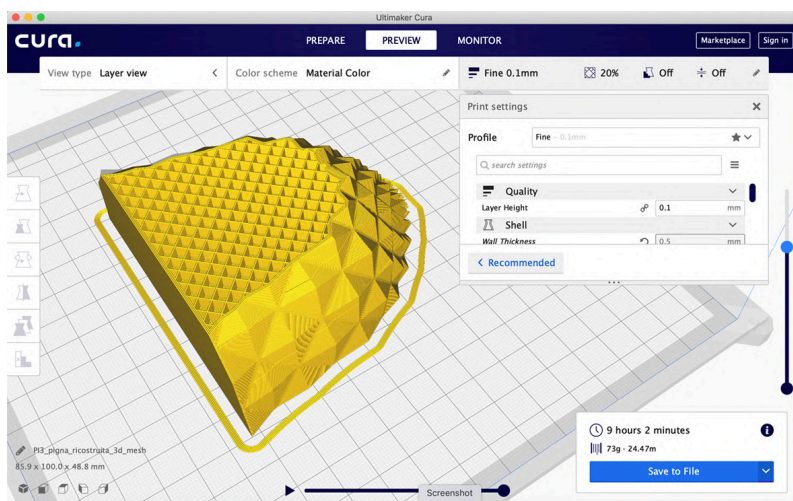


Fig. 5. Le fasi di impostazione dei parametri di stampa gestita dal programma Cura.

Allo stesso modo, usando un piano verticale, è stata individuata la sezione trasversale della pigna.

Altre importanti considerazioni sono state dedotte relativamente alla disposizione spaziale degli spigoli delle piramidi a base romboidale, che costituiscono il modulo della composizione. Si è notato, infatti, che gli stessi elementi romboidali di base sono disposti con gli assi messi in verticale e orizzontale. Questa conformazione, semplificata rispetto alla configurazione spaziale naturale delle pigne di tutte le specie [3], rende evidente la sintesi formale che l'artista ha dovuto applicare alle complesse forme naturali per la scultura dell'opera.

Lo studio di queste semplificazioni fornisce preziose informazioni sull'esecuzione di questa scultura, che, attraverso ulteriori analisi, sarebbe possibile confrontare con le conoscenze tecnico-geometriche dell'epoca.

Isolando i punti dei vertici e degli spigoli delle piramidi poste lungo la sezione verticale, come dimostrato nella figura 3c, si è potuto ricondurre l'andamento dei punti sul piano verticale a porzioni di circonferenza. Ciò ha permesso di ricostruire nello spazio le facce di ogni piramide che, una volta modellate, sono state sovrapposte al modello mesh, per ulteriori confronti con il rilievo alla base del modello.

Dal confronto tra il modello rilevato e il modello teorico si evincono alcune sostanziali differenze inerenti alla parte sommitale della pigna.

Il modello teorico, infatti, restituisce una geometria che lo scultore non avrebbe probabilmente potuto modellare, per via del dettaglio eccessivo che avrebbe dovuto raggiungere. I piani di chiusura sommitale, infatti, hanno una definizione dell'ordine del millimetro, che sarebbe stato difficile ottenere sia per l'eccessiva precisione richiesta, sia per il comportamento fisico del materiale calcareo.

Con un certo margine di plausibilità, proprio in considerazione del confronto tra i due modelli, si può affermare che lo scultore possa aver usato delle dime (che ricalcherebbero le polilinee ottenute dalle sezioni orizzontali del rilievo) per controllare la conformazione via via digradante delle bráttee nello spazio, ottenendo l'andamento spiraleforme non attraverso l'applicazione e il controllo delle curve nello spazio, ma dall'applicazione di un *pattern* di piramidi a base romboidale di grandezza via via digradante secondo una legge non lineare. L'artista potrebbe aver utilizzato solo in parte le conoscenze dell'epoca sull'uso della spirale, deducendo una geometria affine, sintetica, che nella resa potesse restituire lo stesso effetto dell'avvolgimento spiraleforme apprezzabile in natura.

Allo scopo di permettere una lettura immediata e facilmente fruibile del confronto tra il modello rilevato e il modello teorico si è ritenuto opportuno produrre una ricostruzione tridimensionale attraverso la stampa 3D della pigna in scala 1:2.

Il modello proposto è stato concepito giustapponendo una metà della pigna rilevata, stampata in un colore che ricordasse il colore originale del calcare, e la metà ottenuta dal modello teorico, stampata in bianco, colore che ha messo maggiormente in evidenza le linee dello sviluppo geometrico (fig. 4).

La stampante utilizzata è una Prusa i3 Pro B; il filamento in PLA è stato stampato alle temperature indicate dal produttore (temperatura ugello 215°C, temperatura piano 60°C). Al fine di ottenere una finitura superficiale realistica del modello, importante per la resa non solo estetica ma anche tattile dello stesso, si è scelto di stampare il modello con risoluzione alta (0,1 mm), scelta che ha comportato l'incremento del tempo di stampa a circa 9 ore (fig. 5).

Questa esperienza, oltre a fornire gli strumenti tecnici utili alla gestione delle varie fasi del rilievo, ha permesso di comprendere meglio quanto alla rappresentazione tattile si possa aggiungere un ulteriore grado di comunicazione e comprensione dell'opera, suggerendo sviluppi futuri per una nuova esperienza inclusiva e didattica.

## Note

[1] Le fotografie scattate per la restituzione fotogrammetrica, secondo le norme consuete, non hanno riguardato la parte retrostante dell'urna, posta in ombra e poco raggiungibile dalla fotocamera.

[2] Attraverso operazioni di *best fitting* e proiezioni sui piani è stato possibile ottenere in una prima fase una polilinea passante per i punti selezionati nello spazio, in una fase successiva è stata proiettata la polilinea su un piano generato dal *best fitting* degli stessi punti selezionati in precedenza.

[3] Per un approfondimento sulla fillotassi, branca della botanica preposta allo studio e alla determinazione dell'ordine con cui le varie entità botaniche vengono distribuite nello spazio, si veda, tra gli altri: Livio, M. (2003). *La sezione aurea. Storia di un numero e di un mistero che dura da tremila anni*. Milano: Rizzoli.

## Autore

Antonio Camassa

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre  
antonio.camassa@uniroma3.it



# Dall'acquisizione digitale alla stampa 3D per la comprensione tattile

*L'applique con testa di vento*

Paola Cochelli

*This contribution deals with the digital acquisition and treatment process aimed at the tactile reproduction of the Applique con testa di vento preserved at the National Archaeological Museum of Aquileia in order to make the copy to be accessible to a wider audience of users.*



Fig. 1. *Applique con testa di vento.*



Fig. 2. Campagna di rilievo fotografico.

Durante la seconda giornata della *Summer School* si sono svolte le sessioni di rilievo all'interno del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia; tra i diversi reperti oggetto di indagine in questa sede analizziamo il bassorilievo collocato nella seconda stanza al piano terra del museo. L'oggetto in questione porta come titolo *Applique con testa di vento*, indicato presumibilmente nell'archivio del museo come la testa del dio mitologico Borea, personificazione del vento del Nord. Si tratta di una effigie di un volto umano datato tra la fine del I secolo a.C. e l'inizio del I secolo d.C., ottenuto da un'unica fusione di bronzo con la tecnica della cera persa, integrata da rifiniture con cesello e bulino. Il reperto fu ritrovato nel 1988 durante lo scavo di un pozzo nel lato orientale del foro della città romana. Una nota del museo spiega con estrema cura le fattezze dell'*applique*: "La grande eleganza del pezzo, caratterizzato da dettagli estremamente curati e da un sapiente gioco di alternanza tra parti perfettamente levigate e altre caratterizzate da ricci scomposti, permette di ricondurlo alla tradizione ellenistica" [1] (fig. 1).

### Campagna di rilievo

Essendo l'opera collocata, per motivi di sicurezza, all'interno di una teca protettiva in vetro, si è deciso di acquisirla con l'impiego delle tecniche avanzate di *Image Based Modeling*, vale a dire l'utilizzo di modellazione basata sul campionamento di immagini fotografiche, poiché gli scanner

disponibili – di due diversi tipi a luce strutturata – avrebbero avuto problemi di riflessione della superficie vetrata della teca.

Si è, pertanto, pianificata l'attività iniziale, con riprese fotografiche predisposte in modo da minimizzare i riflessi, ovvero posizionando l'obiettivo a contatto con il vetro della teca.

Quindi si è proceduto alla realizzazione di tre serie di fotografie ad assi paralleli: la prima frontalmente al reperto, la seconda con ripresa laterale e l'ultima dall'alto (fig. 2).

Per la campagna di rilievo si è utilizzata una macchina fotografica reflex digitale Canon EOS 600D con ottica Tamron AF 18-270 mm. Le immagini sono state registrate in formato .raw con una dimensione di 5184x3456 px. Sono stati scattati in tutto 99 fotogrammi, utilizzando la macchina fotografica montata su cavalletto, e impostando la modalità manuale, con valore costante di lunghezza focale pari a 18 mm, apertura del diaframma pari a f/8 (valore che permette di avere una adeguata profondità di campo vista la complessità del soggetto), e con un tempo di esposizione di 1,3 secondi dettato dalla scarsità di illuminazione all'interno dell'ambiente e dall'impossibilità di utilizzare luci artificiali che avrebbero determinato riflessi sulla teca. Infine si è deciso di utilizzare la funzione automatica di registrazione (autoscatto), a causa del tempo di esposizione impiegato.

Al termine della campagna di rilievo è stato scattato un fotogramma utilizzando gli stessi parametri delle altre fotografie, riprendendo un foglio bianco collocato sulla teca in modo da poter eseguire il bilanciamento dei bianchi in fase di elaborazione (fig. 3).



Fig. 3. Fotografie per l'elaborazione tridimensionale e bilanciamento dei bianchi.



## Trattamento immagini

Nei giorni successivi alla giornata di acquisizione all'interno del Museo Archeologico di Aquileia si è passati alle fasi di trattamento stereometrico e prototipazione.

Per prima cosa, vista la difficoltà di fare fotografie dal colore omogeneo, data l'impossibilità di illuminare l'oggetto con luce diffusa, come abbiamo detto sopra, si è provveduto ad associare il bianco campionato in sede di rilievo con quello presente nelle immagini del soggetto. Dopo questa prima elaborazione sono stati trasformati i file dal formato .raw in un formato utilizzabile dal software impiegato per la fotomodellazione (Agisoft PhotoScan).

Nel corso della elaborazione si è deciso di utilizzare, in prima istanza, solamente le fotografie frontali – in tutto 75 pose – per l'allineamento delle stesse e la creazione della nuvola diffusa. È stato sufficiente, per una prima verifica del lavoro, impostare una elaborazione in media qualità, che ha comportato una interpolazione delle immagini di circa due minuti, producendo una nuvola di 28.266 punti.

Dopo questa prima fase si è passati alla seconda lavorazione, per la creazione della nuvola densa. Per questa elaborazione è stata impostata una ricerca dei punti omologhi in alta qualità e con una profondità di filtraggio (*depth filtering*) molto elevata (come indicato dal software, modalità *aggressive*); il risultato ottenuto dopo circa due ore di calcolo ha presentato una nuvola composta da 12.212.111 punti. Già dopo questa fase di lavoro abbiamo ottenuto un oggetto ben definito e delineato in tutta la sua complessità tanto da non richiedere l'utilizzo delle immagini scattate da altre angolature (dall'alto e di lato).

L'ultimo trattamento eseguito via software è la creazione della mesh e la sua texturizzazione. Si è, pertanto, avviata questa elaborazione a un'alta qualità, a partire dalla nostra nuvola densa. La fase di calcolo relativa ha comportato una elaborazione più rapida rispetto alla precedente, che ha permesso di ottenere una superficie composta da 814.132 facce e 408.466 vertici. Il modello tridimensionale così ottenuto dalle fotografie scattate durante la campagna di rilievo comprende anche il pannello su cui è montata la maschera (fig. 4).

## Modellazione e prototipazione

Essendo la *Summer School* dedicata ai temi dell'inclusione per ipovedenti e non vedenti, tra gli obiettivi vi era anche la prototipazione fisica per consentire la percezione tattile dell'oggetto da parte di tali persone. Un'ultima fase prima della produzione finale ha previsto l'otti-

mizzazione del modello, eliminando tutti i poligoni che formavano la geometria del pannello sul quale è collocata l'*applique*; a seguire sono state eliminate anche tutte quelle facce che andavano a chiudere l'occhio, che risulta aperto nel reperto originale.

Con una serie di conversioni, si è poi ottenuto il file già pronto per l'impostazione del processo di prototipazione rapida. Tra i parametri di stampa, abbiamo riservato particolare attenzione al valore relativo allo spessore della superficie (*shell thickness*), generalmente predefinito con un valore di 0,8 mm, che è invece stato assunto pari a 1,2 mm.

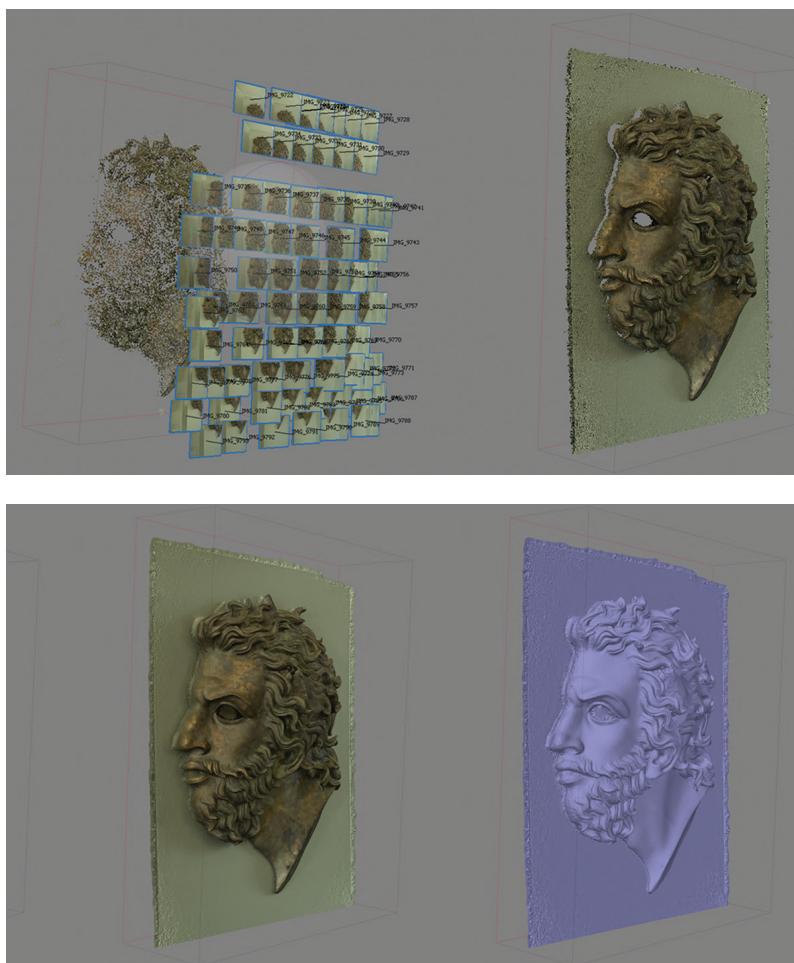


Fig. 4. Elaborazioni nel software Agisoft Photoscan; nuvola sparsa, nuvola densa, mesh con e senza texture.



Fig. 5. Elaborazione in 3D Studio Max e reparto prototipato.

Questo valore è stato scelto con l'obiettivo di realizzare un guscio più spesso in modo da creare uno strato più consistente e stabile, essendo il reparto vuoto all'interno. Il materiale impiegato è stato l'acido polilattico (PLA) in formato di filamento da 1,75 mm, con una posa di 120 livelli di stratificazione, depositati in circa due ore di lavoro della macchina. L'oggetto finale è stato realizzato in una scala 1:2 rispetto all'originale, con un'altissima fedeltà all'originale presente nel museo (fig. 5).

#### Note

[1] Cfr. Tesori riscoperti tra capolavori restaurati e inediti, cap. 7. In *Il MiBAC presenta il "nuovo" museo archeologico nazionale di Aquileia*, 2018.

#### Autrice

Paola Cochelli

Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste  
paola.cochelli@phd.units.it\*

\* Ora paolacochelli@gmail.com

# Patrimonio culturale tra narrazione e nuove tecnologie nella ridefinizione del ruolo del museo

Sara Eriche

*In the cultural heritage environment, 3D digital surveying and restitution methods are nowadays an interesting resource for both conservation and scientific support. The recent evolution of techniques related to the contribution of information technology has made it possible to provide heritage actors with a range of interesting representations that often obscure any question. Considering the two most commonly used techniques, photogrammetry and lasergrammetry, it is necessary to evaluate the capacity of these technologies for the restitution of the measurement as well as the virtual representation of the existing. As part of the participation in the UID Summer School 2018, the in-depth study of the survey of the cultural heritage has highlighted how the digital representation for the communication and learning of culture proposes to rethink the communicative and instrumental strategies to achieve alternative forms of enjoyment of places, performing a direct application in some works within the National Archaeological Museum of Aquileia, specifically deepening through the technique of Structure from Motion the Clipeo with representation of Mars.*



Fig. 1. Clipeo con rappresentazione di Marte.



Il patrimonio culturale rappresenta un valore identitario forte per un territorio e la sua comunità, e lavorare sui valori da esso trasmessi significa contribuire a riconoscere il ruolo che la cultura ha per una comunità. È dunque indispensabile incrementare la consapevolezza del suo valore come risorsa condivisa, favorendone la conoscenza con strumenti facilitatori della fruizione e per la comunicazione verso le più ampie fasce di popolazione (secondo la filosofia del *Design for All*). In tale contesto, il concetto di fruizione del patrimonio ha registrato un profondo cambiamento: ogni persona è sempre più un soggetto attivo, che contribuisce alle fasi di costruzione dei significati: diviene cioè un “*cultural prosumer*” [1]. In quest’ottica, i processi inclusivi sono determinanti per contribuire a generare conoscenza.

Tutte le attività del rilevare, documentare, analizzare, interpretare, progettare, comunicare convergono o ruotano necessariamente sul “modello rappresentativo”, sia esso restitutivo (da rilievo), ricostruttivo (di una realtà mai esistita e/o di intenzioni progettuali) o predittivo (restauro, progetto) [2].

L’esperienza è stata finalizzata ad approfondire, tramite la sperimentazione diretta, alcune tecniche di rilievo fotogrammetrico comparate

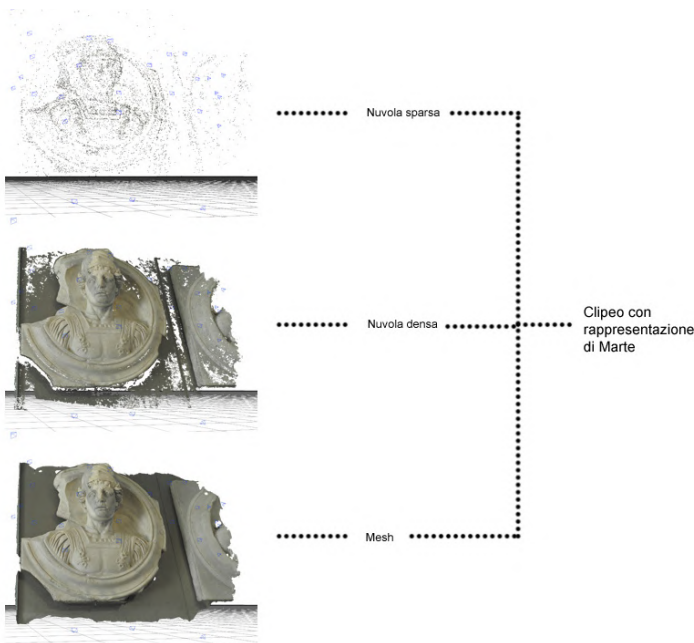


Fig. 2. Pipeline di lavoro per il rilievo fotogrammetrico *Structure from Motion*.

alle attuali applicazioni *image-based* nel settore dei beni culturali, per ottenere ricostruzioni e modelli tridimensionali ad altissima definizione di beni tangibili e intangibili.

La digitalizzazione del bene culturale alle diverse scale attraverso tecniche fotogrammetriche *Structure from Motion* permette di ottenere



Fig. 3. Acquisizione, processamento, esecuzione della nuvola di punti sparsa.

modelli digitali che divengono strumenti di tutela del patrimonio ma spesso utilizzati per applicazioni di fruizione museale: realtà aumentata, librerie digitali e realtà immersiva, *video mapping*, ecc.

L'esperienza condotta ha avuto l'obiettivo di mettere in pratica, attraverso le soluzioni software più accessibili e innovative, una valutazione da un punto di vista metodologico del processo di rilievo, riflettendo sul fatto che il modello attuale di raccolta di informazioni può essere più efficace, più moderno, più dinamico rispetto allo stato dell'arte.

Il progetto di fotogrammetria sperimentato ha avuto una finalità essenzialmente metodologica che sottolinea le nuove potenzialità di fruizione e di divulgazione dei dati scientificamente raccolti durante la campagna di rilievo.

L'esperienza svolta ha avuto l'obiettivo di approfondire e applicare un metodo di analisi per il rilievo di alcune opere presenti nel Museo Archeologico Nazionale, basato sul presupposto che lo stesso si conferma come conoscenza complessa, integrata e stratificata nel tempo.

Uno degli aspetti più interessanti dell'applicazione delle tecniche di rilievo nell'ambito dei beni culturali è quello offerto dalla possibilità di eseguire rilievi tridimensionali che consentono di ricostruire, in maniera virtuale con elevatissimi livelli di dettaglio, gli oggetti studiati, fino ad arrivare alla prototipazione con la stampa 3D.

Nell'ambito della scienza del rilievo, esistono numerose tecnologie per effettuare il rilievo tridimensionale classificabili in vari modi; una possibile classificazione opera la suddivisione tra i metodi che prevedono un contatto fisico tra l'oggetto da misurare e lo strumento di misura e quelli che non lo prevedono.

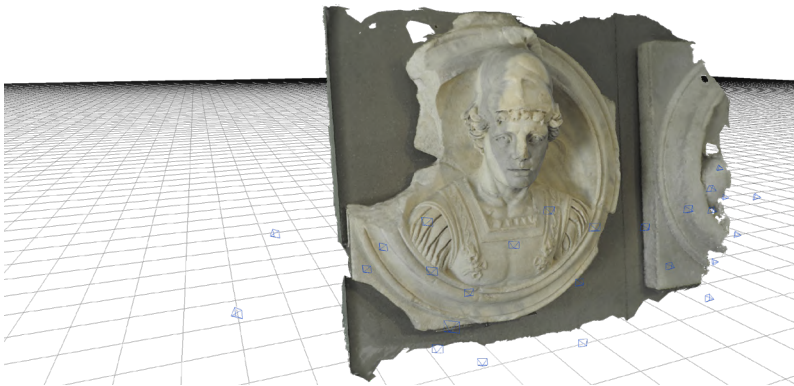


Fig. 4. Generazione mesh.

Da sempre la disciplina del rilievo ha inteso l'operazione di misura come un'operazione critica, mirata alla documentazione tramite la trascrizione grafica della realtà e sebbene negli ultimi anni sia stato superato il concetto tradizionale di rilievo [3], questo si conferma comunque uno degli strumenti di conoscenza con cui (anche grazie all'osservazione della forma) siamo in grado di restituire i caratteri che compongono un'architettura attraverso un approccio che si serve dell'"arte del Disegno" come mezzo per comprenderla e comunicarla.

Attualmente, con il termine "rilievo" si intende la raccolta, l'analisi e l'interpretazione di tutti i dati inerenti non solo all'aspetto geometrico, alla spazialità e alla forma dell'oggetto architettonico ma anche a quelli legati al periodo di costruzione e di quelli inerenti al suo uso nel tempo [4]. Il rilievo architettonico risulta quindi un'operazione che va condotta rigorosamente e scientificamente per evitare la produzione di una documentazione grafica infedele e invece arrivare, come già ribadito, alla comprensione il più approfondita possibile dell'opera.

## Metodologia

La fotogrammetria è una tecnica di rilievo che permette di ottenere geometria, informazioni metriche e posizione di oggetti tridimensionali mediante interpolazione e misura di immagini fotografiche tradizionali o digitali. La successione di operazioni fondamentali per giungere al modello digitale del *Clipeo con rappresentazione di Marte*, ha interessato l'uso della fotogrammetria del software 3DF Zephyr [5], che permette la relativa ricostruzione tridimensionale e la sua successiva prototipazione (fig. 2). Come delineato i sistemi di *Structure from Motion* operano secondo una serie di fasi.

Partendo dalle prese fotografiche (30 fotogrammi, eseguiti con Nikon Coolpix P600) si è passati all'individuazione, in ogni singola foto, delle *features* e alla loro memorizzazione all'interno del *database* 3DF Zephyr. Questa fase è tra le più importanti nel flusso di lavoro dei sistemi di *Structure from Motion* in quanto la corretta individuazione delle *features* e il loro numero ha influenzato sensibilmente tutte le restanti fasi. Il riconoscimento delle *features* è avvenuto prendendo in esame un punto dell'immagine e l'area a esso contigua (fig. 3).

Alla fine di questa fase, oltre ai parametri estrapolati, si è in possesso di un modello numerico discreto costituito da una nuvola di punti spazialmente relazionata alle posizioni e agli orientamenti delle prese fotografiche. Tali punti non sono altro che le *features* individuate e posizionate rispetto alle prese fotografiche e a esse sono associate, oltre alle coordinate spaziali, i dati cromatici derivati dalle fotografie utilizzate.





Fig. 5. Generazione modello poligonale, esportazione con software 3dsMax, prototipazione con stampante 3D.

Le informazioni conseguite sono state utilizzate da un algoritmo di *dense image matching* che, mediante la comparazione approfondita, a coppie o multipla, delle prese fotografiche, estrapola una nuvola di punti più densa di quella ottenuta nella fase dell'orientamento. La nuvola costituita da punti a cui sono associati un vettore normale e una terna di valori RGB estratti dalle foto associati a ogni punto è stata utilizzata per la generazione di un modello poligonale (fig. 4).

Il modello poligonale è stato trattato ulteriormente e utilizzato sia in sistemi di visualizzazione interattiva, sia per la generazione di viste renderizzate, prospettiche, finalizzate alla documentazione del soggetto rilevato (fig. 5).

#### Note

[1] Alvin Toffler nel libro *The third wave* (1980): è una crasi dei termini *producer* e *consumer* che indica un consumatore che è a sua volta produttore che, nell'atto stesso in cui consuma, contribuisce alla produzione.

[2] Centofanti 2017.

[3] Rilievo, inteso semplicemente come misurazione di un edificio o di un contesto urbano con relativa rappresentazione grafica.

[4] A livello nazionale e internazionale molti si sono occupati di dare una nuova definizione alla disciplina del Rilievo per poter comprendere tutti i suoi nuovi sviluppi. A tale proposito possiamo citare i maggiori esponenti dell'Unione Italiana per il Disegno, da tempo impegnati costantemente in tale sviluppo come Mario Docci, Cesare Cundari, Gaspare De Fiore, Dino Coppo e altri.

[5] 3DF Zephyr è un programma di fotogrammetria commerciale e di modellazione 3D. Sviluppato e commercializzato dalla software house 3D 3DFLOW, 3DF Zephyr è stato rilasciato per la prima volta nel gennaio 2014 e aggiornato da allora. <[https://en.wikipedia.org/wiki/3DF\\_Zephyr](https://en.wikipedia.org/wiki/3DF_Zephyr)>

#### Riferimenti bibliografici

Apollonio, F.I. (2012). *Architettura in 3D. Modelli digitali per i sistemi cognitivi*. Milano: Bruno Mondadori.

Apollonio, F.I. (2012). Le basi teoriche per il futuro del disegno nel segno della tradizione. In Carlevaris, L., Filippa, M. (a cura di). *Elogio della teoria. Identità delle discipline del Disegno e del Rilievo*. Atti del 34° Convegno internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione. Roma: Gangemi Editore, pp. 157-162.

- Bertocci, S., Bini, M. (2008). *Manuale di Rilievo architettonico e urbano*. Firenze: Città Studi Edizioni.
- Centofanti, M. (2017). Territori e frontiere della ricerca. In di Luggo, A., Giordano, P., Florio, R., Papa, L.M., Rossi, A., Zerlenga, O., Barba, S., Campi, M., Cirafici, A. (a cura di). *Territori e frontiere della rappresentazione - Territories and frontiers of Representation*. Atti del 39° Convegno internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione, XIV Congresso della Unione Italiana per il Disegno. Roma: Gangemi Editore, pp. 387-398.
- Clini, P. (2008). *Il rilievo dell'architettura. Tecniche, metodi ed esperienze*. Firenze: Alinea.
- Clini, P. (2011). *Documentare l'architettura storica. Analisi, rilievo e progetto*. Roma: Aracne.
- Cundari, C. (a cura di). (2005). *Il rilievo urbano per sistemi complessi. Un nuovo protocollo per un sistema informativo di documentazione e gestione della città*. Roma: Edizioni Kappa.
- De Luca, L. (2011). *La fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.
- Delsante, I. (2007). *Innovazione tecnologica e architettura*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore.
- Docci, M., Maestri, D. (2009). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Roma, Bari: Laterza.
- Di Paola, F., Inzerillo, L., Santagati, C. (2013). Image-based modeling techniques for architectural heritage 3D digitalization: limits and potentialities. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, volume XL-5/W2, 2013, pp. 555-560.
- Ippolito, A., Cigola, M. (2017). *Handbook of Research on Emerging Technologies for Digital Preservation and Information Modeling*. Hershey, PA, USA: IGI Global.
- Manferdini, A.M., Galassi, M. (2013). Assessments for 3D reconstructions of cultural heritage using Digital technologies. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 25-26 February 2013, volume XL-5/W1. Trento, pp. 167-174.
- Migliari, R. (2003). *Geometria dei modelli. Rappresentazione grafica e informatica per l'architettura e per il design*. Roma: Edizioni Kappa.
- Remondino, F., El-Hakim, S. (2006). Image-based 3D modeling: a review. In *The Photogrammetric Record*, vol. 21, pp. 269-291.
- Toffler, A. (1980). *The third wave*. New York: William Morrow & Company.

#### **Autrice**

Sara Eriche

Dipartimento di Architettura e Design, Università degli Studi di Genova  
 eriche@arch.unige.it



# Artefatti comunicativi 3D per l'accesso al patrimonio culturale

## Il *Sulcus primigenius* e l'*Edicola con ritratto di defunto*

Francesca Guadagnoli

*The use of advanced representational technologies, with particular attention to issues related to exhibition accessibility, facilitated the development of a process for the 3D processing of some objects from the collection of the National Archaeological Museum of Aquileia.*

*Laser scanning, photographic sampling, data processing with digital photo modeling software, as well as 3D modeling and 3D printing systems are the main stages of an approach that has made it possible to build a museum database to propose virtual exhibitions for the dissemination of cultural heritage.*

*The 3D models obtained and the physical models of the objects in the collection were an opportunity to give access to the contents of the museum to a diversified audience. The tactile experience of cultural artifacts can trigger new cognitive processes based on active and exploratory experience, which is useful for those with reduced visual capacity.*



Fig. 1. *Sulcus primigenius*, I sec. a.C.



## Oggetti della collezione analizzati e alcuni riferimenti storici

*Rilievo del "Sulcus primigenius", Aquileia, I secolo a.C.*

Aquileia, in Friuli Venezia Giulia, fu fondata dai Romani nel 181 a.C. nei confini nord-orientali del territorio a quel tempo presidato per il controllo dagli Illiri.

Il bassorilievo (fig. 1) mostra il rito del tracciamento del solco primigenio, azione che stabilisce la nascita di una nuova città.

Il personaggio che veste il *cinctus Gabinus*, cioè col capo in parte velato dalla toga, secondo il costume derivante dalla città di *Gabii*, guida una coppia di buoi parati a festa con bende e sonagli che tracciano con l'aratro il percorso delle mura da erigersi. Per dare maggiore risalto a questa operazione il solco veniva tracciato avendo cura che le zolle di terra ricadessero all'interno dell'area cittadina.

In seguito questi confini venivano in genere rafforzati da mura, ma la cosa più rilevante era il rito iniziale, di tipo religioso, in quanto le mura non rispondevano solo a una finalità pratica, ma erano considerate sacre e inviolabili, separavano il vivere civile dall'inciviltà, dal barbarico stato di natura dell'esterno.

I due mondi non restavano totalmente separati ovviamente (una città del tutto chiusa non poteva sopravvivere), ma i passaggi da e per l'esterno erano controllati dal percorso obbligato delle porte, anch'esse sacre e poi monumentalizzate.

Con l'espansione dei territori romani e la situazione generale di pace del periodo imperiale, le mura delle città interne persero di fatto la funzione difensiva, ma rimasero comunque come simbolo sacro di civiltà e anzi vennero spesso rese ancora più imponenti, a indicare l'orgoglio civico.

*"Edicola con ritratto di defunto", inizio II secolo d.C.*

L'edicola sepolcrale è testimonianza dei fortunati legami tra Oriente e Occidente, tra Palmira e Aquileia. Diffusi in tutto l'Impero romano i ritratti funerari testimoniano lo status dei defunti e divengono, paradossalmente, la porta d'accesso al mondo dei vivi.

Questo monumento a edicola simboleggia l'anima pietrificata di un antico palmireno; l'uomo indossa la tunica e il *sagum*, un corto mantello da viaggio, fermato sulla spalla destra da una vistosa fibula. La capigliatura è costituita da lunghe ciocche pettinate in avanti. Labbra carnose e fossette laterali, la scultura rimane impressa per la delicatezza dei tratti e l'intensità dello sguardo (fig. 2).



Fig. 2. Edicola con ritratto di defunto, databile II sec. d.C.

## 2. Spunti di riflessione per la sperimentazione

Le ipotesi sperimentali presentate in questo contributo fanno seguito a due considerazioni: la prima interpreta il museo come risorsa fondamentale per lo sviluppo della società; è infatti opinione condivisa che la fortuna di un organismo museale dipenda dalla capacità di configurarsi come sistema attrattivo e induttivo per lo sviluppo della conoscenza. La seconda si concretizza nei tre elementi che costruiscono l'esperienza museale: il contenitore, il contenuto e il fruitore, elementi questi che si relazionano e materializzano negli allestimenti museali e negli itinerari proposti dal curatore, motivando l'esperienza museo.

## 3. Il caso del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia

Al centro della nuova impostazione di visita del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia, una delle principali e più antiche istituzioni museali del Friuli Venezia Giulia, vi è la riscoperta e valorizzazione dell'antica città di Aquileia della quale il museo custodisce numerosi oggetti e testimonianze di età romana.

Il criterio espositivo, per decenni improntato sulla classificazione tipologica dei reperti, è stato completamente ripensato nell'intento di offrire al fruitore un percorso più coinvolgente, che consenta una maggior comprensione dell'area archeologica, riconosciuta come patrimonio mondiale dell'umanità. Alla luce della revisione del codice narrativo del museo e grazie ai recenti interventi conservativi che hanno inte-

ressato le opere di scultura, il pubblico dei visitatori è introdotto in un suggestivo allestimento dove il fruitore museale viene accompagnato dai volti degli antichi abitanti della città in un viaggio ideale alla scoperta dell'antica Aquileia.

La sperimentazione attuata durante la *Summer School* è inserita quindi in un contesto di rivisitazione degli aspetti fondamentali del museo e del suo contenuto. Il tema d'approfondimento intrapreso dal gruppo di lavoro è stato lo sviluppo di modelli digitali e modelli fisici per la divulgazione dei contenuti della collezione del Museo Archeologico Nazionale; modelli rivolti a un pubblico di visitatori più ampio, sia esso reale, virtuale o potenziale.

L'uso delle tecnologie digitali genera nuovi linguaggi visivi che amplificano i livelli di racconto delle collezioni e del museo, introducendo nuove dimensioni temporali e nuovi sistemi allestitivi per gli artefatti culturali. La volontà è stata quella di coniugare i dati morfologici provenienti dalle acquisizioni fotografiche e laser scanner, inserendo i modelli generati in sistemi narrativi virtuali tridimensionali; la nuova scena permette al fruitore museale di conoscere l'oggetto culturale godendo di una modalità di interazione più ampia e diretta con l'artefatto indagato.

La prima parte della sperimentazione è stata finalizzata all'acquisizione di alcuni oggetti della collezione, in questa fase di "registrazione del reale" si è scelto di operare un confronto tra l'acquisizione a sensori attivi 3D da scanner degli oggetti della collezione e l'acquisizione fotogrammetrica a sensori 3D passivi degli stessi.

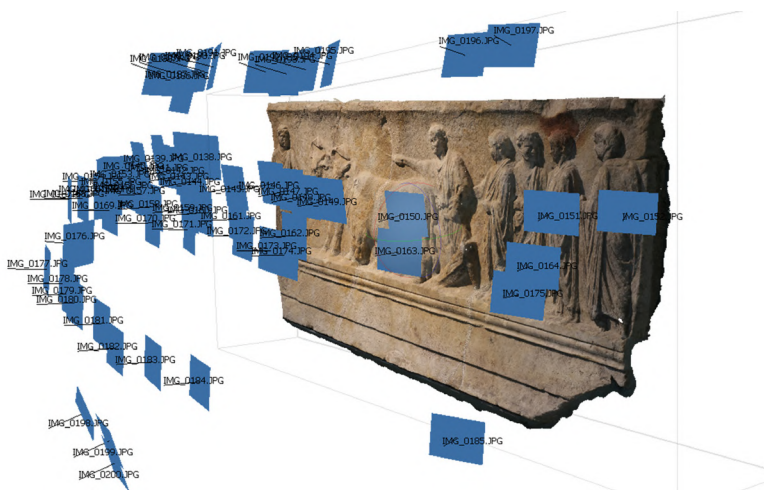


Fig. 3a. Schemi di ripresa e orientamento dei fotogrammi per il *Sulcus primigenius*.

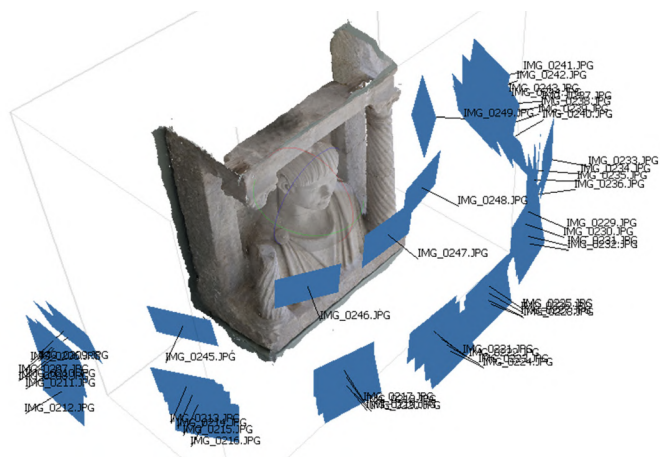


Fig. 3b. Schemi di ripresa e orientamento dei fotogrammi per l'Edicola con ritratto di defunto.

## Acquisizione a sensori attivi 3D

Il primo sistema di acquisizione ha previsto l'uso di due tipi di scanner basati su tecnologie di scansione a luce strutturata, il primo Artec Eva, simile ad una videocamera che lavora in 3D; il secondo DAVID scanner, una soluzione *low cost* che prevede la ricostruzione 3D digitale delle geometrie da rilevare attraverso la riflessione di *pattern* di luce sugli oggetti. Con entrambi i dispositivi è stato possibile acquisire il dato relativo alle texture.

Il primo strumento, Artec Eva è uno scanner in grado di riconoscere le geometrie degli oggetti 3D in tempo reale, elaborando contemporaneamente fino a due milioni di punti per secondo con una accuratezza di 0,1 mm. Trattandosi di uno scanner portatile, l'acquisizione degli artefatti è avvenuta muovendosi attorno a essi, prevedendo la registrazione di video 3D in tempo reale. La scansione non ha richiesto alcuna preparazione degli oggetti della collezione, i *frame* acquisiti sono stati automaticamente allineati senza l'utilizzo di nessun tipo di marcatore o sistema di referenziazione. La nuvola di punti finale ha la possibilità di essere esportata utilizzando i seguenti formati scambio: 3D BTX, PTX. Il software dello scanner consente di ottenere una rappresentazione numerica che può essere condivisa salvando nei diversi formati per lo scambio: OBJ, PLY, WRL, STL, AOP, ASCII, PTX, E57, XYZRGB.

Il secondo strumento, DAVID scanner, è costituito da una telecamera e da un proiettore che proietta sul reperto in esame diversi *pattern*: linee parallele, insieme di punti in sequenza ordinata o casuale e pixel in se-



quenze codificate di riquadri. Alla base di questo sistema di scansione vi è un algoritmo di triangolazione che permette la ricostruzione del modello 3D dell'oggetto triangolando la sorgente di luce, la telecamera e il punto della superficie dell'oggetto investito dal *pattern* di luce. Grazie al sistema integrato di calibrazione dell'inquadratura che calcola automaticamente la posizione della camera e la lunghezza focale corrispondente, è stato possibile effettuare delle scansioni a una scala fedele, compensando la distorsione radiale focale della lente.

Per la scansione del *Sulcus primigenius* lo strumento è stato fatto scorrere ripetutamente sul bassorilievo come fosse un pennello, in questo modo la superficie è stata scansionata nella sua totalità acquisendo anche i dettagli più piccoli di 0,2 millimetri. I movimenti ripetuti sul bassorilievo hanno reso l'illuminazione direzionale molto flessibile consentendo così la correzione interattiva delle zone d'ombra causate da ciascun passaggio del laser. Dopo l'acquisizione, il software Shape Fusion che gestisce i dati provenienti dallo strumento ha provveduto all'allineamento e alla fusione di tutte le scansioni create, complete di texture e applicate correttamente attorno all'oggetto 3D così completato. Tra i formati di esportazione supportati dal DAVID scanner ci sono .obj, .ply e .stl.

### Acquisizione fotogrammetrica a sensori passivi 3D

In questa fase di acquisizione sia per il *Sulcus primigenius* che per *L'Edicola con ritratto di defunto* sono stati programmati più schemi di ripresa a distanze differenti per comporre un *dataset* di informazioni di dettaglio e di informazioni utili all'orientamento dei fotogrammi (figg. 3a-b).

I dati raccolti si presentano nella forma di una nuvola di punti distribuiti in uno spazio digitale tridimensionale secondo la forma dell'oggetto rilevato, che evidenziano già coerenza con la geometria dell'oggetto reale. Ogniqualevolta il dato discreto a nuvola di punti viene trattato per essere reso più vicino alle specifiche esigenze interpretative, tende a perdere informazioni; ciò nonostante l'accuratezza del dato originale acquisito permette di operare all'interno di tolleranze metriche inferiori a rilievi condotti con altre tecnologie e procedure (fig. 3).

Per il *Sulcus primigenius* è stata utilizzata una fotocamera digitale Canon EOS 750D con sensibilità ISO 400, diaframma f5.6, tempo di esposizione pari a 1/60 al secondo, non è stato usato il flash e la distanza focale è stata impostata in un *range* da 18 mm a 35 mm.

Sono stati scattati 68 fotogrammi (dimensioni di ciascun fotogramma 6000x4000 px – risoluzione 72dpi – profondità di bit 24) scegliendo due differenti schemi di ripresa, uno ad assi convergenti e l'altro ad assi

paralleli; quest'ultimo ha offerto un orientamento ideale per l'estrazione delle informazioni relative alla texture.

Nella fase di ripresa ad assi convergenti si è mirato a un punto baricentrico dell'oggetto, e gli assi ottici privilegiati sono stati a circa  $35^{\circ}$ -  $45^{\circ}$  rispetto al piano prevalente dell'oggetto. Il ricoprimento tra fotogrammi ha garantito la visibilità di tutti i punti dell'oggetto in almeno 2-3 scatti. Nella fase di ripresa ad assi paralleli sono state eseguite prese "normali" al piano medio dell'oggetto e parallele tra loro, la distanza di ripresa è sempre stata la stessa dall'oggetto rilevato. Il ricoprimento tra i fotogrammi è stato eseguito nelle due direzioni, longitudinale e trasversale, tra il 60% e l'80%. Una volta terminata la procedura di calibrazione e orientamento delle camere, tutti i pixel contenuti in ogni fotografia sono diventati di fatto coordinate spaziali. È stato di fondamentale importanza associare alla ripresa fotografica il rilievo manuale di alcuni punti di riferimento presenti sul bassorilievo acquisito; queste informazioni sono state utili per introdurre un'unità di misura nella scena fotomodellata, per definire dei vincoli geometrici e infine per verificare i risultati (fig. 4).

Per eseguire un'ottimizzazione dell'allineamento delle camere e per prendere nota di alcune distanze significative dell'oggetto acquisito sono state introdotte delle barre di scala di precisione di lunghezza conosciuta. Si è provveduto poi alla verifica dell'errore espresso in metri (distanza tra i dati di input sorgente e le posizioni stimate della fotocamera) e dell'errore in pixel (errore quadratico medio calcolato attraverso la riproiezione su tutti i punti caratteristici rilevati sulle foto). Proseguendo il *workflow* del software è stata costruita la nuvola di punti densa elaborata a una qualità media composta da 14.041.419 punti.

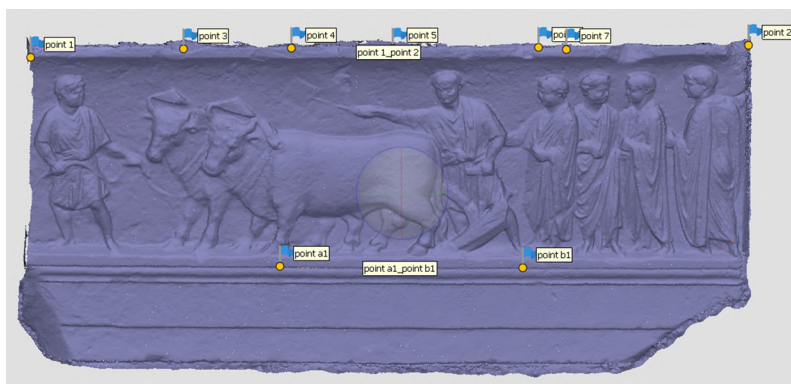


Fig. 4. Posizionamento dei *markers* sulla nuvola densa elaborata del bassorilievo.



Fig. 5. Prototipo fisico del *Sulcus primigenius*.

È stato costruito un modello numerico con 1.770.615 facce e 888.870 vertici e infine è stata elaborata la texture. La mesh è stata esportata in formato .obj, estensione in grado di mantenere le coordinate della texture sul modello.

Il modello finale pesa 140.273 KB; la texture associata ha una dimensione in pixel di 4096x4096 e pesa 2.650 KB.

Per l'*Edicola con ritratto di defunto* è stata applicata la stessa procedura di acquisizione ed elaborazione dei dati. La fotocamera digitale è la medesima, una Canon EOS 750D con sensibilità ISO 800, date le differenti condizioni di luminosità della sala museale. Il diaframma è f5.6, il tempo di esposizione è pari a 1/60 al secondo, non è stato usato il flash e la distanza focale è stata impostata in un range da 18 mm a 33 mm. Sono stati scattati 88 fotogrammi (dimensioni di ciascun fotogramma 6000x4000 px, risoluzione 72dpi, profondità di bit 24) in questo caso è stato scelto un sistema di ripresa ad assi convergenti.

La nuvola di punti densa elaborata a una qualità media è composta da 5.347.177 punti. È stato costruito un modello numerico con 1.632.749 facce e 818.240 vertici e infine è stata elaborata la texture. La mesh è stata esportata in formato .obj, estensione in grado di mantenere le coordinate della texture sul modello.

Il modello finale pesa 174.109 KB; la texture associata ha una dimensione in pixel di 4096x4096 e pesa 1.684 KB.

## Il prototipo fisico

Dalla elaborazione e gestione dei modelli numerici degli oggetti della collezione acquisiti, si è passati al prototipo fisico del *Sulcus primigenius* attraverso l'uso del software Cura e della stampante WASP 4020 con base circolare.

Il tempo impiegato per la stampa è stato di circa 1 ora e 47 minuti, la temperatura del letto della stampante è stata impostata a 55°C, la temperatura del filo PLA a 210°C, lo spessore del guscio (*shell thickness*) è stato impostato di 1,2 mm, con un riempimento del 10%, e sono stati utilizzati in tutto 5,89 m di filo. Il modello è stato scomposto in 242 livelli (fig. 5).

### Riferimenti bibliografici

Ferri, P. (2011). *Nativi digitali*. Milano: Bruno Mondadori.

Jenkins, H. (2010). *Culture partecipative e competenze digitali. Media education per il XXI secolo*. Milano: Guerini Studio.

Manoli, F. (2015). *Manuale di gestione e cura delle collezioni museali*. Firenze: Le Monnier Università.

Lo Turco, M., Piumatti, P., Rinaudo, F., Tamborrino, R. (2018). B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E. Modelli informativi & Musei Virtuali / B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E. Informative Models & Virtual Museums. In Salerno, R. (a cura di). *Rappresentazione/Materiale/Immateriale - Drawing As (In)Tangible Representation*, 40° Convegno internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione, Milano, 13-15 settembre 2018. Roma: Gangemi Editore, pp. 667-674.

Hervy, B., Laroche, F., Kerouanton, J.-L., Bernard, A., Courtin, C., D'haene, L., Guillet, B., Wael, A. (2014). Augmented historical scale model for museums: from curation to multi-modal promotion. In *VRIC '14, proceedings of the 2014 Virtual Reality International Conference*, Laval 9-11 April 2014. New York: Association for Computing Machinery.

Carboni, N., De Luca, L. (2016). Towards a conceptual foundation for documenting tangible and intangible elements of a cultural object. In *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, n. 3, pp. 108-116.

### Autrice

Francesca Guadagnoli

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Sapienza Università di Roma  
francesca.guadagnoli@uniroma1.it



# Modellazione fotografica con Photoscan

## Realizzazione del modello 3D dell'Opera maschile con cingulum

Andrea Improta

*The chosen work is the torso with "Schulterbausch" in Aurisian limestone found in the Natissa River; the work was identified in the 1st century BC and represents the desire to exhibit warlike glory. Through the use of Photoscan software it was possible to return the three-dimensional model in the form of points. The data was processed through the use of 169 photographs, which allowed a careful analysis of the artifact. Through the use of algorithms it was possible to create a cloud of points that will be the starting point for the subsequent processing phases such as the creation of the mesh through which the object is represented in reduced scale. The subsequent operation led to the insertion of textures and scaling it, as the last stage of the work a plastic model was created that can be created using a 3D printer tool. All this will make it possible to support the normal relevant procedural phases in order to obtain complete critical data and analysis.*



Fig. 1. Busto dell'Opera maschile con cingulum, Museo Archeologico Nazionale di Aquileia [Denti 1991].



OPERA: *Opera maschile con cingulum*  
PERIODO: metà del I secolo a.C.  
MATERIALE: calcare  
PROVENIENZA: porto fluviale di Aquileia

L'*Opera maschile con cingulum* – conosciuta anche come *Torso con Schultersbausch* – è un reperto in calcare d'Aurisina rinvenuto nel fiume Natissa, corso d'acqua che attraversa Aquileia. L'opera è databile al I secolo a.C. e rappresenta il desiderio di "esibire bellica gloria" (fig. 1). La tipologia usata per il rilievo del mezzo busto è stata quella della fotomodellazione *Structure from Motion (SfM)*.

È stato dapprima effettuato un accurato rilievo fotografico dell'opera con una macchina Nikon D5600 con una lunghezza focale di 18 mm e una dimensione del sensore DX, CMOS, 23,5 mm x 15,6 mm.

Per la ricostruzione tridimensionale del reperto, sono state acquisite nel complesso 169 fotografie ad assi convergenti scattate intorno al busto a una distanza media di 0,20 m ciascuna e sovrapponendo i fotogrammi successivi dell'80%. Il numero elevato di fotografie è il frutto di un'attenta analisi effettuata sul manufatto e del suo sviluppo a tutto tondo (fig. 2).

Nella campagna di rilievo sono stati eseguiti alcuni campionamenti metrici: i riferimenti dimensionali reali, infatti, sono stati necessari per la successiva messa in scala dell'oggetto ricostruito in ambiente digitale.



Fig. 2. Foto effettuate sul modello preso in esame per lo sviluppo di fotomodellazione.

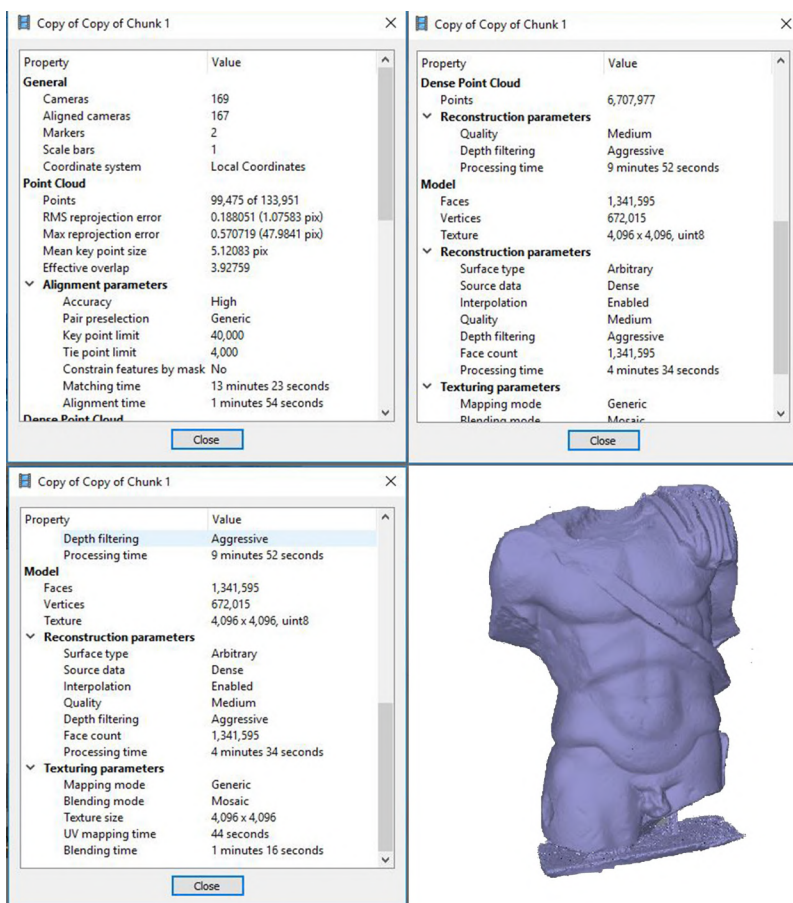


Fig. 3. Fasi del processo di fotomodellazione (a) e ottenimento del modello mesh dell'opera (b).

Ai fotogrammi realizzati è stata inoltre applicata una correzione al bilanciamento del bianco: un intervento fondamentale per agevolare il trattamento dei dati, l'uniformità della componente cromatica e la reale resa materica dell'opera.

La fase successiva ha riguardato la restituzione fotogrammetrica digitale, sviluppata con il software Agisoft Photoscan di cui vengono riportati i singoli passaggi del procedimento di elaborazione e i principali settaggi impostati nel programma (fig. 3a).

Ultimate le operazioni di fotomodellazione, che hanno consentito di ottenere un modello tridimensionale mesh (fig. 3b) e la restituzione



materica della superficie (fig. 4), si è proceduto con la predisposizione del file per la fase conclusiva con la stampa 3D.

L'ultima fase di elaborazione ha riguardato quindi l'importazione del modello digitale all'interno di Cura, il software di gestione della stampante *FDM*, che ci ha permesso di impostare diversi parametri quali la qualità realizzativa, la scala, il riempimento e la presenza di supporti. La scelta combinata di questi valori può influenzare sensibilmente i tempi di realizzazione e la quantità di materiale impiegato per produrre fisicamente gli oggetti.

La copia del reperto archeologico è stata creata impiegando una stampante 3D Delta WASP 2040. La macchina lavora a deposizione di filamento fuso ed è in grado di realizzare elementi tridimensionali per estrusione di bioplastica (PLA) sciolta ad alta temperatura.

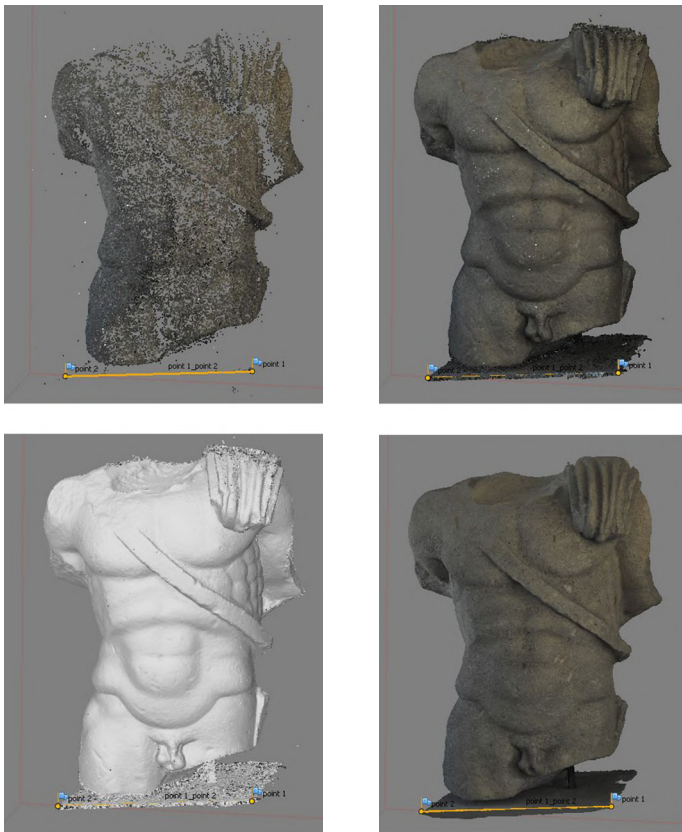


Fig. 4. Fasi del processo di fotomodellazione dalla nuvola di punti al modello mesh texturizzato.

Il processo di stampa tridimensionale ha impiegato circa una quindicina di minuti per la realizzazione del modello fisico finale ottenuto in scala 1:50 dell'*Opera maschile con cingulum*.

Le considerazioni possibili, in seguito alla conclusione di questo workshop sviluppato all'interno della *UID Summer School 2018*, sono individuabili nelle grandi opportunità offerte dalle metodologie non invasive impiegate e dal basso costo della strumentazione utilizzata, nel rispetto dei beni archeologici e della loro accessibilità conoscitiva anche nei confronti di persone non vedenti e ipovedenti.

### Riferimenti bibliografici

Amoruso, G. (a cura di). (2016). *Handbook of Research on Visual Computing and Emerging Geometrical Design Tools*. Hershey, PA, USA: IGI Global.

Cuscito, G., Verzár-Bass, M. (2005). *Aquileia dalle origini alla costituzione del ducato longobardo. La cultura artistica in età romana (II secolo a.C. - III secolo d.C.)*. Trieste: Editreg SRL.

Denti, M. (1991). *I Romani a nord del Po. Archeologia e cultura in età repubblicana e augustea*. Milano: Longanesi.

Sdegno, A. (2017). Rilievo e prototipazione di elementi architettonici. In Capanna, A., Mele, G. (a cura di). *RPR Rilievo Progetto Riuso*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore, pp. 111-122.

Sdegno, A. (2002). *Architettura e rappresentazione digitale*. Venezia: Libreria Editrice Cafoscarina.

### Autore

Andrea Improta  
Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, Università degli Studi della Campania  
"Luigi Vanvitelli"  
andrea.improta@unicampania.it



# Fotomodellazione con Photoscan

## Realizzazione del modello 3D del *Medaglione della dea Roma*

Gianluca Manna

*The representation of the “Medallion of the Goddess Rome” is the topic discussed in this research paper. This is a series of eight medallions portraying eight divinities from the beginning of the fourth century and preserved in excellent condition. With Photoscan software it was possible to return the three-dimensional model in the form of points. The collection and processing of data was done through the use of 123 photos taken in succession and following the axes of reference predetermined. Subsequently the photos have been aligned careful to understand common points, fundamental for the software in order to elaborate the greater number of possible information. Through the use of algorithms, it is possible to create a cloud of points that will be the starting point for the subsequent processing phases such as the creation of mesh through which the object is represented at a reduced scale. It is possible to apply textures to it or bring it back to full scale in order to elaborate, as the last step of the process, a plastic model that can be made by the 3D printer. This is certainly an aid to the normal surveying processes to achieve a complete critical analysis.*



Fig. 1. *Medaglione della dea Roma*, Museo Archeologico Nazionale di Aquileia.



OPERA: *Medaglione della dea Roma*

PERIODO: inizi del IV secolo d.C.

MATERIALE: marmo

PROVENIENZA: località ignota

SCelta DELLA TIPOLOGIA DI RILIEVO: fotomodellazione

Il lavoro in esame ha avuto come fine la rappresentazione del *Medaglione della dea Roma* (fig. 1). L'opera studiata è uno dei reperti di una splendida serie composta da otto medaglioni risalente agli inizi del IV secolo d.C. e rappresentanti otto delle dodici divinità dell'epoca: *Vulcano, Marte, Giove, Mercurio, Attis o Dioscuoro, Giunone e Venere*.

Osservando i reperti archeologici, tutti egregiamente conservati, si può constatare che i volti sono rivolti per metà a destra e per l'altra metà a sinistra: ciò fa ipotizzare che la loro originaria ubicazione fosse su di una struttura a pianta rettilinea con passaggio centrale verso il quale convergono gli sguardi delle divinità.

Per provvedere alla restituzione di un modello tridimensionale sotto forma di punti, si è usufruito del software fotogrammetrico Photoscan. Tale programma riesce a gestire un elevato numero di immagini, partendo da semplici fotografie, restituendo alla fine del processo modelli tridimensionali di alta qualità. Come primo step vi è la creazione di una *chunch* (fig. 2), ovvero un contenitore dove verranno inseriti i fotogrammi da analizzare.

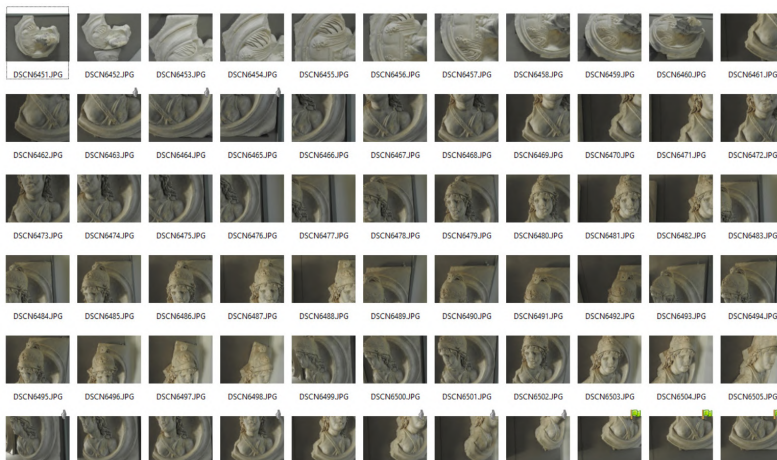


Fig. 2. *Chunch* di 123 immagini.

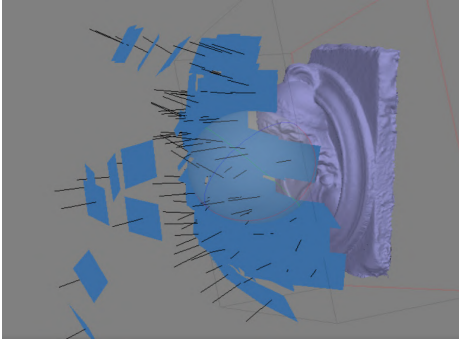


Fig. 3. Schema di assi del modello 3D di riferimento.

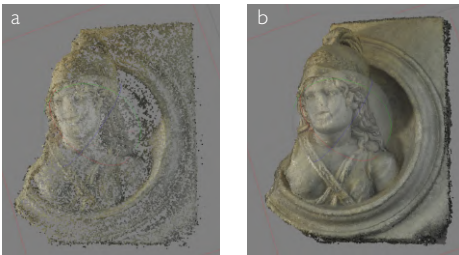


Fig. 4. Nuvola di punti sparsa (a) e nuvola di punti densa (b).

Per questa esercitazione sono state impiegate 123 fotografie scattate in successione seguendo dei prestabiliti schemi di assi (fig. 3), di seguito qui riassunti:

- schema ad assi paralleli, dove le fotografie sono disposte su una retta e l'orientamento non viene variato;
- schema ad assi convergenti, dove le posizioni di scatto sono disposte su un andamento curvilineo con le direzioni di scatto appunto convergenti verso il soggetto;
- schema a campo esteso, il quale prevede la variazione della direzione di scatto ruotando intorno a un punto fisso.

La fase successiva consiste nell'allineamento delle foto in modo da comprendere i punti comuni attraverso degli algoritmi generati dal software; infine lo stesso software, attraverso una fase denominata “*matching*”, analizza le foto con i punti in comune, estrapolando il maggior numero di informazioni e le raggruppa.

La qualità delle foto dipende dal livello di estrazione utilizzato dal software, il quale può utilizzare un livello *low* dove l'immagine ha una piena risoluzione, oppure un livello *high* nella quale viene utilizzato un quarto di risoluzione dell'immagine originale. La scelta dell'estrazione è importante poiché influisce sulla qualità grafica del modello finale.



Fig. 5. Modello ricostruito mesh (a); modello con texture (b); modello texturizzato con *show markers* (c).

Una tecnica utilizzata dal programma Photoscan è *Structure from Motion*. Tale tecnica permette di utilizzare degli algoritmi che vengono risolti automaticamente dal software in modo da non selezionare manualmente i punti notevoli.

La prima fase di questa tecnica consente di elaborare una nuvola di punti (fig. 4a) che sarà utilizzata come base per le successive fasi. Generata la nuvola di punti si può valutare la bozza di modello tridimensionale e, qualora fosse necessario, eliminare parti di modello che non risultano consoni alla creazione del modello; tale fase dà il via allo *step* successivo: la creazione della nuvola densa di punti (fig. 4b). Dalla nuvola dei punti è possibile ottenere quella che verrà definita “mesh” (fig. 5), ovvero una rappresentazione dell’oggetto reale in scala ridotta. In origine la mesh non ha alcun colore ma le può essere dato estrapolandolo dalle immagini utilizzate nel rilievo sui poligoni della mesh. Questa seconda modalità permette di creare una nuova immagine detta “texture” (fig. 5), la quale andrà a coprire la mesh e permetterà di avere una qualità visiva sempre uguale indipendentemente dalla risoluzione del modello. Come abbiamo detto precedentemente, attraverso la mesh è possibile rappresentare l’oggetto reale in scala ridotta ma, per poter portare tale oggetto alla sua effettiva scala, si può utilizzare l’opzione *show markers* (fig. 5). Essa permette, infatti, di uniformare la scala di rappresentazione di una fotografia applicando dei *tag* sull’immagine avendo una misura di riferimento; applicando due *tag* è possibile ottenere una scala di rappresentazione pressoché reale.

Completata l’operazione di fotomodellazione bisogna salvare il file in formato .obj affinché sia possibile leggerlo dal programma della stampante 3D e creare di conseguenza il modello plastico. Il software adoperato è Cura. Caricato il file, il programma ha impiegato circa 19 minuti per importare il modello, correggerlo e colmare i fori, i quali



Fig. 6. Stampante 3D a deposizione di filamento Delta WASP 2040, impiegata per la creazione del modello fisico.

durante il processo di importazione sono andati persi. La produzione ha richiesto più tempo: 35 minuti. Si è adoperato il materiale PLA (acido polilattico) che, portato a una temperatura di 205°C (fig. 6), viene posto sulla base e, lavorando su un asse XY, viene infine stampato. In conclusione, le problematiche che possono presentarsi in una qualsiasi campagna di rilievo vengono minimizzate grazie al sistema SfM; è dunque possibile approfondire l'opera tramite un modello tridimensionale ed evincere quelle potenzialità che un disegno bidimensionale non riesce a trasmettere. Tramite il sistema SfM è possibile conoscere gli interventi da applicare al modello per portare nuovo lustro all'oggetto esaminato, affiancando così le vecchie operazioni di rilievo e ridisegno alle nuove tecnologie, generando così un'analisi critica completa.

#### Riferimenti bibliografici

Amoruso, G., Bistagnino, E., Brevi, F., Ceconello, M., Pierluisi, G., Rossi, M., Russo, M. (2011). *Realtà, simulazione e progetto. Il ruolo del modello*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore.

ARTE.it - Mappare l'arte in Italia. <<http://aquileia.arte.it/guida-arte/aquileia/da-vedere/opera/sala-iv-il-medaglione-con-busto-di-giove-5327>>

Museo Archeologico Nazionale di Aquileia. <<http://www.museoarcheologicoaquileia.beniculturali.it/>>

Sdegno, A. (2002). *Architettura e rappresentazione digitale*. Venezia: Libreria Editrice Cafoscarina.

Sdegno, A. (a cura di). (2005). *Nuovi Corsi 2004. Didattica della Rappresentazione*. Quaderni IUAV. Padova: Il Poligrafo.

#### Autore

Gianluca Manna

Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, Università degli Studi della Campania

"Luigi Vanvitelli"

[gianluca.manna@unicampania.it](mailto:gianluca.manna@unicampania.it)





# Applicazioni museali di rilievo massivo e sperimentazioni sulla illuminazione in ambito fotogrammetrico

Sofia Menconero

*The main critical issues found in the process of massive photogrammetric acquisition in museums concern the lighting conditions of the scene. The light of the sculptural work exhibitions is mainly provided by spotlights and is designed with a scenographical function to bring out the three-dimensionality of the museum heritage. In the photogrammetric field, such lighting can lead to two types of problems: those related to shadows and those related to white balance if the subject is illuminated simultaneously by two sources at different colour temperature (for example a spotlight and a window).*

*This contribution reports the experimentation carried out on some statues of the National Archaeological Museum of Aquileia with particular attention to the critical issues concerning lighting and proposes solutions to overcome them.*

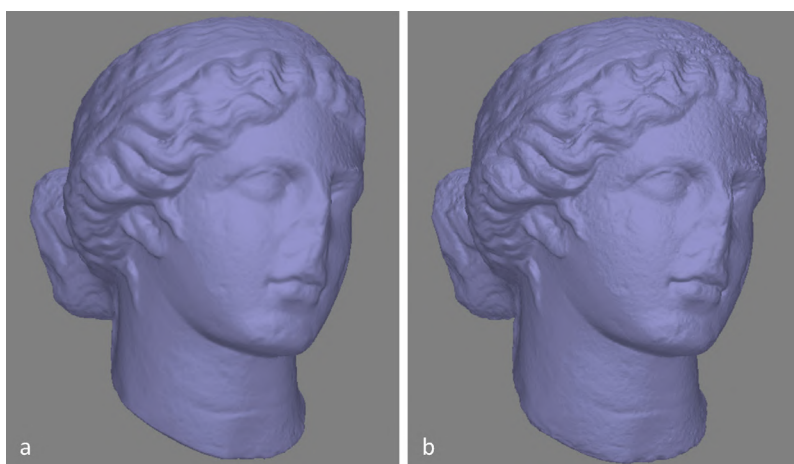


Fig. 1. Confronto tra le superfici poligonali della *Testa di Venere* ottenute dalle nuvole di punti alle quali è stato applicato il *depth filtering* aggressivo (a) e *mild* (b).



## Introduzione: obiettivi e casi studio

Il presente contributo riporta i risultati ottenuti nella campagna di rilievo massivo condotta presso il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia a settembre 2018, in occasione di una giornata di studi sul tema dell'accessibilità museale organizzata tra le attività della *Summer School UID 2018*. Obiettivo del seminario era quello di apprendere, sperimentare e perfezionare varie tecniche di acquisizione 3D non invasiva e di contribuire alla digitalizzazione delle opere scultoree conservate nel museo nell'ottica di riprodurle attraverso la tecnica di stampa 3D per l'allestimento di un percorso tattile fruibile da ciechi e ipovedenti. La tecnica di rilievo adottata è stata la fotogrammetria, la quale ha permesso in tempi brevi di ottenere modelli tridimensionali di sei reperti archeologici, uno dei quali è stato riprodotto in scala attraverso la stampa 3D FDM (*Fused Deposition Modeling*). Con l'occasione è stata condotta anche una sperimentazione in merito alle problematiche che riguardano l'illuminazione degli allestimenti museali in ambito fotogrammetrico.

I reperti archeologici indagati contano un torso maschile e cinque ritratti scultorei di divinità, scelti in base alla loro accessibilità per le riprese fotografiche. Il primo, *Opera maschile con cingulum*, copia romana del cosiddetto Diomede del tipo di Cuma-Monaco, è conservato nella terza sala al piano terra del museo. Si tratta di una scultura in marmo bianco rinvenuta nel 2003 durante lo scavo della piscina natatoria nell'area delle Grandi Terme di Aquileia. È una copia del II sec. d.C. di un bronzo greco e, in età tardoantica (IV sec. d.C.), fu rilavorata con la sostituzione della testa, testimoniata da una mortasa ed esposta nella galleria di opere d'arte delle terme pubbliche [Fales et al. 2003; Rebaudo 2005].

Dei cinque ritratti marmorei, conservati al primo piano del museo, sono state reperite scarse informazioni. Si tratta di due sculture con *Testa di Venere*, entrambe della prima metà del II sec. d.C., una *Testa di Apollo* dell'inizio del I sec. d.C., una *Testa di divinità maschile con corona d'alloro* e di una *Testa di Mercurio*, entrambe risalenti alla prima metà del II sec. d.C.

## Applicazioni di rilievo massivo: acquisizione, elaborazione, stampa 3D

La tecnica fotogrammetrica si adatta bene ai casi di rilievo massivo, ossia quando si ha la necessità di acquisire un elevato numero di oggetti in tempi brevi. In questa situazione il tempo a disposizione per le riprese fotografiche è stato di mezza giornata.

La strumentazione fotografica utilizzata è composta da una fotocamera reflex Canon EOS 500D con una lente zoom 18-55 mm, utilizzata sempre con lunghezza focale di 18 mm. Il numero di fotografie scattate per ogni statua si aggira sulle 50 foto per ognuna delle teste di divinità e circa 160 per il torso che aveva dimensioni maggiori.

Lo schema di ripresa che si è adottato consiste nell'eseguire tre giri di fotografie a 360° intorno all'oggetto, una foto ogni 15° circa, posizionando la fotocamera ad altezza diversa a ogni nuovo giro, in modo da avere una copertura fotografica totale ed evitare mancanze dovute a sottosquadri e zone d'ombra. Come riferimenti metrici sono state utilizzate le dimensioni delle basi dell'allestimento museale su cui erano poggiati i pezzi: 20 x 20 cm per i ritratti e 30 x 30 cm per il torso.

L'elaborazione dei dati è avvenuta nelle due giornate successive. Il software di fotogrammetria utilizzato è Agisoft Photoscan nella versione 1.2.6. L'allineamento dei fotogrammi è stato fatto con impostazione di qualità media per accelerare i tempi di processamento, ma avendo cura di verificare che l'errore di allineamento indicato dal software fosse di un valore appropriato rispetto alle dimensioni degli oggetti. L'errore medio massimo riscontrato è inferiore al millimetro, quindi del tutto accettabile.

Anche l'elaborazione della nuvola densa è stata eseguita con impostazione di qualità media, la quale ha permesso di ottenere buoni risultati in tempi ragionevoli (nuvole da quasi 2 milioni di punti per i cinque ritratti e da oltre 6 milioni di punti per il torso).

Per quanto riguarda il *depth filtering* da impostare, è stata fatta una sperimentazione con la prima *Testa di Venere* per verificare quale opzione tra *aggressive* e *mild* fosse più indicata in questa circostanza (fig. 1).

Quella "aggressiva" del filtro permette di ottenere superfici più lisce e meno soggette a rumore, a discapito di una leggera perdita di definizione dei dettagli. La versione "moderata", invece, mantiene al massimo il dettaglio ma preserva anche gli artifici dovuti al rumore nelle zone dell'oggetto che si suppongono lisce.

Poiché le condizioni di illuminazione, come approfondiremo successivamente, non erano particolarmente favorevoli, l'impostazione *aggressive* del *depth filtering* ha prodotto migliori risultati ed è stata utilizzata in tutte le altre elaborazioni.

Da ciascuna nuvola di punti è stata creata una superficie poligonale con l'opzione di ottenere il massimo numero di facce triangolari possibili. Questo ha permesso di ottenere modelli mesh di buona qualità: con un numero di poligoni che va dagli oltre 4 milioni delle teste ai quasi 14 milioni del torso. Tutte le texture sono state prodotte con dimensioni di 4096 x 4096 pixel.

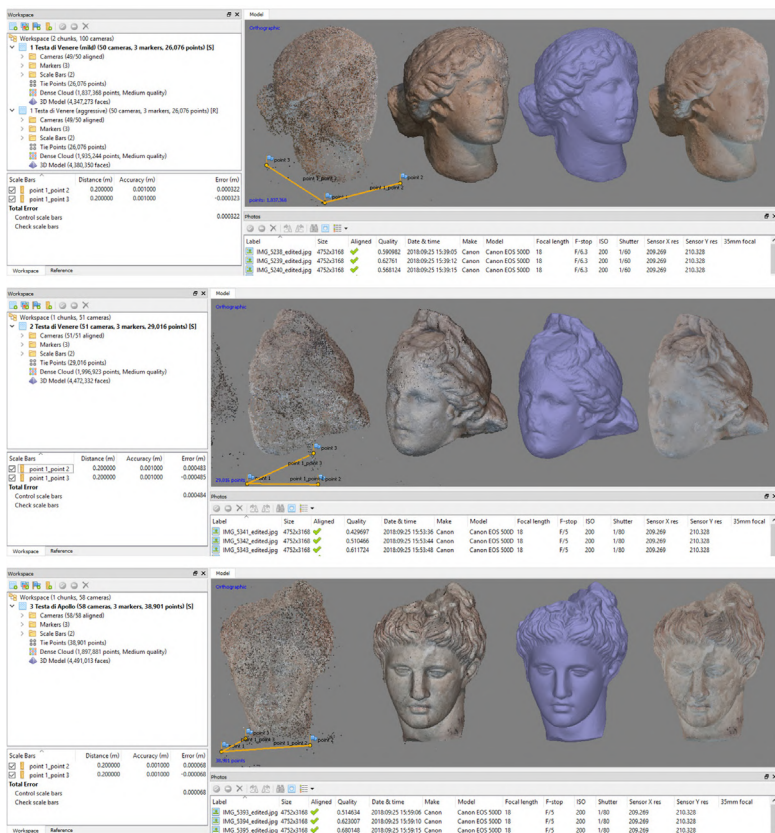


Fig. 2. Schema riassuntivo delle elaborazioni eseguite e dei risultati ottenuti (prima parte).

Nelle figure 2 e 3 è possibile verificare tutti i dati di elaborazione di ciascuna scultura: le impostazioni di scatto della macchina fotografica, il numero di fotografie, il numero di *tie points*, la dimensioni della nuvola densa e della mesh, la misura dell'errore di allineamento, e le visualizzazioni dei diversi passaggi (nuvola sparsa con *scalebar*, nuvola densa, superficie monocroma, superficie texturizzata).

Uno dei modelli 3D realizzati, la prima *Testa di Venere*, è stato ottimizzato per la stampa 3D. Il modello, che presentava un'apertura in corrispondenza della zona di appoggio sulla base dell'allestimento, è stato chiuso in Blender e, sempre all'interno dello stesso software, sono stati eseguiti una serie di comandi di verifica (volume chiuso, spigoli *manifold*, intersezioni apparenti, ecc.). La replica del reperto è stata prodotta, in scala ridotta, con una stampante 3D FDM e filamento in PLA (fig. 4).

## Illuminazione: criticità e sperimentazione

In ambito museale, particolare cura è dedicata alla illuminazione dell'allestimento. La luce viene studiata per valorizzare i reperti ma, spesso, i faretти utilizzati con scopo scenografico introducono criticità nel caso in cui quei reperti siano soggetti a fotogrammetria.

Le problematiche legate all'illuminazione museale sono di due tipi: quelle relative alle ombre e quelle relative al bilanciamento del bianco. Nel primo caso, l'uso di faretти (luce puntuale e direzionale), se da un lato drammatizza ed enfatizza la tridimensionalità dei volti delle statue, dall'altro lato produce delle ombre che saranno visibili nella texture del modello 3D e che, talvolta, possono anche interferire con la ricostruzione geometrica dell'oggetto.

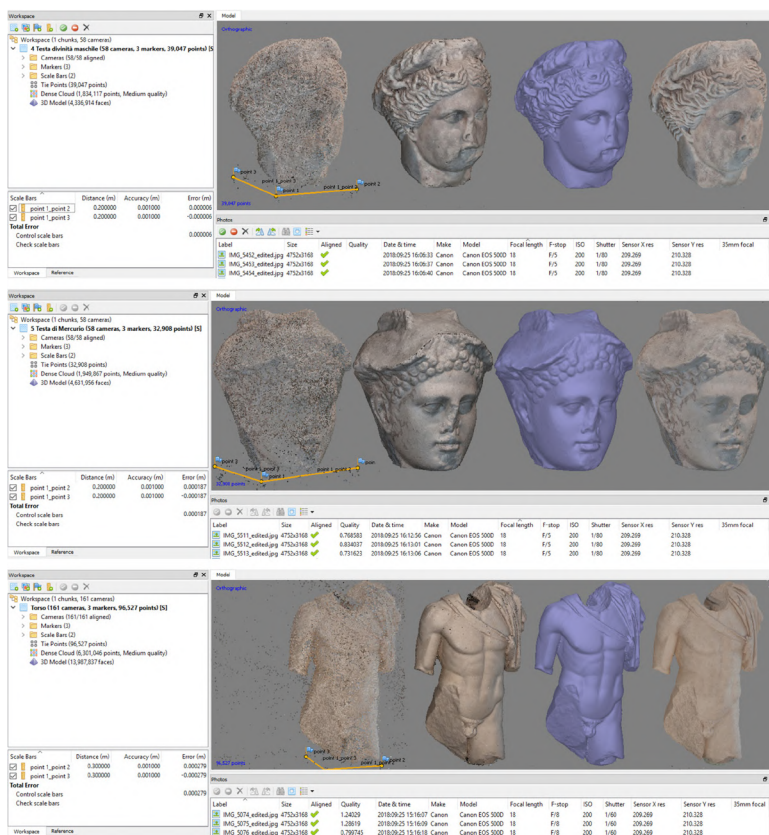


Fig. 3. Schema riassuntivo delle elaborazioni eseguite e dei risultati ottenuti (seconda parte).

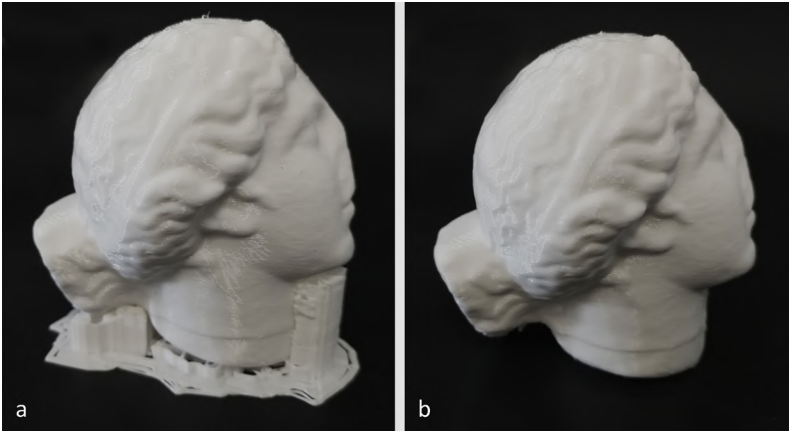


Fig. 4. Stampa 3D in PLA della *Testa di Venere*: modello con supporti di stampa (a) e modello pulito (b).

Il problema di avere una texture con ombre è noto in fotogrammetria, poiché la texture è ottenuta attraverso fotografie, per cui il modello 3D avrà i colori (e le ombre) che caratterizzavano l'illuminazione durante l'acquisizione.

Diversamente, nel campo della modellazione 3D i materiali e le texture assegnate ai modelli sono privi di ombre fino a quando non si decide la posizione dell'illuminazione e si esegue il *rendering*. È chiaro che in quest'ultimo caso c'è una maggiore libertà dettata dal fatto di non avere il vincolo di ombre già presenti nella texture. Nella fotogrammetria, questa problematica può essere ridotta, ma non del tutto eliminata, utilizzando un'illuminazione più diffusa possibile durante l'acquisizione fotografica. Questo permetterà, qualora si voglia utilizzare quel determinato modello 3D in un'ambientazione virtuale, di illuminare l'oggetto coerentemente con la scena in cui si trova.

Nei casi studio presentati, ombre nette e marcate erano presenti principalmente nei cinque ritratti. Per risolvere questo problema è stato sperimentato l'uso del flash per schiarire le ombre.

La prima *Testa di Venere* è stata fotografata sia con flash che senza, per verificare le differenze tra i modelli finali. I risultati ottenuti sono stati inaspettati poiché, nel set con flash, il modello 3D ha presentato numerosi problemi di rumore sulla superficie mentre, nel set senza flash, la morfologia del viso è migliore (figg. 5a-b). Le texture, al contrario, hanno confermato le aspettative, ovvero quella con flash presenta delle ombre lievi e ridotte, mentre quella senza flash presenta ombre nette e marcate (figg. 5b-c).

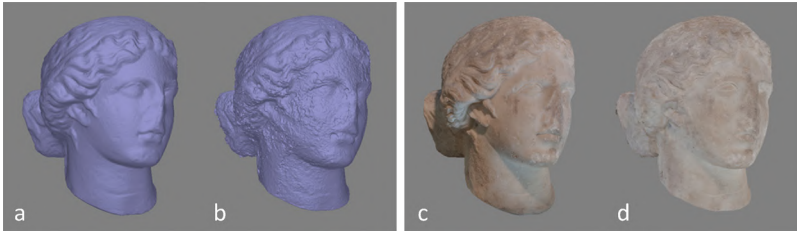


Fig. 5. Confronto tra i modelli 3D della *Testa di Venere* acquisiti con flash e senza: superficie poligonale senza flash (a), superficie poligonale con flash (b), texture senza flash (c), texture con flash (d).

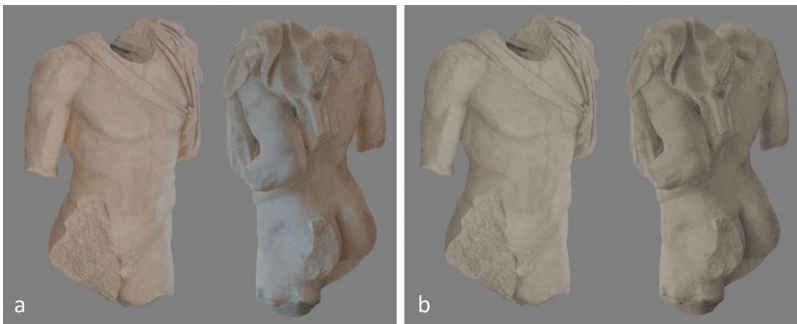


Fig. 6. Confronto tra le texture dell'*Opera maschile con cingulum*: texture originale in cui si evincono zone con temperatura colore diversa (a) e texture corretta con temperatura colore uniforme (b).

Per risolvere le criticità dei due modelli, si è deciso di applicare la texture con flash al modello poligonale proveniente dal set senza flash.

La seconda problematica in ambito fotogrammetrico legata all'illuminazione è il bilanciamento del bianco. La resa cromatica degli oggetti dipende dalla temperatura colore delle fonti che concorrono all'illuminazione. Il bilanciamento del bianco è una operazione di routine in ambito fotografico e non crea particolari problemi quando il tipo di luce è omogeneo.

Nei musei, talvolta, capita che alcuni reperti siano collocati vicino a finestre e contemporaneamente illuminati da faretti. Le due sorgenti luminose hanno temperature colore più o meno diverse a seconda dei casi. Il principale effetto di questa circostanza di disomogeneità si riscontra in quegli oggetti, come nel caso dell'*Opera maschile con cingulum*, che presentano una texture che vira verso colori caldi da un lato (quello illuminato dal faretto) e colori freddi dall'altro (quello illuminato dalla finestra).



In questa situazione non è stato possibile effettuare un bilanciamento del bianco che andasse bene per tutto il set fotografico, ma è stato possibile intervenire a posteriori, andando a correggere manualmente la texture e cercando di uniformare le zone calde e fredde (fig. 6).

## Conclusioni

Nel contesto dell'acquisizione fotogrammetrica massiva finalizzata alla costruzione di modelli 3D di documentazione del patrimonio museale, il contributo ha voluto approfondire il tema dell'illuminazione. Le criticità riscontrate durante la campagna al museo di Aquileia hanno riguardato il tema delle ombre e del bilanciamento del bianco. Per quanto riguarda il primo tema, la sperimentazione ha mostrato buoni risultati nell'utilizzare le superfici poligonali provenienti dall'elaborazione delle fotografie scattate senza flash, a causa di una maggiore qualità della superficie, e le texture provenienti dalle fotografie con flash, che mostravano ombre più chiare rispetto alle altre. Nel caso del bilanciamento del bianco, l'unica soluzione trovata per ottenere una texture uniforme nella temperatura colore è quella di correggere manualmente e localmente le parti di texture a predominanza di toni caldi o freddi, causate da multiple e diverse sorgenti di luce presenti al momento dell'acquisizione.

## Riferimenti bibliografici

Ballarin, M., Balletti, C., Vernier, P. (2018). Replicas in Cultural Heritage: 3D Printing and the Museum Experience. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2, pp. 55-62.

Fales, F.M., Maselli Scotti, F., Rubinich, M., Clementi, T., Magnani, S., Rebaudo, L., Saccocci, A., Sperti, L. (2003). Università di Udine. Aquileia. Scavi dell'edificio pubblico detto delle Grandi Terme. Campagne 2002-2003. In *Aquileia Nostra*, 74. Trieste: EUT, pp. 244-250.

Rebaudo, L. (2005). Sul torso del Diomede dalle Thermae Felices. In *Antichità Altoadiatiche*, LXI. Trieste: EUT, pp. 177-192.

## Autrice

Sofia Menconero

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Sapienza Università di Roma  
sofia.menconero@uniroma1.it

# Metodologie di rilievo speditivo per la documentazione e la prototipazione di due reperti archeologici al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia

Sandra Mikolajewska

*This paper focuses on the topic of photogrammetric survey for the documentation and prototyping of Cultural Heritage. The proposed methodology is experimented on two sculptures exhibited at the National Archaeological Museum of Aquileia, which differ in shape and size.*

*The methodology applied to the presented case studies has allowed to acquire a significant amount of information on archaeological artifacts in an extremely precise and, at the same time, expeditious way. The digital models produced may be used for different purposes: the study of the sculptures, their diffusion and valorization. The possibility to print one of the artifacts in 3D has also been validated. This operation opens unlimited opportunities in the field of the fruition of Cultural Heritage, both for educational and exhibition purposes.*

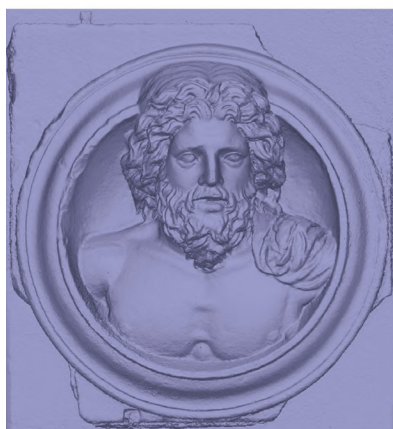


Fig. 1. Modelli digitali delle opere rilevate.



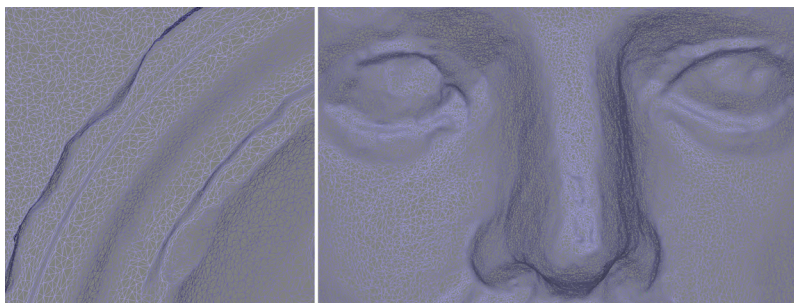


Fig. 2. Dettagli del modello mesh del *Medaglione*.

Il primo reperto analizzato, *Clipeo con il busto di Giove*, è un medaglione risalente alla prima metà del IV secolo d.C., proveniente dalla località di Marignane (Francia). La divinità romana, ben riconoscibile grazie alla folta barba, ai capelli lunghi e al torso nudo, è raffigurata all'interno del medaglione in marmo avente un diametro di un metro. La seconda opera rilevata è un vaso, originariamente parte del monumento funerario di un ammiraglio navale risalente alla fine del I secolo a.C., rinvenuto a Cavanzano negli anni Cinquanta del '900 insieme alla più nota statua del cosiddetto "Navarca".

A causa della particolare collocazione dei due reperti all'interno del museo, il rilievo fotogrammetrico ha richiesto un'attenta fase di progettazione. Nello specifico caso del *Medaglione*, il posizionamento dell'oggetto su una parete a un'altezza pari a circa 2 metri ha richiesto un *workflow* operativo basato sull'acquisizione di immagini attraverso 6 strisciate a quote diverse con asse ottico perpendicolare all'oggetto. Le fotografie sono state acquisite mantenendo una sovrapposizione tra i fotogrammi pari ad almeno il 60%, al fine di assicurare la corretta ricostruzione della morfologia del reperto. Volendo garantire un'adeguata qualità al modello digitale, particolare attenzione è stata dedicata alle zone dei capelli e della barba, caratterizzati da un elevato grado di dettaglio e geometrie complesse generate dalle consistenti variazioni di profondità. Con l'obiettivo di ridurre al minimo le zone di occlusione inevitabilmente prodotte in corrispondenza delle sottili rientranze, tali aree sono state maggiormente documentate scattando ulteriori fotogrammi seguendo uno schema semicircolare. Inoltre la posizione del reperto su una parete illuminata da luce naturale, proveniente da alcune finestre collocate lateralmente, ha condizionato inevitabilmente la qualità delle fotografie, dal momento che è stato impossibile ottenere immagini dell'oggetto prive di ombre.

Per quanto riguarda invece il *Vaso funerario*, alto complessivamente circa 70 cm e accessibile da tutti i lati, si è optato per le riprese sviluppate seguendo uno schema circolare su tre fasce: una dall'alto, una frontale all'oggetto e una dal basso. Al fine di garantire la completa ricostruzione delle maniche, caratterizzate da strette aperture passanti, sono stati necessari ulteriori fotogrammi di dettaglio. Analogamente a quanto detto per il *Clipeo*, anche in questo caso non è stato possibile creare condizioni di luce diffusa a causa delle aperture presenti all'interno della sala espositiva.

Per tutte le riprese fotografiche è stata utilizzata una fotocamera digitale da 24,2 megapixel Nikon D3300, con una focale pari a 18 mm (focale equivalente a 27 mm).

Tutti i fotogrammi acquisiti sono stati sottoposti preventivamente all'operazione di bilanciamento del bianco, in modo tale da ottenere un risultato migliore dal punto di vista cromatico.



Fig. 3. Ortofoto del Medaglione.



Fig. 4. Ortofoto del Vaso funerario.

Per la creazione dei modelli tridimensionali delle opere si è scelto di utilizzare il software Agisoft Photoscan Professional 1.2.0.

La prima operazione eseguita è consistita nel corretto orientamento delle immagini, a partire dal quale è stato possibile generare le nuvole di punti dei due reperti. Dalle ricostruzioni ottenute è stato necessario eliminare i punti non strettamente correlati all'oggetto di studio, come nel caso delle pareti di fondo. Alla fine delle operazioni di pulizia, dai 62 fotogrammi acquisiti per il *Medaglione* si è ottenuta una nuvola costituita da 10,5 mln di punti, mentre dalle 66 immagini del vaso si è generata una nuvola di punti inferiore, pari a 7,5 mln di punti.

A partire dalle nuvole prodotte, sono stati realizzati i modelli digitali dei due reperti seguendo due procedure differenti (fig. 1). Il modello mesh relativo al *Medaglione* è stato generato direttamente all'interno di Photoscan e ha visto la creazione di una superficie poligonale costituita da 15 mln di triangoli (file esportato in formato .obj, dimensione superiore a 1 GB). La superficie del *Vaso funerario* è invece stata realizzata utilizzando il software Geomagic Wrap 2017. Per fare ciò, la nuvola di punti ottenuta da Photoscan è stata esportata in formato .ply (generando un file di dimensioni pari a 130 MB). In seguito alla sua importazione in ambiente Geomagic, è stato possibile ricostruire il modello digitale del *Vaso* in un lasso di tempo molto più breve rispetto a quello richiesto da Photoscan per il *Medaglione*.

Successivamente entrambi i modelli 3D sono stati sottoposti a una serie di operazioni di ottimizzazione, volte principalmente alla correzione di eventuali autointersezioni, al riempimento di minute lacune e, soprattutto, all'alleggerimento dei file, al fine di facilitarne un'eventuale gestione in altri software. A tale proposito sono state effettuate operazioni di decimazione dei modelli variandone la consistenza in funzione del livello di dettaglio: si è quindi effettuata una decimazione maggiore in corrispondenza delle zone caratterizzate da un basso livello di curvatura (ad esempio il torso, la lastra contenente il clipeo e il basamento del vaso funerario), mentre si è mantenuto un elevato numero di triangoli nelle zone più complesse (fig. 2).

Al termine delle operazioni di ottimizzazione è stato possibile ottenere due modelli molto più leggeri in termini di dimensioni e, quindi, di successiva fruizione (*Medaglione*: 2 mln di triangoli, 150 MB di spazio occupato su disco; *Vaso*: 1 mln di triangoli, 110 MB).

Volendo ricostruire anche le informazioni colorimetriche dei due reperti, i modelli digitali sono stati importati nuovamente in ambiente Photoscan. Purtroppo le texture prodotte non hanno potuto fare a meno di registrare gli schemi di luci e ombre presenti al momento dell'acquisizione delle immagini, che si sarebbero potuti evitare solamente allestendo un adeguato set fotografico, basato su condizioni di illuminazione le più uniformi possibili.

Grazie ai riferimenti metrici acquisiti in loco è stato possibile scalare opportunamente i modelli generati. In seguito all'identificazione di 3 *marker* su tutte le immagini, sono state inserite le coordinate dei punti utilizzati come riferimenti per vincolare i modelli nello spazio, ottenendo in questo modo la copia virtuale dei reperti, in scala 1:1.

Infine, sono state prodotte le ortofoto delle opere con risoluzione pari a 300 dpi. Per il *Medaglione* si è utilizzato un piano di proiezione parallelo alla lastra, mentre per il *Vaso* sono stati utilizzati due piani paralleli alla faccia del basamento. Entrambe le ortofoto presentano una risoluzione radiometrica pari a 32 bit (figg. 3-4).

L'ultima fase dello studio ha riguardato la prototipazione del *Clipeo con il busto di Giove*. Dal momento che per poter realizzare un modello fisico a partire da un modello digitale quest'ultimo deve essere costituito da una mesh che chiuda l'intero volume dell'oggetto originale, sul modello del *Medaglione* è stato necessario svolgere alcune operazioni di postelaborazione e trattamento al fine di garantirne una corretta riproduzione.

Il modello digitale è stato quindi importato all'interno del software Rhinoceros 6.0 dove è stato possibile creare un piano di chiusura della lastra di marmo all'interno della quale il *Clipeo* si inserisce.



Fig. 5. Stampa 3D del *Clipeo*.

Per saldare il piano così realizzato alla superficie poligonale ottenuta attraverso procedimenti fotogrammetrici, sono state necessarie alcune operazioni di ottimizzazione nei punti di giunzione, volte alla corretta unione delle diverse superfici. Al termine di queste modifiche il modello è stato salvato in formato .stl e importato nel software di *slicing* (Cura 15.04.2) utilizzato dalla stampante Ultimaker 2+.

Per la realizzazione del prototipo fisico del reperto, costituito da diversi strati con uno spessore pari a 0,1 mm, è stato scelto come materiale il PLA (acido polilattico) di colore bianco. L'operazione di stampa del *Clipeo* in scala 1:20 ha richiesto circa 20 minuti ed è stata eseguita con densità di riempimento del 20%, temperatura pari a 195°C e velocità di 20 mm/s per il primo strato e 40 mm/s per gli strati successivi.

La stampa realizzata rappresenta una vera e propria replica dell'opera, con un peso complessivo di 5,80 g (fig. 5).

La metodologia applicata ai casi studio presentati ha permesso di acquisire una grande mole di informazioni metriche e tematiche dei reperti archeologici presenti all'interno del museo in maniera estremamente precisa e, allo stesso tempo, speditiva. I modelli riprodotti tramite il rilievo fotogrammetrico non solo rappresentano materiale utile allo studio delle opere, alla loro divulgazione e alla valorizzazione ma, soprattutto, documentano lo stato dei manufatti nello specifico momento dell'indagine, conservandone in questo modo la memoria a beneficio di future generazioni.

Infine, attraverso la prototipazione del modello, seppur in scala minore, è stata validata la possibilità di riproduzione dei reperti. Tale operazione apre opportunità apparentemente illimitate nel campo della fruizione dei beni culturali, sia per scopi didattici, che per finalità espositive.

### Riferimenti bibliografici

Dall'Asta, E., Bruno, N., Bigliardi, G., Roncella, R., Zerbi, A. (2016). Photogrammetric Techniques for Promotion of Archaeological Heritage: The Archaeological Museum of Parma (Italy). In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-B5, pp. 243-250.

Frasconi, A., Giraudeau, S., Verdiani, G. (2017). The Halicarnassus Mausoleum, a Digital Rereading. Step 1: The Statues at the British Museum. In *22nd International Conference on Cultural Heritage and New Technologies*. Wien, Austria.

Mikolajewska, S., Zerbi, A. (2019). From survey to model, and return. The case of the Parma Baptistery. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W9, pp. 801-808.

Marziali, S. (2016). Obiettività nella fotografia dei beni culturali. Una riflessione sulla fotogrammetria SfM. In Jasink, A.M., Dionisio, G. (a cura di). *MUSINT 2. Nuove esperienze di ricerca e didattica nella museologia interattiva*. Firenze: Firenze University Press, pp. 27-34.

Perozzo, P., Zanollo, E. (2018). "Fruire il non fruibile" La fruizione digitale del patrimonio culturale non visibile nelle sale dei musei e l'anastilosi digitale. In *Archeomatica*, n. 4, pp. 12-16.

### Autrice

Sandra Mikolajewska

Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Parma  
sandra.mikolajewska@studenti.unipr.it\*

\*Ora sandra.mikolajewska@unipr.it





# Un'esperienza di rilievo non invasiva

## Fotomodellazione del *Plinto di Giove Ammone*

Carla Mottola

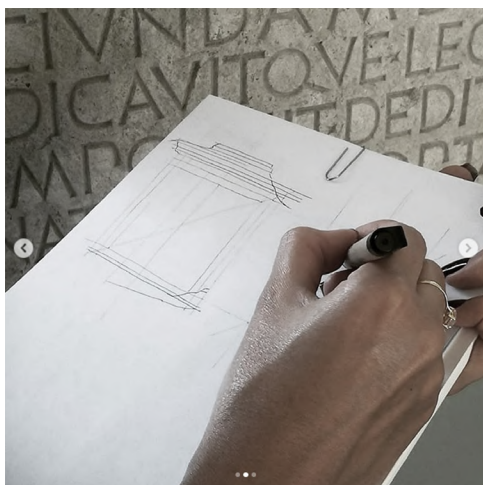
*The archaeological asset "Plinth with Jupiter Ammon", dating back to the first century AD, is located in the fourth room on the ground floor of the National Archaeological Museum of Aquileia. It is characterized by the compactness of limestone as well as by the particular representation in high relief of Jupiter Ammon with ram's horns, symbol linked to Amon-Ra, the Egyptian god.*

*The original location of the plinth was in the Roman forum of the city of Aquileia. Specifically, this archaeological asset was located in the attic of the Portico di Levante and di Ponente, which overlooked the Roman forum.*

*Above the marble entablature, the colonnade of the Portico was adorned by the succession of plinths with effigies of Jupiter Ammon and Medusa separated by pairs of cupids with garlands.*



Fig. 1. Ricostruzione grafica del Portico e foto del sito archeologico.



**museoarchoaquilaia** • Segui  
Museo Archeologico Nazionale di Aquileia

museoarchoaquilaia 📐📏✍️ Esercizi di rilievo oggi al #museoarchoaquilaia... per un'importante #summerschool dedicata all'accessibilità museale! #drawing @loudlab\_3d #rilievo #architettura #rilievo3d #manoncifermiamomai #museoarchoaquilaia #museitaliani #disegnoamano #disegnoamanolibera #disegnoamatita #ifelonglearning #ilmuseocomeunaula #disegnare



Piace a 85 persone

25 SETTEMBRE 2018

Accedi per mettere "Mi piace" o commentare.

Fig. 2. Post Instagram, disegno dal vero *Plinto di Giove Ammone* pubblicato durante la UID Summer School.

Il bene archeologico *Plinto di Giove Ammone / Plinth with Jupiter Ammon*, risalente al I sec. d.C., è collocato nella quarta sala al piano terra del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia. È connotato dalla matericità e compattezza calcarea nonché dalla particolare raffigurazione in altorilievo del volto di Giove Ammone con le corna d'ariete, elemento simbolico legato al dio egizio Amon-Ra. L'originaria collocazione del plinto era nel foro romano della città di Aquileia.

Nello specifico tale reperto archeologico era collocato nell'attico del Portico di Levante e di Ponente che prospettava sul piazzale romano. Il colonnato del Portico era adornato, al di sopra della trabeazione marmorea, dalla successione alternata di plinti con effigi di *Giove Ammone* e *Medusa* separati da coppie di amorini reggenti ghirlande di fiori e frutti (fig. 1). L'alternanza di effigi delle due divinità simboleggiava il potere dell'Impero Romano sia in Oriente che in Occidente. Difatti, *Medusa* raffigurava la regione d'Occidente e *Giove Ammone* quella d'Oriente.

L'acquisizione non invasiva dei dati metrici e materici, al fine di realizzare la fotomodellazione e prototipazione in stampa 3D del reperto archeologico esaminato, è stata effettuata con metodologia di rilievo strumentale indiretto fotogrammetrico. La tecnica di *image-based technologies* (fotogrammetria e fotomodellazione) consente di rilevare senza il contatto diretto permettendo all'operatore di acquisire i dati necessari attraverso strumenti ottici e informatici. Dall'acquisizione, dall'analisi ed elaborazione dei dati si ricava la rappresentazione del modello tridimensionale virtuale e fisico.

Il rilievo fotogrammetrico è stato preceduto dall'acquisizione di nozioni morfologiche e configurative del bene archeologico mediante il tracciamento dell'eidotipo *in situ* a china su foglio di carta (fig. 2). Il disegno dal vero permette di indagare, fin dalla prima fase di studio dell'opera, con un chiaro approccio teorico e scientifico di carattere disciplinare. La rappresentazione al tratto consente, infatti, la prima conoscenza critica della configurazione geometrica e materica.

Non è da sottovalutare quanto, nelle fasi successive, l'acquisizione dell'“immagine colta” [1] sia fondamentale e quanto tale conoscenza possa condurre a un ottimo risultato soprattutto per quanto concerne la pianificazione della campionatura fotografica. La validità del modello tridimensionale è direttamente proporzionale alla qualità delle foto che si ottengono dal set fotografico, la cui efficacia documentativa è strettamente legata alla progettazione delle modalità con cui si intende procedere per la campionatura.

Prima di avviare la procedura di acquisizione delle immagini, con macchina fotografica reflex Canon EOS 1200D, si è provveduto al bilanciamento del colore bianco (WB) per la modalità di scatto manuale.

Fotografando un foglio bianco parallelo al prospetto del reperto e seguiti i suddetti passaggi nelle impostazioni, la macchina fotografica calibra i colori in base alla luce che illumina il reperto. Tale passaggio è fondamentale al fine di ottenere la scala cromatica più fedele all'originale. D'altra parte, la qualità delle immagini dipende da una sinergia di parametri: diagramma, velocità e ISO.

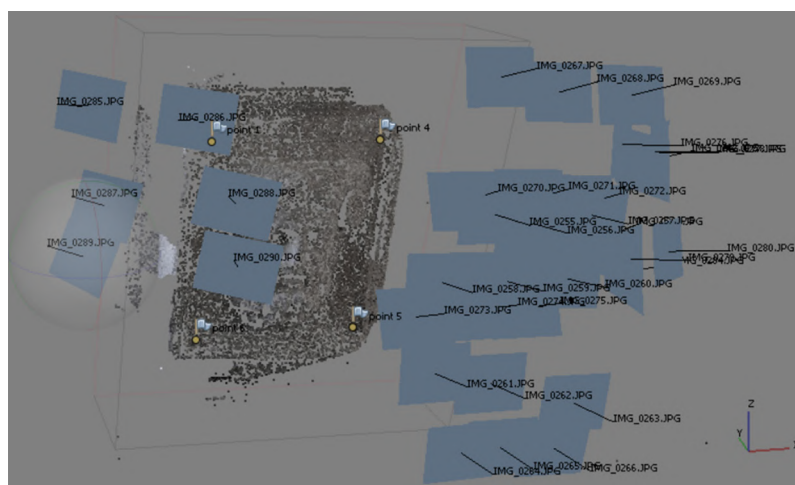


Fig. 3. Screenshot, nuvola dei punti con markers applicati in seguito all'allineamento in Agisoft Photoscan.

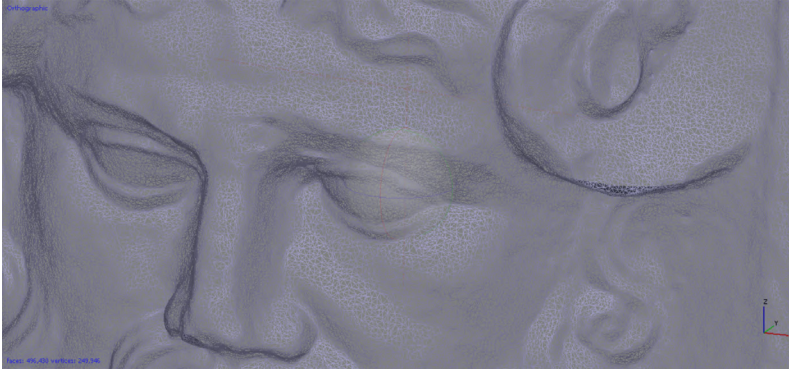


Fig. 4. Screenshot, dettaglio mesh.

Il settaggio è indispensabile affinché non si ottengano foto sopraesposte e/o sottoesposte. In entrambi i casi, le foto risultano parzialmente utilizzabili per l'acquisizione della nuvola dei punti (*sparse cloud*), poiché le zone in condizioni di troppa ombra o di luce difficilmente vengono lette dal software.

Nel caso di *Giove Ammone* si è tenuta ben presente la collocazione e la vicinanza alla fonte di luce naturale. Difatti, si è proceduto all'acquisizione fotografica quando il sole irradiava il reperto con luce diffusa e non diretta. Per tali condizioni di luce, si è impostata la reflex manualmente con diaframma a 5,6 e a 8, a una velocità di 1/60 di secondo e con ISO 400. Inoltre, si è preferito impostare il .raw come formato dell'immagine in quanto, non essendo un file compresso, è quello che fra tutti meglio mantiene la qualità nella postproduzione. La quantità delle foto è commisurata alla grandezza dell'oggetto. Le foto sono state scattate secondo una griglia astratta.

È stata eseguita una tassellazione dell'intero reperto archeologico con foto-tassello aventi fra il 20% e il 30% di pixel in comune. Data la configurazione, paragonabile a un parallelepipedo, per l'acquisizione delle immagini si è reso necessario scattare *in primis* foto con ripresa ortogonale e parallela; *in secundis* foto con l'obiettivo inclinato a 45° sia dal basso verso l'alto che dall'alto verso il basso rispetto al piano di ciascun prospetto del bene archeologico. In tal modo si è dato seguito al lavoro di acquisizione del dato fotografico del prospetto principale del *Plinto*, ovvero quello con il volto di Giove Ammone che si è rivelata la parte più delicata dell'esercitazione. Nella posizione in cui è collocata l'opera, disposta in un angolo della sala museale e rialzata di un metro circa dal pavimento grazie a un basamento, non tutte le facce del reperto sono

visibili. In effetti, è stato rilevato il prospetto principale e parti del prospetto orientale. Mentre i prospetti non rilevabili sono quelli addossati alle pareti a incastro nell'angolo della sala museale, la base è appoggiata sulla struttura in ferro e il prospetto opposto a essa.

Durante la campionatura fotografica si sono tenuti ben presenti i fattori influenti sul risultato: posizione, angolazione dell'asse focale, qualità, quantità, condizioni di illuminazione e caratteristiche materiche. Queste ultime non hanno rappresentato un problema poiché la pietra calcarea in questione è grigia e opaca.

Concluso il set fotografico, si è proceduto con la postproduzione attraverso software per il miglioramento della luminosità/contrasto e della nitidezza delle immagini. È risaputo che con una luminosità più elevata si ottiene una buona lettura dei pixel, quindi si è tenuta la luminosità con valori alti ma senza scialbare il risultato. Tale regolazione è stata effettuata a partire dalla foto più luminosa e poi sulle altre attraverso la sincronizzazione dei parametri.

Giunti a questo punto, per processare i dati fotografici è stato utilizzato il software Agisoft Phoscan Professional Edition (Version 1.2.4 Build). Per la fotomodellazione del *Plinto di Giove Ammone* sono state necessarie 6 fasi di calcolo.

La prima fase di generazione del modello ha riguardato l'allineamento fotografico con il valore di *accuracy* impostato su *highest*. Considerata la quantità di foto, a disposizione al fine di ottenere un buon risultato, almeno per la parte rilevabile, si è optato per una qualità alta di calcolo

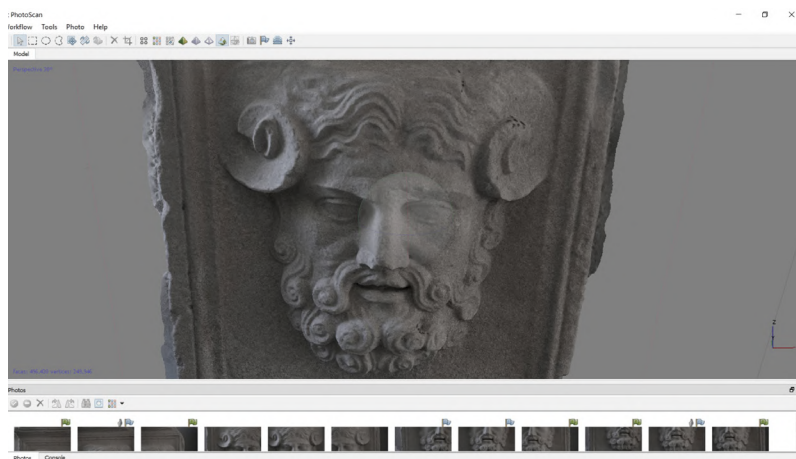


Fig. 5. Screenshot, modello tridimensionale texturizzato.

e con tempi di elaborazione lunghi. Anche per le altre fasi di generazione del modello si è deciso di impostare il calcolo con tempi lunghi di elaborazione.

Ottenuta la *sparse cloud* è stato scalato il modello, in scala reale, inserendo i *markers* (fig. 3), ovvero punti del reperto rilevato con coordinate note grazie alla misurazione effettuata con metodo diretto durante la prima fase di rilievo. Inoltre, *in fieri* di fotomodellazione si è eseguita un'operazione di pulitura della *cloud* dai punti non appartenenti e ricadenti all'esterno del *Plinto*.

L'iter di processazione dei dati ha trasformato la *sparse cloud* in *dense cloud building*, in *mesh building* (fig. 4) e in *texture building* (fig. 5).

Per la realizzazione prototipale, si è reso necessario chiudere i buchi della *mesh building* esportando la superficie in software di correzione e di modellazione tridimensionale, come MeshLab e 3dsMax. Salvato il modello tridimensionale, in formato .obj, è stato importato e scalato (scala 1:50) nel software Cura per la stampa 3D.

La stampante utilizzata è la Delta WASP 20x40 che ha impiegato pochi minuti per l'estrusione del modello. La temperatura raggiunta durante l'estrusione è stata di 210°C per la bioplastica PLA e di 55°C per il piano di stampa.

In conclusione, la difficile fruibilità a tutto tondo del *Plinto* ha inciso sul risultato della fotomodellazione. Il modello tridimensionale, digitale e stampato, è fedele al prospetto contenente l'effigie di *Giove Ammone*, mentre per gli altri prospetti la modellazione tridimensionale non è coerente allo stato di fatto.

Un nuovo progetto di interni e/o di allestimento della quarta sala al piano terra del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia rappresenterebbe l'occasione per compiere un rilievo completo. Si potrebbe eseguire un'intera fotomodellazione aprendo scenari futuri per la fruibilità del bene analizzato.

La configurazione morfologica e materica dell'effigie di *Giove Ammone* si presta all'esperienza della rappresentazione tattile per ipovedenti e non vedenti. Oltremodo, s'incrementerebbe la diffusione del patrimonio archeologico in direzione di un turismo accessibile fino alla conoscenza della spazialità del foro romano e del Portico di Levante e di Ponente di cui il *Plinto di Giove Ammone* adornava il coronamento.

## Note

[1] Docci, Gaiani, Maestri 2017, cap. IV, p. 75.

## Riferimenti bibliografici

Amoruso, G., Sdegno, A. (2013). Le prospettive nel Sacro Monte di Ossuccio. Il rilievo strumentale con il laser scanner 3D e note sul trattamento dei dati analitici / "Perspective" in the Sacro Monte di Ossuccio. The instrumental survey with 3D laser scanner and notes on the treatment of analytical data. In Conte, A., Filippa, M. (a cura di). *Patrimoni e Siti UNESCO. Memoria, misura e armonia*. Atti del 35° Convegno internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione. Roma: Gangemi Editore, pp. 31-37.

Casari, P. (2004). Iuppiter Ammon e Medusa nell'Adriatico nordorientale. Simbologia imperiale nella decorazione architettonica forense. In *Studi e ricerche sulla Gallia Cisalpina*, 18. Roma: Edizioni Quasar.

Docci, M., Gaiani, M., Maestri, D. (2017) *Scienza del disegno*. Seconda Edizione. Torino: Città Studi Edizioni.

Foschi, R. (2015). *La fotomodellazione per il rilievo architettonico: metodologie, potenzialità e criticità*. <[www.researchgate.net/publication/312153728](http://www.researchgate.net/publication/312153728)>

Museo Archeologico Nazionale di Aquileia. <[www.museoarcheologicoaquileia.beniculturali.it](http://www.museoarcheologicoaquileia.beniculturali.it)>

StudentiUniFe, Il complesso paleocristiano delle Basilica di Aquileia. <<https://ita.calameo.com/read/004321166769757bf64a0>>

## Autrice

Carla Mottola

Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, Università degli Studi della Campania  
"Luigi Vanvitelli"

[carla.mottola@unicampania.it](mailto:carla.mottola@unicampania.it)





# Digitalizzazione del patrimonio archeologico attraverso acquisizioni *image-based*

*Urna con banchetto e Bassorilievo del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia*

Margherita Pulcrano

*The paper reports an application research experience conducted during the PhD Summer School and based on the image-based survey techniques for the digital restitution of archaeological artifacts, preserved at the National Archaeological Museum of Aquileia. The settings of the camera used for the acquisition of the photographic dataset, the editing operations that involved it and the image processes in SfM software have been studied with particular attention for coherent returns with the real data, identifying an adequate and responsive workflow. The objectives of reproduction with three-dimensional printing techniques, on the other hand, have guided the post-processing of the point cloud, so that the PLA replicas were representative of the minute details that characterize the real artifacts.*

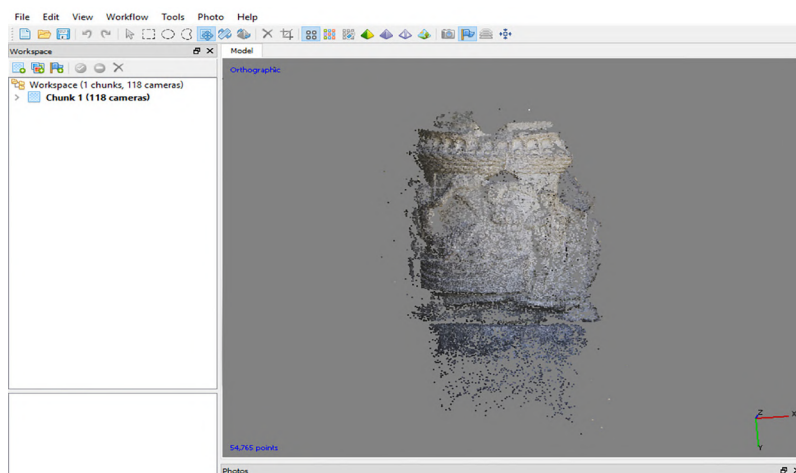


Fig. 1. Nuvola rada dell'Urna elaborata nel software Agisoft Photoscan.



L'acquisizione attraverso tecnologie *reality-based* di dati inerenti al patrimonio culturale, dalla scala architettonica e urbana a oggetti di dimensioni notevolmente inferiori – come nel caso di reperti archeologici – è prassi ormai consolidata. Sebbene tali tecnologie non possono più essere considerate innovative, data l'ampia diffusione – anche in contesti diversi dal culturale – la loro applicazione è ancora, oggigiorno, oggetto di studi e ricerche, soprattutto in riferimento ai processi di elaborazione e validazione del dato acquisito, oltre che allo sviluppo di sensori più performanti e macchine più semplici da manovrare. Inoltre, l'elevata accuratezza metrica e visiva del modello virtuale tridimensionale, congiunta alle innovazioni tecnologiche nel campo della comunicazione, offre spunti di riflessione interessanti sulle modalità di fruizione alternativa del dato acquisito [Clini *et al.* 2018; Manfredini, Garagnani 2011].

In tale ottica, la sperimentazione condotta durante la *PhD Summer School* – tenutasi presso il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia e il Polo Universitario di Gorizia dal 24 al 28 settembre 2018 – si è incentrata sulla virtualizzazione di alcuni reperti conservati nel Museo di Aquileia. In particolare, attraverso l'applicazione di tecniche di fotogrammetria digitale automatizzata [Russo *et al.* 2011] sono stati ricostruiti, secondo diverse modalità e parametri di elaborazione, un'urna e un bassorilievo raffiguranti scene legate ad attività quotidiane.

Le opere, collocate al piano terra dell'edificio, sono incluse nella raccolta destinata al racconto della storia della città di Aquileia e del suo territorio. Per entrambi i reperti, l'acquisizione del set fotografico è avvenuta con la Canon EOS 600D, una camera reflex digitale da 18 megapixel con obiettivo da 18-55 mm. Le immagini sono state registrate nel doppio formato (.jpg e .raw) così da mantenere la possibilità di correggere eventuali errori di esposizione in software di *editing* prima di effettuare il processamento fotogrammetrico. Tale scelta è stata valutata, in particolar modo, rispetto alle condizioni di illuminazione della scena – naturale per l'urna e artificiale, ma non diretta, per il bassorilievo – e alle diverse ombre che si generano sulle opere. Nell'acquisizione dei *frame* si è scelto di integrare scatti ad assi paralleli con scatti ad assi convergenti, mantenendo una sovrapposizione media dell'80%, per consentire al software *SfM* di leggere correttamente le molteplici profondità delle scene illustrate.

Il processo di elaborazione del dato fotografico è stato effettuato e gestito nel software Agisoft PhotoScan, replicando i tradizionali *workflow* che, a partire dall'individuazione dei punti omologhi – o *tie points* –, ricollocano nella scena virtuale le immagini, così come sono state scattate nella realtà replicando posizione e orientamento della camera,



Fig. 2. Parte del set fotografico e modello poligonale texturizzato dell'Urna.

e costruendo la nuvola di punti sparsa. Questo primo dato tridimensionale, come è ben noto, è il riferimento per il successivo infittimento, per la costruzione del modello poligonale e per la texturizzazione. Tutto il processo è gestito in modalità automatizzata attraverso specifici algoritmi di calcolo (*bundle-block adjustment*, *dense image matching*, ecc.); all'operatore, invece, è legata la scelta dei parametri qualitativi delle diverse fasi di elaborazione, che influiranno sul risultato finale. Al termine delle elaborazioni, il modello tridimensionale è stato correttamente messo in scala grazie a misure di riferimento prelevate in fase di acquisizione.

### Il rilievo *image-based* dell'Urna

Collocata su un piedistallo rotante, l'urna in pietra calcarea presenta diverse figure umane ritratte in atteggiamenti legati all'attività del banchetto: c'è, ad esempio, una figura che suona uno strumento a fiato, una sdraiata e un'altra che serve del cibo. Datata tra il I secolo a.C. e il I secolo d.C., non si conosce il luogo di provenienza e attualmente presenta parti mancanti piuttosto consistenti.

La posizione nella sala (nell'angolo in corrispondenza di una finestra) determina condizioni di illuminazione diverse sull'opera, soprattutto in riferimento alla parte rivolta verso la finestra, che risulta sovraesposta – nelle ore di pieno sole – o sottoesposta rispetto al resto. Al fine di ottenere un'omogeneità nell'esposizione durante le acquisizioni fotografiche e valutando le possibilità di movimento intorno all'*Urna*, si è scelto di definire una porzione su cui focalizzare l'attenzione ed effettuare la sperimentazione.

Dal set fotografico (circa 130 scatti totali), prima di importare e processare le immagini, sono stati eliminati i pochi *frame* con sfocature evidenti o bruschi cambiamenti di luce. Il *dataset* è stato, quindi, elaborato variando le impostazioni dei parametri nei diversi processi. Nello specifico, per la prima fase di allineamento si è scelta una qualità alta per l'elaborazione, ottenendo, in tal modo, una nuvola di punti rada molto definita, costituita da 54.765 *tie points*, nonostante l'assenza di punti noti di riferimento apposti nella scena o collocati manualmente in ambiente digitale (fig. 1).

Il risultato del processo consente già di individuare distintamente le diverse parti ed elementi che compongono la scena; per cui si è scelto di mantenere una qualità media per le altre fasi di elaborazione. La nuvola di punti densa ha restituito 5.908.228 punti, mentre la mesh 393.881 superfici triangolari e un risultato soddisfacente dal punto di vista della morbidezza del modello poligonale.

Per la texturizzazione, infine, il processo è stato avviato inserendo la correzione automatica del colore per omogeneizzare visivamente il risultato finale (fig. 2).

## Il rilievo *image-based* del *Bassorilievo*

La lastra in marmo con bassorilievi, corredata da iscrizioni latine, è di forma rettangolare (circa 75x35 cm) e proviene dalla casa-museo dell'archeologo G.D. Bertoli. Figure umane e cavalli adornano la lastra e anche in questo caso sono chiaramente percepibili parti mancanti.

L'acquisizione del set fotografico e l'elaborazione in Agisoft Photoscan del *Bassorilievo* hanno seguito procedure pressoché analoghe a quelle eseguite per il rilievo dell'*Urna*. Nello specifico, nel *dataset* dei fotogrammi da elaborare (55 in totale) sono state inserite alcune immagini d'insieme al fine di agevolare l'individuazione dei *tie points* e la ricollocazione dei *frame* nello spazio digitale – espediente che non si è potuto applicare all'*Urna* data la forma circolare –. La collocazione del *Bassorilievo*, su una parete non direttamente illuminata, ha reso neces-

saria la pre-elaborazione delle immagini nel software di *editing* Adobe Photoshop, per correggere e migliorare l'intensità del colore registrata (fig. 3). Ciò è stato possibile ricorrendo al formato *.raw* memorizzato durante le acquisizioni fotografiche, che, come è noto, è un formato non elaborato e, per tale motivo, consente di editare le diverse informazioni inerenti allo scatto (ad esempio l'intensità luminosa o la componente cromatica).

In Agisoft Photoscan sono stati eseguiti diversi processamenti, variando i parametri di impostazione, per valutare il risultato finale in riferimento a livelli medi e alti di elaborazione (fig. 4). Fa eccezione la fase di allineamento per la quale si è scelto di mantenere un livello qualitativo alto che ha prodotto una nuvola rada di 49.743 *tie points*. Considerando un *range* di valori, che varia da elaborazioni effettuate tutte a livello medio ed elaborazioni tutte a livello alto, la nuvola densa risulta costituita da 4,5 – 15,3 milioni di punti, mentre la mesh varia da 300 mila a 3 milioni di superfici triangolari.



Fig. 3. Immagine originale e immagine migliorata con la tecnica del bilanciamento del bianco.



Fig. 4. Elaborazione del set fotografico del Bassorilievo: qualità alta per tutte le fasi di elaborazione.

Nella fase di texturizzazione del modello poligonale sono state escluse dal processamento le immagini generali che, presentando una risoluzione inferiore agli altri *frame*, avrebbero potuto alterare visivamente il risultato finale. In generale, però, le diverse elaborazioni effettuate mostrano risultati soddisfacenti (fig. 5).

## Conclusioni

I dati elaborati durante la PhD *Summer School*, oltre a fornire una rappresentazione digitale dei reperti archeologici, sono diventati il supporto per la creazione di copie del modello reale in scala ridotta, ottenute attraverso stampanti 3D con filamento in PLA. Sebbene per alcune elaborazioni sia stato necessario ridurre il numero dei poligoni costituenti la mesh (si è definito un valore massimo di 2.000.000 di poligoni), l'elevata qualità ottenuta ha permesso di ottenere buoni risultati anche in seguito alla decimazione. Attraverso l'esportazione in .stl e software dedicati, sono state gestite le impostazioni e la stampa del modello tridimensionale.

La costruzione di modelli che replicano il reale, per fini conoscitivi e divulgativi attraverso sistemi alternativi, è un tema di particolare interesse per chi opera nel settore del patrimonio culturale. Le tecnologie di acquisizione *reality-based*, con la costruzione di modelli tridimensionali digitali, forniscono un supporto idoneo a tale obiettivo. La nuvola di punti – o la sua rielaborazione – diventa infatti il dato intorno al quale costruire, ad esempio, visite in AR o VR, proiezioni di *video mapping*, stampe tridimensionali utili per conoscere luoghi e opere inaccessibili.

	sparse cloud <b>TIE POINTS</b>	dense cloud <b>POINTS</b>	mesh <b>SURFACE</b>	<b>TEXTURE</b>
<b>SETTINGS</b>	key point limit: 40.000 tie point limit: 4.000	depth filtering: aggressive	surface type: arbitrary source data: dense cloud	mapping mode: generic blending mode: mosaic color correction
<b>URNA</b> <b>118 FRAME</b>	54.765 accuracy: high	5.908.228 quality: medium	393.881 face count: medium	
<b>BASSORILIEVO</b> <b>55 FRAME</b>	49.743 accuracy: high	4.476.360 quality: medium	300.050 face count: medium	
		4.476.360 quality: medium	895.525 face count: high	
		15.231.001 quality: high	1.015.393 face count: medium	
		15.231.001 quality: high	3.059.407 face count: high	

Fig. 5. Sintesi dei dati di elaborazione dei reperti nelle diverse fasi del processamento fotogrammetrico.

### Riferimenti bibliografici

Clini, P., Buroni, P., Ruggeri, L., Angeloni, R. (2018). Pseudo olografia per la fruizione interattiva dei beni culturali. Le formelle di Francesco Di Giorgio Martini a Palazzo Ducale di Urbino. In Salerno, R. (a cura di). *Rappresentazione/Materiale/Immateriale - Drawing As (In)Tangible Representation*. Roma: Gangemi Editore, pp. 1059-1066.

Manferdini, A. M., Garagnani, S. (2011). Fruizione digitale di reperti archeologici. L'esperienza del Museo Civico Archeologico di Bologna / Digital fruition of archaeological finds. The experience at the Archaeological Museum of Bologna. In *DisegnareCon*, dicembre 2011, pp. 80-89.

Russo, M., Remondino, F., Guidi, G. (2011). Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico. In *Archeologia e Calcolatori*, vol. 22, pp. 169-198.

### Autrice

*Margherita Pulcrano*

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli "Federico II"  
margherita.pulcrano@unina.it





# Acquisizione e prototipazione per la rappresentazione aptica inclusiva

Sperimentazioni al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia

Veronica Riavis

*The work is a result of the Summer School promoted by the Unione Italiana per il Disegno (UID) entitled “Survey of cultural heritage and inclusive representation for museum accessibility”, held at the National Archaeological Museum of Aquileia (UD) and at the University Pole of Gorizia (24-28 September 2018).*

*The aim was to create for blind and visually impaired people tactile copies of archaeological finds through the integration of new acquisition technologies and rapid prototyping techniques (FDM).*



Figg. 1.-2. A sinistra: Metopa con nave oneraria (II-III sec. d.C.), Museo Archeologico Nazionale di Aquileia; a destra: eidotipo del bassorilievo realizzato dall'autrice in grafite, acquerello e penna a inchiostro.



## Il caso studio: *Metopa con nave oneraria* (II-III sec. d.C.)

Il caso studio identificato per il processo di digitalizzazione e stampa tridimensionale ha riguardato l'opera conosciuta come *Metopa con nave oneraria* (fig. 1), esposta al primo piano del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia. Il reperto, realizzato con la tecnica del bassorilievo, rappresenta un veliero stilizzato.

L'esercitazione svolta ha visto l'impiego integrato di software fotogrammetrici di *Image Based Modeling*, di modellazione avanzata e di gestione dei modelli finalizzati alla stampa a deposizione di filamento fuso (FFF, *Fused Filament Fabrication* o FDM, *Fused Deposition Modeling*). Realizzato in pietra calcarea e risalente al II-III sec. d.C., il reperto in origine decorava un monumento funerario.

Il bassorilievo rappresenta una nave mercantile con le vele spiegate. Il fasciame dell'imbarcazione è definito da tre sottili fasce in rilievo a sviluppo orizzontale, mentre la vela è composta da una tessitura dai tratti essenziali [1] a filari di tasselli quadrangolari. La rappresentazione è completata dalla presenza di quattro funi e da un remo collocato a prua dell'imbarcazione. Il mare è reso con una lieve lavorazione bocciardata della superficie lapidea.

Tale opera funeraria doveva appartenere a un importante mercante di Aquileia, presumibilmente devoto al culto di Mitra [2]: sono state rinvenute, infatti, altre metope dai caratteri analoghi a questo ciclo decorativo con simboli riferibili proprio all'importante culto di età imperiale [3].

## Il rilievo fotografico del reperto archeologico

Le attuali tecnologie di geomatica offrono opportunità di grande interesse per il rilevamento e la rappresentazione dei dati riferibili a oggetti appartenenti al settore dei beni culturali.

Dopo una prima fase conoscitiva dell'opera avvenuta mediante la realizzazione di eidotipi della stessa (fig. 2), si è proceduto alla fase operativa digitale di rilievo.

Per l'acquisizione numerica dell'antica *Metopa* romana si è scelto di utilizzare la fotogrammetria digitale semiautomatica, una metodologia che permette di elaborare un modello tridimensionale partendo da un set di fotografie opportunamente scattate. Mentre la fotogrammetria tradizionale implica un consistente intervento manuale da parte dell'operatore nell'elaborazione delle immagini, la versione semiautomatica ha il vantaggio di automatizzare buona parte dei procedimenti.

Questa tipologia di rilievo *no contact* risulta essere vantaggiosa in ambito archeologico in quanto costituisce una soluzione versatile, poco dispendiosa e rispettosa nei confronti del reperto che si vuole acquisire digitalmente con fini catalografici, di studio e replicativi.

Le immagini sono state realizzate nel tardo pomeriggio della giornata di lunedì 24 settembre 2018, utilizzando una macchina fotografica reflex Nikon D3100 con obiettivo 18-55 mm f/3.5-5.6, senza flash. In modalità manuale sono state scattate in sequenza complessivamente 28 fotografie. La ripresa fotografica è stata eseguita a mano libera ad assi paralleli e convergenti, posizionandosi a distanza costante rispetto all'oggetto secondo differenti angolature, così da poter cogliere i corretti aggetti della superficie, i dettagli scolpiti a rilievo e il deterioramento del materiale che caratterizza il reperto archeologico.

Nell'acquisizione si è prestata attenzione a non oscurare l'opera: infatti, essa è esposta verticalmente su una parete ed è sottoposta a fonti di luce diretta provenienti dall'alto orientate secondo l'allestimento illuminotecnico museale.

I fotogrammi sono stati realizzati considerando una sovrapposizione pari o superiore al 70% tra immagini successive, in modo da ottenere un modello tridimensionale preciso che non necessiti dell'inserimento manuale di *markers* per il calcolo di allineamento dei diversi scatti nel software fotogrammetrico.

Una volta concluso il campionamento fotografico, si è eseguito un primo trattamento dei fotogrammi, ovvero il bilanciamento del bianco.

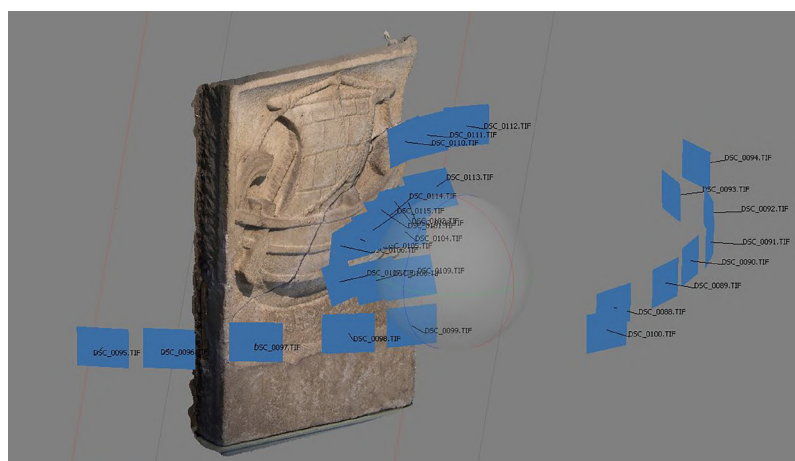


Fig. 3. Acquisizione tridimensionale della *Metopa con nave oneraria* mediante il software Agisoft Photoscan: tiled model texturizzato e posizione delle camere in seguito all'allineamento.

Questa procedura, svolta importando le riprese fotografiche in formato .raw nei programmi Adobe Bridge e Camera Raw, ha permesso di uniformare e sincronizzare i parametri cromatici del gruppo di fotografie basandosi su un campione (foglio bianco) ripreso in fase di campagna. Le immagini corrette sono state quindi convertite in .tiff, formato che grazie al suo processo di compressione dati *lossless* non crea perdite di informazioni e mantiene la massima qualità degli scatti.

### **Data processing: fotogrammetria, trattamento e FDM rapid prototyping**

Dopo l'accorgimento effettuato sull'insieme delle fotografie, è stata avviata l'operazione per estrarre i dati tridimensionali. Il trattamento è avvenuto attraverso quattro fasi consecutive di un *workflow* fornito dal programma Agisoft Photoscan (fig. 3).

Come prima fase di lavoro è stato necessario ricostruire la geometria di presa delle singole foto, ovvero la posizione di scatto della macchina fotografica, così da poter ricondurre in seguito per triangolazione la posizione dell'oggetto presente nelle immagini. I software di *Structure from Motion* hanno il vantaggio di individuare autonomamente i punti chiave evidenti in tre o più riprese fotografiche: tali corrispondenze riscontrate permettono di collegare tra loro le immagini.

L'operazione di allineamento in base a punti chiave calibra la fotocamera (l'orientamento interno: il calcolo della lunghezza focale e del



Fig. 4. Importazione in ambiente Autodesk 3dsMax: modello texturizzato reale, semplice, e materico base.

punto principale) e definisce la posizione di scatto delle singole foto (l'orientamento esterno: le coordinate dei centri di presa e le rotazioni del fotogramma). Per ogni punto vengono ricavate le coordinate reali  $x, y, z$  materializzate tridimensionalmente in una nuvola di punti a bassa densità (*sparse point cloud*). Dalla massa di punti tridimensionali, l'elaborazione successiva ha riguardato la realizzazione di una superficie poligonale continua (*mesh*), quindi di un modello 3D solido.

In sintesi, nella prima fase di allineamento delle 28 fotografie, il programma Agisoft Photoscan ha generato una nuvola di punti di 29.439 punti (di partenza 35.347). L'allineamento è avvenuto con accuratezza "high", con un *matching time* di 1 minuto e 44 secondi, e un tempo di allineamento di 5 secondi. La generazione della successiva *dense point cloud*, sostenuta con qualità alta *depth filtering* "aggressive", ha aumentato il numero dei punti fino a raggiungere la quantità di 8.843.456 in un tempo di 1 minuto e 17 secondi.

Il modello tridimensionale generato, sempre ad alta definizione, presenta 943.133 facce, 473.695 vertici e texture 4.096 x 4.096 uint8, con un processo che ha impiegato 7 minuti e 19 secondi. Si tenga presente che la velocità di elaborazione varia a seconda delle caratteristiche tecniche e prestazionali del computer impiegato.

I parametri di *texturing* sono stati impostati sulla modalità "ortofoto".

Lo stesso procedimento è stato svolto con il programma 3DF Zephyr, che a differenza di Photoscan permette di elaborare tutte le fasi (allineamento fotogrammi, ricostruzione nuvola sparsa, nuvola densa, mesh e mesh texturizzata) in un'unica operazione. Sono state impiegate anche in questo software 28 camere per ricostruire la nuvola sparsa della *Metopa*, scegliendo la modalità "oggetto ravvicinato", un parametro utilizzato anche per la ricostruzione della nuvola sparsa e dell'oggetto mesh, elaborati con preset di alta qualità. La generazione della mesh con texture ha previsto una dimensione massima della tessitura di 8.192x8.192 px, con una risoluzione dell'immagine del 100%, un numero massimo di vertici pari a 2.000.000 e di 4 camere per le texture con filtraggio nitidezza impostato al 10%.

Dopo aver eseguito alcune operazioni manuali di pulizia e decimazione di punti del contesto non rilevanti nel rilievo, il modello tridimensionale è stato salvato in formato .obj e successivamente importato nel software di modellazione plastica avanzata Autodesk 3dsMax (fig. 4).

In questo ambiente, la mesh della *Metopa* è stata scalata utilizzando i riferimenti metrici rilevati sull'oggetto. Nello stesso programma, è stato inoltre raffinato e chiuso il modello 3D nelle porzioni dove la ripresa fotografica non è stata possibile, come ad esempio la superficie aderente alla parete di supporto dove è fissato il reperto.

Il modello esportato nello standard grafico .stl (*solid to layer*) è stato successivamente predisposto alla prototipazione rapida nel programma Ultimaker Cura, preimpostato sui parametri della stampante 3D a deposizione di filamento fuso Delta WASP 2040.

Per sfruttare il processo di lavoro della macchina, il modello del reperto è stato ruotato dall'assetto verticale a quello orizzontale, facendo aderire la superficie retrostante il rilievo con il piano di stampa.

Nel software Cura è possibile proporzionare il modello da prototipare in funzione delle caratteristiche dimensionali della stampante, definire la qualità e il tempo di produzione, inserire i supporti nelle parti a sbalzo e sottoporre l'oggetto a operazioni di *slicing*.

Impostati i diversi parametri (tab. 1), si è proceduto con le operazioni di verifica e sezionamento per stimare i tempi di produzione e la quantità di materiale che si andrà a impiegare, per poi generare infine il codice preparatorio G-Code che sarà letto dalla macchina.

Il processo di produzione ha impiegato un tempo complessivo di 5 ore e 41 minuti, utilizzando 18,72 metri per 56 g di filo PLA bianco (acido polilattico). Il prototipo a scala ridotta della *Metopa* è stato realizzato nelle dimensioni di 87x127x15 mm (fig. 5) in un unico pezzo; la replica del reperto è stata infine levigata e trattata per ottenere una superficie uniforme e priva di spigoli vivi o effetti stratificativi: tale accorgimento è fondamentale per migliorare qualitativamente la percezione aptica della copia tattile riprodotta.

Qualità	Altezza dello strato	0.2 mm
Guscio	Spessore delle pareti	1.2 mm
	Spessore dello strato superiore/inferiore	2 mm
	Strati superiori/inferiori	6 mm
Riempimento	Configurazione	Griglia
	Densità del riempimento	20%
Materiale	Temperatura di stampa	195°C
	Temperatura piano di stampa	60°C
Velocità	Velocità	50 mm/s
Supporto	Posizionamento del supporto	In tutti i punti possibili
	Angolo di sbalzo del supporto	50°
Adesione piano di stampa	Tipo di adesione al piano di stampa	Brim
Filamento	Diametro filamento PLA	1.75 mm

Tab. 1. Parametri principali impiegati per la definizione del G-Code di stampa.

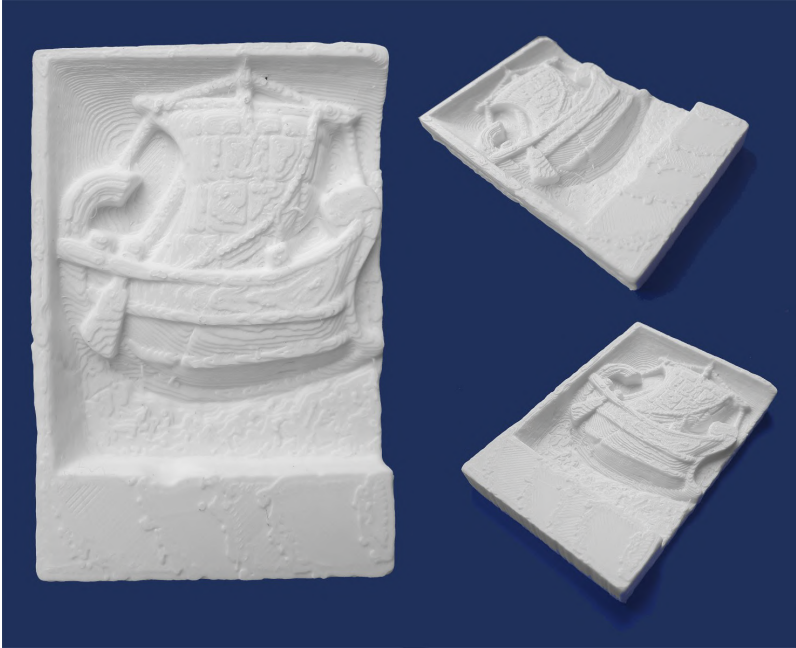


Fig. 5. Prototipo RP tattile della *Metopa* ricostruita secondo il rilievo *no contact*.

### Arte e non vedenti

Per consentire a un soggetto non vedente o ipovedente di approcciar-si e apprezzare l'arte, oltre a fornire descrizioni in Braille e caratteri ingranditi, è importante assicurare a essi la presenza di una guida che li aiuti e accompagni nella lettura tattile dell'opera e dei suoi caratteri estetici, permettendo così all'esploratore di definire l'immagine mentale della stessa. Si tratta di un'operazione lunga e complessa, che si forma in due passaggi successivi basati sulla capacità di astrazione e sulla memoria: la composizione di uno schema generale attraverso un'esplorazione rapida e sommaria dell'insieme, e una più fine che presuppone una buona memorizzazione di quella schematica [4].

Per poter creare delle riproduzioni effettivamente comprensibili, inoltre, è preferibile mantenersi il più possibile fedeli alla scala originaria ed eventualmente ridurre in modo opportuno il grado di dettaglio dell'opera per renderla più comprensibile.



## Note

[1] L'opera è definita da tratti compositivi essenziali e priva di profondità prospettica.

[2] Si tratta di un'antica religione che ebbe origine nel Mediterraneo orientale tra il II e I secolo a.C., praticata anche nell'Impero romano dai militari dal I secolo d.C. per poi scomparire, essendo una pratica religiosa pagana, in seguito al decreto di Teodosiano del 391. Il mito di Mitra si sviluppò nell'area di Tarso, città che sotto Pompeo (106-48 a.C.) diventò la capitale della Cilicia (Asia Minore), e si diffuse innanzitutto tra i pirati, abilissimi naviganti ed esperti della volta celeste. Essi condizionarono l'intero traffico commerciale del Mediterraneo, assalendo i naviganti con le loro navi dalle vele dorate e dai remi argentati [Ulansey 1989].

[3] De Franzoni 2009.

[4] Grassini 2000.

## Riferimenti bibliografici

Barcarolo, P. (2015). "Modellazione 2,5/3D aumentata" per la stampa 3D del patrimonio culturale fruibile anche da parte di persone con disabilità visiva e cognitiva. In *La ricerca che cambia*. Atti del primo convegno nazionale dei dottorati italiani dell'Architettura, della Pianificazione e del Design. IUAV Venezia, 19-20 novembre 2014. Siracusa: LetteraVentidue Edizioni, pp. 700-715.

Bellini, A. (a cura di). (2000). *Toccare l'arte. L'educazione estetica di ipovedenti e non vedenti*. Roma: Armando Editore.

Cabezos Bernal, P.M., Cisneros Vivó, J. (2012). Fotogrametría con cámaras digitales convencionales y software libre. In *EGA - Expresión Gráfica Arquitectónica*, n. 20, pp. 88-99.

Conti, C., Petriccione, L. (2017). Il progetto per esperienze sensoriali inclusive. In Martini, F., Santi, L., Visentini, P. (a cura di). *Donne, madri, dee. Linguaggi e metafore universali nell'arte preistorica*. Udine: Grafiche Filacorda, pp. 24-26.

De Franzoni, A. (2009). Considerazioni su un rilievo "metroaco" del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia: una rilettura iconografica. In *Aquileia Nostra LXXX*, cc. 13-40. Trieste: EUT.

De Luca, L. (2011). *La fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*. Palermo: Dario Flaccovio.

Grassini, A. (2000). I ciechi e l'esperienza del bello. Il Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona. In Bellini, A. (a cura di). *Toccare l'arte. L'educazione estetica di ipovedenti e non vedenti*. Roma: Armando Editore, pp. 17-47.

Grassini, A. (2015, 2019). *Per un'estetica della tattilità. Ma esistono davvero arti visive?*. Roma: Armando Editore.

Sdegno, A., Cochelli, P., Riavis, V., Camponogara, R. (2017). Modellare smorfie. Rilievo e rappresentazione aptica di due teste scultoree di Franz Xaver Messerschmidt // Modeling grimaces / Survey and haptic representation of two sculptural heads by Franz Xaver Messerschmidt. In Di Luggo, A., Giordano, P., Florio, R., Papa, L.M., Rossi, A., Zerlenga, O., Barba, S., Campi, M., Cirafici, A. (a cura di). *Territori e frontiere della rappresentazione / Territories and frontiers of Representation*. Atti del XIV Congresso UID, 39° Convegno internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione. Roma: Gangemi Editore, pp. 969-976.

Secchi, L. (2005). *L'educazione estetica per l'integrazione*. Roma: Carocci

Ulansey, D. (1989). *The Origins of The Mithraic Mysteries. Cosmology & Salvation in the Ancient World*. Oxford: Oxford University Press.

## Autrice

Veronica Riavis

Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste

veronica.riavis@phd.units.it\*

\* Ora presso Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine, veronica.riavis@uniud.it

# Fotomodellazione per l'ottenimento del *digital twin* di un manufatto archeologico

Pablo Angel Ruffino

*Nowadays the new techniques of surveying and restitution allow to obtain the digital twin of any physical object in a short time and through accessible tools both from an economic point of view and of use.*

*In this sense, this contribution aims to show an example procedure that can be implemented in the context of cultural heritage digitization.*

*More specifically, the contribution reports the individual steps taken to obtain the digital model of an archaeological artifact and the possible outputs achievable.*



Fig. 1. Esempio di sovrapposizione (70-80%) fra le immagini fotografiche.



OPERA: *Rilievo con bucrani* (fig. 1)

PERIODO: metà del I secolo d.C.

MATERIALE: marmo

PROVENIENZA: località ignota

SCelta DELLA TIPOLOGIA DI RILIEVO: fotomodellazione

Le operazioni di restituzione fotogrammetrica digitale del reperto archeologico *Rilievo con bucrani* sono state svolte impiegando il software Agisoft Photoscan. Prima di avviare le procedure di restituzione tridimensionale all'intero rilievo, è stato svolto un test preliminare per confrontare la quantità di dati metrici ottenibili attraverso le immagini fotografiche originali (fig. 2a) con quelle elaborate attraverso la correzione del bilanciamento del bianco (fig. 2b).

Al fine di velocizzare il processo di fotomodellazione del test, per questa fase preliminare sono state prese in considerazione solo tre fotografie per tipologia.

Rilievo fotografico	
Numero di foto	90
Distanza media	0,40 m
Distanza di dettaglio	0,20 m
Sovrapposizione foto	70-80% (fig. 1)
Tempo di rilievo	20 minuti
Camera	
Model	Nikon D3300
Lunghezza focale	18 mm
Dimensioni sensore	6000×4000 px / 23,5×15,6 mm
Risoluzione	300 dpi



Fig. 2. Immagine da rilievo (a) - *Chunk 1*, dense point cloud 1.298.859 punti; immagine ottenuta col bilanciamento del bianco (b) - *Chunk 2*, dense point cloud 1.305.431 punti.

Come si evince dai dati riportati, impiegando i fotogrammi in cui sono state effettuate le operazioni di bilanciamento del bianco, il software fotogrammetrico è in grado di riconoscere un numero più elevato di punti omologhi e, conseguentemente, viene generata una nuvola di punti più densa. Per questa ragione, per il processo di fotomodellazione, questa correzione è stata applicata a tutte le immagini assumendo il medesimo settaggio.

Di seguito si riportano le singole fasi del processo di fotomodellazione e i principali parametri impostati nel programma.

<b>Allineamento delle foto (fig. 3a)</b>	
Accuracy	Hight
Pair preselection	Generic
Points	78.681
Alignment time	1 minutes 45 seconds
<b>Generazione della nuvola di punti (fig. 3b)</b>	
Quality	Low
Depth filtering	Aggressive
Points	2.179.905
Processing time	4 minutes 34 seconds
<b>Generazione della mesh (fig. 3c)</b>	
Quality	Low
Depth filtering	Aggressive
Face count	435.981
Vertices	203.747
Processing time	2 minutes 46 seconds
<b>Generazione della texture (fig. 3d)</b>	
Blending mode	Mild
Texture size	4,096 × 4,096
Processing time	1 minute 29 seconds

Dopo la prima fase di allineamento dei diversi fotogrammi (fig. 3a), il software crea un nuvola di punti “sparsa” dell’oggetto rilevato.

Si evidenzia che su questa prima parziale ricostruzione è stata effettuata un’operazione di pulizia dei punti in eccesso, in modo da snellire le fasi successive applicando il processo alla sola porzione di interesse. L’operazione successiva ha riguardato il calcolo della nuvola di punti definita “densa”, ovvero la ricostruzione tridimensionale con più elevata densità di punti (fig. 3b).

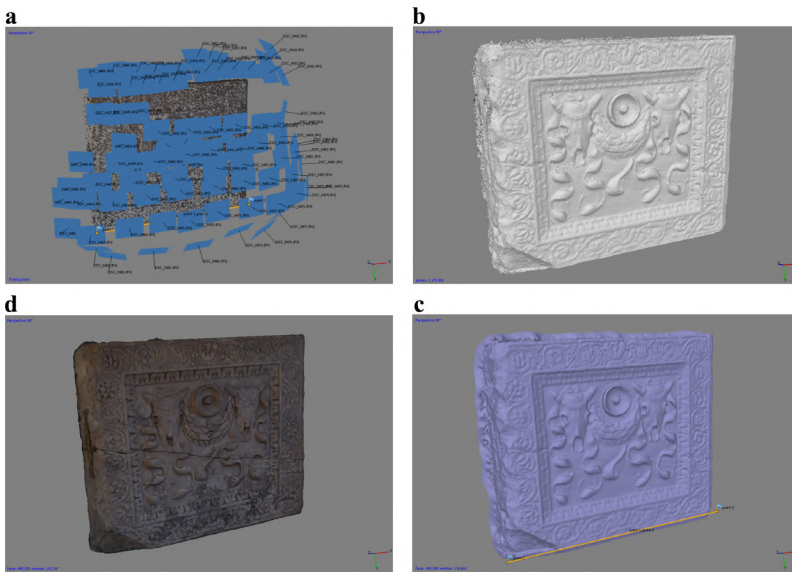


Fig. 3. Fasi del processo di fotomodellazione.

Durante la fase di allineamento, il software realizza l'orientamento relativo delle immagini. La mesh ottenuta sulla base della nuvola di punti è, quindi, proporzionata all'oggetto reale ma non risulta scalata. Per scalare il modello digitale sono stati posizionati due *markers* tali da definire il segmento avente la distanza nota rilevata *in situ* (fig. 3c).

Il modello risultante permette di ottenere diverse elaborazioni fra gli *output* tra cui le ortofoto (fig. 4). In particolare, l'accuratezza dell'ortofoto e del rilievo generale può essere determinata mediante il GSD (*Ground Sample Distance*).

Generalmente utilizzato per la progettazione del piano di volo dei rilievi fotogrammetrici aerei, il GSD permette di valutare anche a posteriori l'affidabilità del modello virtuale rispetto al manufatto reale. Il GSD corrisponde alla risoluzione dell'ortofoto, quindi rappresenta la dimensione di un pixel misurato sull'oggetto reale. Esso è funzione delle modalità di presa e dell'ottica della camera usata nel rilievo.

$$GSD = \frac{Dxd}{c}$$

*D* = distanza media fra centro di presa e oggetto

*d* = dimensione del pixel del sensore

*c* = distanza principale della camera

La dimensione del pixel del sensore è calcolata a partire dalle caratteristiche della camera:

$$d = \frac{\text{dimensione sensore [mm]}}{\text{dimensione sensore [px]}} = \frac{23,5}{6000} = 0,0039 \text{ mm}$$

Quindi, il GSD risulta:

$$GSD = \frac{Dxd}{c} = \frac{400 \times 0,0039}{18} = 0,09 \cong 0,1 \text{ mm}$$

Il GSD previsto dal calcolo può essere verificato con quello effettivamente ottenuto dal software di fotomodellazione.

Aperto l'ortofoto in un software di elaborazione grafica, la risoluzione effettiva è:

$$\text{Risoluzione ortofoto} = 4,7 \frac{\text{px}}{\text{mm}}$$

Il GSD effettivo risulta, dunque:

$$GSD_{\text{effettivo}} \cong 0,2 \text{ mm}$$



Fig. 4. Ortofoto digitale del manufatto.

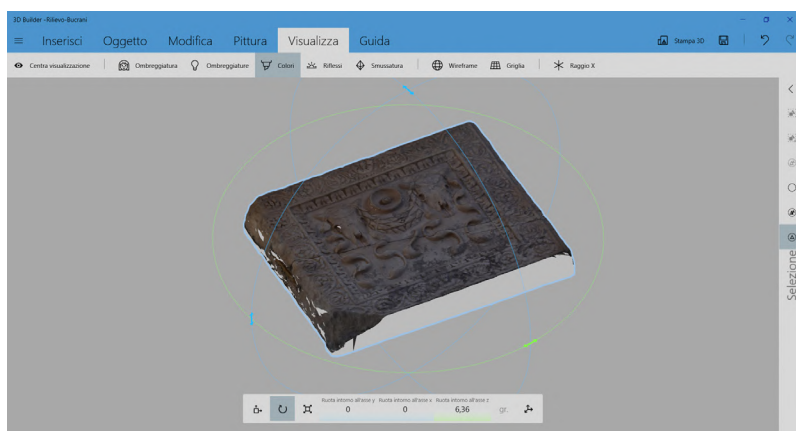


Fig. 5. Predisposizione del modello per la stampa 3D.

Il discostamento fra i due valori è dovuto al fatto che il GSD previsto si basa sull'ipotesi di mantenere sempre la stessa distanza fra il centro di presa e l'elemento fisico oggetto di rilievo.

Tuttavia, minore è lo scostamento fra i due valori e maggiore è la bontà del rilievo e della restituzione ottenuta.

## Conclusioni

In sintesi, possiamo concludere con alcune considerazioni:

- la tecnica di fotomodellazione risulta essere poco dispendiosa, di facile utilizzo e versatile per gli utenti;
- il processo fotogrammetrico esige attenzione dal punto di vista dell'accuratezza della ripresa fotografica e della restituzione a seconda della tipologia di oggetto rilevato e dell'utilizzo finale del modello digitale.

### Autore

*Pablo Angel Ruffino*

Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino  
pablo.ruffino@polito.it\*

\* Ora pablorruffino87@gmail.com

## Crediti delle immagini

La pubblicazione delle immagini in elenco è stata autorizzata dal Ministero della cultura, Direzione regionale musei del Friuli Venezia Giulia. È fatto espresso divieto di ulteriore riproduzione e duplicazione con qualsiasi mezzo nonché quello di download e di successiva manipolazione.

- Pag. 18 - Fig. 1. Sessione dei lavori della *Open Conference*.
- Pag. 19 - Fig. 2. Visita guidata al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia: presentazione della direttrice dott.ssa Marta Novello.
- Pag. 20 - Fig. 3. Visita guidata al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia: la sala con le teste romane.
- Pag. 21 - Fig. 4. Esperienza tattile condotta da parte del presidente del Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona, dott. Aldo Grassini.
- Pag. 39 - Fig. 1. Il nuovo padiglione d'ingresso del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia [Archivio MAN Aquileia, foto di A. Chemollo].
- Pag. 41 - Fig. 2. La sezione dedicata alle domus di Aquileia nel nuovo percorso espositivo [Archivio MAN Aquileia, foto di A. Chemollo].
- Pag. 43 - Fig. 3. Esplorazione tattile di reperti originali [Archivio MAN Aquileia].
- Pag. 44 - Fig. 4. La mappa tattile per tutti collocata all'ingresso del museo [Archivio MAN Aquileia].
- Pag. 46 - Fig. 5. Le audiodescrizioni che guidano il percorso tattile sono fruibili attraverso dispositivi messi a disposizione dal museo [Archivio MAN Aquileia].
- Pag. 48 - Fig. 6. Attività educative per tutti al museo [Archivio MAN Aquileia].
- Pag. 78 - Fig. 2. Il MAN di Aquileia [fonte: it.wikipedia.org].
- Pag. 81 - Tab. 1. Breve itinerario pilota per il MAN di Aquileia: dettagli delle opere selezionate.
- Pag. 84 - Es. 1. Estratto di audiodescrizione con immagine del *Sulcus primigenius*. Es. 2. Estratto di audiodescrizione per la statua di *Augusto*. Es. 3. Estratto di audiodescrizione con immagine della testa di *Borea*.
- Pag. 134 - Fig. 1. Le persone a seconda delle proprie abilità e personali esperienze si muovono in autonomia nello spazio, si orientano in sicurezza, svolgono determinate azioni e percepiscono determinate emozioni, singolarmente o in relazione con altre, in periodi di tempo variabili. Museo Archeologico Nazionale di Aquileia.
- Pag. 184 - Fig. 1. Seminari didattici tenuti all'interno degli spazi di lavoro del museo.
- Pag. 185 - Fig. 2. Attività di acquisizione 3D con scanner a luce strutturata.
- Pag. 186 - Fig. 3. Campionamento fotografico per l'attività di fotogrammetria *S/M*.
- Pag. 187 - Fig. 4. Scansione 3D della statua di *Augusto*.
- Pag. 189 - Fig. 1. *Urna cineraria a forma di cesta di vimini con una pigna sul coperchio*. Particolare della pigna sul coperchio.
- Pag. 190 - Fig. 2. Una fase del rilievo diretto [elab. A. Camassa].
- Pag. 191 - Fig. 3. Descrizione grafica delle fasi di elaborazione finalizzate alla modellazione tridimensionale del modello teorico della pigna [elab. A. Camassa].
- Pag. 192 - Fig. 4. Il modello rilevato e il modello teorico ottenuto attraverso la stampa additiva [elab. A. Camassa].
- Pag. 193 - Fig. 5. Le fasi di impostazione dei parametri di stampa gestita dal programma *Cura* [elab. A. Camassa].
- Pag. 197 - Fig. 1. *Applique con testa di vento*.
- Pag. 198 - Fig. 2. Campagna di rilievo fotografico.
- Pag. 199 - Fig. 3. Fotografie per l'elaborazione tridimensionale e bilanciamento dei bianchi.
- Pag. 201 - Fig. 4. Elaborazioni nel software *Agisoft Photoscan*: nuvola sparsa, nuvola densa, mesh con e senza texture [elab. P. Cochelli].
- Pag. 202 - Fig. 5. Elaborazione in 3D *Studio Max* e reperto prototipato [elab. P. Cochelli].
- Pag. 203 - Fig. 1. *Cilpeo con rappresentazione di Marte*.
- Pag. 204 - Fig. 2. *Pipeline* di lavoro per il rilievo fotogrammetrico *Structure from Motion* [elab. S. Eriche].
- Pag. 205 - Fig. 3. Acquisizione, processing, esecuzione della nuvola di punti sparsa [elab. S. Eriche].
- Pag. 206 - Fig. 4. Generazione mesh [elab. S. Eriche].
- Pag. 208 - Fig. 5. Generazione modello poligonale, esportazione con software *3dsMax*, prototipazione con stampante 3D [elab. S. Eriche].
- Pag. 211 - Fig. 1. *Sulcus primigenius*, I sec. a.C.
- Pag. 213 - Fig. 2. *Edicola con ritratto di defunto*, databile II sec. d.C.
- Pag. 214 - Fig. 3a. Schemi di ripresa e orientamento dei fotogrammi per il *Sulcus primigenius* [elab. F. Guadagnoli].
- Pag. 215 - Fig. 3b. Schemi di ripresa e orientamento dei fotogrammi per l'*Edicola con ritratto di defunto* [elab. F. Guadagnoli].
- Pag. 217 - Fig. 4. Posizionamento dei *markers* sulla nuvola densa elaborata del bassorilievo [elab. F. Guadagnoli].
- Pag. 218 - Fig. 5. Prototipo fisico del *Sulcus primigenius* [elab. di F. Guadagnoli].
- Pag. 221 - Fig. 1. Busto dell'*Opera maschile con cingulum*, Museo Archeologico Nazionale di Aquileia [Denti 1991].
- Pag. 222 - Fig. 2. Foto effettuate sul modello preso in esame per lo sviluppo di fotomodellazione [elab. A. Improta].
- Pag. 223 - Fig. 3. Fasi del processo di fotomodellazione (a) e ottenimento del modello mesh dell'opera (b) [elab. A. Improta].
- Pag. 224 - Fig. 4. Fasi del processo di fotomodellazione dalla nuvola di punti al modello mesh texturizzato [elab. A. Improta].
- Pag. 227 - Fig. 1. *Medaglione della dea Roma*, Museo Archeologico Nazionale di Aquileia.
- Pag. 228 - Fig. 2. *Chunchi* di 123 immagini [elab. G. Manna].
- Pag. 229 - Fig. 3. Schema di assi del modello 3D di riferimento [elab. G. Manna]. Fig. 4. Nuvola di punti sparsa (a) e nuvola di punti densa (b) [elab. G. Manna].
- Pag. 230 - Fig. 5. Modello ricostruito mesh (a); modello con texture (b); modello texturizzato con *show markers* (c) [elab. di G. Manna].
- Pagina 233 - Fig. 1. Confronto tra le superfici poligonali della *Testa di Venere* ottenute dalle nuvole di punti alle quali è stato applicato il *depth filtering* *aggressive* (a) e *mid* (b) [elab. S. Menconero].
- Pag. 234 - Fig. 2. Schema riassuntivo delle elaborazioni eseguite e dei risultati ottenuti (prima parte) [elab. S. Menconero].
- Pag. 237 - Fig. 3. Schema riassuntivo delle elaborazioni eseguite e dei risultati ottenuti (seconda parte) [elab. S. Menconero].
- Pag. 238 - Fig. 4. Stampa 3D in PLA della *Testa di Venere*: modello con supporti di stampa (a) e modello pulito (b) [elab. S. Menconero].
- Pag. 239 - Fig. 5. Confronto tra i modelli 3D della *Testa di Venere* acquisiti con *flash* e senza: superficie poligonale senza *flash* (a), superficie poligonale con *flash* (b), texture senza *flash* (c), texture con *flash* (d) [elab. S. Menconero]. Fig. 6. Confronto tra le texture dell'*Opera maschile con cingulum*: texture originale in cui si evincono zone con temperatura colore diversa (a) e texture corretta con temperatura colore uniforme (b) [elab. S. Menconero].
- Pag. 241 - Fig. 1. Modelli digitali delle opere rilevate [elab. S. Mikolajewska].
- Pag. 242 - Fig. 2. Dettagli del modello mesh del *Medaglione* [elab. di S. Mikolajewska].
- Pag. 243 - Fig. 3. Ortofoto del *Medaglione* [elab. S. Mikolajewska].
- Pag. 244 - Fig. 4. Ortofoto del *Vaso funerario* [elab. S. Mikolajewska].
- Pag. 246 - Fig. 5. Stampa 3D del *Cilpeo* [elab. S. Mikolajewska].
- Pag. 249 - Fig. 1. Ricostruzione grafica del Portico e foto del sito archeologico.
- Pag. 250 - Fig. 2. Post Instagram, disegno dal vero *Plinto di Giove Ammone* pubblicato durante la *UID Summer School* [elab. C. Mottola].
- Pag. 251 - Fig. 3. Screenshot, nuvola dei punti con *markers* applicati in seguito all'allineamento in *Agisoft Photoscan* [elab. C. Mottola].
- Pag. 252 - Fig. 4. Screenshot, dettaglio mesh [elab. C. Mottola].
- Pag. 253 - Fig. 5. Screenshot, modello tridimensionale texturizzato [elab. C. Mottola].
- Pag. 257 - Fig. 1. Nuvola rada dell'*Urna* elaborata nel software *Agisoft Photoscan* [elab. M. Pulcrano].
- Pag. 259 - Fig. 2. Parte del set fotografico e modello poligonale texturizzato dell'*Urna* [elab. M. Pulcrano].
- Pag. 261 - Fig. 3. Immagine originale e immagine migliorata con la tecnica del bilanciamento del bianco [elab. M. Pulcrano].
- Pag. 262 - Fig. 4. Elaborazione del set fotografico del *Bassorilievo*: qualità alta per tutte le fasi di elaborazione [elab. M. Pulcrano].
- Pag. 265 - Fig. 1.-2. A sinistra: *Metopa con nave oneraria* (II-III sec. d.C.), Museo Archeologico Nazionale di Aquileia; a destra: eidotipo del bassorilievo realizzato dall'autrice in grafite, acquerello e penna a inchiostro [elab. V. Raviis].
- Pag. 267 - Fig. 3. Acquisizione tridimensionale della *Metopa con nave oneraria* mediante il software *Agisoft Photoscan*: tiled model texturizzato e posizione delle camere in seguito all'allineamento [elab. V. Raviis].
- Pag. 268 - Fig. 4. Importazione in ambiente *Autodesk 3dsMax*: modello texturizzato reale, semplice, e materico base [elab. V. Raviis].
- Pag. 271 - Fig. 5. Prototipo RP tattile della *Metopa* ricostruita secondo il rilievo no contact [elab. V. Raviis].
- Pag. 273 - Fig. 1. Esempio di sovrapposizione (70-80%) fra le immagini fotografiche [elab. PA. Ruffino].
- Pag. 274 - Fig. 2. Immagine da rilievo (a) - *Chunk 1*, dense point cloud 1.298.859 punti; immagine ottenuta col bilanciamento del bianco (b) - *Chunk 2*, dense point cloud 1.305.431 punti [elab. PA. Ruffino].
- Pag. 276 - Fig. 3. Fasi del processo di fotomodellazione [elab. PA. Ruffino].
- Pag. 277 - Fig. 4. Ortofoto digitale del manufatto [elab. PA. Ruffino].
- Pag. 278 - Fig. 5. Predisposizione del modello per la stampa 3D [elab. PA. Ruffino].





Il volume raccoglie gli interventi presentati alla conferenza *Rilievo dei Beni Culturali e Rappresentazione inclusiva per l'Accessibilità museale* e i contributi relativi alla I edizione della UID PhD Summer School, che si è tenuta dal 24 al 28 settembre 2018 presso il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia e presso il Polo goriziano dell'Università degli Studi di Trieste. L'obiettivo dell'iniziativa è stato quello di unire i principi teorici e le esperienze di esperti a livello nazionale e internazionale appartenenti ai settori della rappresentazione, della tecnologia, della comunicazione dei beni culturali e dell'accessibilità alle collezioni museali al fine di offrire un'occasione di scambio, dibattito e sensibilizzazione sul tema dell'inclusione.

Una sezione del volume è dedicata agli esiti ottenuti dall'attività laboratoriale. Il lavoro, svolto da dottorandi di ricerca afferenti al settore del disegno e provenienti da diversi atenei italiani, ha visto il coinvolgimento diretto degli stessi nella campagna di rilievo avanzato non invasivo, di digitalizzazione e riproduzione tattile di alcuni significativi reperti appartenenti alla collezione permanente del museo.

Il progetto è stato promosso dalla società scientifica UID Unione Italiana per il Disegno nell'ambito delle attività "UID Survey and Representation Days. Seminari specialistici nelle discipline del Disegno per Dottorandi", con il contributo del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste, l'organizzazione del Dottorato di Ricerca in Ingegneria Civile-Ambientale e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste interateneo con l'Università degli Studi di Udine e il patrocinio del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia e dell'Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Udine.

Mario Centofanti, *Professore onorario, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura, Ambientale, Università degli Studi dell'Aquila*

Alberto Sdegno, *Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine*

Paola Cochelli, *PHD Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste*

Veronica Riavis, *Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine*