



Dottorato di Ricerca in Architettura, curriculum di *Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente*
Ciclo XXXI

Coordinatore *Prof. Giuseppe DE LUCA*

Sistemi di fruizione virtuale e serious game per la valorizzazione e la divulgazione del Patrimonio

Masada: la fortezza del deserto

Settore disciplinare ICAR 17

Dottoranda

*Dott.ssa Monica **BERCIGLI***

Tutore

*Prof. Stefano **BERTOCCI***

Referente del Curriculum

*Prof. ssa Barbara **ATERINI***

Anni 2015/2018

Quando puoi, dove puoi, quanto puoi

SB

INDICE

Introduzione	9	grafica	78
PARTE I - IL PATRIMONIO E LA SUA FRUIZIONE ATTRAVERSO MODELLI 3D E SERIOUS GAME	13	2.2 Esperienze di modellazione 3D e di rappresentazione per i diversi tipi di visualizzazione	83
1.La fruizione del Patrimonio Culturale: sistemi tradizionali ed evoluzione tecnologica	15	2.2.1 Il modello per la promozione del progetto: un quartiere di Gerusalemme Est	83
1.1 Il concetto di Patrimonio e la sua metamorfosi	15	2.2.2 Il modello 3D come contenitore e come contenuto: il caso di Nabi Musa in Israele	94
1.1.1 Il quadro normativo internazionale	24	2.2.3 Modelli 3D in mostra: una applicazione di Realtà Aumentata	109
1.1.2 La normativa italiana	25	2.2.4 Uno strumento per la divulgazione dei risultati del progetto TOVIVA	117
1.1.3 Patrimonio tangibile e Patrimonio intangibile	29	3.Learning by doing: i serious game per la valorizzazione e la divulgazione del Patrimonio	131
1.2 La fruizione del patrimonio attraverso il museo	32	3.1 Sul concetto di gioco	131
1.2.1 L'evoluzione del concetto di museo	33	3.2 Breve storia dei videogiochi	136
1.2.2 La fruizione dei musei	38	3.3 Generi e tipologie di videogiochi	144
1.2.3 Sulla comunicazione museale	38	3.4 Tipologie di giocatore e meccaniche di gioco	152
1.2.4 Elementi tradizionali dell'allestimento del museo	41	3.5 Il ruolo della rappresentazione e dei modelli 3D nei videogiochi	155
1.3 L'innovazione tecnologica e le possibilità di fruizione dei musei	43	3.6 I serious game	163
1.3.1 Gli strumenti 'innovativi' a disposizione dei musei	47	3.6.1 I serious game nel <i>Cultural Heritage</i>	168
1.3.2 Sistemi di visualizzazione e <i>Digital Heritage</i>	50	PARTE II - LA COSTRUZIONE DEL DATABASE DIGITALE DI UN COMPLESSO CASO STUDIO	177
2.Modelli digitali e scenari virtuali per la fruizione del Patrimonio	55	4.Il complesso caso studio di Masada in Israele	179
2.1 Tecniche di modellazione 3D	58	4.1. Inquadramento territoriale	179
2.1.1 Modellazione manuale e modellazione procedurale	59	4.2 Le fonti storiche	181
2.1.2 La modellazione 3D nel rilievo digitale	71	4.3 La scoperta del sito e l'indagine archeologica	182
2.1.3 Operazioni per la correzione di errori topologici	73	4.4 L'evoluzione storica del sito di Masada	188
2.1.4 La decimazione della mesh e l'ottimizzazione del modello	76	4.4.1 Il periodo 'pre-erodiano'	188
2.1.5 L'applicazione di <i>texture</i> e la restituzione		4.4.2 Primo periodo erodiano (37 a.C.- 30 a.C.)	191
		4.4.3 Periodo principale erodiano (30 a.C.- 20 a.C.)	197
		4.4.4 Periodo tardo-erodiano (20 a.C.- 4 a.C.)	203

4.4.5 Le attività degli Zeloti	207	8. La progettazione grafica del gioco e la realizzazione di una demo	287
4.4.6 Il vallo e i campi romani	213	8.1 L'interfaccia e gli strumenti di gioco	288
4.4.7 Il periodo bizantino	217	8.2 La scelta dell' <i>avatar</i>	293
5. Il progetto di rilievo e di documentazione del sito	221	8.3 La costruzione dell'ambiente di gioco: esempi applicativi	298
5.1 Catalogazione e archiviazione	221	9. Conclusioni	307
5.2 Metodologie integrate di rilievo	224	9.1 Il ruolo del videogioco nella contemporaneità	307
5.2.1 Il rilievo <i>Laser Scanner</i>	225	9.2 Le fasi della ricerca e l'approccio metodologico	307
5.2.2 Il rilievo fotogrammetrico	235	9.3 Obiettivi conseguiti e riflessioni per gli sviluppi futuri	309
PARTE III - MASADA MUSEUM: IL VIDEOGIOCO)	245	Appendice. Cartografia di base	311
6. Il videogioco come strumento per la valorizzazione del sito	247	Bibliografia	321
6.1 Le fasi di realizzazione del videogioco	247	Ringraziamenti	333
6.2 La tipologia di gioco e le modalità di interazione	249	Abstract	334
6.3 La struttura del videogioco: lo svolgimento generale e lo <i>storyboard</i>	249		
6.4 I <i>minigame</i>	257		
7. L'utilizzo del database digitale, lo studio delle fonti e la loro traduzione in contenuti del gioco	261		
7.1 Gli elaborati 2D	261		
7.2 I modelli 3D	262		
7.2.1 La costruzione dello scenario generale	262		
7.2.2 La modellazione degli edifici per la costruzione di ambientazioni	265		
7.2.3 La modellazione per la ricostruzione e la realizzazione di video come contenuti di <i>quiz</i>	275		
7.3 I <i>minigame</i> : lo studio dei dettagli per la realizzazione di giochi <i>puzzle</i> o <i>memory</i>	284		

Introduzione

Questo lavoro affronta il tema della fruizione del Patrimonio Culturale attraverso le più recenti tecnologie digitali sviluppatesi negli ultimi decenni. L'industria dell'*entertainment*, e più nello specifico quella dei videogiochi, è considerata oggi tra le più promettenti e può essere sfruttata per colmare il distacco che la contemporaneità ha generato tra chi 'crea' o custodisce il Patrimonio e chi lo fruisce. Per questa ragione un particolare approfondimento è dedicato alla tematica dei *serious game*, un potenziale mezzo utile per la riappropriazione degli spazi museali e di tutti quei luoghi che, per diverse ragioni, non suscitano più l'interesse spontaneo delle persone.

I temi relativi al rilievo, alla documentazione ed alla valorizzazione del Patrimonio sono stati affrontati in diversi momenti, anche attraverso la mia partecipazione a varie ricerche dove ho approfondito in particolare i temi quali la modellazione 3D ed i sistemi di visualizzazione dei modelli digitali oggi disponibili. I risultati di queste ricerche sono stati presentati in occasione di alcune conferenze Nazionali ed Internazionali, tra cui i Convegni UID e FORTMED, la Conferenza CAA2017 presso Atlanta (USA) e tramite alcune pubblicazioni sulle riviste digitali Disegnarecon e IGI Global.

Il principale caso studio¹ affrontato durante gli anni del Dottorato relativo a Masada in Israele, sito archeologico UNESCO di importanza mondiale, ha fornito l'occasione per sperimentare l'utilizzo dei sistemi di Realtà Virtuale e Realtà Aumentata, oltre che la progettazione e lo sviluppo di un *serious game* funzionale al museo.

Le ricerche si sono focalizzate sullo studio dello stato

dell'arte e sull'individuazione di un *iter* metodologico che, a partire da un database contenente i 'dati' relativi alla documentazione e al rilievo di un certo luogo, permetta di realizzare 'contenuti' multimediali per lo sviluppo uno strumento di fruizione adeguato alle esigenze della 'contemporaneità', con l'auspicio che possa diventare un approccio predefinito per incentivare l'utilizzo sistematico di questi strumenti.

La **prima parte** della tesi affronta la tematica della fruizione del Patrimonio, a partire dalla definizione delle nozioni di Patrimonio materiale e immateriale ed indagandone l'evoluzione all'interno del dibattito internazionale e del quadro normativo italiano. La rivoluzione digitale a cui abbiamo assistito negli ultimi decenni ha trasformato, oltre alle nostre abitudini quotidiane, anche il rapporto tra i beni culturali e i musei, e allo stesso tempo anche il rapporto tra musei e fruitori. L'esigenza di conservare il Patrimonio dall'usura del tempo al fine di mantenerne la 'memoria' è sempre stata di primaria importanza nel corso della storia ed oggi le strutture museali, insieme a tutte le discipline che ne regolano il funzionamento, hanno a disposizione 'nuovi strumenti' per raggiungere questi scopi. Si indagano pertanto le potenzialità dei sistemi tecnologici più innovativi e del loro utilizzo all'interno dei musei, siano essi reali che virtuali.

Le discipline della Rappresentazione e del Rilievo, in piena era digitale, sono diventate esse stesse digitali, e le strumentazioni che vengono utilizzate si sviluppano ed aggiornano di pari passo con l'innovazione tecnologica. I modelli di rappresentazione ricorrono sempre più frequentemente

all'uso di modelli 3D, anche se affiancati costantemente dai modelli grafici tradizionali. Oggi i modelli 3D, oltre che a fornire un supporto alla progettazione, sono di fondamentale importanza per registrare in modo permanente la forma degli oggetti e delle opere architettoniche esistenti, così che possano essere 'tramandate' alle future generazioni. Si riflette sul valore del modello 3D come 'strumento' della disciplina della Rappresentazione, utile per la costruzione di scenari virtuali per la fruizione del Patrimonio e si riportano esempi applicativi di realizzazioni di modelli 3D costruiti per scopi comunicativi specifici, in base al progetto di ricerca di cui fanno parte, con l'intento di spiegare inoltre quali procedimenti 'tecnici' sono necessari per la loro costruzione. Le esperienze di Rilievo riportate sono state affrontate insieme al gruppo di ricerca internazionale LS3D Landscape Survey & Design, la cui sezione di Firenze è coordinata dal Prof. Stefano Bertocci, relatore di questa tesi. Durante l'ultimo anno di Dottorato ed in occasione del mio soggiorno in Spagna presso L'Universitat Politècnica de València, ho avuto l'opportunità di studiare, sotto la supervisione di Pablo Rodriguez-Navarro, Professor Titular del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, le tecniche di rilievo e restituzione grafica 3D per le torri costiere della costa levantina, in riferimento al progetto TOVIVA (Torres de Vigía y defensa del litoral Valenciano. Generación de metadatos y modelos 3d para su interpretación y efectiva puesta en valor). In particolare ho appreso i processi di semplificazione e decimazione dei modelli 3D per la condivisione e la visualizzazione in *real-time* e le funzioni base del software Unity 3D e dell'utilizzo degli

script per la realizzazione di una APP per la condivisione dei risultati del progetto TOVIVA.

Infine, nella prima parte, si espongono le principali linee di ricerca di storici, sociologi e di altre figure di spicco che hanno esplorato il concetto di 'gioco' nel XX secolo, descrivendo l'evoluzione dei giochi a partire dai giochi all'aperto, ai giochi da tavola fino ad arrivare ai videogiochi. I giochi sono un potente mezzo per immergere le persone in 'nuovi' mondi e motivarle nel fare certe attività, in funzione anche di una crescita dal punto di vista cognitivo e comportamentale. I videogiochi costituiscono un *medium* importante, ma ancora sottovalutato, per la condivisione del Patrimonio, un campo di indagine prezioso per lo sviluppo di strumenti utili alla diffusione dei beni culturali e per accrescere la consapevolezza verso di essi da parte di un ampio pubblico.

La **seconda parte** di questo lavoro riguarda la presentazione del complesso caso studio di Masada e della costruzione dell'archivio digitale ottenuto tramite l'utilizzo delle metodologie di rilievo digitale e modellazione 3D più evolute². Il gruppo di ricerca italiano, coordinato da Stefano Bertocci dell'Università degli Studi di Firenze e Sandro Parrinello dell'Università degli Studi di Pavia ha collaborato con un gruppo di studiosi israeliani coordinato da Rebeka Vital del Department of Interior Building and Environment Design' dello Shenkar College of Design and Engineering di Tel Aviv. I due gruppi hanno organizzato durante il corso di questi anni alcuni workshop Internazionali, mostre e pubblicazioni che mostrano i risultati parziali del progetto. La prima campagna di rilievo presso

Masada si è svolta nel febbraio 2013 in concomitanza con il workshop dal titolo “Masada International Workshop – How we document a heritage site digitally?”. Questo ha visto la partecipazione studiosi e ricercatori oltre che ad un gruppo di studenti. I risultati della prima missione sono raccolti nel libro ‘Bertocci S., Parrinello S., Vital R. (2013) *Masada Notebooks Report Of The Research Project 2013, Vol. I*. Edifir Edizioni Firenze’. La seconda missione si è svolta nel febbraio 2014 ed i risultati sono pubblicati nel secondo volume dal titolo “Bertocci S., Parrinello S., Vital R. (2014) *Masada Notebooks Report Of The Research Project 2014, Vol. II*. Edifir Edizioni Firenze”. Nel febbraio 2015 e nel giugno 2016 si sono svolte altre due campagne di rilievo durante le quali sono state completate le fasi di acquisizione dei dati.

La **terza parte** di questo lavoro tratta della realizzazione del videogioco intitolato ‘*Masada Museum*’, progettato e parzialmente sviluppato all’interno di Unity 3D viste le pregresse esperienze con l’utilizzo di questo *software*, la familiarità con l’interfaccia del programma e la disponibilità di *script* base utilizzati per altri progetti. In primo

luogo vengono definiti gli obiettivi e la struttura del videogioco, la tipologia e il genere. Un ruolo importante per la riuscita del gioco è quello dell’accurata definizione dello *storyboard* e di tutti i contenuti ad esso correlato, come le tipologie di *minigame* presenti nel videogioco, la loro struttura e il loro funzionamento. In questa parte si mostrano i procedimenti utilizzati per ‘tradurre’ gli eventi storici, gli aspetti più importanti delle fasi costruttive del sito archeologico, le caratteristiche degli edifici più significativi e dei manufatti minori, in modelli 3D, ambientazioni virtuali, ricostruzioni e *minigame*, utili alla realizzazione dei contenuti del videogioco.

Le maggiori difficoltà emerse riguardano la ‘semplificazione’ della mole di dati raccolti durante le fasi di rilevamento e post-produzione, insieme alla complessità della storia del sito archeologico e delle questioni interpretative riguardo ad alcuni edifici ancora non del tutto risolte.

Si esplicitano inoltre le scelte stilistiche e i procedimenti ‘tecnici’ utilizzati per la realizzazione di una *demo* di gioco, utile a capire l’efficace funzionamento del gioco e della sua capacità ‘comunicativa’.

Note

1 Questa tesi nasce in continuità tematica alla mia Tesi di Laurea dal titolo ‘La documentazione del quartier generale del Palazzo di Erode a Masada, Israele: modellazione tridimensionale ed esperienze di Realtà Aumentata’ del dicembre 2014.

2 L’elaborazione dei dati e l’approfondimento di alcuni aspetti del Rilievo e della Rappresentazione sono stati sviluppati all’interno di diverse Tesi di Laurea (Marco Benedetti e Benedetta Bertoglio nel 2013, Monica Bercigli nel 2014, Andrea Scalabrelli, Anastasia Cottini e Niccolò Centrone nel 2015 e quelle di Eleonora Mariotti nel 2106 e Maria Bazzicalupo nel 2018 di cui sono correlatrice). Alcune elaborazioni e considerazioni sul sistema di archiviazione digitale dei dati sono inoltre contenuti all’interno della Tesi di Dottorato della PhD. Sara Bua dal titolo ‘La rappresentazione tridimensionale dell’Architettura e dell’Archeologia: sistemi informatici per la documentazione e valorizzazione dei Beni culturali’.

PARTE I

IL PATRIMONIO E LA SUA FRUIZIONE ATTRAVERSO MODELLI 3D E SERIOUS GAME

CAPITOLO I

La fruizione del patrimonio culturale: sistemi tradizionali ed evoluzione tecnologica

“Face à l’éclatement du monde moderne et la banalisation des critères sociaux, le patrimoine devient une sorte de valeur refuge, où il est bon de se retremper à intervalles réguliers”

Dominique Audrerie

Il capitolo propone una rassegna delle definizioni della nozione di ‘bene’ e delle sue diverse declinazioni in bene tangibile e intangibile. Si individuano le convergenze e le divergenze tra i concetti di Patrimonio materiale e immateriale, facendo riferimento alla bibliografia riguardante l’argomento. Si ripercorrono le principali tappe del dibattito internazionale che hanno condotto negli ultimi anni alla nozione di *Cultural Heritage*, sottolineando l’importanza del ruolo delle comunità e della sua consapevolezza culturale utile per garantire la tutela e la valorizzazione del Patrimonio stesso. La relazione tra l’essere umano e il Patrimonio culturale si è evoluta nel corso del tempo ed è correlata al concetto di museo, all’evoluzione tecnologica e al rapporto stretto che si è creato tra queste due componenti. In particolare ci si sofferma sull’accelerazione avvenuta negli ultimi decenni che ha portato all’impiego di strumenti tecnologicamente evoluti anche non propriamente appartenenti al campo culturale. Oggi l’attuazione di una corretta comunicazione museale passa attraverso il sapiente utilizzo di tutti gli strumenti disponibili, ed in particolare si fa riferimento ai sistemi di Realtà Virtuale e Realtà Aumentata, indagando il rapporto tra reale e virtuale. Riguardo al rapporto tra tecnologie e Patrimonio viene fatta infine un’analisi critica del concetto di ‘visualizzazione’ dei Beni in riferimento agli studi recenti, ai documenti e alle declaratorie redatte negli ultimi decenni a proposito di questa tematica.

1.1 Il concetto di patrimonio e la sua metamorfosi

Il termine ‘patrimonio’ deriva etimologicamente dal latino *patrimonium* ed indica l’eredità che il padre (*pater-tris*) lascia al figlio. Nel diritto romano per patrimonio si intendevano le *res corporales*, poi esteso anche alle *res incorporales*, ovvero i diritti di godimento come anche la schiavitù e l’usufrutto.

Nella lingua italiana il patrimonio è definito come (Voce da Treccani - 2018):

- a)** Il complesso dei beni, mobili o immobili, che una persona (fisica o giuridica) possiede;
In contabilità, complesso dei valori attribuiti ai beni e alle utilità a disposizione di un’azienda in un determinato momento;
- b)** L’insieme delle ricchezze, dei valori materiali e non materiali che appartengono, per eredità, tradizione, a una comunità o anche a un singolo individuo.

Il termine Patrimonio indicava quindi inizialmente i beni di famiglia che discendono secondo la legge dai genitori ai figli, per poi estendersi a tutte le proprietà che un individuo possiede.

Come ci indica Desvaléees (2003), nel 1580 Jean Papon parlava di “biens propres et patrimoniaux”, per descrivere ciò che nel XX secolo è definito come le attività e le spese che una persona può sostenere in termini di denaro, o che la persona può detenere.

Nel corso del tempo il termine patrimonio ha ampliato il proprio significato ed in particolare alla fine del XX secolo si è assistito ad una generalizzazione nell’uso di questa parola; potremmo parlare quasi di un abuso nel suo utilizzo poiché con essa vengono indicati in maniera generica una molteplicità di oggetti e appartenenti ai più svariati campi (es. patrimonio genetico, patrimonio artistico etc.).

Heinich (2009) definisce come *inflation patrimoniale* la nozione di patrimonio che negli ultimi decenni è stata estesa ad un numero quasi illimitato di beni.

Il concetto di patrimonio è parte integrante del processo di trasmissione culturale all'interno di una comunità o di un gruppo sociale. Si guardi anche l'origine della parola 'monumento' derivata dal latino *monumentum* (dal verbo *monere*, ricordare) a cui è associato il ricordo di una persona o di un avvenimento. Si tratta di una opera o scultura decorativa posta per la celebrazione di persone illustri o avvenimenti gloriosi. In senso figurato è da intendersi come

un'opera testimonianza di un'epoca o in grado di sopravvivere alla memoria.

Il monumento storico assume significato in base al luogo e al momento storico in cui si trova, non soltanto per la sua forma o per il suo valore materiale.

La memoria culturale non è infatti banalmente un repertorio totalizzante, una summa che si autogenera all'interno di una società, ma richiede l'applicazione di canoni estetici, ideologici e l'intervento attivo di un numero variabile di attori culturali (Tramontana, 2007).

La nozione di 'monumento' ha subito un'evoluzione



Fig. 1 In alto il Tumulo in Barnenez in Francia. Si tratta di un monumento neolitico che sorge in Bretagna e risale al 4500 a.C. circa; è considerato il primo monumento megalitico d'Europa e fu censito per la prima volta tramite un catasto voluto da Napoleone nel 1807. Sotto a sinistra il sito archeologico di Göbekli Tepe situato in Turchia e risalente all'inizio del Neolitico intorno al 9600 a.C. All'interno della struttura monumentale si trovano raffigurazioni di animali che lasciano pensare ad un luogo per riti di tipo sciamanici. A destra il Monte d'Accoddi in Sardegna e risalente al 4000 s.C con tracce di preesistenze più antiche.

all'interno delle carte e dei documenti internazionali che hanno trattato queste tematiche, mutando il proprio significato fino a divenire 'patrimonio'.

Dominique Audrerie spiega che "Il Patrimonio appartiene a tutti. Organizzato e modificato nel corso dei secoli, è il testimone silenzioso delle grandezze e delle miserie di una regione. È anche un punto di riferimento per gli uomini di questo tempo, perché questo è uno dei ruoli più importanti del Patrimonio abbia oggi.

Ricevuto dalle generazioni passate, esso genera i doveri per le generazioni presenti" ¹ (Audrerie, 2003).

Il patrimonio nasce quindi in maniera spontanea, in base alle necessità della società, in base al valore che gli viene riconosciuto. Questo non esiste a priori e non ha valenza universale e collettiva ma dipende dall'interesse che una comunità gli associa e assegna. Colardelle (1998) individua l'esistenza di tre tappe nella 'costituzione' del patrimonio. A partire dalla nascita spontanea, passando per la presa di coscienza rispetto ad un certo oggetto, il quale assume un significato ulteriore rispetto al valore materiale, fino all'acquisizione di una identità patrimoniale, al ter-



Fig. 2 In alto da destra, il sito archeologico Ġgantija di Malta. I templi qui presenti risalgono al 3600 a.C. circa e sono le strutture religiose tra le più antiche del mondo. Accanto, il dolmen di Pentre Ifan, un antico maniero del 3500 a.C. circa, utilizzato probabilmente come sepoltura comune. Sotto a sinistra la Piramide di Djoser, conosciuta anche con il nome di 'piramide a gradoni'; si tratta di una struttura funeraria situata in Egitto e risalente al 2700 a.C. A destra, lo Ziggurat di Ur situato in Mesopotamia (attuale Iraq), un monumento religioso databile intorno al 2100 a.C.

mine cioè di un processo di adozione denominato appropriazione (Vecco, 2007).

Dunque è attraverso la decisione di un certo gruppo sociale o di una comunità che inizia ad affermarsi l'esistenza di un certo patrimonio. Viene riconosciuto un valore condiviso e collettivo che pertanto necessita di essere tramandato nel tempo, attraverso la salvaguardia e la sua conservazione.

Come già precedentemente accennato la nozione di patrimonio si è evoluta nel tempo. La presa di coscienza del valore artistico e storico dei beni è da ricercarsi nel periodo greco-romano quando si sviluppa la concezione che la società rappresenti il 'risultato' e

l'eredità di un'epoca passata di cui si vuole conservare la testimonianza (Vecco, 2007).

I beni assumono un valore estetico con il Classicismo greco, durante il quale si iniziano a collezionare opere e a riprodurle.

Nel corso del Medioevo gli oggetti antichi perdono il loro valore di simbolo in quanto memoria di una cultura pagana ma si afferma poi nuovamente la volontà di collezionare grazie alla affermazione di una classe borghese che contribuisce così all'inizio di un dibattito teorico ma anche ad un processo di storicizzazione (Vecco, 2007).

Durante il Rinascimento si afferma il 'culto delle ro-



Fig. 3 (sopra) Claude Lorrain - *Capriccio con rovine del Foro Romano*. I suggestivi paesaggi della campagna romana e dei dintorni della città vengono dipinti da artisti di tutto il mondo e questa opera è datata 1634 circa.

Fig. 4 (pagina a fianco) Gaspar Van Wittel - *Veduta dell'arco di Tito (Roma)*. Le sue opere comprendono una serie di dipinti eseguiti a Roma a partire dal 1680 con una chiara definizione dei luoghi rappresentati, fondamentali per il successivo sviluppo legato alla corrente del 'vedutismo'.

vine' e i monumenti acquisiscono valenza estetica e divengono fonte di ispirazioni per artisti e letterati. A partire dalla metà del Cinquecento artisti fiamminghi² e olandesi hanno rivolto particolare attenzione alla rappresentazione delle città e delle rovine, ricreando vedute della campagna romana. Più tardi anche artisti francesi come Poussin³ e Lorrain⁴ hanno tratto ispirazione dal paesaggio romano, sapientemente costruito nel corso della storia. Si consolida così l'idea che il monumento rappresenti una traccia del passato e che sia un luogo di memoria dal valore prestigioso. Alla fine del Seicento l'artista olandese Gaspard van Wittel⁵ inizia a dipingere scorci suggestivi di Roma e

per tutto il Settecento le rovine esercitano un fascino irresistibile sugli artisti. In particolare Roma assume un ruolo centrale per la conoscenza dei monumenti antichi. La moda del Grand Tour⁶ porta all'attenzione sulle rovine di città antiche, dapprima sulla 'città eterna', che deve la sua fortuna alle incisioni di Giambattista Piranesi⁷, il quale ritrae la città invasa dalle costruzioni moderne e le rovine isolate nella campagna. Nascono i 'rovinisti' che dipingono opere dal potere evocativo e decorativo per la clientela straniera. Piranesi assieme a Clérissseau⁸ compie viaggi tra le rovine disegnandole e 'rilevandole' attraverso un metodo di indagine rigoroso che apre le strade



all'archeologia moderna. Le sue stampe circolano in tutta Europa e l'immagine di Roma appare sempre più maestosa e solenne.

Alla metà del Settecento l'interesse dei viaggiatori di sposta verso il sud Italia, in particolare con la scoperta di Pompei ed Ercolano e grazie agli studi di Johann Joachim Winckelmann.⁹ Anche Napoli, Paestum e tutte le città della Magna Grecia divengono mete di spedizioni per la 'scoperta archeologica' attraverso rappresentazioni sempre più realistiche.

Un importante riferimento che abbiamo riguardo alla nozione di Patrimonio appare in una lettera scritta nel

1690 da Leibniz al suo amico Morhof dove si legge "umanizzato generis *patrimonium* pretiosissimum hoc quod in opibus mentito consistit" sostenendo appunto che il prezioso patrimonio dell'umanità consiste nella ricchezza della mente. La mente che decide ciò che è giusto, la mente che apprende nozioni e si arricchisce di valori umani e culturali.

Un punto di svolta per la concezione della nozione di patrimonio è da ricercarsi nella Rivoluzione Francese, uno spartiacque per la riflessione sulla conservazione dei beni culturali. Gli edifici presi d'assalto e distrutti erano molto di più che un'opera architetto-



Fig. 5 Giambattista Piranesi, *Avanzi del Tempio di Canopo nella Villa Adriana*, (1748-78)

nica fatta di mura, inferriate e scalinate erano legati e simboleggiavano un intero sistema politico-sociale che per facilità è chiamato *Ancient Régime* (Tramontana, 2007). I rivoluzionari infatti distrussero una buona parte del patrimonio architettonico e artistico, poiché questo incarnava il potere nemico.

Un po' come avverrà a seguito delle grandi guerre mondiali, vi era dunque la necessità di gestire i beni oggetto di distruzione o ad essa sopravvissuta.

La Convention Nationale, l'assemblea esecutiva e legislativa attiva durante la Rivoluzione Francese, si occupò di stabilire i principi per la conservazione dei

monumenti e delle opere d'arte.

Fu istituita la Commission des Monuments¹⁰ nel 1790 con il compito appunto di censire e inventariare questi beni, al fine di preservarne la memoria ma anche al fine di poterne riutilizzare i materiali per la costruzione di nuove opere ad uso pubblico. Si assiste ad una sorta di appropriazione collettiva dei beni e il monumento inizia ad assumere un valore educativo, in grado di trasmettere ed insegnare alla comunità la storia passata.

Desvallées (2003) scrive che "(...) après avoir rendus collectifs des biens individuels (le patrimoine per-



Fig. 6 Giambattista Piranesi, *Veduta dei resti del tempio di Nettuno a Paestum* (1778)

sonnel), ainsi que le patrimoine du clergé, il tendait à intégrer dans le patrimoine collectif, voire universel, les biens publics que les Romains avaient justement exclus du patrimoine”¹¹.

A partire dal 1810 in Francia vennero redatte le prime liste di monumenti sfuggiti al vandalismo della Rivoluzione, ed in particolare nel 1830 il primo ministro François Guizot in Francia, istituì la posizione di

Inspection des Monuments Historiques (Ispettore ai Monumenti Storici) e qualche anno più tardi nel 1837 la Commission des Monuments Historiques (Commissione per i Monumenti Storici) con il compito di “classificare” i monumenti in ordine di importanza secondo le liste precedentemente redatte.

Più tardi, a partire dal XX secolo si formò anche il concetto giuridico di patrimonio e iniziarono ad es-



Fig. 7 Veduta dell'interno dell'Abbazia di Jumièges in Francia. Si tratta di uno degli esempi più noti del primo stile romanico in Normandia e si trova ancora oggi nello stato di rudere a causa delle distruzioni seguite alla Rivoluzione Francese quando furono utilizzati esplosivi per ricavare materiali da costruzione.

sere redatti documenti utili a descriverne le caratteristiche e le azioni che su di essi si possono compiere. Bisognerà attendere il 1931 per vedere il termine nel senso culturale che conosciamo, ripreso in un contesto internazionale.

La Costituzione dell'UNESCO, il 16 novembre 1945, fornirà l'occasione definitiva per far sì che venga 'regolarizzato' l'uso dei termini e dei concetti.

Una delle missioni che l'UNESCO è quella del dover agire per "il mantenimento, la promozione e la diffusione della conoscenza garantendo la conservazione e la protezione del patrimonio universale dei libri, delle opere d'arte e altri monumenti di interesse storico o scientifico".



Fig. 8 L'immagine mostra ciò che rimane di alcune statue della cosiddetta Galleria dei Re presso Notre-Dame a Parigi. La Chiesa venne devastata durante la Rivoluzione Francese e fu depredata di tutti i metalli preziosi. Per alcuni anni nel 1793 divenne Tempio della Ragione per poi tornare alla Chiesa nel 1801.

1.1.1 Il quadro normativo internazionale

Per una corretta ed esauriente descrizione del concetto di patrimonio culturale è necessario riportare il quadro normativo globale che è stato definito nel XX secolo e fare riferimento alla carte, alle direttive, alle convenzioni e alle raccomandazioni¹² che sono state approvate ed attuate.

Possiamo affermare che questi documenti siano stati e vengano adottati per diverse ragioni. Se inizialmente il motivo per cui conservare il patrimonio era dettato dalla necessità di proteggere l'interesse nazionale e la sua storia, a partire dagli anni '60 fino agli anni più recenti, il concetto si è evoluto fino ad affermare il diritto dell'uomo ad avere una testimonianza autentica del proprio patrimonio che deve essere salvaguardato in quanto espressione di una identità culturale (Vecco, 2007).

La nozione di patrimonio culturale si è evoluto nel corso nel tempo e alcune sostanziali fasi sono da ricercarsi a partire dalla Convenzione dell'Aja del 1954 per la protezione dei Beni Culturali in caso di conflitto armato. La Convenzione è stata scritta in seguito alla constatazione dell'ingente numero di danni subiti nel corso dei conflitti mondiali, al fine di proteggere ciò che appartiene all'intera umanità.

I principi fondanti sono quelli della Convenzione dell'Aja del 1899 e del Patto di Washington del 1935 che riportano una ulteriore definizione di *bene culturale* e di ciò che comporta la protezione e il rispetto per questi stessi beni. Sono inoltre classificati i beni culturali secondo le seguenti categorie: i beni mobili (oggetti artistici), i beni immobili (monumenti, siti ed edifici) ed espressioni artistiche (riti, tradizioni e credenze religiose). La Convenzione afferma infine che è necessario proteggere il patrimonio culturale di tutta l'umanità.

Gli stessi concetti vengono ripresi più tardi nella Raccomandazione dell'UNESCO del 1962, dove si affermano i principi di salvaguardia dei paesaggi, degli ambienti naturali e di quelli creati dall'uomo che sono di interesse culturale o estetico.

Nonostante la Carta di Atene si occupasse delle tematiche della conservazione già nel 1931, nel 1964 nella Carta di Venezia (Carta Internazionale sulla

conservazione e il restauro dei monumenti e dei siti) vengono espressi alcuni concetti innovativi rispetto ai precedenti documenti. L'articolo 1 è di grande importanza poiché è qui che si trova per la prima volta l'indicazione in cui si afferma che le opere monumentali assumono la connotazione di patrimonio, attraverso la definizione della nozione di monumento storico che comprende non più soltanto "la creazione architettonica isolata" ma "l'ambiente urbano o paesistico che costituisca la testimonianza di una civiltà particolare, di un'evoluzione significativa o di un avvenimento storico". L'importanza risiede nel fatto che venga ritenuto patrimonio non solo l'oggetto materiale ma anche il significato che esso rappresenta e trasmette.

Insieme a questa definizione si è evoluto quindi anche il concetto di conservazione, volto a salvaguardare non più soltanto l'opera d'arte ma anche la sua testimonianza storica.

La definizione di "patrimonio" appare per la prima volta nel 1972 nella Convenzione UNESCO per la protezione del patrimonio mondiale culturale e naturale; questa rappresenta un vero e proprio punto di svolta per la riflessione sulla gestione del patrimonio a livello globale.

Viene fatta una distinzione tra patrimonio culturale e patrimonio naturale di cui si riportano le definizioni. Sono considerati "patrimonio culturale":

- i monumenti: opere architettoniche, plastiche o pittoriche monumentali, elementi o strutture di carattere archeologico, iscrizioni, grotte e gruppi di elementi di valore universale eccezionale dall'aspetto storico, artistico o scientifico,

- gli agglomerati: gruppi di costruzioni isolate o riunite che, per la loro architettura, unità o integrazione nel paesaggio hanno valore universale eccezionale dall'aspetto storico, artistico o scientifico,

- i siti: opere dell'uomo o opere coniugate dell'uomo e della natura, come anche le zone, compresi i siti archeologici, di valore universale eccezionale dall'aspetto storico ed estetico, etnologico o antropologico. Sono considerati "patrimonio naturale":

- i monumenti naturali costituiti da formazioni fisiche e biologiche o da gruppi di tali formazioni di valore universale eccezionale dall'aspetto estetico o

scientifico,

- le formazioni geologiche e fisiografiche e le zone strettamente delimitate costituenti l'habitat di specie animali e vegetali minacciate, di valore universale eccezionale dall'aspetto scientifico o conservativo,

- i siti naturali o le zone naturali strettamente delimitate di valore universale eccezionale dall'aspetto scientifico, conservativo o estetico naturale.

Spetta a ogni stato il compito di identificare i differenti beni situati sul proprio territorio, e quello di garantire la protezione, la valorizzazione e la trasmissione del patrimonio culturale e naturale alle generazioni successive. Lo scopo della Convenzione è anche quello di sviluppare nelle singole popolazioni la consapevolezza del valore dei beni, intesi come testimonianze dei valori umani che toccano la sfera intima di ogni membro della comunità. Viene inoltre riconosciuta la responsabilità comune nel salvaguardarli per consegnarli alle generazioni future.

Si inizia in questo periodo a prendere coscienza dei processi socio-politici di uniformazione e globalizzazione e per questo cresce l'attenzione verso la sfera patrimoniale volta a valorizzare le peculiarità e specificità di ciascuno Stato. Il patrimonio è visto dunque come un antidoto alla nuova e spaventosa forma della modernità per la riappropriazione del senso di appartenenza (Audrerie, 2003).

Un simile approccio normativo si trova in un altro documento internazionale, la Carta europea del Patrimonio Architetonico di Amsterdam del 1975, dove viene posto l'accento sul fatto che “la testimonianza del passato documentata dal patrimonio architettonico costituisce un ambiente essenziale per l'equilibrio e lo sviluppo culturale dell'uomo (...) e qualora non si trasmettesse alla generazioni future nella sua autentica ricchezza e nella sua diversità, l'umanità subirebbe un'amputazione della coscienza del suo futuro”.

A questo proposito si incentivano le organizzazioni private nazionali ed internazionali in modo che contribuiscano a suscitare l'interesse del pubblico verso queste tematiche, viene estesa la nozione di patrimonio architettonico dal solo monumento storico isolato agli insiemi architettonici rurali e urbani, e viene sostenuto lo scambio internazionale di conoscenze ed esperienze per assicurare la promozione dei mestieri

e delle conoscenze pratiche locali per le opere di conservazione e restauro.

A partire dagli anni '80 sono stati inoltre elaborati documenti e carte internazionali al fine di chiarire i concetti di ‘bene tangibile’ e ‘bene intangibile’.

La Convenzione di Granada per la protezione del Patrimonio Architetonico europeo del 1985 ha ribadito la responsabilità comune di salvaguardia e valorizzazione del patrimonio; poco più tardi, nel 1987 è stata redatta la Carta Internazionale di Washington per la salvaguardia delle città storiche che afferma la necessità di salvaguardare le città storiche in quanto “esprimono, oltre alla loro qualità di documento storico, i valori peculiari di civiltà urbane tradizionali”. Questo documento è innovativo perché riconosce valori tangibili e intangibili come oggetto di protezione (Vecco, 2010). I valori a cui si fa riferimento sono sia quelli materiali propri degli oggetti, sia quelli “spirituali” e immateriali del contesto socio-politico.

I valori di cui si fanno portatori questi beni devono essere riconosciuti e condivisi dalla comunità a cui appartengono, non si può basarsi soltanto sul valore intrinseco degli oggetti. Un documento in cui si parla di questi concetti è la Carta di Cracovia del 2000, una carta del restauro dal titolo “Principi per la conservazione del patrimonio costruito” dove si parla di patrimonio e non più di ‘monumento’ architettonico e, come espresso nel preambolo, “ciascuna comunità, attraverso la propria memoria collettiva e la consapevolezza del proprio passato, è responsabile dell'identificazione e della gestione del proprio patrimonio. (...) I monumenti, come singoli elementi del patrimonio, sono portatori di valori che possono cambiare nel tempo. Questa variabilità dei valori individuabili nei monumenti costituisce (...) la specificità del patrimonio”.

Attraverso la consapevolezza e la coscienza comune emerge la necessità di tutelare i singoli elementi del patrimonio soggetti alla continua evoluzione e al continuo cambiamento del contesto socio-politico.

1.1.2 La normativa italiana

Il termine “bene culturale” è definito dalla legislazione italiana in maniera precisa secondo il Codice dei

beni culturali e del paesaggio (Art.2 - D.lgs. 42/2004):

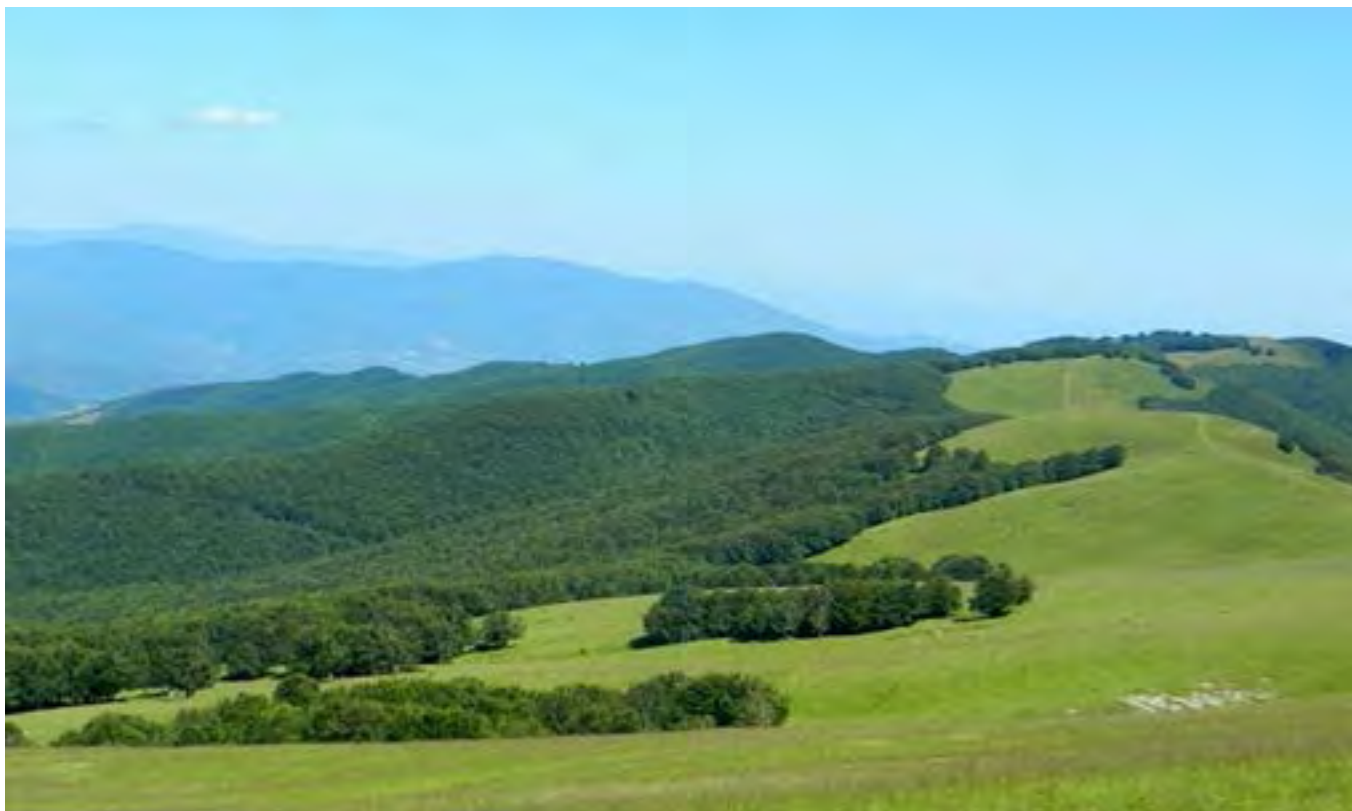
- I. Il *patrimonio culturale* è costituito dai beni culturali e dai beni paesaggistici.
- II. Sono *beni culturali* le cose immobili e mobili che (...) presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnoantropologico, archivistico e bibliografico e le altre cose individuate dalla legge o in base alla legge quali testimonianze aventi valore di civiltà.
- III. Sono *beni paesaggistici* gli immobili e le aree (...) costituenti espressione dei valori storici, culturali, naturali, morfologici ed estetici del territorio, e gli altri beni individuati dalla legge o in base alla legge.
- IV. I beni del *patrimonio culturale* di appartenenza pubblica sono destinati alla fruizione della collettività, compatibilmente con le esigenze di uso istituzionale e sempre che non vi ostino ragioni di tutela.

Si intendono per beni culturali ad esempio le raccolte di musei, gli archivi e i documenti dello stato, le raccolte librerie ma anche cose mobili e immobili di interesse artistico a chiunque appartenenti, oggetti e collezioni di rilevanza storica, archeologica o altro.

A partire da beni 'minori' come manoscritti, pellicole cinematografiche e fotografie fino ad arrivare agli spazi urbani, le strade, le piazze e i giardini.

Ognuno di questi beni è sottoposto a regole precise che ne favoriscono la conservazione e non si può prescindere dagli aspetti normativi che li riguardano: "I beni culturali non possono essere distrutti, deteriorati, danneggiati o adibiti ad usi non compatibili con il loro carattere storico o artistico oppure tali da recare pregiudizio alla loro conservazione" (Capo III, Sezione I, Art.20) se non tramite autorizzazione del Ministero.

Facendo riferimento agli stessi principi di tutela e valorizzazione che devono concorrere a preservare la memoria della comunità e a favorire lo sviluppo della



cultura, ‘patrimonio culturale’ e ‘beni culturali’ appaiono come due entità di significato diverso, concettualmente nidificati il primo nel secondo, con riflessi di carattere giuridico distinti (Tucci, 2013).

Il punto IV introduce anche il termine *patrimonio* che viene chiarito rispetto alle precedenti definizioni.

L’Art. 9 della infatti Costituzione enunciava già i due principi fondamentali riguardanti la cultura, identificandoli con “la promozione dello sviluppo di cultura e ricerca e quello della tutela del paesaggio (...) e del patrimonio storico artistico”.

Il concetto di cultura risulta essere legato inscindibilmente ai beni di interesse storico, artistico, archeologico ed etnografico e come i beni siano lo strumento attraverso cui la cultura si esprime: “il valore culturale dei beni (...) è dato dal collegamento del loro uso e della loro utilizzazione pregressi con accadimenti della storia, della civiltà e del costume locale (Art. 4 Sentenza della Corte Costituzionale - 9 marzo 1990 n.118).

Il bene culturale in questo caso non costituisce una categoria giuridica statica ma un concetto dinamico che si evolve secondo fattori esterni dovuti a comportamenti della collettività e dalla rilevanza dell’interesse pubblico. Il Codice sostanzialmente fa convergere in un unico concetto quanto all’Articolo 9 della Costituzione era distinto in “paesaggio” e “patrimonio storico e artistico della Nazione”, associando contemporaneamente la tutela alla valorizzazione e finalizzandole entrambe a quanto nella Costituzione era solo correlato “la promozione dello sviluppo della cultura”, oltre a sostituire la Nazione con la “comunità nazionale” (Jalla, 2017).

Fig. 9 (pagina a fianco) La zona di culmine della Catena del Pratomagno (AR). Rappresenta un bene paesaggistico soggetto a tutela per diverse ragioni tra cui il “susseguirsi di zone climatiche e vegetali”. (D.M. 26/04/1973 G.U. 152-1973)

Fig.10 (sotto) Zona litoranea sita nell’ambito del comune di Castiglione della Pescaia (GR) di “notevole interesse pubblico perché costituisce con la sua vegetazione arborea un quadro naturale di non comune bellezza panoramica”. (D.M. 10/04/1958 G.U. 103 del 1958)





Fig. 11 La prima lista dei Patrimoni era chiamata 'Capolavori del Patrimonio reale e immateriale dell'umanità' ed è datata 2001. Comprende 19 voci a cui ne sono state aggiunte altre negli anni successivi. Nel 2003 la conferenza Generale dell'UNESCO ha stabilito la 'Convenzione per la salvaguardia del Patrimonio immateriale' e sono state istituite nuove liste che oggi contano 470 elementi di cui 8 italiani. Nell'immagine sono riportati tre Patrimoni presenti nella prima lista: in alto il Carnevale di Oruro in Bolivia, sotto l'Opera Kunqu dal Giappone e accanto le danze Garifuna del Belize, Honduras e Nicaragua.

1.1.3 Patrimonio tangibile e patrimonio intangibile

“L’universel, dont on est partie et que l’on souhaitait rendre général, devra donc passer par l’individuel et le national”

André Desvallées

Le problematiche che devono essere affrontate, al di là delle terminologie e dell’evoluzione delle nozioni all’interno dibattito internazionale, riguardano principalmente il cambio di punto di vista e di prospettiva verso il patrimonio.

Come detto, il Patrimonio è l’espressione dell’identità e riguarda le forme materiali ma anche culturali, e tutte le comunità ne sono responsabili, per la sua valorizzazione e per la sua trasmissione alle generazioni future.

L’approccio culturale verso il Patrimonio è in continua evoluzione ed induce ad un continuo cambiamento di ‘categoria’ e ‘definizione’, altrimenti si potrebbe pensare di aver a che fare sempre con la stessa eredità.

Il fenomeno a cui ci si riferisce ha radici profonde e ha trovato largo spazio nel dibattito internazionale degli ultimi decenni volto alla definizione della nozione di patrimonio intangibile (dall’inglese *intangible heritage*) o patrimonio immateriale (dal francese *patrimoine immatériel*) e scaturisce dalla necessità di ‘classificare’ i beni cosiddetti immateriali.

A partire dal XIX secolo le tradizioni popolari, i miti e le leggende, gli usi e i costumi, ma anche le superstizioni, le musiche e tutto ciò che veniva trasmesso oralmente dalle comunità, non era identificato o ‘etichettato’ con alcun termine. Ambrose Merton, pseudonimo dello scrittore e antiquario William Thoms, scrisse una lettera su una rivista letteraria chiamata *Athenaeum*. Era il 1846 ed egli coniò il termine Folklore, definendolo come “a good Saxon compound, Folk-Lore, the Lore of the People” (Merton, 1846), con l’intento di trovare un vocabolo che potesse raccogliere tutte le espressioni sociali e culturali che oggi chiamiamo tradizioni popolari.

Le denominazione *folklore*, o folclore in italiano,

“venne presto assumendo un significato più vasto: divenne la denominazione complessiva dei fatti culturali appartenenti agli stadi evolutivi più remoti” (Cirese, 1973).

Ancora Cirese sostiene che “il termine *folklore* non denominò soltanto le ‘sopravvivenze’ degli antichi stadi evolutivi conservate nei volghi dei popoli civili, ma incluse anche le ‘presenze’ ancora vitali delle ‘istituzioni primitive’ nelle popolazioni extraeuropee che, secondo l’evoluzionismo, starebbero attraversando oggi le fasi evolutive che i popoli civili avrebbero traversato millenni fa”. Anche in questo caso non è possibile identificare una serie di fenomeni culturali in maniera univoca e con un solo termine.

Un termine che viene preferibilmente utilizzato oggi è *demologia*, ovvero la disciplina che studia la cultura popolare, in quanto la parola *folclore* si riferisce perlopiù a musiche e spettacoli ed ha assunto un valore svalutativo.

Nel clima del dopoguerra, in Italia come in altri paesi europei si producono fratture tra gli studi delle tradizioni popolari e l’*etnologia*¹³, e nasce una disaffezione da parte degli antropologi verso l’ambito del folclore, che troverà invece maggior spazio nell’antropologia americana e nei *cultural studies*¹⁴ (Zingari, 2015).

Nel 1968 si è costituito in Italia l’Ufficio Centrale per il Catalogo e la Documentazione che si occupava anche della progettazione di modelli di schede di catalogo per il folclore, che viene riconosciuto non solo nella sua dimensione materiale degli oggetti legati all’universo agropastorale, ma anche nella sua dimensione immateriale legata alle feste popolari, alla musica e alla narrativa (Broccolini, 2015).

Si tentano di definire le identità nazionali attraverso la ricerca di segni e tracce del passato, appartenenti alla collettività, che siano rappresentative della memoria e della cultura locale di ogni comunità.

Oltre ad un approccio catalogografico che vede la nascita nel 1978 delle schede chiamate FK (ovvero riguardo al Folklore) ad opera dell’ICCD (Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione), in collaborazione con il Museo Nazionale delle Arti e Tradizioni Popolari, inizia a prendere campo anche l’idea di valorizzazione dei beni connessa al mercato del turismo.

Sempre negli stessi anni Alberto Cirese definisce i beni immateriali come ‘beni volatili’ ovvero “canti o fiabe, feste o spettacoli, cerimonie e riti che non sono né mobili né immobili in quanto, per essere fruiti più volte, devono essere ri-eseguiti o rifatti” (Cirese, 2007).

Negli anni '90 la consapevolezza patrimoniale riguardo a questa tipologia di beni, entrerà a far parte del lessico dei beni culturali. Viene infatti coniata l'espressione di bene *demoetnoantropologico* o DEA¹⁵, che connette le discipline di demologia, etnologia e antropologia culturale, e che apre il dibattito su questa ‘nuova’ categoria di beni, fino a quel momento ignorati. Il riconoscimento dell'importanza dell'immaterialità e dell'oralità può essere interpretato come un passo verso il superamento di una prospettiva eurocentrica del patrimonio, accettando la diversità culturale come fonte di arricchimento per l'intera umanità (Vecco, 2010). Il dibattito di grande portata culturale richiede una

approfondita riflessione anche su concetti più ampi, come scrive Desvallée (2003) “les biens sont sujets de droit, et que même les monuments le sont devenus, parce que matériels, l'Humanité ne saurait être sujet de droit. On comprend vite la difficulté à généraliser juridiquement le concept d'humanité du fait qu'il est difficile à appréhender dans sa globalité, n'existant juridiquement que sous la forme d'États, de communautés. Et comme, par ailleurs, ses composants naissent, vivent et meurent chaque jour, elle rend obligatoire la transmission intergénérationnelle - laquelle provoque à son tour une nouvelle impossibilité juridique”¹⁶.

La svolta nel dibattito internazionale è sancita dalla Convenzione UNESCO del 2003 per la Salvaguardia del Patrimonio Culturale Immateriale. Questa, riconoscendo la marcia inarrestabile dei processi di globalizzazione e di trasformazione sociale, propone tra gli scopi principali di salvaguardare il patrimonio immateriale, assicurarne il suo rispetto, di suscitare la



Fig. 12 Opera dei pupi siciliani. Questa forma di teatro con marionette risale probabilmente alla fine del 1700, ha origini siciliane ed è solita rappresentare le gesta di Carlo Magno e di altri personaggi. Nel 2001 apparteneva alla prima lista dei patrimoni proclamati ed è stata inserita tra i Patrimoni Orali ed Immateriali dell'Umanità nel 2008 divenendo così il primo Patrimonio italiano a farne parte.

consapevolezza a livello locale e nazionale e di promuovere la cooperazione internazionale verso queste tematiche.

Il patrimonio immateriale viene definito come (Art.2): “per ‘patrimonio culturale immateriale’ s’intendono le prassi, le rappresentazioni, le espressioni, le conoscenze, il know-how – come pure gli strumenti, gli oggetti, i manufatti e gli spazi culturali associati agli stessi – che le comunità, i gruppi e in alcuni casi gli individui riconoscono in quanto parte del loro patrimonio culturale. Questo patrimonio culturale immateriale, trasmesso di generazione in generazione, è costantemente ricreato dalle comunità e dai gruppi in risposta al loro ambiente, alla loro interazione con la natura e alla loro storia e dà loro un senso d’identità e di continuità, promuovendo in tal modo il rispetto per la diversità culturale e la creatività umana. Ai fini della presente Convenzione, si terrà conto di tale patrimonio culturale immateriale unicamente nella misura in cui è compatibile con gli strumenti esistenti in

materia di diritti umani e con le esigenze di rispetto reciproco fra comunità, gruppi e individui nonché di sviluppo sostenibile”.

Questo patrimonio inoltre, come viene specificato nell’articolo 2, si manifesta per mezzo delle tradizioni e delle espressioni orali, delle arti dello spettacolo, dei rituali, delle feste e dell’artigianato tradizionale.

Il patrimonio immateriale non può essere protetto con gli stessi mezzi di quello materiale e, pertanto, viene definito il concetto di salvaguardia, volta appunto a garantire sia la identificazione e la documentazione del patrimonio immateriale, ma anche la sua protezione, promozione e trasmissione: salvaguardare non significa soltanto conservare ma “contribuire alla costruzione di contesti favorevoli alla trasmissione e alla vitalità di patrimoni in continuo movimento, riconosciuti come tali dagli stessi attori sociali che ne sono responsabili”.

Un passo importante della Convenzione è anche



Fig. 13 Nel 2005 è stato proclamato Patrimonio ‘Il Canto a tenore della cultura pastorale sarda’ (nell’immagine a sinistra sono rappresentati i ‘Tenori di Bitti’) e nel 2012 è stata inserita la voce ‘Liuteria tradizionale cremonese’. Gli altri elementi italiani che sono iscritti nella lista sono: la dieta mediterranea (transnazionale), le celebrazioni delle grandi strutture a spalla, la ‘vite ad alberello’ di Pantelleria, la falconeria (transnazionale), l’arte del pizzaiolo napoletano.

quello di aver istituito una Assemblea Generale e un Comitato che si occupano di promuovere gli obiettivi della Convenzione e di sorvegliare alla sua attuazione.

Il processo di salvaguardia prende quindi avvio direttamente dalle funzioni stesse di queste cariche. Allo stesso modo si promuovono “gli studi scientifici, tecnici e artistici, come pure i metodi di ricerca, in vista di una salvaguardia efficace del patrimonio culturale immateriale” (Art.13) favorendo la creazione ed il potenziamento di istituzioni di formazione per la gestione del patrimonio e per la sua divulgazione.

Si evidenzia inoltre l'importanza dell'educazione e della sensibilizzazione verso il patrimonio immateriale, chiedendo a ciascuno stato “ogni sforzo” e “mezzi appropriati” per l'attuazione di questi principi.

Infine l'Articolo 16 parla nuovamente di liste rappresentative del patrimonio culturale immateriale dell'umanità, le quali devono essere istituite, continuamente aggiornate e pubblicate così che tutti possano accrescere la loro consapevolezza culturale.

Per quanto riguarda l'Italia, c'è ancora un vuoto legislativo sulle tematiche del patrimonio immateriale. Sul piano normativo, in sostanza, non si sfugge da una visione del patrimonio culturale fondata sulla materialità dei beni che lo compongono, seppure in un quadro concettuale che ha pienamente accolto l'idea (Jalla 2017).

Manca una disciplina unitaria che identifichi chiaramente questo tipo di Patrimonio e che detti le linee guida per il suo riconoscimento e la sua salvaguardia. La Convenzione di Faro (Convenzione del Consiglio dell'Europa sul valore del patrimonio culturale per la società) del 2005, firmata dall'Italia nel 2013 ma non ancora ratificata, parte dal presupposto della necessità di riconoscere ad ogni persona i diritti e i doveri verso l'eredità culturale, coinvolgendo ogni individuo nelle attività di definizione e gestione del Patrimonio.

Devono essere incoraggiate le riflessioni etiche riguardo al rispetto per la diversità, anche al fine di arricchire i processi di sviluppo economico, politico e sociale. Le ‘parti’ devono impegnarsi a sviluppare e

potenziare l'utilizzo delle tecnologie digitali per facilitare l'accesso all'eredità culturale e ai benefici che da essa derivano.

Negli ultimi decenni dunque si assiste ad una presa di coscienza non solo verso le diverse declinazioni del patrimonio culturale ma anche dei mezzi per attuare strategie di salvaguardia e condivisione.

Le tecnologie evolute che permettono la visualizzazione del Patrimonio e che ne facilitano la fruizione devono anch'esse essere utilizzate nel modo corretto e la loro applicazione deve seguire linee guida condivise dalla comunità scientifica. A questo proposito si affronteranno successivamente le tappe del dibattito internazionale e l'evoluzione degli studi in merito.

1.2 La fruizione del patrimonio attraverso il museo

La rivoluzione digitale e l'evoluzione tecnologica degli ultimi decenni ha trasformato il campo di indagine degli *heritage studies*; questa definizione di origine anglosassone è stata adottata per indicare il settore che studia il rapporto tra le persone e Patrimonio in tutta la sua complessità attraverso i metodi di ricerca delle scienze sociali. Gli *heritage studies* incoraggiano il dibattito sul rapporto tra il patrimonio e i legami con la memoria, i luoghi e l'identità; si devono a David Lowenthal le prime riflessioni su queste tematiche (Lowenthal, 1985; Lowenthal 1998).

Come illustrato nei paragrafi precedenti nel corso del tempo si è evoluto il pensiero rispetto al significato di patrimonio e la consapevolezza verso di esso.

Anche l'atto di conservazione dei beni privati o di appartenenza pubblica, legati al ricordo e alla memoria o aventi un valore materiale, ha subito un'evoluzione. In passato la conservazione degli oggetti era legata principalmente a pratiche religiose o a rituali commemorativi, era volta in un certo senso a voler contrastare la dimenticanza degli affetti, l'oblio.

Le tappe riassunte in precedenza hanno evidenziato l'esigenza sempre crescente di conservare il patrimonio all'usura del tempo, ma anche la maturazione della consapevolezza del suo valore educativo.

1.2.1 L'evoluzione del concetto di museo

Il Codice dei Beni Culturali riguardo al Titolo II riguardante la fruizione e la valorizzazione, stabilisce che il museo è “una struttura permanente che acquisisce, cataloga, conserva, ordina ed espone beni culturali per finalità di educazione e di studio”, alla quale si riconosce una funzione di servizio, specificando che gli istituti di proprietà pubblica “sono destinati alla pubblica fruizione ed espletano un servizio pubblico”.

L'origine della parola museo, dal latino *museum* e dal greco *mouseion*, si deve ad un edificio dedicato alle Muse (figlie di Zeus e di Mnemosina, dea della me-

moria) eretto nel III sec. a.C. ad Alessandria d'Egitto ad opera di Tolomeo II: “(...) du fameux bâtiment d'Alexandrie, que l'on a pris l'usage de nommer *musœum* le cabinet des gens de lettres, ainsi que tous les lieux où l'on s'applique à la culture des sciences & des beaux Arts”¹⁷ (Encyclopédie, voce “Musée”). Nonostante i più antichi esempi di raccolta di oggetti siano legati fin dalle civiltà più antiche ai riti funerari e a “questioni” religiose, la pratica del collezionismo si consolidò in epoca greco-romana. Le opere, le statue e altri cimeli, venivano esposti nelle abitazioni e nelle ville perdendo così la loro funzione religiosa in favore della valorizzazione del loro valore estetico. Durante il Medioevo la componente religiosa tornò



Fig. 14 La wunderkammer veronese di Francesco Calzolari in un'incisione seicentesta di G. Viscardi (Archivio del Museo Civico di Storia Naturale di Verona).

ad essere il principale motivo di collezionismo, dovuto ai pellegrinaggi che venivano compiuti in Terrasanta, e grazie al fenomeno delle Crociate che dette nuovo impulso a questa fase, con l'apertura di nuovi traffici di reliquie e oggetti di culto.

Per arrivare alla definizione dei luoghi che incarnano il significato più moderno di museo, è necessario attendere il XVI sec. d.C., con la nascita della *Wunderkammer*, la camera delle meraviglie. Questi ambienti erano destinati a raccogliere oggetti particolari e di natura rara e straordinaria, provenienti da tutto il mondo e da proprietari privati, messi poi a disposizione del pubblico.

Si trattava di oggetti *naturalia* ovvero che provenivano dal mondo naturale, come animali, piante etc, oppure di oggetti *artificialia*, frutto del lavoro originale e unico dell'uomo.

Vi erano oggetti di ogni tipo e di ogni dimensione,

esemplari di storia naturale esposti su scaffalature di legno e custoditi all'interno di barattoli, monete, carte geografiche, rarità provenienti da tutto il mondo e che avevano il compito appunto di suscitare *mirabilia*. Inoltre, ed è questo il valore aggiunto nel concetto di collezionismo del *Wunderkammer*, queste raccolte costituivano materiale per lo studio e l'indagine scientifica.

Nel 1727 Friedrich Neickel pubblicò un testo chiamato *Museographia* dove per la prima volta venne definito il concetto di *museografia*. L'autore descrive le modalità di allestimento dei musei e indica quali sono le motivazioni che dovrebbero spingere ogni individuo a collezionare gli oggetti definiti, fino a quel momento, *mirabilia*. Egli inoltre elenca le principali camere delle meraviglie e le biblioteche presenti al XVIII secolo.

Qualche anno più tardi, nel 1751 venne pubblicata



Fig. 15 A sinistra un acquerello del 1808 raffigurante la Hall e la scala del Montagu House, a destra un gruppo di visitatori al 'vecchio' Museo Montagu House. Acquerello di George Scharf (1845). Questa struttura sorgeva nel distretto di Bloomsbury e ospitava quello che oggi è il British Museum di Londra.

l'Encyclopédie da Denis Diderot dove il museo viene definito come qualsiasi luogo “tout endroit où sont renfermées des choses qui ont un rapport immédiat aux arts”¹⁸ (*Encyclopédie*, voce “Musée”).

Diderot evidenzia la necessità di esporre questi tesori in maniera ordinata, distribuendoli secondo l'importanza che hanno, sia per la loro natura sia per l'interesse che gli viene rivolto dalle persone, dai curiosi e da chi svolge funzioni didattiche. Riferendosi agli oggetti naturali (*Encyclopédie* – voce “Cabinet”) sostiene la necessità di raccogliere gli oggetti e ordinarli secondo schemi precisi, senza allontanarsi dalle vie della natura, per quanto questa si manifesti secondo un disordine sublime.

Nonostante vi fossero già molti musei in tutto il mondo, soltanto a partire dalla seconda metà del '700 vennero aperti al pubblico. Il primo museo “popolare” può essere considerato il Louvre di Parigi che in Età

Napoleonica acquisì opere di ogni tipo provenienti da tutta Europa, mentre il British Museum di Londra, nel 1759, divenne museo statale.

Anche in Italia nel 1734 per volere di Benedetto XIV fu aperto al pubblico il Palazzo dei Conservatori, oggi facente parte dei Musei Capitolini di Roma, voluto da Papa Sisto IV nel 1471.

Come già espresso nei capitoli precedenti la Rivoluzione Francese segna un momento cruciale per l'evoluzione del rapporto Uomo-Monumento-Patrimonio. Nel 1795 Alexandre Lenoir fondò il *Musées des Monuments Français* dove furono riunite sculture e dipinti provenienti da tutti i luoghi ‘confiscati’ alla Chiesa e dalle abitazioni di nobili. Il luogo indicato per questa raccolta era il Monastero di Petit Augustins che doveva fungere da magazzino temporaneo, ma che finì per ospitarli in maniera definitiva. Purtroppo oggetti preziosi furono venduti e rimase soltanto ciò che non



Fig. 16 Museo del Louvre a Parigi - Hubert Robert (1733-1808). L'artista era stato nominato custode dei dipinti del Re nel 1784 e realizzò diversi dipinti del museo durante le fasi dell'allestimento.

era monetizzabile. Il museo rappresentava in primo esempio di museo storico organizzato in ordine cronologico. Sebbene riscosse il successo di gran parte del pubblico, forse per la sua impostazione e per le sue presentazioni scenografiche con sale a tema in base al periodo storico che rappresentavano, Quatremère de Quincy definì questo come un luogo dove le opere venivano accatastate l'una sulle altre senza alcun'utilità e significato (Quatremère, 1793; Quatremère, 1796).

In ogni caso, da quel momento in poi nacque una

vera e propria 'cultura del museo' e nel XIX secolo la maggior parte dei musei risultano aperti al pubblico; furono fondati importanti musei come il Museo Nacional del Prado di Madrid (1819), la National Gallery di Londra (1824) e a Berlino l'Altes Museum (1830) nell'area denominata oggi 'Isola dei musei'.

A seguito del secondo conflitto mondiale vennero istituiti moltissimi musei e a formarsi l'idea che i beni non andassero soltanto collezionati ma anche protetti e mostrati in quanto portatori di valori culturali e sociali. I musei insieme alle discipline che ne studiano

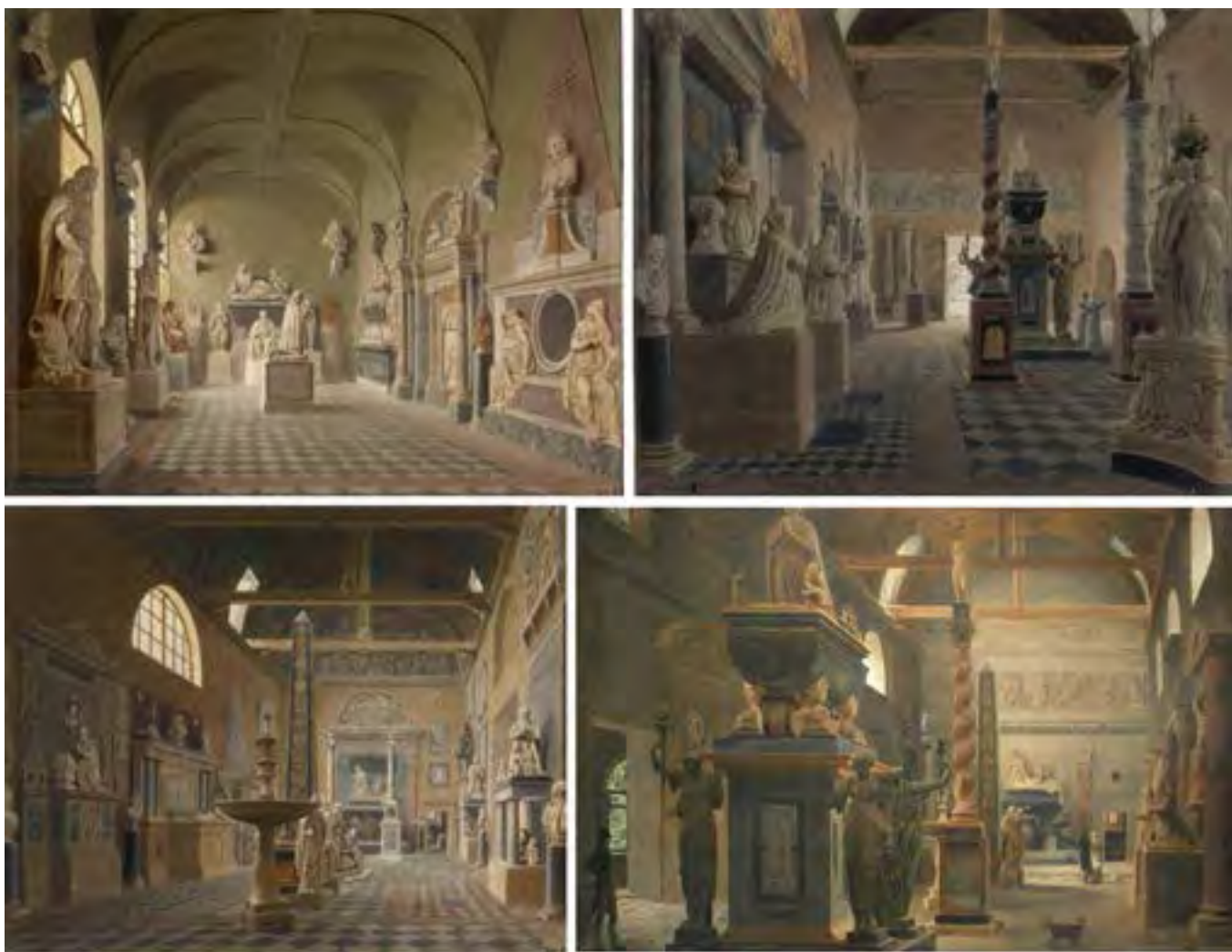


Fig. 17 Le diverse opere di Jean-Lubin Vauzelle dipinte a cavallo del 1800, rappresentano alcune vedute del Musée des Monuments Français voluto da Alexandre Lenoir e situato presso il Monastero di Petit Augustin.

e ne regolano il funzionamento, come la museologia, la museografia e la semiotica, si sono evoluti fino alla rivoluzione tecnologica del XX secolo e ancora più prepotentemente nel XXI secolo, insieme ai metodi di rappresentazione e di valorizzazione dei beni culturali che hanno modificato il modo di fruire il Patrimonio, basandosi sempre più sul rapporto uomo-tecnologie digitali con queste ultime che diverranno parte integrante dei musei.

Riprendendo la definizione all'inizio di questo paragrafo stabilita dal Codice, si noti che a differenza

di quella che fornisce il Consiglio internazionale del museo (ICOM – International Council of Museums) non include il diletto tra le finalità dell'attività museale. ICOM nel 2007 definisce il museo come “un'istituzione permanente, senza scopo di lucro, al servizio della società e del suo sviluppo, aperta al pubblico, che acquisisce, conserva, compie ricerche, comunica ed espone le testimonianze culturali materiali e immateriali dell'umanità e del suo ambiente per finalità di studio, educazione e diletto”.¹⁹



Fig. 18 Incisione colorata dell'Altes Museum di Berlino - Friedrich Thiele (1830)

1.2.2 La fruizione dei musei

Come illustrato nel precedente paragrafo, il concetto di museo si è evoluto nel corso del tempo e solo nell'ultimo ventennio i mezzi di comunicazione di massa hanno 'invaso' il settore museografico. Il museo rappresenta lo spazio di allestimento del rapporto tra una società e la propria storia (Tramontana, 2017) e la sua evoluzione ha visto modificare il modo di esporre i contenuti e di rappresentare la realtà. I musei che possiamo considerare di tipo tradizionale utilizzano metodi e soluzioni di rappresentazione consolidate. Il linguaggio che questi hanno assunto recentemente hanno visto il dialogo tra elementi innovativi e tradizionali che in un certo senso 'rassicurano' il pubblico rispetto all'impiego di nuove tecnologie e di dispositivi non del tutto familiari.

Come sottolinea Solima (2011) grazie alla presenza di una pluralità di piattaforme tecnologiche di comunicazione, la platea delle organizzazioni culturali si è ampliata, affiancando alla domanda reale la cosiddetta 'domanda virtuale'. Si tratta cioè di forme alternative di fruizione che comportano un incremento del 'consumo culturale' non solo in termini quantitativi ma anche qualitativi, portando l'utente ad interagire in maniera attiva con il Patrimonio.

Oggi gli strumenti maggiormente usati per la fruizione sono *smarthphone* e *tablet*, ovvero quelli che permettono di interagire con gli ambienti o i manufatti virtuali in *real-time*, sia tramite applicazioni di Realtà Virtuale (VR) che di Realtà Aumentata (AR) (Parrinello et al, 2016). L'esperienza di visita avviene attraverso un'interfaccia grafica che costituisce un *medium* fisico tra il soggetto e l'oggetto.

Tecnologie più evolute come visori, auricolari, guanti intelligenti, sono invece dei supporti che permettono una maggiore immersività. Attraverso l'uso di queste periferiche, indossate sul proprio corpo e dotate di sensori di movimento e per la riproduzione acustica, il rapporto tra soggetto e opera diviene diretto poiché si ha la percezione di essere immersi totalmente nell'ambiente virtuale, e non è percepita la presenza di alcun supporto o filtro digitale.

Oggi, l'individuo a cui si rivolge un museo (...) non si configura più solo come un utente-spettatore, ma

diventa anche attore della relazione (Solima, 2008); l'utente cioè richiede un coinvolgimento e una partecipazione nelle dinamiche museali, una fruizione attiva che diviene una esperienza unica.

Nonostante il prepotente avvento di queste nuove soluzioni, l'assimilazione delle nuove tecnologie è spesso difficile da parte della comunità scientifica che si occupa di valorizzazione e disseminazione del patrimonio culturale.

L'obiettivo primario dell'istituzione museale e di tutte le organizzazioni che vi operano in sinergia è quello di formare il 'capitale intellettuale' della collettività ed è proprio attraverso azioni di conservazione e diffusione della conoscenza che svolge un ruolo di intermediazione del sapere nei confronti della domanda (Solima, 2011). L'impiego di nuove strumentazioni e sistemi innovativi di fruizione facilitano l'attrazione di un pubblico maggiore, di visitatori non sempre colti, che spesso non riescono a beneficiare a pieno dell'offerta museale.

In questo capitolo si illustrano quali sono gli elementi della Rappresentazione che utilizza il museo tradizionale, a partire dai semplici 'testi', e come questi siano affiancati da elementi innovativi, considerando l'importanza dell'interazione dei sensi e dei sistemi percettivi che ciascuno di questi supporti comporta. Si riportano inoltre alcuni esempi di musei innovativi dove viene fatto uso delle più recenti tecnologie per la fruizione e condivisione delle opere.

1.2.3 Sulla comunicazione museale

Prima di affrontare la descrizione dei sistemi e dei dispositivi che il museo tradizionale utilizza, è necessario soffermarsi sui concetti che stanno alla base della 'comunicazione'. Come detto, il museo nasce con l'intento di conservare ma anche di divulgare il patrimonio che possiede, sia per dovere civico sia perché l'educazione e la conoscenza sono alla base del progresso socio-culturale.

Il rapporto tra museo e uomo è antico e consolidato e si è evoluto in relazione allo sviluppo tecnologico e lo scopo odierno del museo è anche quello di restituire agli oggetti esposti la loro funzione di segno comunicativo, di oggetto semioforo, progettandone

una adeguata struttura espositiva. L'uomo ha la percezione dello spazio in cui si trova mediante gli organi sensoriali e l'interazione che avviene tra questo e l'ambiente è dovuta a degli stimoli che i percettori ricevono. Il processo di comunicazione avviene attraverso tutti e cinque i sensi percettivi, nonostante si possa considerare quello della vista come il 'ricettore principe'.

Andrée Desvalleés in "Concetti Chiave di Museologia" definisce la comunicazione (C) come la trasmissione di informazioni tra uno o più emittenti (E) e uno o più riceventi (R) riprendendo il modello di Lasswell del 1948.

La comunicazione, ed in particolare per quando riguarda la comunicazione dei *mass media*, avviene tra due soggetti che partecipano in maniera unidirezionale, instaurando un rapporto non paritario, dove il ricevente è 'manipolato' dalle caratteristiche 'seduttive' dell'emittente. La scelta di certi mezzi e supporti museali piuttosto che di altri influisce sulla capacità dell'emittente di 'mandare un messaggio', e il museo deve utilizzare messaggi chiari e una comunicazione 'pulita', instaurando un dialogo con l'utente e provando ad assecondarne le esigenze.

Secondo Lasswell²⁰ "un modo per descrivere un atto comunicativo è rispondere alle seguenti domande: chi? Che cosa? Con quale canale? A chi? Con quale effetto?".

Egli presta attenzione non soltanto a ciò che viene comunicato e quindi all'area di studio del messaggio, ma anche al destinatario che lo riceve e quali effetti ha su di esso. Inoltre sostiene che il processo di comunicazione svolge tre importanti funzioni sociali: la vigilanza sull'ambiente, la mediazione tra componenti sociali e la trasmissione dell'eredità sociale.

Fino alla fine dell'Ottocento la comunicazione e la trasmissione delle informazioni avveniva perlopiù tramite supporti stampa come libri e giornali, fruibili soltanto da piccole élite interessate e alfabetizzate.

A partire dalla prima metà del Novecento invece con l'industrializzazione dei processi di produzione e distribuzione dei prodotti, la comunicazione si è basata sulla diffusione tramite supporti audiovisivi come radio, televisione e cinema. Teorie successive a quelle di Lasswell, superando il concetto di comunicazione

unilaterale, considerano l'ascoltatore non solo come un elemento passivo ma dimostrano come l'interazione attiva di questo e l'interscambio con l'emittente abbia un ruolo fondamentale per la corretta comunicazione.

I supporti si sono evoluti ancora nel XXI secolo attraverso i computer, i cellulari e gli *smartphone*, entrando prepotentemente anche all'interno del museo e permettendo di rendere non solo la comunicazione 'bilaterale' ma anche di renderla 'partecipativa'.

Riflettendo sulle tematiche del segno e sul linguaggio delle immagini che l'utente riceve, anche in relazione alle innovazioni tecnologiche, diviene evidente la necessità di applicare regole codificate poiché "il passaggio da una società dei consumi ad una società della consapevolezza, non può avviarsi senza il contributo di una cultura del progetto capace di riesaminare anche il ruolo della comunicazione" (Oppedisano et Al., 2010).

A proposito della comunicazione visiva si fa riferimento ad uno schema di Bruno Munari, tratto dal suo libro *Design e comunicazione visiva* del 1968, che stabilisce quale sia il rapporto tra l'emittente e il ricevente. Attraverso un semplice schema (Fig. 19) illustra come, a prescindere del contesto tecnologico, l'emittente invii dei messaggi visivi attraverso un ambiente caratterizzato da disturbi visivi. Per superarli e quindi per far arrivare i messaggi al ricevente, sono necessari alcuni filtri di tipo sensoriale (ad esempio una persona affetta da daltonismo tende ad alterare i messaggi cromatici), operativo (che dipendono dalle caratteristiche psico-fisiologiche del ricevente) e culturale (il ricevente tenderà a riconoscere solo messaggi che fanno parte del suo bagaglio culturale). La possibilità che il messaggio vada a buon fine dipende dalle possibilità percettive e intellettive del ricevente, dalla capacità di selezionare le informazioni in base alle necessità. Allo stesso tempo, un importante contributo alla riuscita della 'comunicazione' è dato dalla chiarezza del messaggio e dalla sua capacità emozionale, ma anche dalla corretta scelta delle strutture e dei supporti per la sua espressione: il museo non può infatti affidare la propria funzione comunicativa alla semplice esposizione delle opere e alla loro pura e semplice contemplazione (Antinucci, 2014).

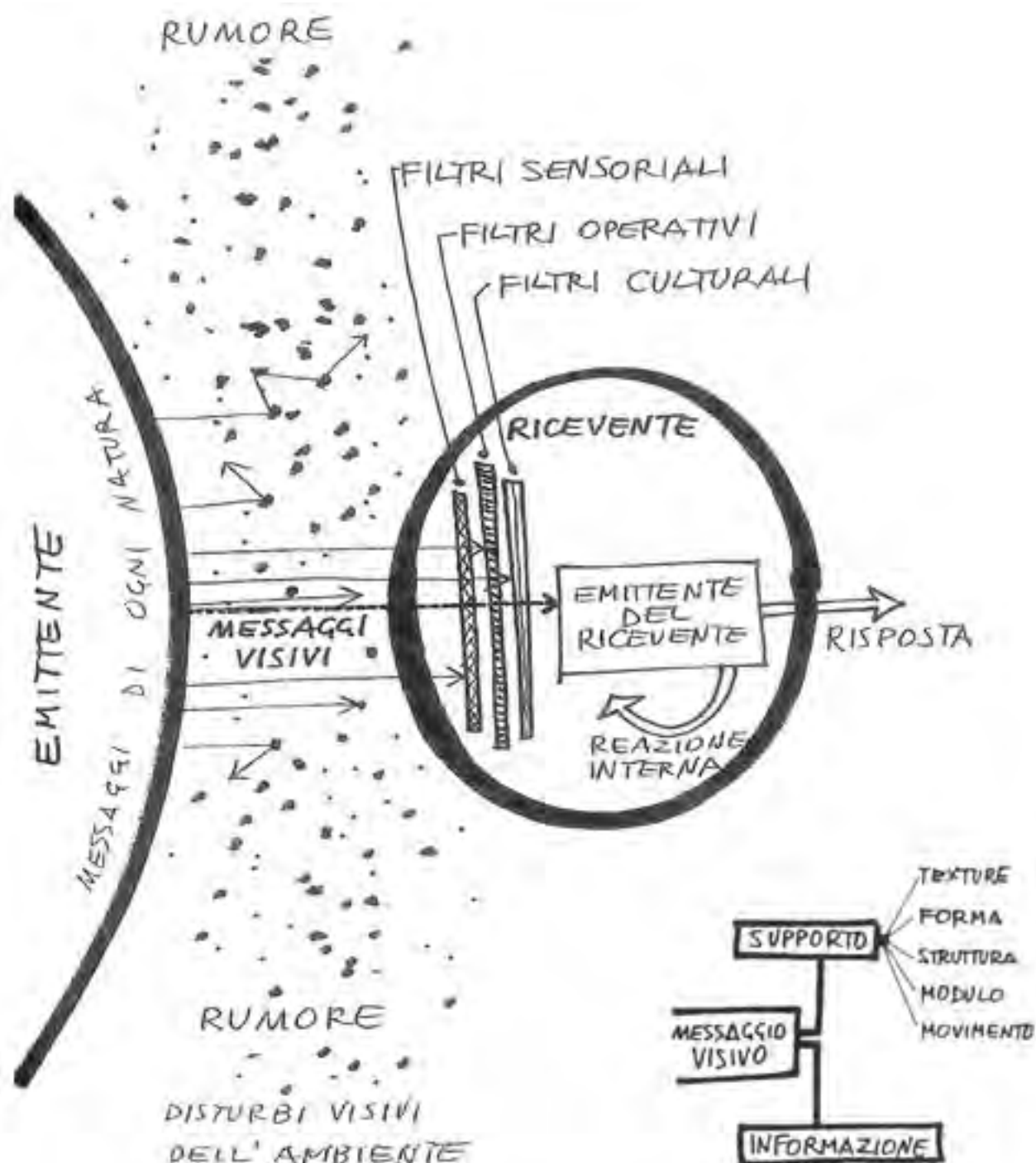


Fig. 19 Gli schemi di Bruno Muari illustrano il percorso che i messaggi visivi compiono attraverso un ambiente caratterizzato da disturbi visivi per arrivare dall'emittente al ricevente, e il supporto visivo inteso come l'insieme degli elementi che rendono visibile il messaggio. (Tratti dal libro 'Design e comunicazione visiva')

1.2.4 Elementi tradizionali dell'allestimento del museo

“Ogni testo è una macchina pigra, la sua lettura richiede sempre un certo sforzo da parte dell’utente. I testi devono essere sì chiari e semplici, ma non ci si illuda di produrre testi leggibili senza alcun impegno: dal semplice si cadrebbe nel semplicistico”

Umberto Eco

La ricezione di un messaggio e la percezione di un fenomeno avvengono poiché uno stimolo sensoriale raggiunge il soggetto percipiente.

Quando si parla di comunicazione visiva è necessario tenere conto di entrambe le componenti che contengono il messaggio, ovvero l’informazione stessa e il supporto visivo. Questo è l’insieme degli elementi che rendono visibile il messaggio e che va compreso per poter ricevere l’informazione in maniera corretta (Munari, 2015).

Se si considera il museo come contenitore e ambiente fisico in cui si svolge la comunicazione, oltre che ai fattori dipendenti dall’illuminazione naturali, dall’articolazione degli spazi e dalle volumetrie, ovvero componenti intrinseche dello spazio architettonico, si devono considerare tutti gli elementi che contribuiscono alla percezione dell’opera e del suo significato, ed in particolar modo i supporti tramite cui è espressa. Possiamo considerare come supporti il ‘segno’, il colore e il movimento che si traducono in differenti tipologie di dispositivo fisico: si fa riferimento *in primis* agli elementi tradizionali del museo, ovvero i dispositivi a stampa. I testi sono ancora oggi i supporti più diffusi del museo, a partire dalla segnaletica e dai simboli fino ad arrivare alle didascalie delle opere, ai pannelli introduttivi degli ambienti museali etc. Questi devono possedere forme e linguaggi adeguati per la corretta trasmissione dei messaggi.

Un limite che i testi scritti presentano è che non tutti gli utenti possono essere in grado di leggerli, sia per un grado di educazione non adeguato, sia, più banalmente, perché scritti in una lingua ad essi sconosciuta.

Per superare questo ostacolo è possibile ricorrere a

supporti diversi, come disegni, stampe, immagini e fotografie. In accordo con Kepes (1971) “la comunicazione visuale è universale e internazionale: non ha limitazioni imposte da lingue, vocabolario o grammatica, e può essere compresa sia dell’analfabeta che dalla persona colta, può trasmettere fatti e idee in misura più approfondita di qualsiasi altro mezzo di comunicazione”.

L’evoluzione tecnologica ha portato all’utilizzo di supporti basati su sistemi informatici, come il filmato visivo, il filmato cinematografico, le audioguide e gli contenuti multimediali. Questi ultimi sono da intendersi come tutti quei prodotti realizzati e fruibili tramite computer, tramite postazioni dedicate all’interno del museo per il loro utilizzo. Si tratta di ‘contenitori’ di informazioni dalle caratteristiche ipertestuali, in cui possono coesistere vari tipi di contenuto, come gli stessi filmati visivi e cinematografici, oppure testi informativi e attraverso *mouse* e *touch screen* aggiungono il valore dell’interazione tra l’utente e i supporti. Il vantaggio di questa tipologia di supporto è quello di poter raccogliere un gran numero di informazioni e di elementi dei tradizionali supporti a stampa, che in questo caso diventano digitali.

Un altro tipo di supporto utilizzato in molti ambiti ed anche in quello museale, è il modello tridimensionale o ricostruzione fisica di un certo oggetto o di una architettura. Questo può essere realizzato con un gran numero di materiali, può essere una fedele riproduzione anche a livello cromatico oppure una astrazione. Il modello, o *maquette*²¹, occupa uno spazio di una certa dimensione all’interno del museo ed è percepibile come un oggetto esistente e tangibile, a differenza per esempio delle rappresentazioni o dei disegni. In alcuni musei ‘innovativi’²⁸ è possibile effettuare esperienza tattili, ovvero toccare i modelli, manipolarli, spostarli e poi riporli. Questa interattività che comprende diversi percettori, consente di ricevere il messaggio comunicativo attraverso diversi canali sensoriali, stimolando nell’utente la partecipazione al processo di conoscenza e apprendimento²⁹. Esempi di ricostruzioni fisiche di oggetti e di architetture, in questo in scala 1:1, si trovano all’interno del Pergamon Museum di Berlino. Questo può essere considerato il pioniere del ‘museo immersivo’ poiché

permette di camminare letteralmente all'interno di ricostruzioni 3D. Si tratta di un museo in cui il 'contenitore' corrisponde al 'contenuto', dove è data la possibilità all'utente di fruire l'opera così come era stata concepita originariamente. In questo caso tutti i sensi collaborano alla percezione dello spazio e questo porta alla trasmissione di un messaggio del tutto diverso dalla semplice lettura di un testo o dall'osservazione di un quadro.

Lo spazio diviene qui la prima materia della composizione ma anche della comunicazione, come d'altronde avviene negli ambienti 'virtuali', dove tutti i sensi devono essere allo stesso modo stimolati.

L'affermazione delle nuove tecnologie induce a considerare anche forme di relazione meno tradizionali, basate sull'uso delle variegate soluzioni tecnologiche

disponibili (Solima, 2011).

La diffusione delle postazioni multimediali, delle audioguide, ma anche di internet, hanno facilitato in un certo senso il processo cognitivo del visitatore, ed è proprio grazie all'innovazione tecnologica che negli ultimi decenni sono state sperimentate forme di comunicazione che si collocano a metà tra la fruizione di luoghi reali e quella di 'mondi virtuali'. Grazie a questi è infatti possibile realizzare archivi digitali di informazioni, collegati a manufatti reali tramite applicativi di VR e AR, dove si possono rappresentare situazioni non reali, simulazioni e ricostruzioni verosimili o realistiche, da sovrapporre come *layer* alla realtà, aggiungendo un valore maggiore all'esperienza museale.

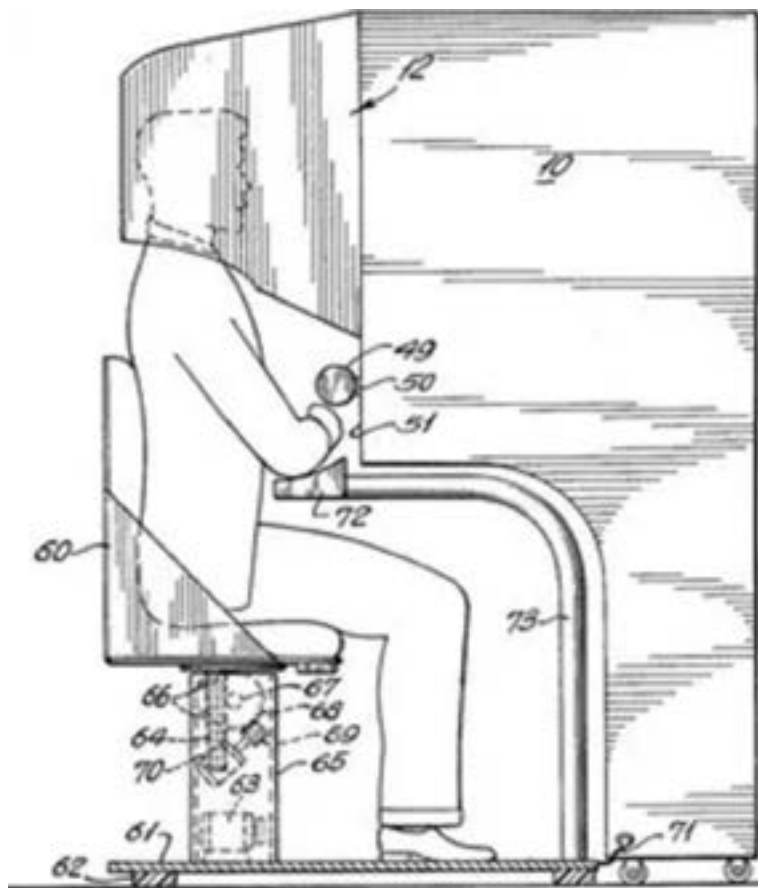


Fig. 20 La macchina 'Sensorama', invenzione di Morton Heilig del 1957. L'utente era coinvolto in una esperienza immersiva multisensoriale ma fu realizzato soltanto un prototipo visti gli elevati costi di produzione.

1.3 L'innovazione tecnologica e le possibilità di fruizione dei musei

“Mentre si ragiona sul modo per rendere le esperienze sempre più coinvolgenti, non bisogna temere che questi scenari possano fare ombra alla realtà; si tratta soltanto di estensioni”.

Mario Gerosa

Come anticipato nel paragrafo precedente le soluzioni offerte alla fruizione museale dal progresso tecnologico sono cresciute molto negli ultimi anni. A partire dalle postazioni multimediali sono stati inserite all'interno dei percorsi museali supporti che sfruttano le potenzialità di VR e AR. Prima di trattare però di questi strumenti è necessario fare chiarezza sulla terminologia utilizzata, riguardo appunto ai concetti di 'reale' e 'virtuale'

Non ci soffermeremo a lungo in questa sede sulla trattazione dell'argomento²², ampiamente dibattuto, poiché l'obiettivo di questo capitolo è quello di fornire un quadro chiaro su quelli che sono oggi i supporti e le soluzioni digitali a disposizione per la fruizione dei musei, o più in generale del Patrimonio.

Nel dibattito culturale sulla 'realtà virtuale' esistono posizioni molto distanti che ne evidenziano le potenzialità come strumento cognitivo o che mettono in guardia dai possibili rischi nel suo 'utilizzo' (Ioanni, 2008).

Come citato in apertura di questo paragrafo, Mario Gerosa definisce il 'virtuale' come un'estensione dello spazio reale, in accordo con Martin Dodge che afferma “non sono sicuro che i mondi virtuali siano stati creati perché la gente ha esaurito lo spazio geografico. Sono complementari, non sostitutivi”.

Questi mondi virtuali esistono soltanto nell'immaginario delle persone fin quando non vengono rappresentati. La parola stessa 'virtuale' dal latino *virtualis*, ovvero potenziale, che 'esiste in potenza', evoca qualcosa di astratto e di simulato, ma allo stesso tempo qualcosa di realistico anche se non materiale e costruito.

Altre posizioni invece tendono a contrapporre il reale al virtuale (Kerchove, 2001), ma in accordo con

quanto sostiene Deleuze “il virtuale non è affatto il contrario del reale ma dell'attuale. Il virtuale è pienamente reale nella misura in cui è virtuale” (Deleuze, 1997).

La locuzione 'virtual reality' è stata resa 'popolare' da Jaron Lanier, grazie alla fondazione della linguaggio VPL (Virtual Programming Languages)²³ ma oggi viene fatto un largo e controverso uso di questo termine.

In questa sede indicheremo con il termine 'virtuale' ciò che è costruito tramite l'uso del computer e/o che tramite esso, o supporti tecnologici ad esso correlato, può essere fruito. Si vuole superare la dicotomia reale-virtuale poiché nonostante ambienti e scenari costruiti tramite computer siano una simulazione della realtà o invenzione di mondi fantastici, attivano attraverso elementi grafici, uditivi e tattili, i percettori sensoriali che si attivano nella realtà, e vengono percepiti come spazi reali ed esistenti.

Nel 1957 Morton Heilig brevettò un simulatore chiamato “Sensorama” dove l'utente era coinvolto in una vera e propria esperienza immersiva multisensoriale. Il Sensorama fu prodotto in un solo prototipo dotato di un display stereoscopico a colori, un emettitore di odori, un impianto audio-stereo, alcuni ventilatori e una postazione mobile per la seduta. L'utente poteva sedersi scegliendo tra cinque cortometraggi da visionare apprezzando a pieno l'esperienza multisensoriale a cui contribuivano tutti i dispositivi installati sulla 'macchina'.

Successivamente, nel 1966, concepì e brevettò un nuovo tipo di esperienza nominata 'Experience Theater'. Si trattava di un vero e proprio teatro con uno schermo di proiezione di forma concava che abbracciava tutto il campo visivo degli spettatori. Questi erano disposti su una sorta di tribuna inclinata ed erano soggetti ad una serie di effetti sonori dovuti agli altoparlanti distribuiti nella sala e sensazioni tattili di caldo o freddo ottenute tramite una barra metallica da impugnare.

Citando il brevetto consegnato da Heilig il teatro fornisce “an experience theater system which gives to an observer or spectator a desired realistic experience by utilizing sensing elements and conditions which enable the spectator to respond fully to the il-

lusion of being part of the created environment and thus receive the full dramatic impact portrayed by the scene”, fornisce cioè la sensazione di essere immersi in un ‘mondo virtuale’.

Nello stesso periodo (1957) Heilig stava lavorando un altro dispositivo portatile, un vero e proprio visore definito ‘Stereoscopic-television apparatus for individual use’ che includeva cuffie e un sistema per simulare il vento. Egli ottenne un brevetto nel 1960 ma nonostante ciò non fu mai realizzato un prototipo. Il pioniere dei ‘visori’ è invece considerato Ivan Sutherland con l’invenzione nel 1966 del primo dispositivo HMD (Head-mounted Display). Insieme al suo assistente Bob Sproull propose la cosiddetta ‘The sword of Damocle’, un dispositivo dotato di ‘occhiali’ supportati da un computer che permettevano di vedere immagini prodotte dal computer sovrapposte a oggetti reali. Il sistema era chiamato ‘Spada di Damocle’ poiché necessitava di un braccio metallico fissato al soffitto per sostenerne il peso mentre una

successiva evoluzione molto più leggera, poteva essere indossata senza alcun supporto ed era dotata di sensori per tracciare il movimento.

Negli anni successivi furono approfonditi gli studi e le sperimentazioni nel campo dei visori riscuotendo particolare interesse nell’industria dell’intrattenimento e del videogioco ma anche nel campo militare. In particolare nel 1984 fu fondata da Jaron Lanier e Thomas Zimmerman la VPL Researcher e fu prodotto inoltre il DataGlove, un guanto intelligente con diversi sensori in grado di trasformare segnali tattili in segnali elettrici e di ricostruire i movimenti della mano. Sulla scia della precedente invenzione del SayreGlove del 1977, un altro guanto, e grazie all’interessamento crescente delle diverse industrie, la ‘realtà virtuale’ divenne un grande campo di sperimentazione.

Per tutti gli anni ’80 e ’90 si sono susseguite sperimentazioni non troppo fortunate, tanto da ridurre l’interesse per la realtà virtuale per un decennio circa.

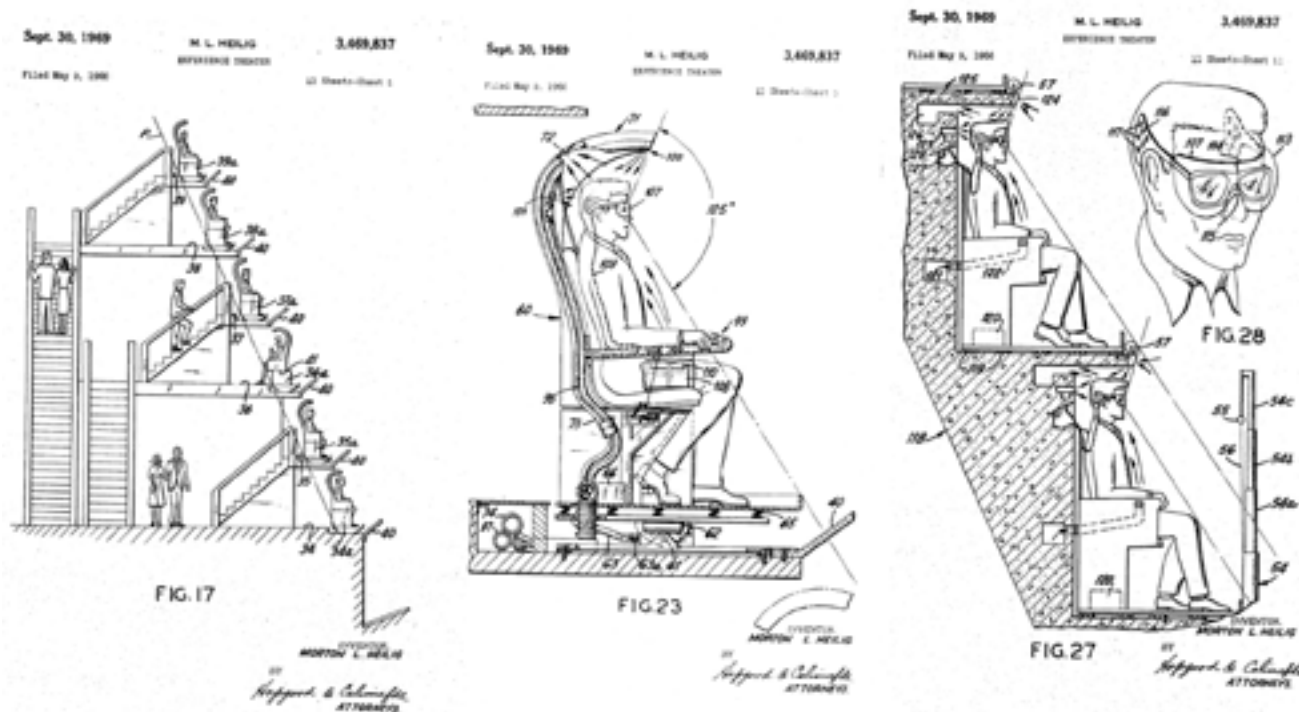


Fig. 21 Morton Heilig nel 1966 registrò il brevetto per l’‘Experience Theater’, una sorta di teatro con uno schermo di proiezione di forma concava che abbracciava tutto il campo visivo degli spettatori.

Nel 2006 l'uscita del controller Wii Remote di Nintendo, un dispositivo per il controllo da remoto del movimento dell'*avatar* del videogioco, ha spinto a sviluppare nuove tecnologie per la VR. Aziende come Microsoft e Sony hanno lanciato sul mercato una tecnologia che permette di interagire con il sistema e con i videogiochi tramite una telecamera, senza bisogno di altri dispositivi, tramite i principi del riconoscimento facciale e di sensori per rilevatori di movimento. Ulteriori spunti di sviluppo sono arrivati dai dispositivi basati sul riconoscimento vocale e sul riconoscimento del movimento degli occhi, l'*eye-tracking*.

Per avere una panoramica completa di tutti i supporti tecnologici che possono essere sfruttati per la condivisione all'interno di percorsi museali, occorre arrivare fino all'ultimo decennio. I dispositivi più innovativi infatti sono da ricercarsi nell'Oculus Rift oppure in altri tipi di visore come il Microsoft HoloLens o il Google Glass. Il primo è un visore HMD per la fruizione di ambienti virtuali, è sostanzialmente un dispositivo per la visualizzazione. L'altra categoria invece sfrutta le potenzialità della AR, permettendo all'utente di interagire con oggetti virtuali che si trovano nell'ambiente reale, utilizzando la costruzione illusionistica degli 'ologrammi'.

Per comprendere meglio la differenza tra questi due tipi di interazione e di tecnologia, si riportano alcune definizioni di 'Augmented Reality' e di 'Mixed Reality'.

Milgram & Kishino (1994) propongono una tassonomia dei vari modi in cui gli aspetti 'reali' e 'virtuali' possono essere realizzati all'interno di ambienti di realtà mista. Definiscono il concetto di "virtuality con-

tinuum (VC)" riferendosi alla combinazione di classi di oggetti presentati in qualsiasi situazione di visualizzazione. In riferimento allo schema mostrato nella Fig. 22, alle due estremità si collocano gli ambienti reali e gli ambienti virtuali mentre tra queste due posizioni si collocano tutti quegli ambienti misti, come quelli della AR, ovvero oggetti virtuali sovrapposti alla realtà, oppure Augmented Virtuality AV, ovvero ambienti virtuali che permettono di interagire con alcuni oggetti reali.

Azuma (1997) in accordo con Milgram&Kashino, definisce la AR come una 'terra di mezzo' dove appunto oggetti reali e oggetti virtuali coesistono all'interno di uno stesso ambiente. Egli indica tra i vantaggi della AR quello di poter aiutare un utente a visualizzare informazioni che i suoi sensi non riescono a rilevare. Questi sistemi possono infatti essere utili in vari campi *indoor*, come in quello medico o in quello militare per l'addestramento oppure *outdoor* come per l'ambito sportivo o il turistico.

Il vantaggio fondamentale nello sviluppo di queste tecnologie, oltre che alle possibilità di visualizzazione, è quello di possedere una 'memoria', o di essere collegati ad essa, dove raccogliere dati e informazioni, database di vaste dimensioni da poter richiamare a proprio piacimento.

Come sostiene Silvestrini (1997) gli ambienti virtuali o misti permettono "l'aggiornamento di grandi quantità di dati in tempo reale, il collegamento con archivi di dati distribuiti nello spazio e nel tempo, financo la simulazione interattiva di realtà aumentate modificabili e di punti di vista impossibili", racchiudendo in un dispositivo di piccole dimensioni come uno *smartphone* un intero 'mondo virtuale'.

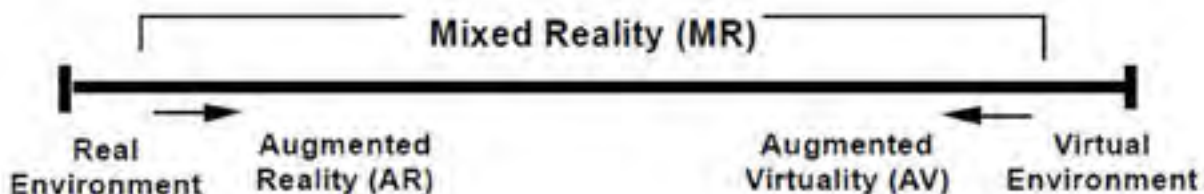


Fig. 22 Rappresentazione schematica del 'Virtuality continuum' di Milgram&Kishino (1994)



Fig. 23 In alto 'The sword of Damocle', invenzione del 1966 del primo dispositivo HMD (Head-mounted Display) di Bob Sproull. Sotto (in senso orario) è possibile vedere i dispositivi più evoluti della stessa 'tipologia': Google Glass, OculusRift, HoloLens e una semplice Cardboard di cartone.

1.3.1 Gli strumenti ‘innovativi’ a disposizione dei musei

Le innovazioni tecnologiche descritte rappresentano degli strumenti che possono trasformare le modalità di interazione dell'uomo con il patrimonio e, più nello specifico, dell'utente con le opere durante una visita museale. Giovanni Baule sostiene che “nel mutamento di stato che si sta verificando nel passaggio al digitale, gli artefatti comunicativi hanno perso la loro fissità, hanno ceduto gran parte della loro ‘sostanza solida’ a favore di contenitori flessibili e in costante modificazione”, e inoltre aggiunge che “la società dell'informazione vive di questo diverso stato della materia comunicativa” dove la comunicazione diventa “comunicazione ‘fluida’: sempre più organizzazione e controllo dei sistemi d'interfaccia flessibile, sempre più creazione di immagini in divenire, di frammenti in successione”.

Questo momento di grandi possibilità tecnologiche e di transizione verso il digitale richiede la strutturazione di una strategia operativa da parte degli addetti al settore culturale e museale, che si rivela “indispensabile per salvaguardare la possibilità di conseguire i propri fini istituzionali, i quali, essendo in ultima analisi riconducibili alla formazione di capitale intellettuale nella collettività, non possono essere realizzati senza strutturare relazioni con la domanda adeguate all'evoluzione stessa della società” (Solima, 2011).

Un obiettivo da non perdere di vista per la riuscita nell'uso delle nuove tecnologie per la fruizione del Patrimonio, è quello del ‘fare informazione’ poiché altrimenti “si rischia di esaltare gli aspetti estetici dei sistemi a discapito del *feedback* informativo/narrativo proprio degli ecosistemi virtuali” (Forte, 2004).

Gli utenti sono interessati ad aspetti pratici come la gestione dell'interfaccia grafica e la facilità di accesso ai dati (Haddad, 2013) ma strumenti complessi da utilizzare e poco immediati nella percezione delle opere, non riescono a coinvolgere appieno tutto il pubblico.

L'evoluzione del concetto di visita museale passa attraverso lo sviluppo di queste tecnologie. Una ‘categoria’ di musei non ancora citata è quella dei cosiddetti ‘musei virtuali’. Una prima definizione ci è

stata data nel 1996 da Geoffrey Lewis che li definisce come “una collezione di immagini digitali, file sonori, documenti di testo e altri dati di interesse storico, scientifico o culturale ai quali si può accedere tramite di media elettronici. Un museo virtuale non ospita oggetti reali e quindi è privo della dimensione materiale e delle caratteristiche peculiari di un museo nel senso tradizionale del termine”.³²

I musei virtuali inizialmente si configuravano come copie digitali dei musei reali, dove venivano raccolti e archiviati tutti i beni in possesso del museo e le informazioni ad essi relative. Prima dell'avvento di internet i musei virtuali corrispondevano a dei CD-ROM su cui venivano riversati i database sotto forma di veri e propri schedari o cataloghi, dove era possibile ricercare le opere utilizzando parole chiave.

Le possibilità che ha offerto la ‘rete web’ in termini di diffusione e condivisione dei ‘musei virtuali’ sono state enormi, ma hanno dovuto fare i conti anche con la differente strutturazione dei contenuti rispetto quello che avviene nei musei reali. Con la pubblicazione in rete dei musei si sono verificate problematiche di tipo tecnico, di interoperabilità tra database digitali e di ricerca delle informazioni.

Oggi, grazie allo sviluppo di piattaforme digitali²⁵ più facilmente gestibili, in grado di ospitare anche contenuti più complessi, come ad esempio modelli tridimensionali ad alta definizione, i ‘musei virtuali’ possono essere considerati come una estensione dei musei reali, in quanto non sono la semplice replica di quelli reali ma integrano delle funzioni che permettono di personalizzare la visita (Mortara et al., 2014). Per esempio è possibile manipolare gli oggetti, spostarli e ruotarli senza il rischio di danneggiarli. Il visitatore è libero di muoversi liberamente all'interno dello spazio virtuale, interrompere la visita e riprenderla in qualsiasi momento e scegliere quali azioni compiere senza dover seguire un percorso predefinito. Non si tratta più di una struttura dalle sembianze di una ‘enciclopedia’ nel senso tradizionale del termine, ma di un archivio di beni con cui è possibile interagire in maniera partecipata.

I musei virtuali possono essere visitati in qualsiasi momento, senza bisogno di pianificare la visita, e questo tipo di esperienza non preclude la possibilità

di visitare il museo reale. Oppure viceversa la visita di un museo reale può suscitare interesse verso la visita virtuale.

La maggior parte dei principali musei possiede oggi un ‘museo virtuale’, sia esso inteso come semplice sito web dove sono presenti dei cataloghi, sia esso una vera e propria ricostruzione tridimensionale degli spazi e dei contenuti.

Allo stesso tempo alcuni musei fanno uso delle tecnologie più evolute all’interno degli stessi musei reali, ospitando all’interno propri spazi *totem multimediali* oppure applicazioni di VR e AR che attingono al medesimo archivio digitale.

A titolo esplicativo si riportano alcuni esempi di ‘musei innovativi’ che includono all’interno dei propri spazi alcuni supporti digitali che forniscono esperienze immersive.

Il primo è rappresentato dal *Cleveland Museum of Art* nella città di Cleveland negli Stati Uniti. Si tratta di un museo di arte antica, moderna e contemporanea che ospita moltissime opere e svariate installazioni digitali. L’obiettivo è quello di offrire esperienze dinamiche che trasmettano al pubblico il valore dell’arte all’interno della società, ovvero uno strumento di sviluppo sociale ed intellettuale per la comunità. Questo avviene attraverso attività coinvolgenti da



Fig. 24 Alcune sale con contenuti e supporti per l’interazione dei visitatori del *Cleveland Museum of Art* della città di Cleveland negli Stati Uniti.

fare durante il percorso museale, come ad esempio interagire con pannelli luminosi e schermi *touch* per reperire informazioni, oppure attività ‘ludiche’ come *puzzle* da completare.

Tra i casi italiani si porta l'esempio del *Museo dell'Ara Pacis* di Roma che ospita un percorso museale appositamente studiato per i non vedenti. I visitatori affetti da cecità o patologie riduttive possono conseguire una esperienza multisensoriale ed inclusiva. Affidandosi al senso del tatto attraverso un ‘anello intelligente’ che riconosce delle targhette poste vicine alle opere, gli utenti possono muoversi con l'ausilio di una mappa tattile su *tablet* che gli permette di muo-

versi seguendo le istruzioni audio-tattili.

Le esperienze riportate sono riconducibili a sperimentazione isolate di utilizzo di tecnologie digitali all'interno dei musei. Si registra purtroppo ancora oggi la scetticità delle strutture e delle istituzioni museali nell'uso di queste innovazioni, ormai di largo impiego in altri settori. Nonostante spesso la causa principale sia da ricercarsi nella scarsa disponibilità economica, è necessario per la comunità culturale sfruttare al meglio le potenzialità di questi strumenti, attraverso la promozione e il finanziamento di supporti e apparecchiature dal funzionamento consolidato ma anche di quelle sperimentali.



Fig. 25 Il Museo dell'Ara Pacis a Roma rappresenta un esempio di museo ‘innovativo’ in quanto fornisce un percorso di visita per visitatori ipovedenti e la possibilità di interagire con le opere attraverso dispositivi per la Realtà Aumentata.

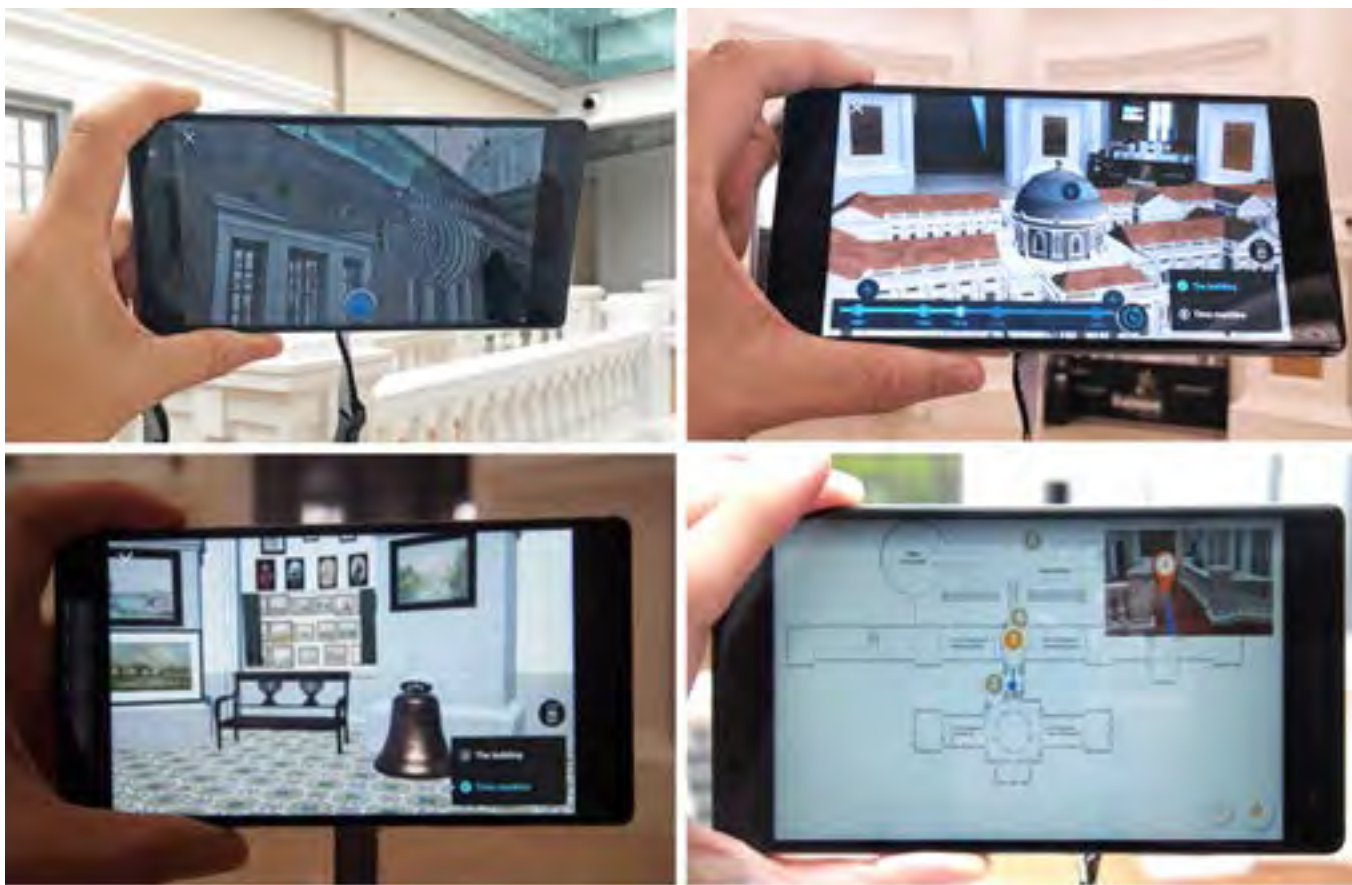


Fig. 26 Esempi di visualizzazione tramite una APP di Realtà Aumentata presso il National Museum di Singapore.

1.3.2 Sistemi di visualizzazione e *digital heritage*

La rapida evoluzione della tecnologia degli ultimi decenni ha spostato fortemente l'attenzione della comunità scientifica verso possibili problemi fino ad ora 'ignorati'. Le banche dati digitali rappresentano una fonte ricchissima di conoscenza, e devono pertanto essere stabilite delle regole, o dettate delle linee guida, per la loro corretta acquisizione, archiviazione e disseminazione. Devono essere condivisi principi per la validazione delle informazioni e dei dati raccolti e allo stesso tempo vanno strutturate banche dati capaci di salvaguardare questo patrimonio, in modo che possa essere consultato e utilizzato da chiunque ne necessiti. Durante il corso degli anni sono stati elaborati sistemi

di riferimento metodologici, carte e documenti, discussi e condivisi dagli specialisti e studiosi. Si rende necessario salvaguardare ed 'educare' a quello che possiamo definire *Digital Heritage*, ovvero non solo agli archivi digitali ma anche alle strumentazione e alle metodologie per la sua visualizzazione. Si fa riferimento alle attività di ICOMOS (International Council on Monuments and Sites), una organizzazione non governativa fondata nel 1965 dopo l'adozione della Carta di Venezia, con lo scopo di promuovere le teorie e le tecniche di conservazione, e a quelle del CIPA (International Committee for Documentation of Cultural Heritage) fondato nel 1968 insieme all'ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing). Riguardo agli specifici concetti di digitalizzazione

nel 2003, durante la Conferenza UNESCO, è stata adottata la ‘Carta sulla Conservazione del Patrimonio Digitale’ che richiama l’attenzione sul rischio di perdita del patrimonio digitale, causato dalla rapida obsolescenza di *hardware* e *software*. Sottolinea la necessità di trovare nuove politiche e strategie di conservazione al fine di garantire una futura fruizione del patrimonio digitale.

La Carta è costituita da tre principi fondamentali:

- Il Patrimonio digitale come Patrimonio comune
- Vigilare contro la perdita del Patrimonio
- La Responsabilità verso il Patrimonio

Gli strumenti che abbiamo oggi a disposizione per il rilevamento architettonico, per la rappresentazione e per la restituzione grafica, sono alla portata di tutti, in quanto a costi e reperibilità.

Il nodo cruciale per il controllo della qualità della produzione scientifica e per la corretta ed efficace divulgazione dei prodotti, è la stesura ‘manuali’ e la definizione di iter metodologici condivisi per l’ottenimento di risultati soddisfacenti.

Un altro importante documento è la Carta di Londra³⁵ che nella versione aggiornata del 2009 si propone di definire gli obiettivi e i principi relativi all’uso dei “metodi di visualizzazione tridimensionale in relazione all’integrità intellettuale, l’affidabilità, la trasparenza, la documentazione, alla sostenibilità e all’accessibilità”. (London Charter, 2009, Introduction)

La Carta di Londra fissa una serie di principi che assicurino che “la visualizzazione digitale del Patrimonio Culturale sia intellettualmente e tecnicamente rigorosa, al pari dei metodi di ricerca sui beni culturali e di comunicazione dei risultati di tali ricerche.” (London Charter, 2009, Introduction). Sono descritte inoltre le linee guida che dovrebbero essere seguite da ogni ricercatore, per assicurare ai soggetti della sua stessa comunità, sia essa accademica o educativa, di poter comprendere e valutare, per poi applicare, i metodi da esso proposti e utilizzati.

In base ai diversi campi di ricerca però devono essere adottate metodologie diversificate, infatti “un metodo di visualizzazione digitale dovrebbe normalmente

essere usato solo quando è il metodo disponibile più appropriato per quello scopo” e ancora “non si dovrebbe presumere che la visualizzazione digitale sia il mezzo più appropriato per affrontare ogni obiettivo di ricerca e comunicazione nel campo dei beni culturali” (London Charter, 2009, 2.1).

Come descritto in precedenza, oggi sono disponibili diversi strumenti per la divulgazione e per la fruizione del patrimonio culturale, sia materiale che immateriale ed in particolar per quanto riguarda la ricostruzioni virtuali di architetture o manufatti.

La costruzione di modelli 3D attraverso i diversi *software*, e la loro migrazione su piattaforme digitali online e *device* mobili, offre la possibilità di generare “mondi virtuali” altamente immersivi dove è possibile raggiungere un alto livello di fotorealismo costruttivo.

È necessario scegliere i giusti e appropriati mezzi di rappresentazione grafica in base alle esigenze e al fine ultimo del lavoro o progetto di ricerca.

Le nuove tecnologie digitali stanno rivoluzionando il modo di comunicare tra le persone e con la stessa rapidità sta cambiando il modo in cui percepiamo l’ambiente che ci circonda. Sono disponibili molti strumenti per la fruizione del patrimonio, sia quello tangibile come i monumenti e i siti storici, sia quello intangibile come le tradizioni di una comunità, i suoi usi e le pratiche artistiche.

“Le tecnologie digitali invitano all’apertura, a modi veloci e biunivoci di uso, scambio e produzione di conoscenza, che possono applicarsi in maniera proficua alle istituzioni museali, potenziandone in misura esponenziale il raggio di influenza e il ruolo interdentale nella rete dei processi formativi”

(Ragghianti, 1974).

Note

1 *“Le bien patrimonial appartient au plus grand nombre. Agencé, modifié au fil des siècles, il est le témoin muet des grandeurs et des misères d’une région. Il est aussi, car c’est bien là un des rôles les plus marquants aujourd’hui du patrimoine, un repère pour les hommes de ce temps. Reçu des générations passées, il crée des devoirs aux générations présentes”* (Audrerie, 2003)

2 A partire dalla metà del Cinquecento artisti fiamminghi e olandesi compiono viaggi in Italia per ammiare e dipingere i magnifici paesaggi dei quali sono specialisti, ed in particolare si recano a Roma attratti dal ‘mito della rovina’. La pittura fiamminga si fonda sulla attenta analisi della natura e sulla sua riproduzione attraverso la modulazione accurata della luce. L’artista Pieter Bruegel compirà un viaggio a Napoli nel 1522, documentato anche con la Veduta del Golfo di Napoli.

3 Nicolas Poussin è stato un pittore francese, affermatosi nella prima metà del 1600. Studiò la prospettiva e la geometria e si stabilì a Roma e quando tornò in Francia fu nominato primo pittore del Re. Durante il suo successivo ritorno a Roma si dedicò al dipingere numerose tavole mitologiche.

4 Claude Lorrain nacque nel 1600 in Lorena ma in giovane età si trasferì a Roma dove vi si stabilì più tardi in maniera definitiva. Le opere di Lorrain rivelano che egli fosse un profondo conoscitore della pittura del Cinquecento relativa alle vedute paesaggistiche; ha realizzato opere di straordinaria e singolare bellezza come il ‘Paesaggio fluviale con un arco di roccia’, ‘Capriccio con rovine del Foro Romano’ e ‘Porto con lo sbarco di Cleopatra a Tarso’.

5 Gaspard Van Wittel, anche conosciuto come Gaspare Vanvitelli, è stato un pittore olandese, nato nel 1653 e trasferitosi in Italia a Roma nel 1674. Divenne famoso per le sue precise vedute urbanistiche frutto anche dell’utilizzo della ‘scatola ottica’. Può essere considerato un precursore del ‘vedutismo’ di Canaletto e dipinse numerose vedute come ‘Il colosseo e l’arco di Costantino a Roma’, ‘La grotta di Posillipo’ e ‘Veduta dell’arco di Tito’.

6 Il Grand Tour si riferisce al viaggio che veniva compiuto in Italia da ricchi giovani, artisti, intellettuali e aristocratici facoltosi per imparare a conoscere l’arte, la politica e la cultura italiana, ricca di antichi monumenti greci e romani e le meraviglie naturali delle campagne romane e dei

siti archeologici e naturali di Napoli. Si può considerare il primo fenomeno di ‘turismo’ di massa.

7 Giovanni Battista Piranesi è stato un architetto ed incisore vissuto tra il 1720 e il 1778. Fu un abile incisore e disegnatore e la passione per l’archeologia e per il vedutismo naturale lo porterà a realizzare opere che rappresentano Roma e i suoi dintorni in tutta la sua magnificenza. La scrittrice francese Marguerite Yourcenar omaggia Piranesi dicendo che *“non ha solo esplorato i monumenti antichi da disegnatore che cerchi una prospettiva da riprodurre; ne ha personalmente frugato i ruderi, un po’ per reperirvi le antichità di cui faceva commercio, ma soprattutto per penetrare il segreto delle loro fondazioni, per imparare e per dimostrare come vennero costruiti. È stato archeologo in un’epoca in cui il termine stesso non era in uso corrente”*.

8 Charles-Louis Clerisseau, nato a Parigi nel 1721 è stato un architetto e pittore francese che si recò in Italia nel 1796 a seguito della vittoria del Prix de Rome, una borsa istituita dallo Stato francese. Durante il suo soggiorno fu in contatto con Piranesi e Winkelmann e dipinse e ‘rilevò’ numerose rovine e architetture romane.

9 Johann Joachim Winkelmann (1717-1768) è stato un archeologo e storico d’arte tedesco ed è considerato uno dei massimi teorici ed esponenti del Neoclassicismo. Ha vissuto a Roma a partire dal 1755 spinto dal desiderio di conoscere le bellezze architettoniche e archeologiche di Roma, di Napoli e di Ercolano dove si recò in diverse occasioni.

10 La Commission des Monument fu decretata dall’Assemblea Costituente nel 1970 con l’incarico di formare un elenco per censire tutti i beni dei dipartimenti e del comune di Parigi per garantire la conservazione dei monumenti contenuti nelle chiese e nelle residenze private che diventavano Beni Nazionali. Comunemente denominata ‘Commission de savants’ (Commissione degli scienziati), questa commissione è stata ufficialmente chiamata ‘Commission conservatrice des monuments’ (Commissione conservatrice dei monumenti) ed è stata definitivamente costituita il 31 maggio 1792; il numero dei membri era fissato a trentatré e rimase attiva fino al 1974.

11 Tradotta liberamente *“dopo aver reso collettive le proprietà individuali (il patrimonio personale), così come il Patrimonio del clero, tendeva a integrare nel Patrimonio collettivo, persino universale, i beni pubblici che i Romani*

avevano precisamente escluso dal Patrimonio” (Desvallees, 2003).

12 Un regolamento è un atto legislativo vincolante. Deve essere applicato in tutti i suoi elementi nell’intera Unione europea.

Una direttiva è un atto legislativo che stabilisce un obiettivo che tutti i paesi dell’UE devono realizzare. Tuttavia, spetta ai singoli paesi definire attraverso disposizioni nazionali come tali obiettivi vadano raggiunti. (Fonte https://europa.eu/european-union/eu-law/legal-acts_it)

13 L’etnologia è la scienza che studia le culture umane, le loro forme e i loro processi. Inizialmente ‘viziata’ dall’eurocentrismo ha esteso il proprio campo di indagine rispetto a quello iniziale dello studio delle popolazioni dette ‘primitive’, in particolare di aree extraeuropee.

14 Con il termine ‘*Cultural Studies*’ di fa riferimento agli studi dei fenomeni e le pratiche della società e della cultura contemporanea nati presso l’Università di Birmingham nel 1964. Gli studiosi di questo campo si occupano di indagare le pratiche culturali in riferimento a più ampi sistemi di potere associati o che operano attraverso fenomeni sociali, quali ideologia, strutture di classe, formazioni nazionali, etnia, genere etc. I *Cultural Studies* considerano le culture non come entità fisse, limitate, stabili e discrete, ma piuttosto come insiemi di pratiche e processi che interagiscono e si modificano costantemente.

15 L’espressione DEA (demoetnoantropologia) fu coniata da nel 1992 da Antonio Cirese, antropologo ed esperto degli studi tradizionali popolari. Il patrimonio Demo-etno-antropologico può essere descritto come l’insieme dei fenomeni culturali, materiali e immateriali, che rendevano conto delle differenze culturali italiane definiti da Cirese come ‘dislivelli interni di cultura’.

16 Traduzione libera “*I ‘beni’ sono soggetti alla legge, e persino i ‘monumenti’ sono diventati tali poiché materiali, ma l’umanità non può essere soggetta al diritto. Si comprende rapidamente la difficoltà di generalizzare giuridicamente il concetto di umanità perché è difficile da comprendere nella sua interezza, esiste giuridicamente solo nella forma di stati, comunità. E poiché, inoltre, le sue componenti nascono, vivono e muoiono ogni giorno, rende obbligatoria la trasmissione intergenerazionale - che a sua volta provoca una nuova impossibilità giuridica*” (Andree Desvallees, 2003)

17 Traduzione libera “*(...) è dal famoso edificio di Alessandria, che è diventato consuetudine chiamare Musoeum il ‘gabinetto’ degli uomini di lettere, così come tutti i luoghi dove ci si applica allo studio della scienza e delle belle arti*”.

18 Traduzione libera “*tutti i luoghi in cui siano contenute cose che abbiano un rapporto immediato con le arti*”.

19 Traduzione libera di “*is a non-profit, permanent institution in the service of society and its development, open to the public, which acquires, conserves, researches, communicates and exhibits the tangible and intangible heritage of humanity and its environment for the purposes of education, study and enjoyment*”.

20 Il concetto di comunicazione lineare di Laswell si fonda sull’idea che la comunicazione avvenga solo quando vi è la possibilità di fornire risposte univoche alle domande: Chi dice? Che cosa? Attraverso quale canale? A chi? Con quale effetto? L’emittente gioca un ruolo importante rispetto al destinatario che è considerabile ‘passivo’ nel ricevere una comunicazione che quindi avviene in maniera unidirezionale.

21 Una ‘*maquette*’ o ‘modello’, è la rappresentazione tridimensionale in scala di un oggetto utile per valutarne le caratteristiche estetico-funzionali o per la sua riproduzione in formato ridotto. In architettura è una rappresentazione fisica ridotta e può essere utilizzata in fase di progettazione per studiarne dettagli e particolari.

22 Confronta Levy (1997), Maldonato (2015), Gerosa (2008) Gibson (2017) e i rispettivi riferimenti bibliografici.

23 Confronta Pag.44

24 Confronta <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/630177/virtual-museum>, 9febb. 2010

25 Un esempio significativo è Sketchfab è una piattaforma online per pubblicare, condividere, scoprire, acquistare e vendere contenuti 3D, VR e AR. Fornisce un visualizzatore basato sulle tecnologie WebGL e WebVR che consente agli utenti di visualizzare modelli 3D sul Web attraverso qualsiasi browser mobile, browser desktop o dispositivo per la realtà virtuale.



Fig. 1 Nell'immagine sono raffigurate alcune 'maquette' o 'plastici' realizzati in diversi materiali e diverse epoche. (In alto) Un modello ligneo di Santa Maria del Fiore a Firenze realizzato da Filippo Brunelleschi. (A destra) Un modello ligneo di Palazzo Strozzi di Giuliano da Sangallo e (sotto) un modello di Michelangelo Buonarroti per la facciata della Basilica di San Lorenzo a Firenze. (In basso) Due modelli realizzati da Antoni Gaudì delle volte della Sagrada Família e dei Casa Milà conosciuta anche con il nome di 'Pedrera'.

CAPITOLO II

Modelli digitali e scenari virtuali per la fruizione del Patrimonio

“Il modello è quella cosa che fa lo scultore, o architetto, per esemplare o mostra di ciò che dee porsi in opera, di varia proporzione dell’opera da farsi; poiché il modello alcuna volta è minore, alcuna altra è della stessa grandezza. Fannosi i modelli di varie materie, a gusto de’ Professori e secondo il bisogno; cioè di legname, di cera, di terra, di stucco o altro. È il modello prima e principal fatica di tutta l’opera, essendo che in essa guastando e raccomandando, arriva l’Artefice al più bello et al più perfetto. Serve agli architetti per istabilire le lunghezze, larghezze, altezze e grossezze: il numero, l’ampiezza, la specie e la qualità di tutte le cose, come debbano essere, acciò la fabbrica sia perfetta; ed ancora per deliberare sopra le maestranze diverse, delle quali si dee valere, nel condurre l’edificio, siccome per ritrovare la spesa, che debba farsi in esso”

Baldinucci

La definizione di Baldinucci descrive il ruolo del ‘modello’, o della *maquette*, in architettura, il quale assume una funzione importante sia per le fasi di progettazione di un’opera sia per le fasi computazionali. Questo rappresenta l’opera che si vuole realizzare in una scala, solitamente minore, ed è costituito da un materiale diverso. In altri termini è una simulazione di quello che ‘potrà essere’ ma è realizzato attraverso materiali tangibili e non tramite l’uso del computer; in questo caso si parlerà piuttosto di ‘modello digitale’ o ‘modello virtuale’, coerentemente con quanto espresso nel precedente capitolo riguardo alla terminologia usata in questa sede.

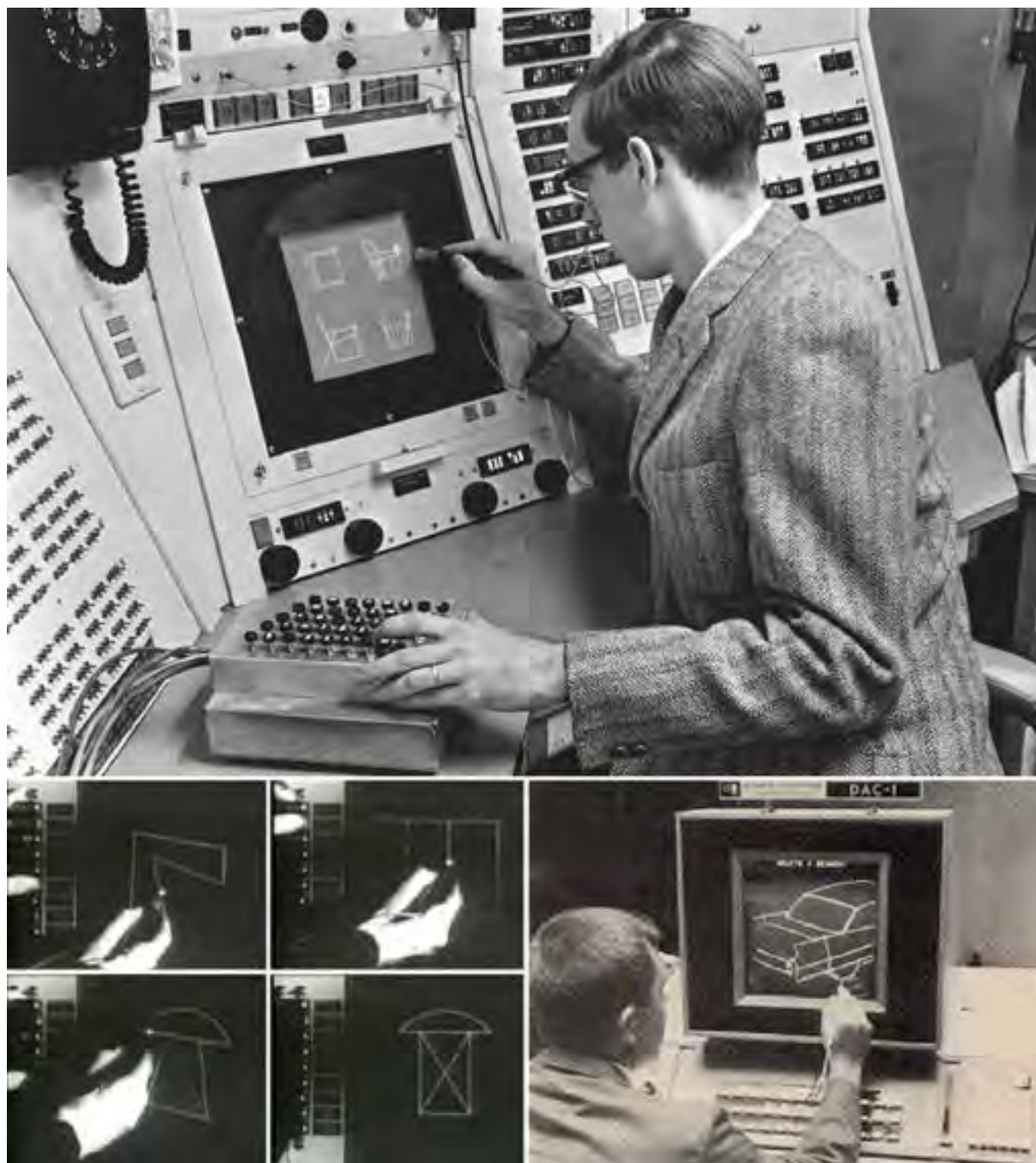
Il primo *software* per il disegno tecnico e la progettazione assistita dall’elaboratore, detto anche CAD Computer Aided Drafting (o Computer Aided Design), risale all’inizio degli anni ‘60¹ e lavorava su base bidimensionale per poi integrare più tardi funzioni di rappresentazione tridimensionale².

La modellazione 3D, utile sia in fase di progettazione che di rappresentazione grafica esecutiva è nata nell’ambito dell’architettura e dell’ingegneria automobilistica ed aeronautica. In accordo con Limoncelli (2012) “definire i modelli digitali come ‘tridimensionali’ è una distorsione della realtà. A differenza di un modello plastico, in ambiente virtuale si ottiene una rappresentazione bidimensionale di un mondo tridimensionale virtuale”.

Per il raggiungimento di un maggiore realismo fotografico si ricorre pertanto ad espedienti per il miglioramento delle restituzioni grafiche, come illuminazione e ombreggiatura, mappatura tramite *texture* etc. L’oggetto rappresentato appare più realistico e assume le sembianze di un vero e proprio oggetto reale tridimensionale.

Le discipline della Rappresentazione e del Rilievo, in piena era digitale, sono diventate esse stesse digitali, e le strumentazioni che vengono utilizzate si sviluppano ed aggiornano di pari passo con l’innovazione tecnologica. I metodi di rappresentazione ricorrono sempre più frequentemente all’uso di modelli 3D, anche se affiancati costantemente dai modelli grafici tradizionali. Oggi i modelli 3D, oltre che a fornire un supporto alla progettazione, sono di fondamentale importanza anche nel campo della conservazione, per registrare in modo permanente la forma degli oggetti e delle opere architettoniche esistenti, così che possano essere ‘tramandate’ alle future generazioni.

Le metodologie di rilievo e rappresentazione odierne consentono la generazione di modelli 3D realistici utili per diversi scopi, a partire dalla documentazione e la conservazione fino ad arrivare a applicazioni di AR e VR. Nonostante il potenziale di queste applicazioni, l’uso sistematico del rilevamento e della modellazione 3D non è ancora utilizzato come approccio predefinito per gli scopi sopra citati. In particolare i modelli 3D



generati sono spesso ridotti a disegni 2D a causa della mancanza di *software* o di conoscenza per la corretta gestione dei dati 3D (Remondino, 2011).

Il processo di rappresentazione attraverso la modellazione 3D si suddivide sostanzialmente in due fasi, come del resto avviene per i sistemi di rappresentazione tradizionali: l'analisi e lo studio delle forme, del colore e di tutte le caratteristiche dell'oggetto, e la successiva traduzione in un 'documento' attraverso i giusti sistemi grafici. Si rende pertanto necessaria l'attuazione di una sorta di 'esegesi', dove la lettura dei tratti e dei caratteri essenziali dei manufatti por-

tano alla loro comprensione e alla corretta scelta dei sistemi comunicativi e rappresentativi. In questo capitolo si indaga il valore del modello 3D come 'strumento' della disciplina della Rappresentazione, utile per la costruzione di scenari virtuali per la fruizione del Patrimonio, in particolare di quello architettonico e archeologico. Si riportano esempi applicativi della realizzazione di modelli 3D costruiti per scopi comunicativi specifici, in base al progetto di Ricerca di cui fanno parte, con l'intento di spiegare inoltre quali procedimenti 'tecnici' sono necessari per la loro costruzione.

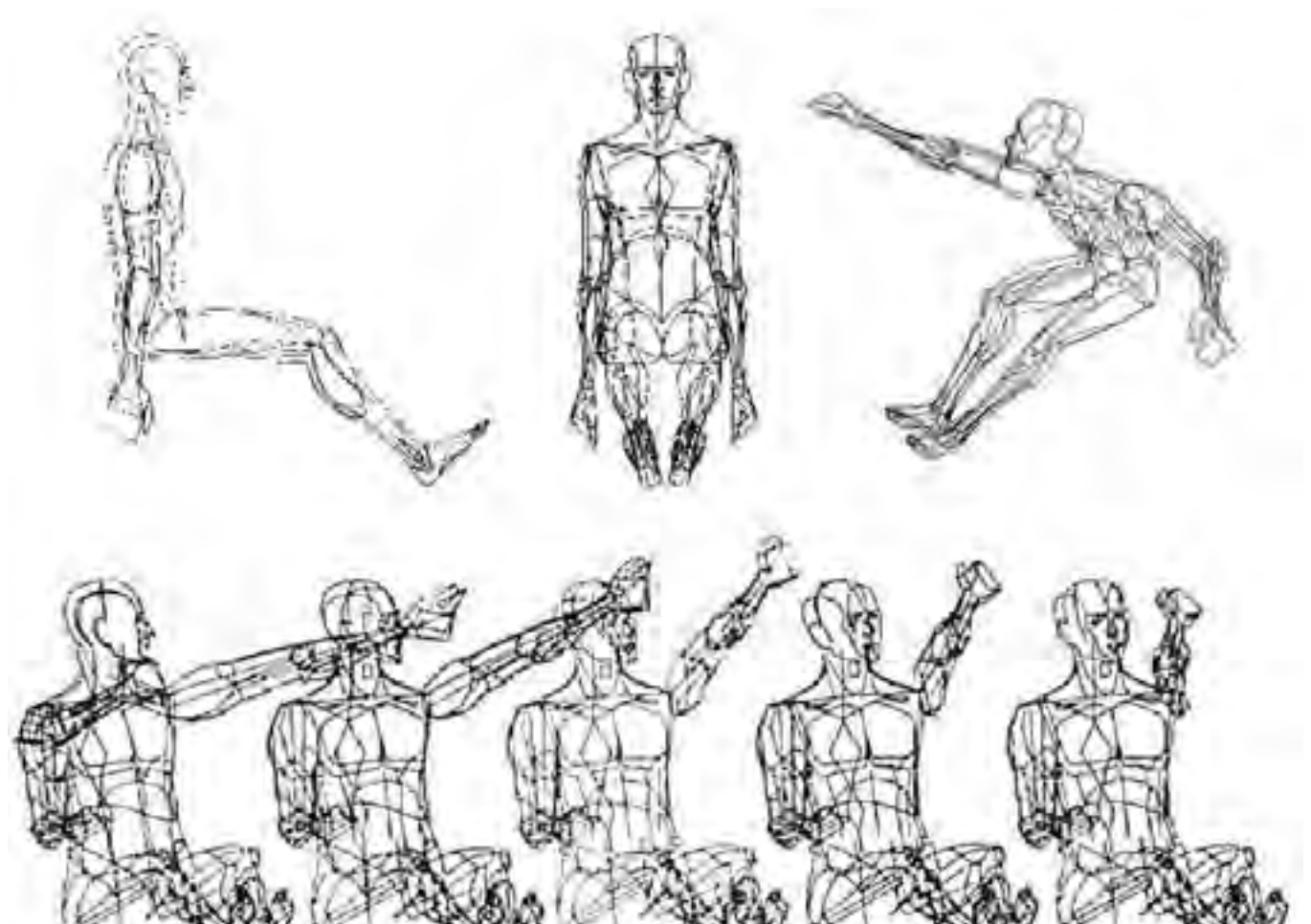


Fig. 2 (Pagina a fianco) E. Sutherland al lavoro con il suo sistema di disegno Sketchpad del 1963. Sotto alcuni altri esempi di prime esperienze di disegno assistito CAD.

Fig. 3 (Sopra) Boeing Man, la prima figura umana che rappresenta il pilota di un aeroplano in una serie di grafiche realizzate tramite disegno CAD da William Fetter nel 1960 quando disegnò il concept design per la Boeing Company.

2.1 Tecniche di modellazione 3D

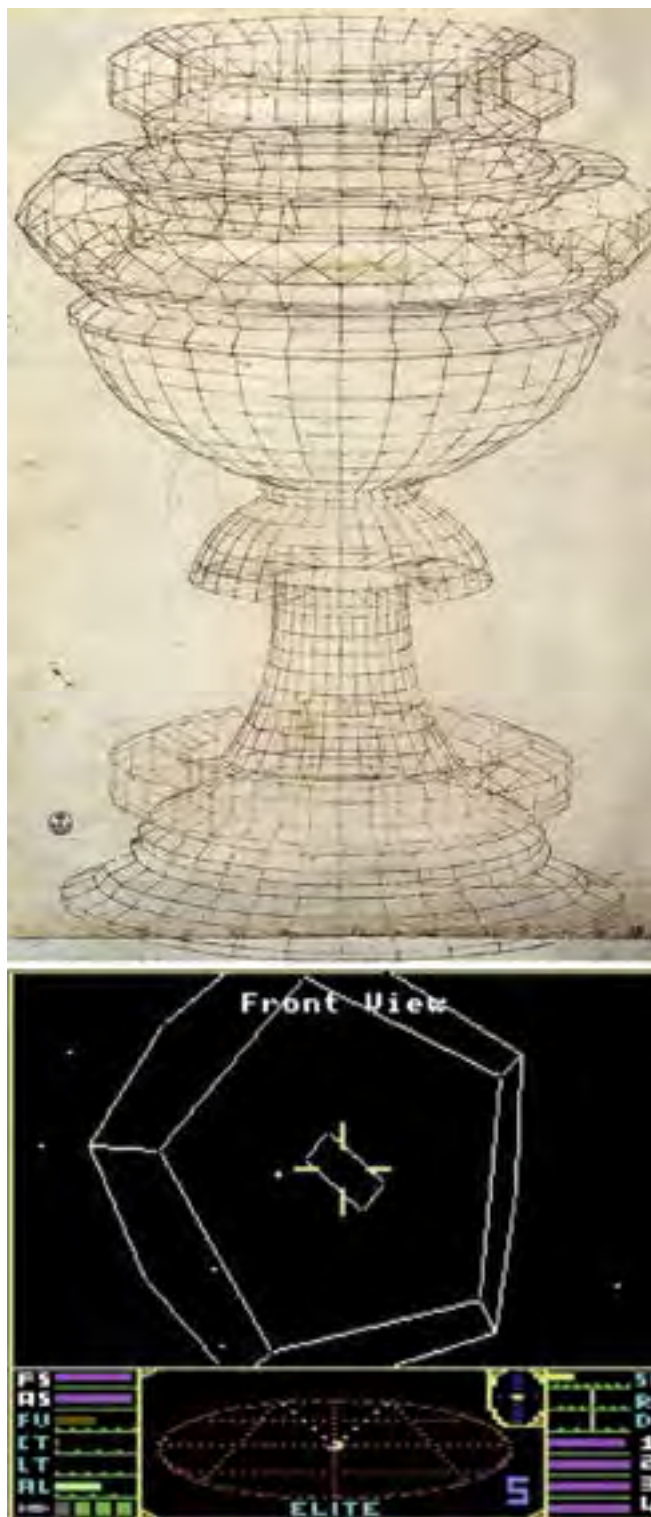
Come accennato precedentemente la modellazione digitale si avvale di uno spazio virtuale per la sua attuazione. Tutti gli oggetti che vengono ‘costruiti’ e rappresentati, sono creati in uno spazio tridimensionale definito attraverso l'utilizzo del piano cartesiano. Esistono diversi metodi di modellazione e possono essere riassunti in ‘modellazione manuale’ (*hand made modeling*), ‘modellazione procedurale’ (*procedural modeling*) e ‘modellazione per scansione’ (*laser scanner* e *Structure from Motion*). Ognuna di queste tecniche impiega diversi tipi di ‘geometria’ per la modellazione 3D e ciascun *software* si avvale di una, o più di una, di queste tipologie.

La scelta di un metodo piuttosto che di un altro dipende dall'obiettivo che si vuole conseguire, dal tipo di prodotto che si vuole realizzare.

Altri fattori influiscono sulle scelte dell'operatore, come ad esempi il tipo di sorgente (inteso come database digitale o dati tradizionali) che questo ha a disposizione per la realizzazione del modello 3D. In ogni caso, la scelta dello strumento più opportuno in relazione alle caratteristiche del particolare modello fisico esistente da acquisire, oppure da realizzare, costituiscono un passaggio chiave che permette di portare a termine progetti di acquisizione altrimenti irrealizzabile (Guidi et Al., 2005; Guidi et Al., 2010). Nel caso per esempio della modellazione di tipo ‘meccanico’, dove è necessario modellare componenti di dimensioni ben precise e con estrema accuratezza, si ricorrerà a software di tipo CAD che si basano su modellazione parametrica. Al contrario invece, nel caso ad esempio del rilievo digitale e nella restituzione di manufatti archeologici si ricorrerà preferibilmente a modellazione di tipo poligonale. Infine, per la ‘modellazione organica’, ovvero la creazione di personaggi o *avatar* 3D ma anche per soggetti ‘naturali’ come piante e montagne, sarà preferibile utilizzare tecniche di *sculpting*³ ‘a mano libera’ al fine di realizzare forme più ‘libere’ dalle regole geometriche.

Fig. 4 (Sopra) Il primo esempio significativo di rappresentazione wireframe è lo studio di un vaso in prospettiva di Paolo Uccello del 1450.

(Sotto) La grafica rivoluzionaria wireframe di *Elite*, un videogioco di simulazione spaziale pubblicato nel 1984 da Acornsoft.



2.1.1 Modellazione manuale e modellazione procedurale

La modellazione 3D, come detto, consente di costruire un oggetto tridimensionale nello spazio definito dall'asse X, dall'asse Y e dall'asse Z, e possiamo ricondurre le tipologie di modellazione a tre categorie: la modellazione 3D *wireframe*⁴, o a 'filo di ferro', la modellazione per superfici e la modellazione per solidi.

I sistemi CAD inizialmente permettevano di disegnare oggetti in due dimensioni tramite elementi primitivi (punti, linee etc.) rappresentati in due dimensioni senza una vera e propria operazione di modellazione. Con l'aggiunta della terza coordinata ai sistemi 2D è stato possibile rappresentare oggetti tridimensionali ma in versione *wireframe*, ovvero mediante la definizione e il disegno di spigoli e curve di contorno. Questo tipo di rappresentazione presentava problematiche di interpretazione e la visualizzazione degli oggetti risultava essere ambigua.

La modellazione per superfici utilizza lo spazio di modellazione in tre dimensioni e primitive bidimensionali (piani, superfici di rivoluzione etc.) che permettono di realizzare un oggetto definito mediante le sue superfici di contorno senza vincoli topologici (le superfici non sono connesse ma sono contigue). In questo caso la visualizzazione e la lettura delle figure tridimensionali è semplificata poiché non sono rappresentate le linee nascoste.

Infine la modellazione per solidi prevede l'utilizzo di primitive tridimensionali, o solide (cubi, prismi, sfere etc.). L'oggetto risulta definito mediante il suo volume ed è possibile modificarne la geometria tramite l'interazione con altri oggetti solidi attraverso operazioni 'booleane'⁵ che combinano le forme esistenti attraverso operazioni di unione, sottrazione e intersezione. I solidi così generati possono essere ulteriormente modificati tramite l'utilizzo di 'deformatori' che manipolano la topologia della forme interagendo con gli oggetti e piegandone i bordi, arrotondandoli,

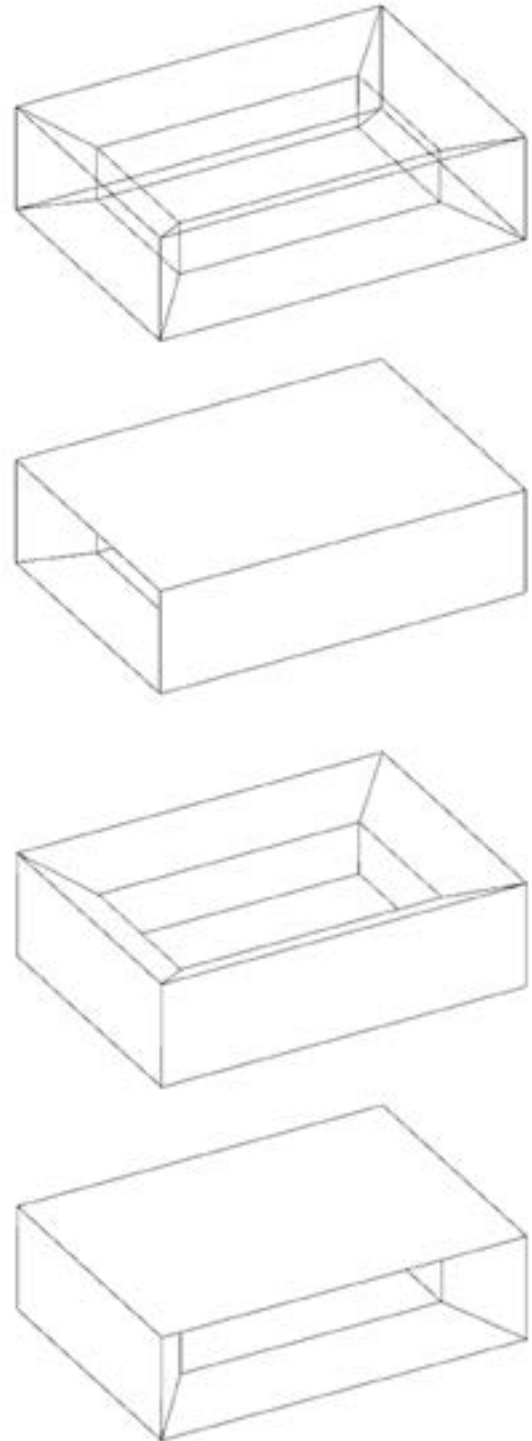


Fig. 5 Rappresentazione di un oggetto *wireframe*. Si comprendono i problemi di interpretazione delle reali forme dell'oggetto rappresentato, in quanto non è possibile capire quali siano le parti 'piene' e quali 'vuote' tramite una rappresentazione di questo tipo.

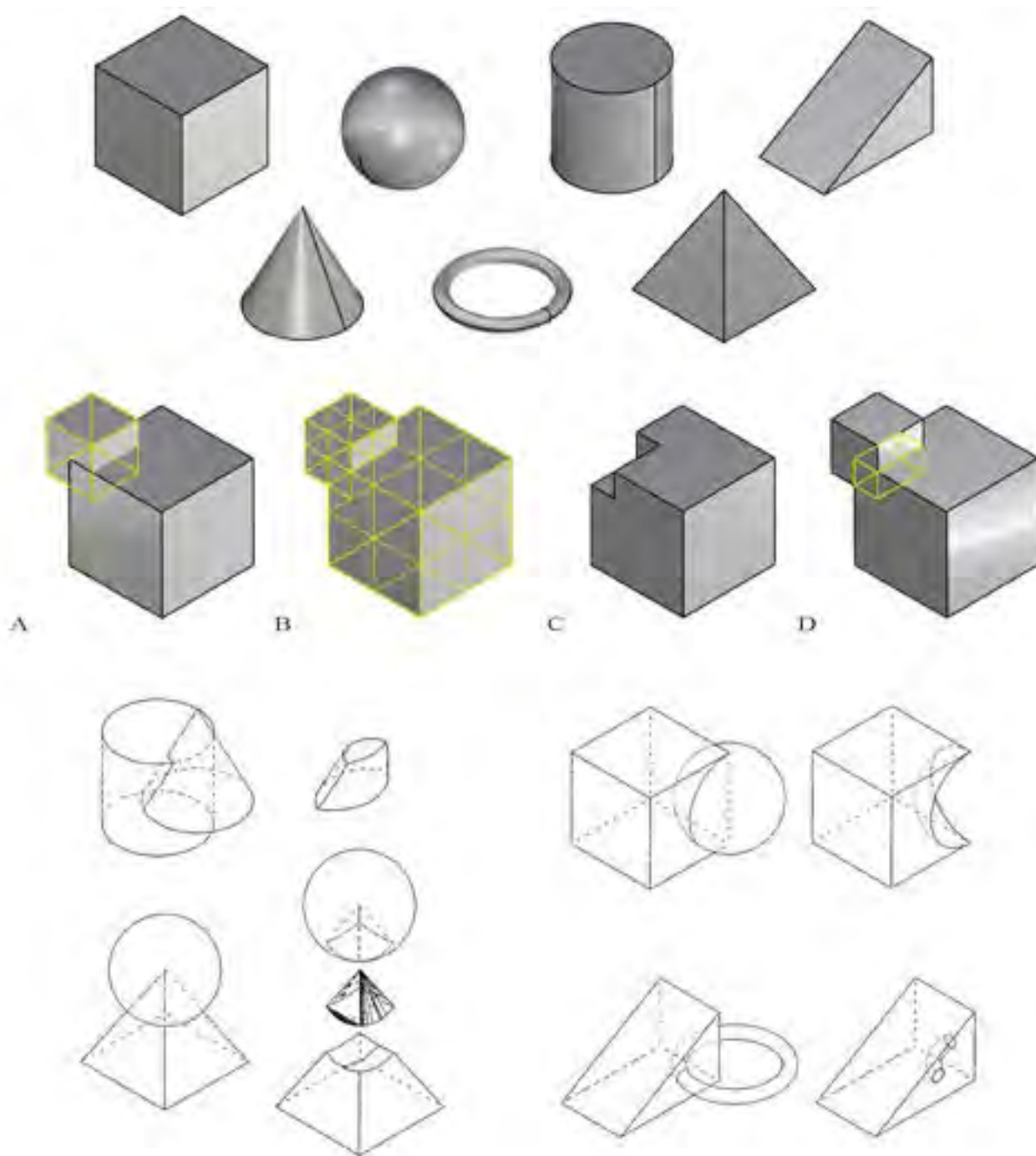


Fig. 6 Primitive tridimensionali, o solide (cubi, prismi, sfere etc.) utilizzate per la modellazione di tipo 'solida'. L'oggetto risulta definito mediante il suo volume ed è possibile modificarne la geometria tramite l'interazione con altri oggetti solidi attraverso operazioni 'booleane': a) Due solidi b) Operazione booleana di 'Unione' c) Operazione di 'sottrazione' d) Operazione di eintersezione'. (Sotto) I risultati di operazioni booleane tra solidi primitivi.

torcendoli etc. Altri ‘operatori’ ne modificano le geometria tramite ad esempio operazioni di estrusione e rotazione. Infine ‘operatori’ di trasformazione ne modificano la forma e la posizione nello spazio, attraverso operazioni di scalatura, traslazione e rotazione. Vista la necessità di rappresentazione elementi e geometrie complesse, per migliorare le forme generate tramite modellazione solida sono stati sviluppati tre diversi approcci (Empler, 2006):

Lo *Spatial Occupancy Enumeration* model (anche detto modello *voxel*): lo spazio tramite cui è rappresentato un solido è definito da una griglia tridimensionale chiamata *array* a cui appartengono delle

celle volumetriche dette *voxel* (*volumetric picture element*). La modellazione, essendo vincolata ad una griglia regolare, in molti casi non raggiunge un livello di accuratezza richiesto poiché le forme di un oggetto (in particolare forme lisce) non possono essere approssimate al meglio tramite *voxel*. Questo richiederebbe una dimensione piccola e un numero elevato di *voxel* e sarebbe dispendioso in termini di calcolo e di memoria, anche per la rappresentazione di piccoli oggetti. Questo tipo di rappresentazione con approssimazioni ‘grossolane’ viene utilizzata in applicazioni di realtà virtuale, dove vengono realizzate mappe d’altezza (*height maps*). Ad ogni *pixel* di

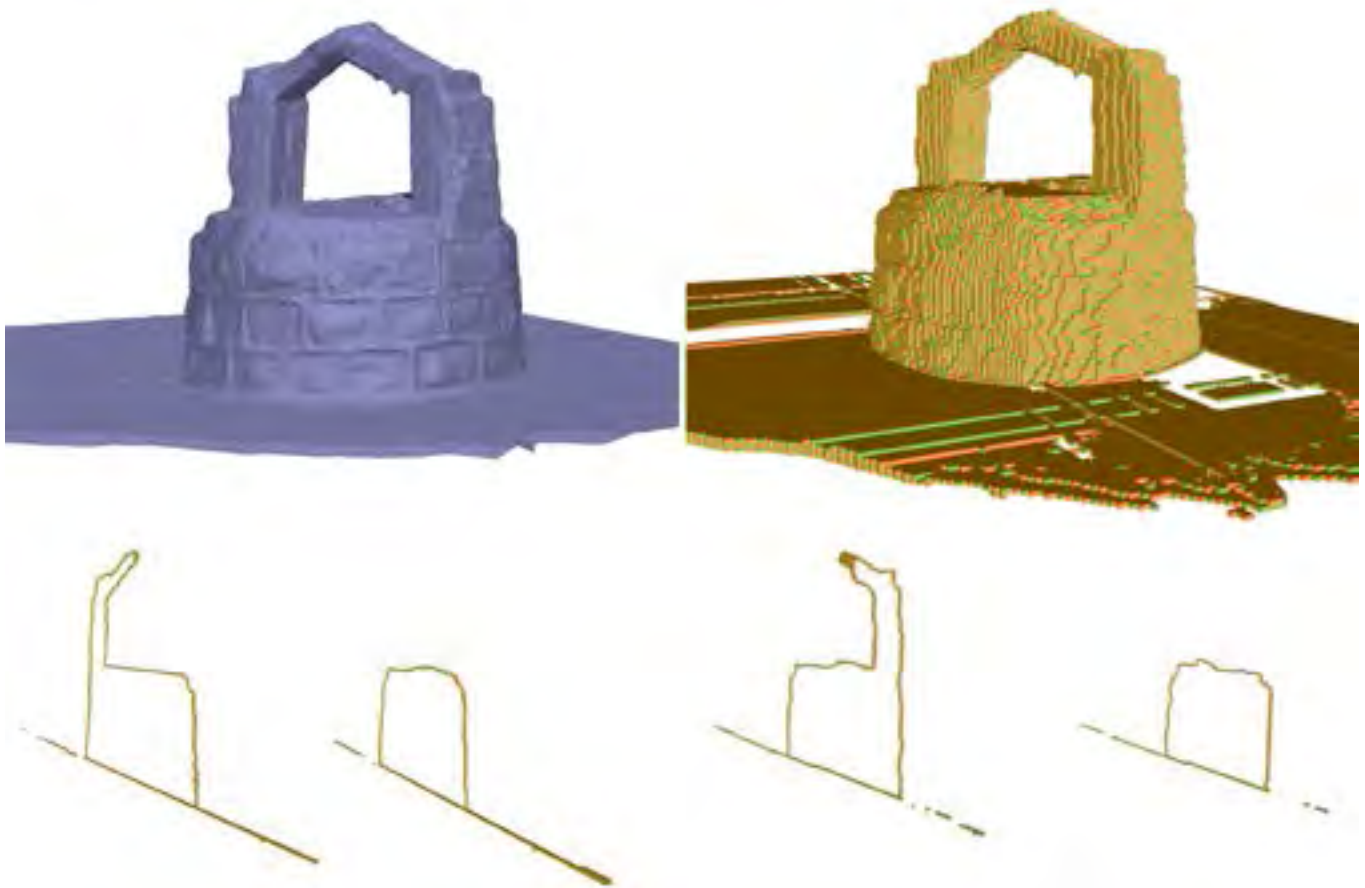


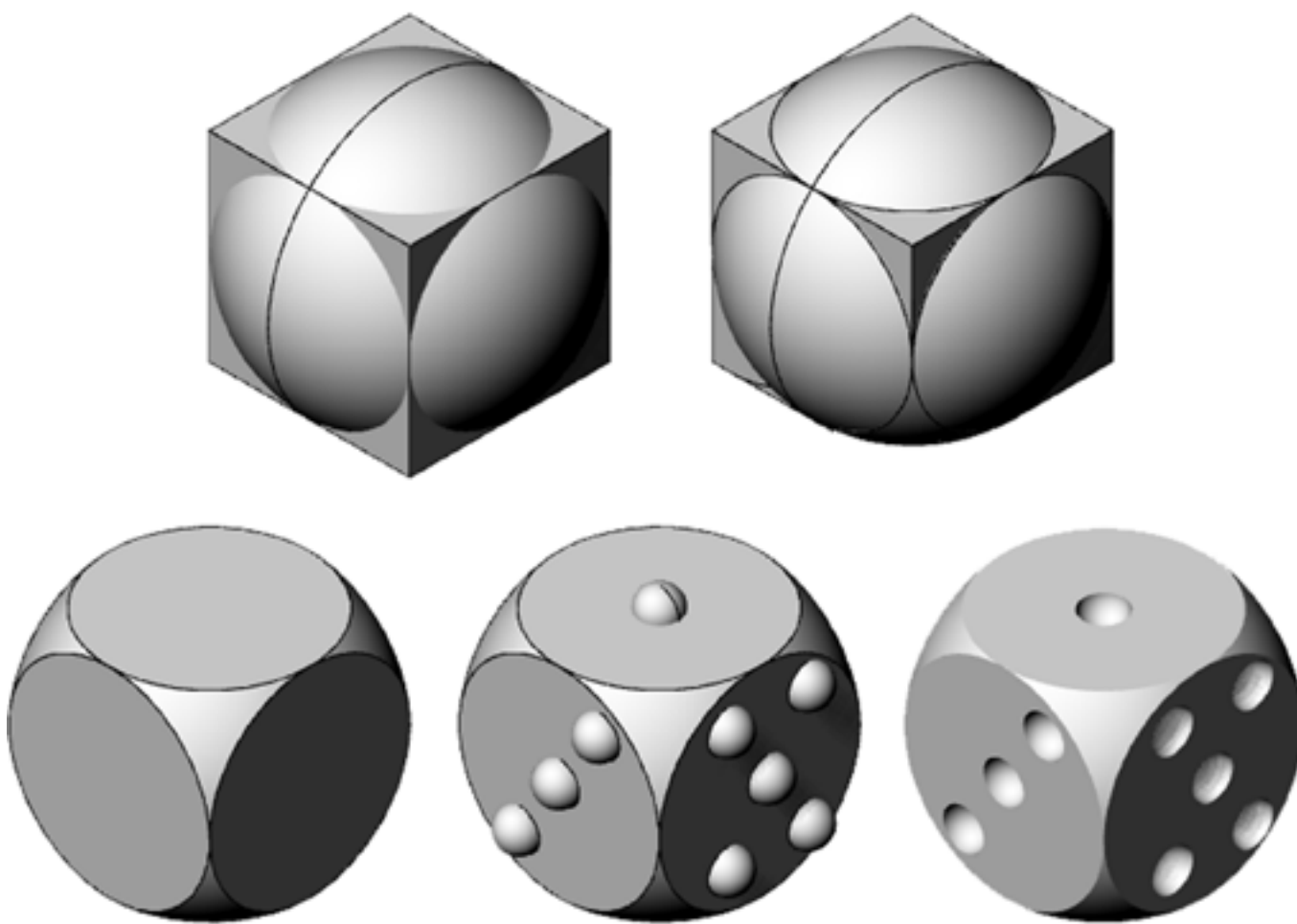
Fig. 7 Confronto tra due modelli 3D di un pozzo. Il modello a sinistra è di tipo ‘poligonale’ mentre quello a destra di tipo ‘voxel’, definito cioè da una serie di elementi unitari volumetrici disposti su una griglia tridimensionale che approssimano le forme della geometria originale dell’oggetto. Vi sono inoltre delle sezioni che definiscono i profili del modello 3D di tipo voxel in quattro diverse posizioni.

una griglia 2D viene assegnato un valore di altezza, ovvero un voxel non cubico, rappresentando così una superficie complessa come ad esempio una montagna (Kaufman, 1993).

Il *Constructive Solid Geometry* model (CSG): si tratta di un modello di rappresentazione dove vengono utilizzati solidi primitivi, quali sfere, coni, parallelepipedi etc. che combinati tra loro tramite operazioni booleane, generano un solido finale visivamente complesso (Goodrich, 1990). Questo sistema è utilizzato da alcuni motori di *game engine* come Unreal e Unity poichè ottimale per la visualizzazione di oggetti complessi in *real-time*.

Il *Boundary Representation* model (B-Rep): in questo caso le figure solide sono rappresentate mediante gli elementi di contorno come vertici, bordi e facce che garantiscono la coerenza topologica del modello. Un vertice è una tripletta ordinata nello spazio, un bordo è un oggetto finito non auto-intersecante e limitato da due vertici, e una faccia è una regione finita non auto-intersecante delimitata da bordi e vertici (Liang Hsu, 2010).

Fig. 8 Costruzione del modello 3D di un dado tramite modellazione CSG. A partire da due solidi primitivi come 'cubo' e 'sfera', attraverso operazioni booleane viene definita la 'struttura principale' alla quale poi vengono sottratte sfere di dimensioni minori che definiscono la numerazione del dado

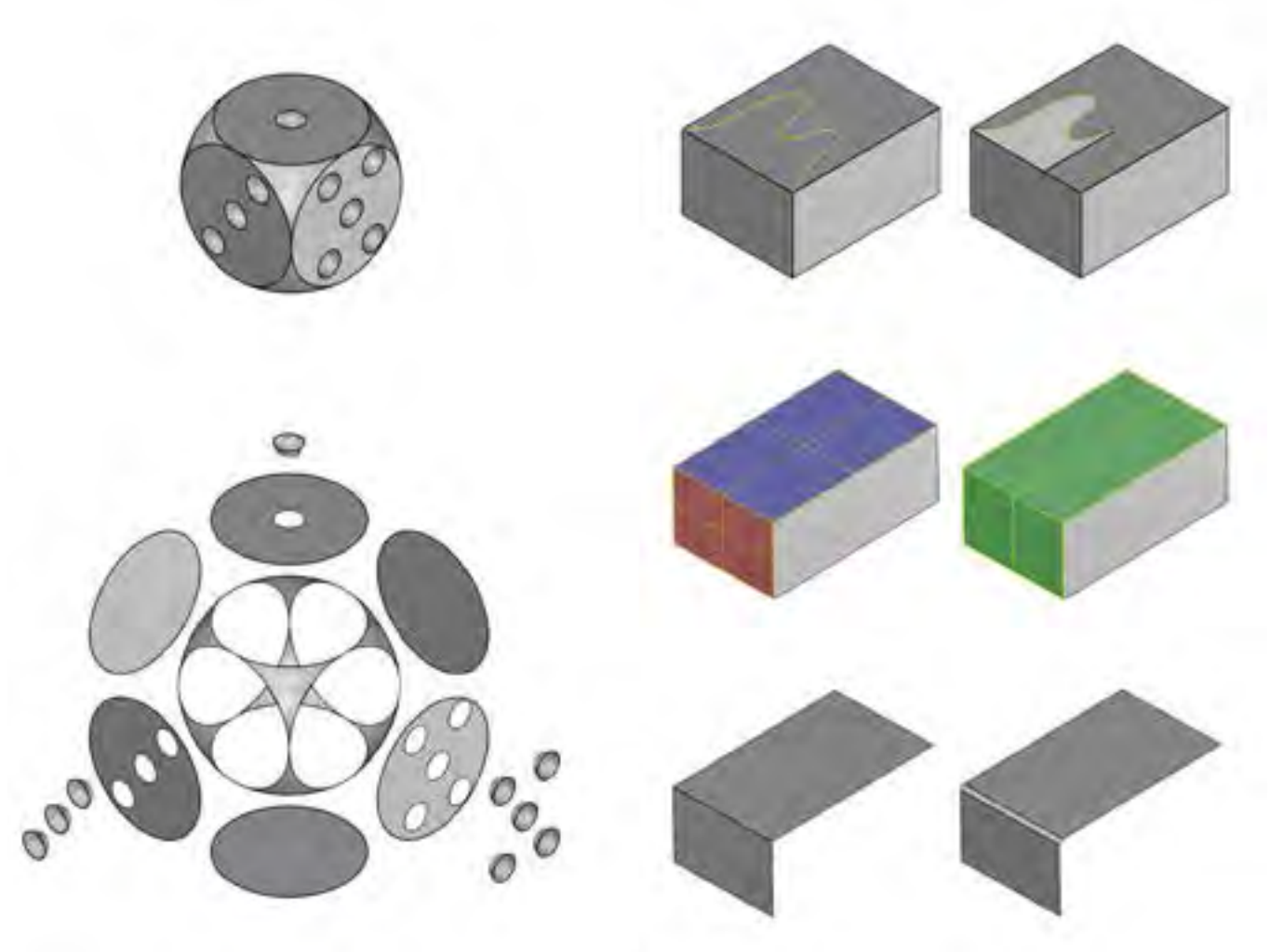


A differenza dei due precedenti approcci di modellazione sono possibili altre operazioni oltre allo booleane, come taglio, smusso, fusione etc. Uno dei vantaggi di questo tipo di modellazione è quello di fornire informazioni necessarie a sofisticati calcoli geometrici e un diretto e facile accesso alla superficie della forma per scopi di visualizzazione (Empler, 2006).

Al di là dei tipi di geometria utilizzata e dai diversi tipi di approccio per costruzione del modello 3D, sia esso per solidi che per superfici, nel caso della modellazione manuale è l'operatore che compie scelte procedurali, utilizzando il *software* che si adatta alle proprie esigenze di modellazione e rappresentazione.

Si possono riassumere in quattro macro categorie le tipologie di modellazione che possono essere impiegate per la realizzazione di un modello 3D, anche se non è raro che un modellatore impegni sistemi 'ibridi': modellazione NURBS, modellazione poligonale⁶, modellazione con superfici di suddivisione, modellazione parametrica.

Fig. 9 (A sinistra) Il dado è rappresentato tramite B-Rep, ovvero attraverso elementi di contorno come le superfici. In questo caso sono possibili altre operazioni (a destra) come quella di 'taglio', 'fusione' e 'smusso'.



Modellazione NURBS. Prima di descrivere cosa si intende per modellazione NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) è necessario fare un passo indietro per definire alcune tipologie di curve. Una curva detta *spline* è definita da una funzione matematica ed interpola un insieme di punti detti *nodi*. In origine la *spline* era uno strumento che serviva per disegnare ‘curve composite’ tramite l’utilizzo appunto di una striscia di materiale flessibile e da un certo numero di punti fissi (detti *ducks*). Furono studiate dall’ingegnere Pierre Bézier e dal matematico Paul de Casteljau e vennero utilizzate inizialmente per il disegno CAD da alcune case automobilistiche, diventando successivamente elementi di base nei *software* di computer grafica. Le curve *B-Spline* sono un caso particolare di curve *spline* e possono essere suddivise in uniformi

e non uniformi e ciò dipende dalla disposizione dei nodi, o punti di controllo. Lo spostamento di un punto di controllo, a differenza di quanto avviene per le curve di Bézier, non si ripercuote su tutta la curva ma soltanto sulla parte interessata da quel punto.

Le curve definite NURBS sono delle curve B-Spline razionali con un vettore⁷ di nodi non uniforme e per queste sue caratteristiche sono molto flessibili e permettono di disegnare curve molto complesse ma allo stesso tempo riconducibili a principi e formule matematiche ben precise. La modellazione attraverso superfici NURBS, generate cioè da operazioni di estrusione, rivoluzione, lofting patching etc. di curve NURBS, permette di rappresentare in maniera accurata sia superfici geometriche ‘standard’ che superfici organiche complesse.

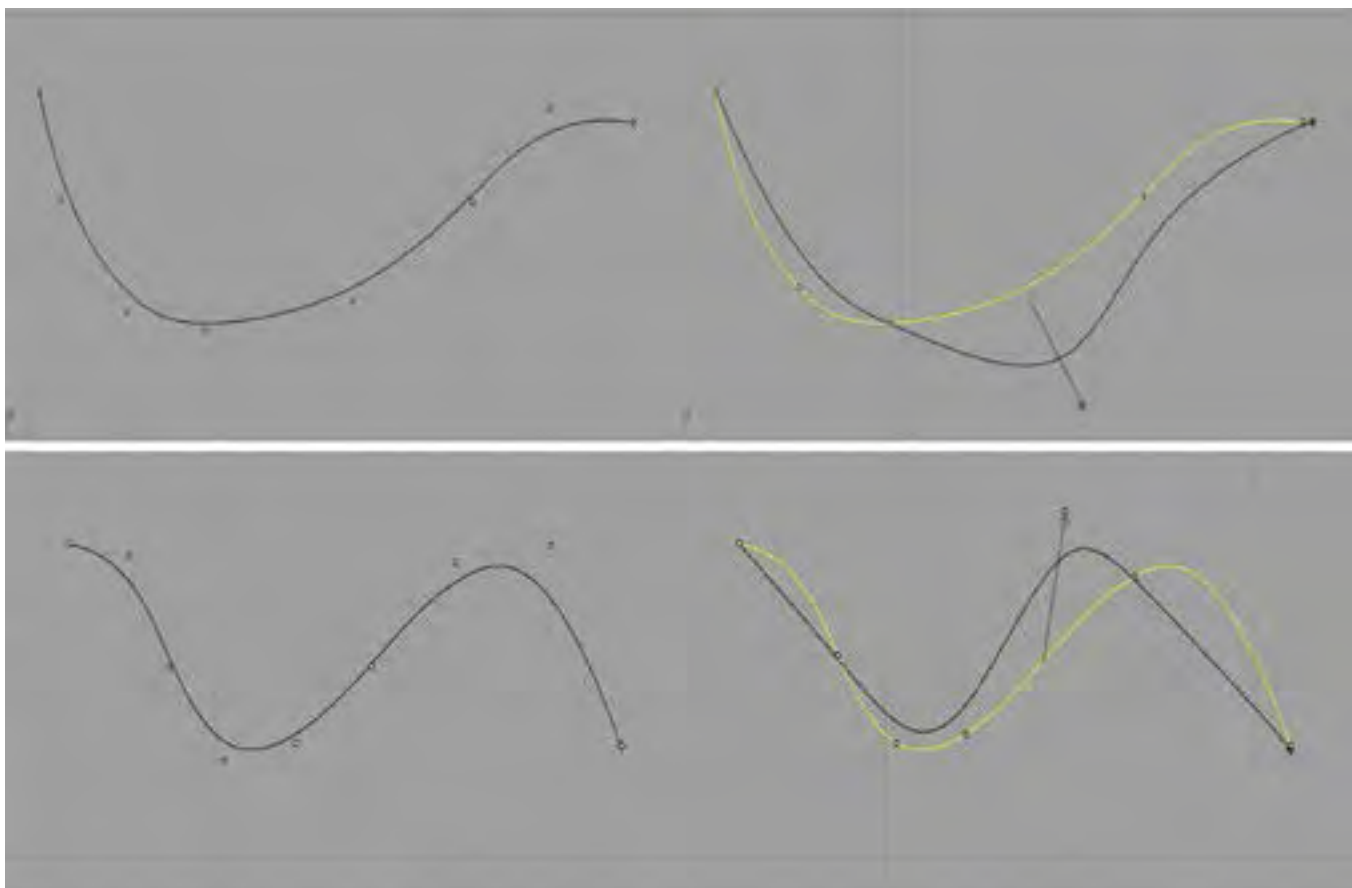


Fig. 10 Nell’immagine si riportano due esempi di spostamento di un punto di controllo di curve NURBS e la conseguente modifica che queste subiscono.

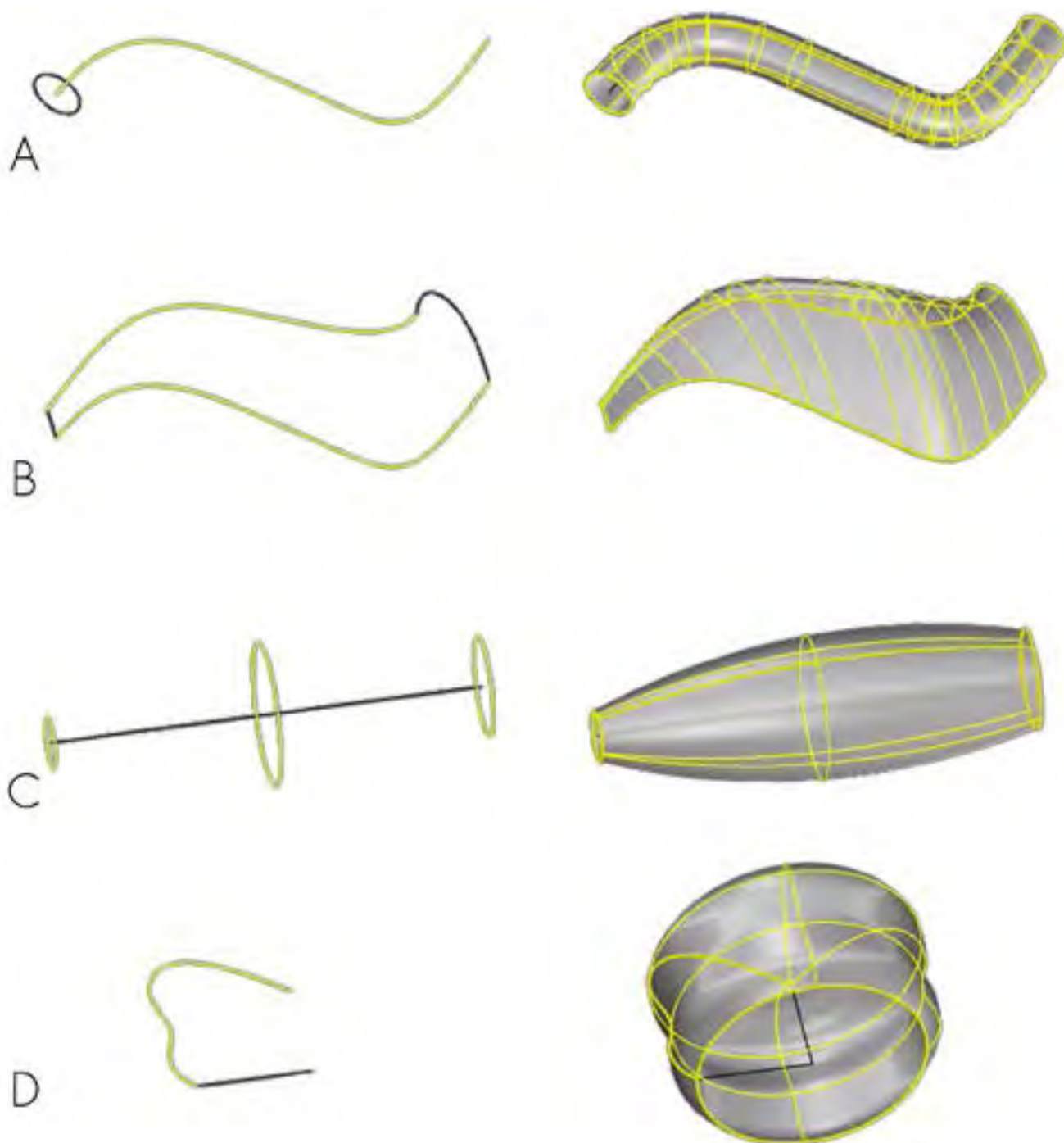


Fig. 11 Operazioni di modellazione NURBS (in questo caso eseguite tramite il software Rhinoceros): a) Sweep 1 binario: permette di estrarre una curva lungo un'altra curva detta binario. b) Sweep 2 binari: permette di estrarre una o più curve secondo due direzioni che sono rappresentate appunto da due curve. c) Loft: viene costruita una superficie passante per più curve precedentemente stabilite. d) Rivoluzione: è possibile generare una superficie facendo ruotare una curva intorno ad un asse di rivoluzione.

Modellazione Poligonale. Modelli 3D frutto di questo tipo di modellazione sono formati da maglie poligonali (o *mesh*) costituite da un insieme di facce poligonali, generalmente triangolari o quadrangolari, connesse in modo da formare una maglia con dei bordi. Un elemento che caratterizza un poligono, di grande importanza nel campo della visualizzazione e del *rendering*, è il suo orientamento.

Questo è definito da un vettore perpendicolare al piano della faccia e giacente nel suo baricentro, detto 'normale' e deve essere rivolto verso la direzione della 'camera' altrimenti il poligono non verrà visua-

lizzato correttamente. Nel caso di modellazione poligonale è necessario prestare attenzione al numero dei poligoni presenti nel modello. Questo infatti influisce in termini di 'pesantezza' del modello e di eventuali problemi di gestione o visualizzazione.

Un modello ad alto livello di dettaglio è detto comunemente high-poly, mentre un modello a basso numero di poligoni è detto low-poly. Saranno approfonditi successivamente gli aspetti che riguardano la modellazione *mesh*, con particolare riferimento a quella che deriva direttamente dalla modellazione 'per scansione'.

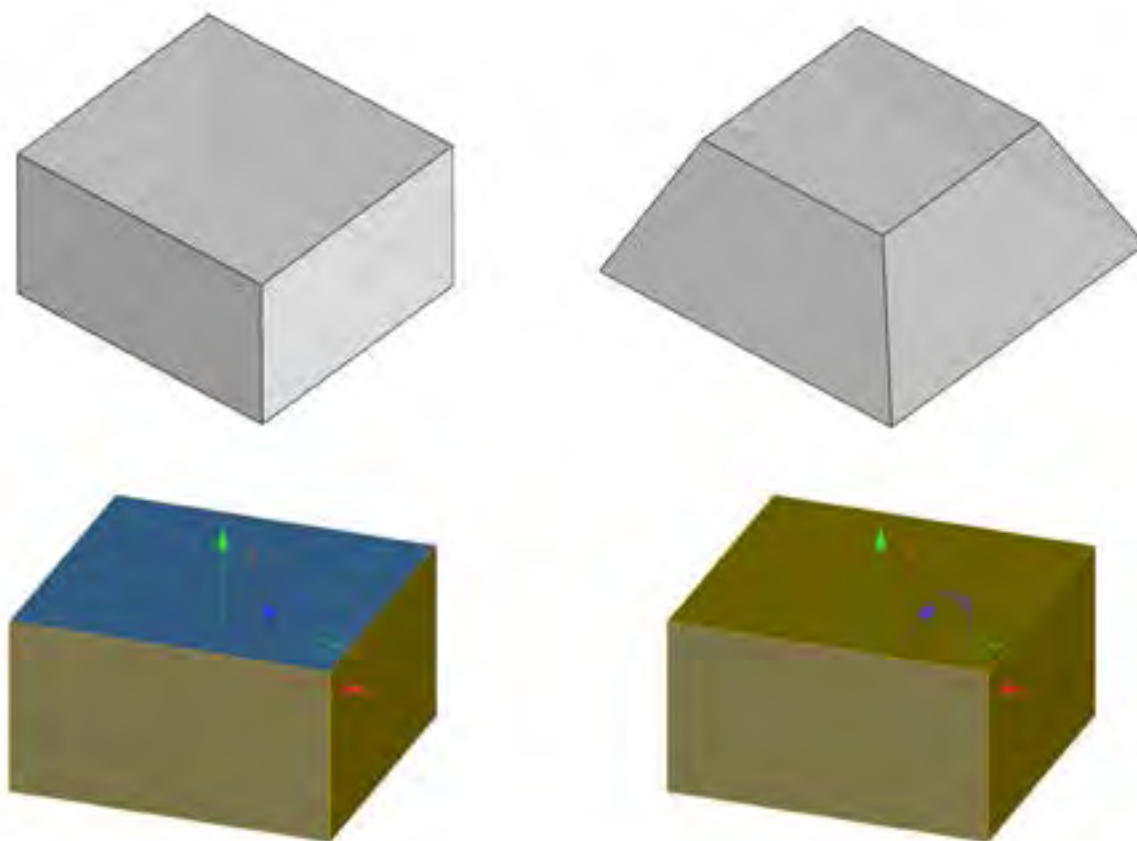


Fig. 12 Visualizzazione della direzione del vettore normale alle diverse superfici di due figure solide (parallelepipedo e tronco di piramide) all'interno del software Rhinoceros. (Sotto) Operazione di inversione della superficie con vettore normale errato all'interno del software Cinema4D: il colore blu identifica una superficie caratterizzata da un vettore 'negativo' rispetto alla posizione della 'camera' e che necessita di essere invertito.

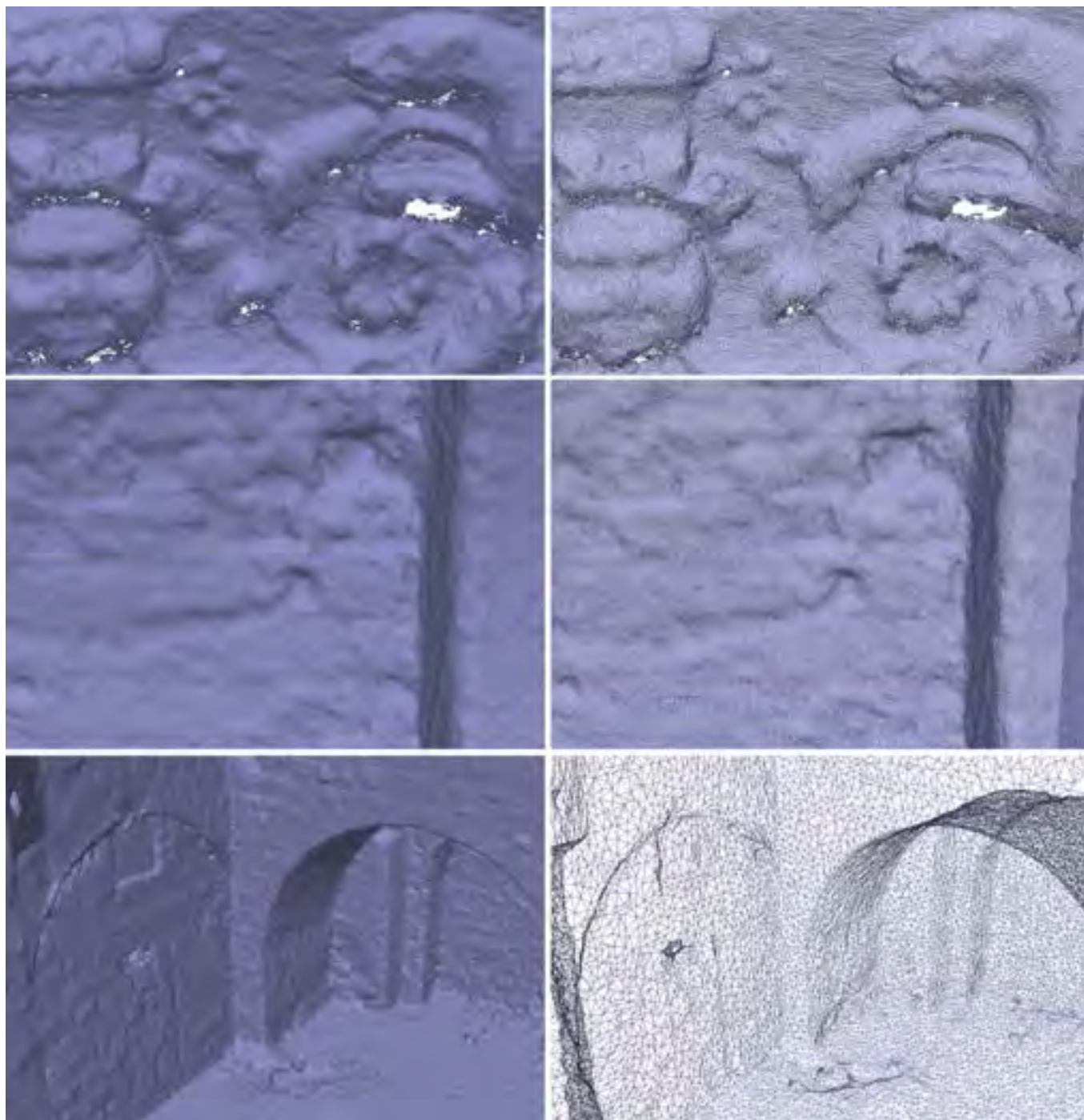


Fig. 13 Mesh poligonali realizzate attraverso la modellazione di tipo poligonale, in questi casi derivata da metodologia ‘a scansione’. Se le maglie poligonali hanno un numero di poligoni elevato sono definite *high-poly* (come quella più in alto) mentre un basso numero di poligoni determina superfici *low-poly*. E’ possibile compiere operazioni di decimazioni del numero di poligoni come sarà spiegato successivamente.

Modellazione con superfici di suddivisione. Le superfici di suddivisione (*SubD*) sono state sviluppate alla fine degli anni '70 (Catmull et Al., 1978; Stam, 1998) e rappresentano un 'ibrido' tra le superfici poligonali e le superfici NURBS, poiché si possono ottenere forme lisce ma allo stesso tempo possono essere generate da forme con topologia irregolare.

Le *SubD* sono solitamente ottenute dalla conversione di tipologie di superfici diverse come *mesh* e NURBS; attraverso questi procedimenti di 'raffinamento' si ottengono superfici costituite da un maggior numero di poligoni (in quanto si opera una suddivisione di quelli esistenti) ma che divengono più arrotondate e smussate.

Questo tipo di superfici sono ottimali per diversi fini come la produzione di animazioni per scopo divulgativo, per la realizzazione di *maquette* mediante prototipazione rapida e per la realizzazione di modelli 3D in ambito archeologico dove è necessario rappresen-

tare irregolarità e deformazioni proprie dei manufatti archeologici (Fantini, 2011a; Fantini, 2011b).

Il procedimento è per certi versi simile a quello utilizzato dalla tecnica del *box modelling* che consiste nel modellare un oggetto a partire da una forma primitiva (cubo, sfera etc), 'scolpendola' fino all'ottenimento del modello finale.

Modellazione parametrica. Si tratta di una tipologia di modellazione manuale sviluppata a partire dalla fine degli anni '80 quando nacquerò appunto i primi *software*⁸ parametrici. I programmi di modellazione parametrica prevedono un certo numero di primitive di solidi e di superfici che possono essere modificati tramite la variazione dei parametri che li determinano, come ad esempio altezza, lunghezza, raggio etc. Nella modellazione parametrica vengono impiegate delle *features* di controllo che descrivono 'l'albero genealogico' della costruzione dei solidi, raccogliendo

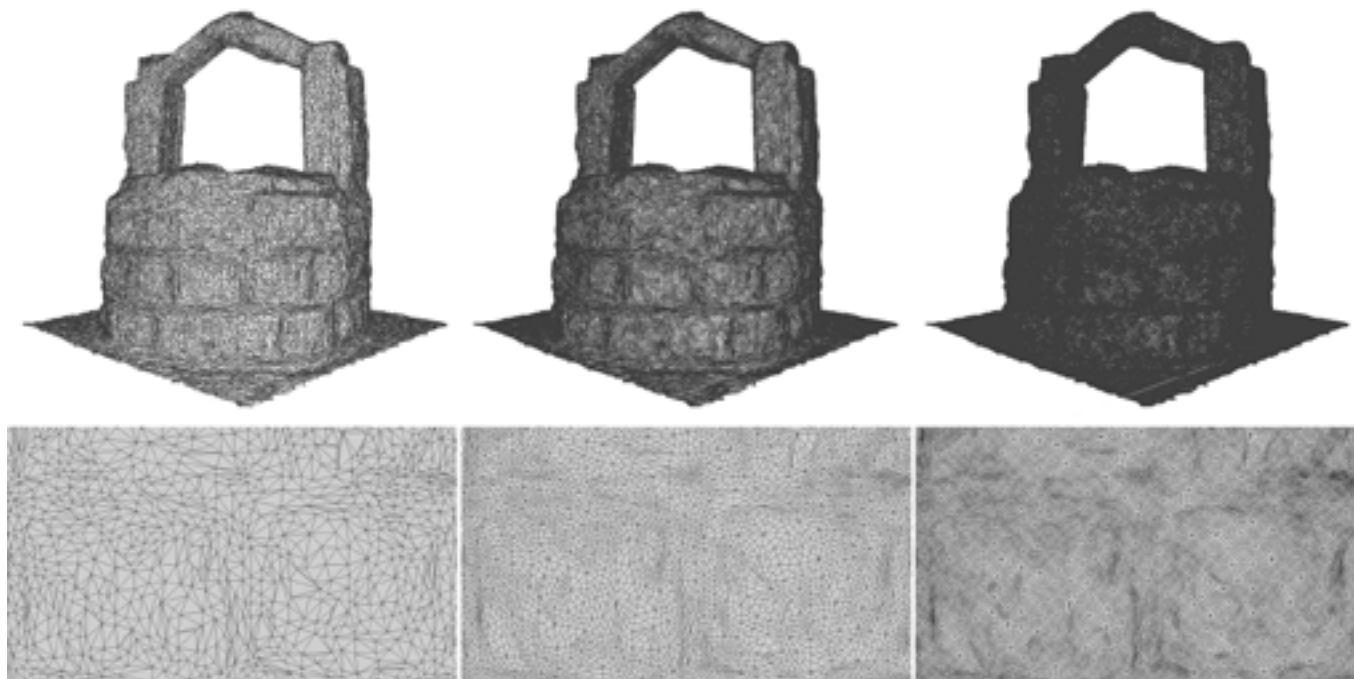


Fig. 14 Operazione di suddivisione dei poligoni. La *mesh* originale risulta essere di tipo *low-poly* ed è necessario, per uno scopo specifico quale la prototipazione, aumentare il numero dei poligoni per 'raffinare' la superficie e renderla più 'liscia'. Si procede alla suddivisione che di fatto aumenta il numero dei poligoni definendo così un modello *high-poly*.

done tutti i parametri. Questi parametri erano inizialmente soltanto di tipo geometrico ma con il tempo sono stati sviluppati sistemi che permettono di aggiungere agli oggetti informazioni di vario tipo, come ad esempio le caratteristiche termo-fisiche, il costo, la resistenza meccanica etc. I solidi della modellazione parametrica possono essere definiti 'intelligenti' poiché in grado di auto-aggiornarsi in base alla variazione di tutti i suoi parametri. La modellazione parametrica ha aperto la strada alla progettazione parametrica che rappresenta oggi uno degli strumenti più promettenti per i settori dell'architettura e dell'ingegneria, il BIM (Building Information Modeling). Un modello 3D BIM rappresenta ad esempio l'approssimazione di un edificio dal punto di vista della geometria e della rappresentazione realistica, ma allo stesso tempo è un *database* di dati relativi all'edificio e a tutte le sue componenti. L'applicazione della progettazione parametrica BIM ha trovato larga diffusione per la

simulazione energetica, la progettazione strutturale ed impiantistica, ed è oggi uno dei temi più dibattuti nel panorama scientifico internazionale in particolare per quanto riguarda la 'parametrizzazione' dei Beni Culturali.

Modellazione procedurale. Si tratta di una modellazione di tipo semi-automatica o automatica eseguita attraverso appositi strumenti interni ai *software*. Si tratta ad esempio degli emulatori di fluidi e di tessuti, oppure dei generatori di vegetazione, dei generatori capelli e generatori di frattali. È possibile procedere in maniera automatica impostando valori e parametri disponibili, dopo di che il *software* realizzerà il modello 3D secondo le impostazioni date. In alternativa si può procedere attraverso funzioni guidate che permettono di intervenire sui parametri 'in corso d'opera', garantendo così un maggior controllo da parte dell'operatore.

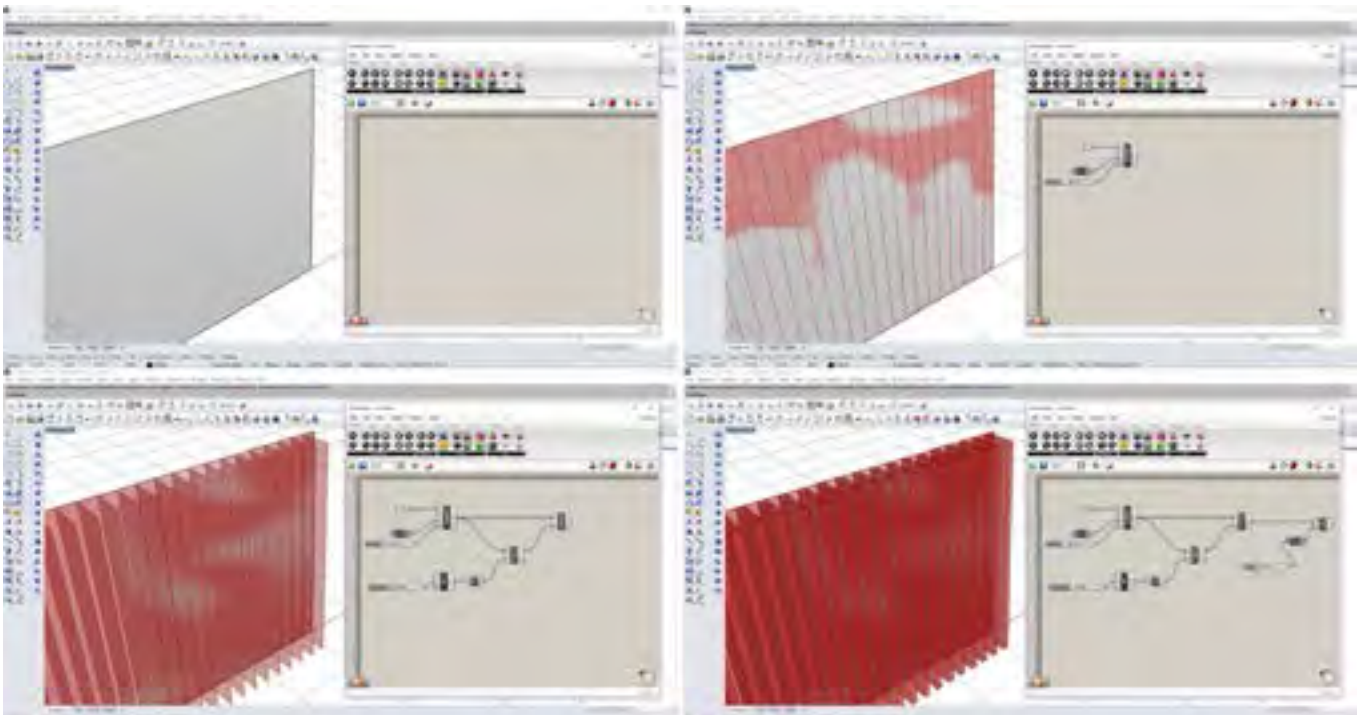


Fig. 15 Esempio di modellazione parametrica. All'interno del software Rhinoceros, attraverso l'utilizzo di un plug-in chiamato Grasshopper, è possibile costruire algoritmi generativi trascinando elementi predefiniti su una 'tela' e creando gli appositi 'collegamenti' tra le varie componenti. Attraverso la modificazione dei parametri di questa struttura il modello 3D corrispondente di modificherà ed aggiornerà di conseguenza.

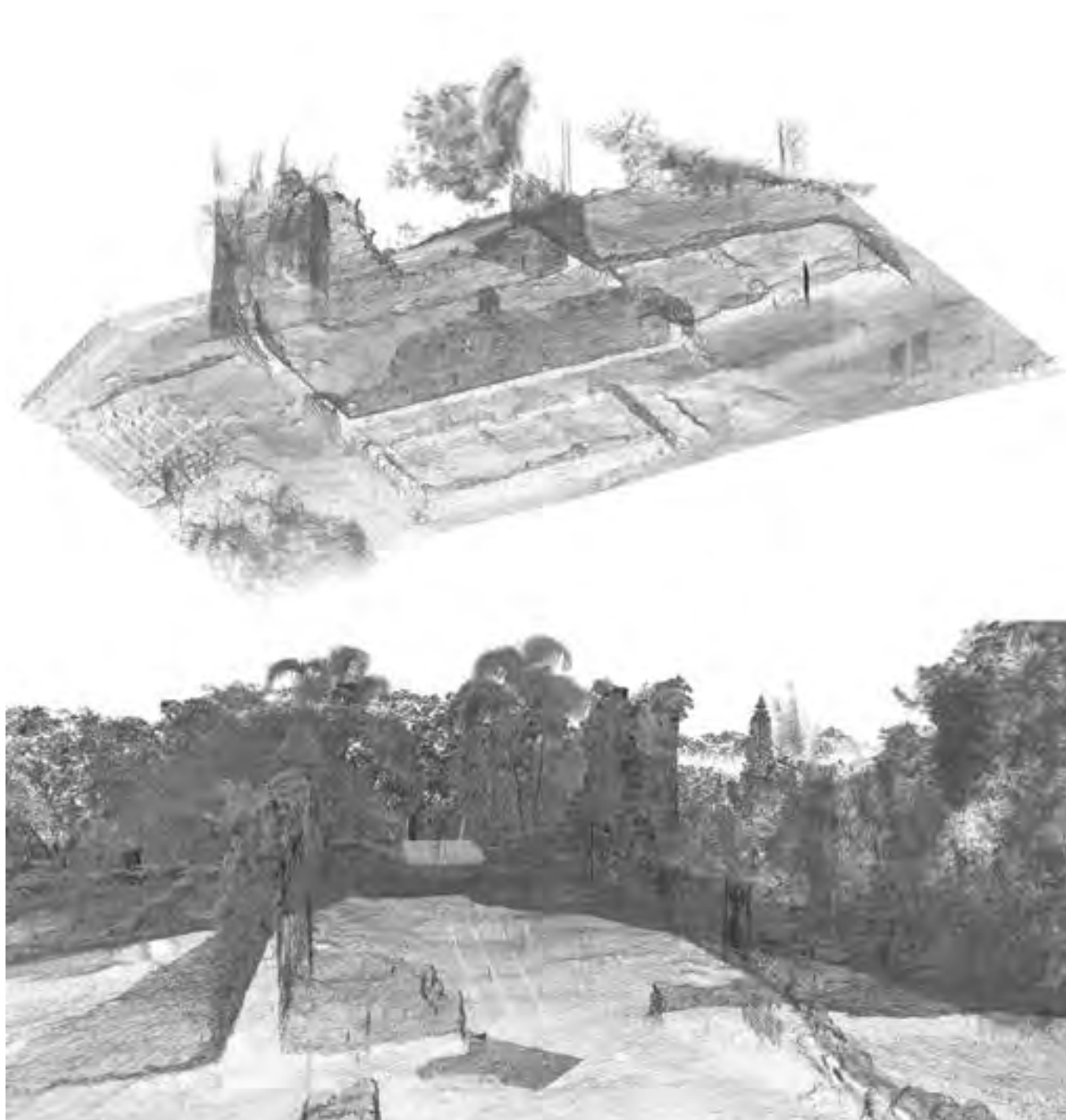


Fig. 16 Esempio di sorgenti derivate dal rilievo digitale tramite strumentazione Laser Scanner. La nuvola di punti costituisce una base da cui poter estrapolare elaborati bidimensionali oppure poter procedere tramite modellazione poligonale definendo una maglia di poligoni in maniera automatica o semi-automatica, ovvero definendo il numero di poligoni massimo o minimo che si vuole ottenere.

2.1.2 La modellazione 3D nel rilievo digitale

Le attività di rilievo possono essere definite come quelle azioni di documentazioni propedeutiche ad un qualsiasi tipo di intervento, dalla progettazione al restauro. Si tratta di operazioni di misurazione ma anche di osservazione e traduzione grafica dei beni indagati in 'disegni'. La discretizzazione dell'oggetto del rilievo digitale, ovvero la scelta di elementi caratteristici formali e dimensionali che si decide di elaborare e rappresentare, è una operazione soggettiva e nel caso di metodologie di rilievo tradizionali viene fatta in una fase iniziale. Le metodologie di rilievo digitale prevedono invece l'acquisizione massiva di dati e la fase di 'selezione' delle informazioni e le attività critiche di analisi per l'elaborazione dei disegni, viene fatta in una fase successiva. L'interpretazione dei dati si basa sulla conoscenza delle caratteristiche metriche, formali e tecnico-costruttive del complesso architettonico in esame. Il disegno accurato dell'oggetto di studio, sia esso finalizzato al progetto di restauro sia esso per la visualizzazione digitale, deve basarsi sulla identificazione e valutazione delle fonti rilevanti. All'inizio di questo capitolo sono stati definiti tre tipi di metodologie di modellazione e si tratta in questo caso della tipologia 'per scansione'. Si fa riferimento ai modelli digitali che possono essere generati attraverso tecniche di rilievo e restituzione digitale, in particolare Laser Scanner e SfM (Structure from Motion). Prima di poter procedere con la descrizione dei risultati della modellazione per scansione, è necessario introdurre alcuni concetti di base del rilievo digitale e degli strumenti da questo impiegati. I sensori tridimensionali sono quegli strumenti che consentono di acquisire e generare una immagine 3D direttamente dalla scena che inquadrano. Questi possono essere di natura non distruttiva, ovvero se usano radiazioni luminose per acquisire una superficie, un volume o una misurazione, senza alcun contatto fisico con l'oggetto, oppure distruttive se è previsto un sezionamento fisico dell'oggetto (Guidi et Al., 2010). I sensori ottici impiegati nel campo del rilievo digitale si suddividono generalmente in sistemi attivi se utilizzano luce codificata, e sistemi passivi se viene utilizzata la luce naturale come fonte di illuminazio-

ne, e corrispondono rispettivamente a metodi *range based* e *image based*. I sensori attivi (ad esempio radar o laser scanner) forniscono direttamente informazioni in tre dimensioni, mentre i sensori passivi (fotocamere digitali) necessitano di una elaborazione tramite algoritmi e formulazioni matematiche per ricavare informazioni 3D dalle immagini 2D (Remondino, 2011; Sansoni et Al., 2009).

In entrambi i casi i risultati dipendono da diversi fattori, quali le caratteristiche intrinseche degli strumenti e le caratteristiche dei materiali. Nel caso di sensori passivi influiscono fortemente anche le condizioni di illuminazione dell'ambiente o dell'oggetto. Come detto precedentemente ad oggi non esiste ancora un approccio o una metodologia che possa essere risolutiva in qualsiasi caso e si ricorre all'integrazione dei diversi sensori e delle diverse tecniche. Non ci soffermeremo in questa sede sulla descrizione dei principi teorici che impiegano queste metodologie di rilievo ma si rimanda ai riferimenti bibliografici che trattano ampiamente l'argomento⁹. Saranno mostrati successivamente esempi applicativi e saranno descritti alcuni flussi di lavoro e dettagli procedurali, utili alla comprensione dei processi di generazione dei modelli 3D. Attraverso l'acquisizione tramite *laser scanner* e tecniche *image-based*, si ottengono database digitali costituiti sostanzialmente da nuvole di punti, ovvero insiemi di punti definiti dalla loro posizione in un sistema di coordinate e caratterizzati da altri valori, quali intensità, colore profondità etc. Questi dati vengono elaborati all'interno di appositi *software* di gestione fino all'ottenimento di diverse tipologie di elaborato, tra cui i modelli tridimensionali. A causa della natura della sorgente da cui derivano, ovvero da una nuvola di punti, i modelli 3D risultano essere costituiti da superfici poligonali, o *mesh*. L'operazione di *meshing* è l'operazione per cui i punti che costituiscono la nuvola di punti 'grezza' prodotta dal sensore, vengono connessi tra loro tramite un reticolo di poligoni (Guidi et Al., 2010). Esistono due tipologie di nuvole di punti, e la loro natura produce una elaborazione *mesh* differente: si parla di nuvole strutturate e nuvole non strutturate. Nel primo caso la nuvola di punti di compone di una serie di coordinate 3D allocate logicamente su una griglia bidimensiona-



Fig. 17 Esempio di sorgenti derivate dal rilievo digitale tramite metodologie Structure from Motion. La nuvola di punti che deriva inizialmente è costituita da un basso numero di punti ma può essere 'densificata' attraverso alcune operazioni. Ad esempio all'interno del software Agisoft Photoscan è possibile costruire una 'dense cloud' su cui poi lavorare per la realizzazione della mesh poligonale.

le dove i poligoni della mesh risultano dall'unione di tre punti (nel caso di triangoli) secondo logiche semplici (Guidi et Al., 2010)⁹. Viceversa, nuvole di punti non strutturate sono costituite da punti non organizzati nello spazio e l'operazione di *meshing* prevede la creazione di punti *potenziali* secondo specifici algoritmi, e di conseguenza triangoli *potenziali*. I modelli 3D ottenuti tramite questi procedimenti che possiamo definire di *reverse modeling*¹⁰, ovvero dove l'oggetto del rilievo rappresenta il database di partenza e il modello 3D il risultato finale, risultano essere costituiti da un numero di poligoni molto alto, anche nel caso di piccoli oggetti¹¹. In molti casi, a seguito di operazioni di *meshing*, le maglie poligonali presentano anomalie e lacune, non prevedibili in fase di *input*. Queste tipologie di errori e una serie di altri difetti rendono questi modelli 3D inadatti per un ampio spettro di applicazioni (Bernardini et Al., 2002). Si illustrano successivamente operazioni di correzione e miglioramento che possono essere fatte sulle maglie poligonali così da ottenere modelli privi di errori topologici, lacune e 'rumorosità'.

2.1.3 Operazioni per la correzione degli errori topologici

Per migliorare la qualità della *mesh* e ripulirla dagli errori topologici, si può procedere tramite l'utilizzo di alcuni strumenti di 'pulitura' all'interno di diversi *software* (Attene et Al., 2013; Attene et Al., 2006). Si riportano le funzioni dei due *software* utilizzati per questa Ricerca, i quali dispongono di strumenti di correzione simile: Rapidform di Inus Technology¹² e Geomagic Wrap di 3DSystem¹³. Il software Geomagic Wrap include la funzione di '*mesh doctor*', uno strumento semi-automatico per il miglioramento della *mesh* poligonale. È importante utilizzare questo strumento dopo operazioni di *wrapping*, unione tra oggetti *mesh* o importazioni di modelli 3D. Una volta selezionato il comando, è possibile leggere il numero degli errori trovati nella tabella di analisi dell'interfaccia del *software*:

1) *Non-manifold edges*: bordi di mesh o polisuperfici che hanno più di due facce collegate ad un singolo spigolo;

2) *Self-intersections*: si tratta di triangoli che si intersecano con altri triangoli vicini;

3) *Highly-creased edges*: sono triangoli che si congiungono l'uno l'altro a spigoli vivi;

4) *Spikes*: si tratta di un insieme di tre o più triangoli che formano una punta su una maglia prevalentemente liscia;

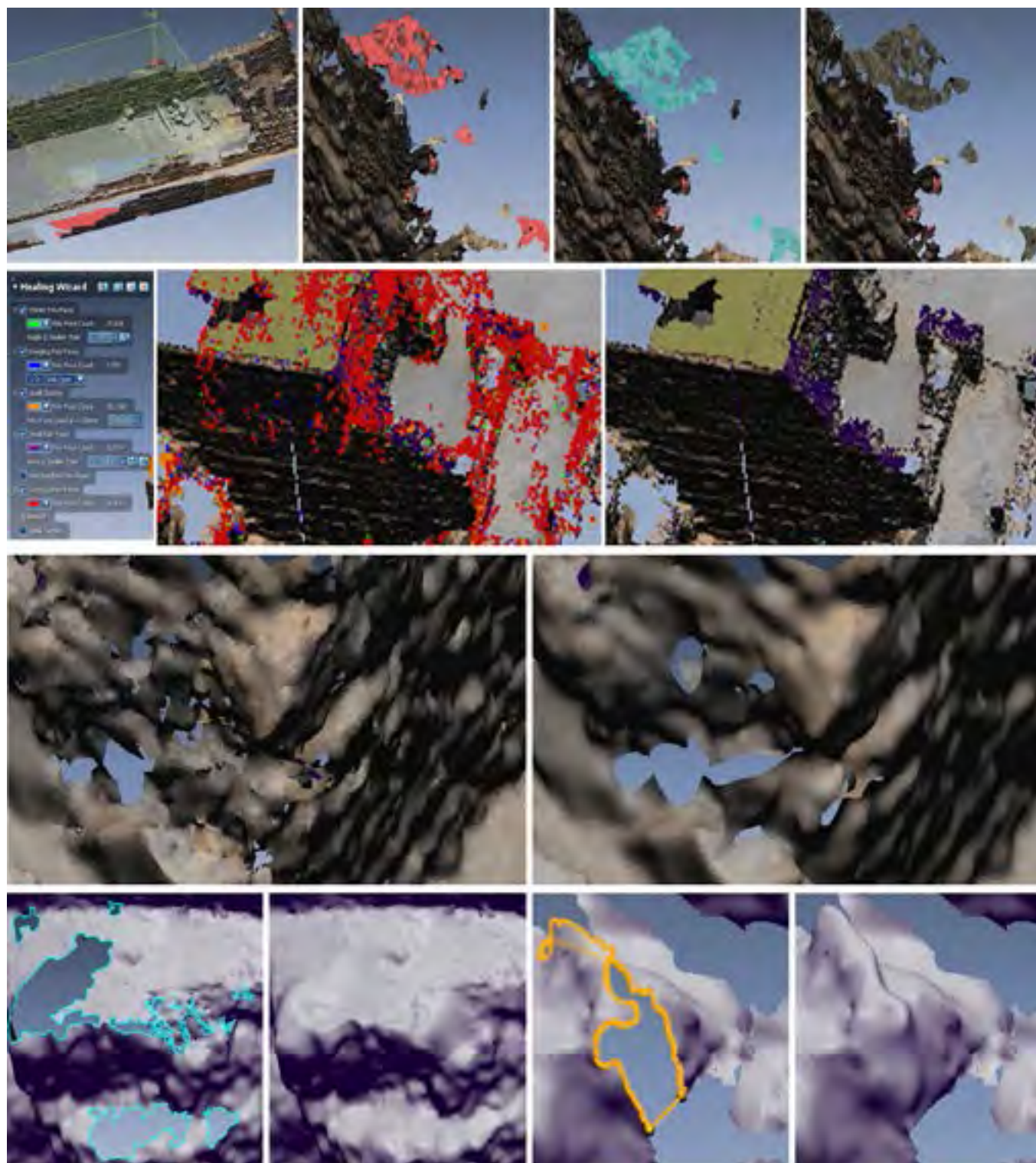
5) *Small components*: sono insiemi di piccoli triangoli indipendenti che possono essere fonte di 'rumore' della *mesh*

6) *Small tunnels*: si tratta di elementi che risultano avere la forma di un tunnel o di una maniglia;

7) *Small holes*: fori di piccole dimensioni presenti nella mesh poligonale; possono essere chiusi in maniera automatica per garantire la continuità della mesh.

Anche il programma Rapidform permette di evidenziare in maniera automatica gli errori attraverso le funzioni di *find defect* e *healing wizard*: molti comandi trovano corrispondenza con i comandi di Geomagic Wrap come ad esempio *non-manifold poly-faces* (1)¹⁴, *crossing poly-faces* (2), *small clusters* (5), *small tunnel* (6).

Per quanto riguarda invece eventuali lacune presenti nella mesh, è possibile procedere in maniera automatica alla loro individuazione e poi chiudere automaticamente o in modo manuale. Le lacune generalmente indicano l'assenza di informazioni e di dati utili a generare la mesh, derivati dall'acquisizione incompleta di alcune parti dell'oggetto, a causa di zone d'ombra o particolari caratteristiche dei materiali acquisiti (ad esempio superfici riflettenti); è importante procedere soltanto alla chiusura delle lacune di piccole dimensioni e di 'facile' interpretazione, al fine di non ricostruire parti di cui non si hanno sufficienti indicazioni sulla forma. All'interno dei software sopra citati vi sono strumenti utili per la chiusura delle lacune, ovvero di '*fill holes*'. All'interno di Geomagic sono presenti tre tecniche diverse che permettono di intervenire e sono regolate da algoritmi diversi, specificando se la 'nuova' mesh debba essere '*flat*', riempiendo cioè il foro con una superficie piatta, '*curvature*', riempiendo il foro seguendo la curvatura della mesh circostante, oppure '*tangent*', chiudendo la lacuna allo stesso modo della modalità '*curvature*' ma con un maggior 'assottigliamento'.



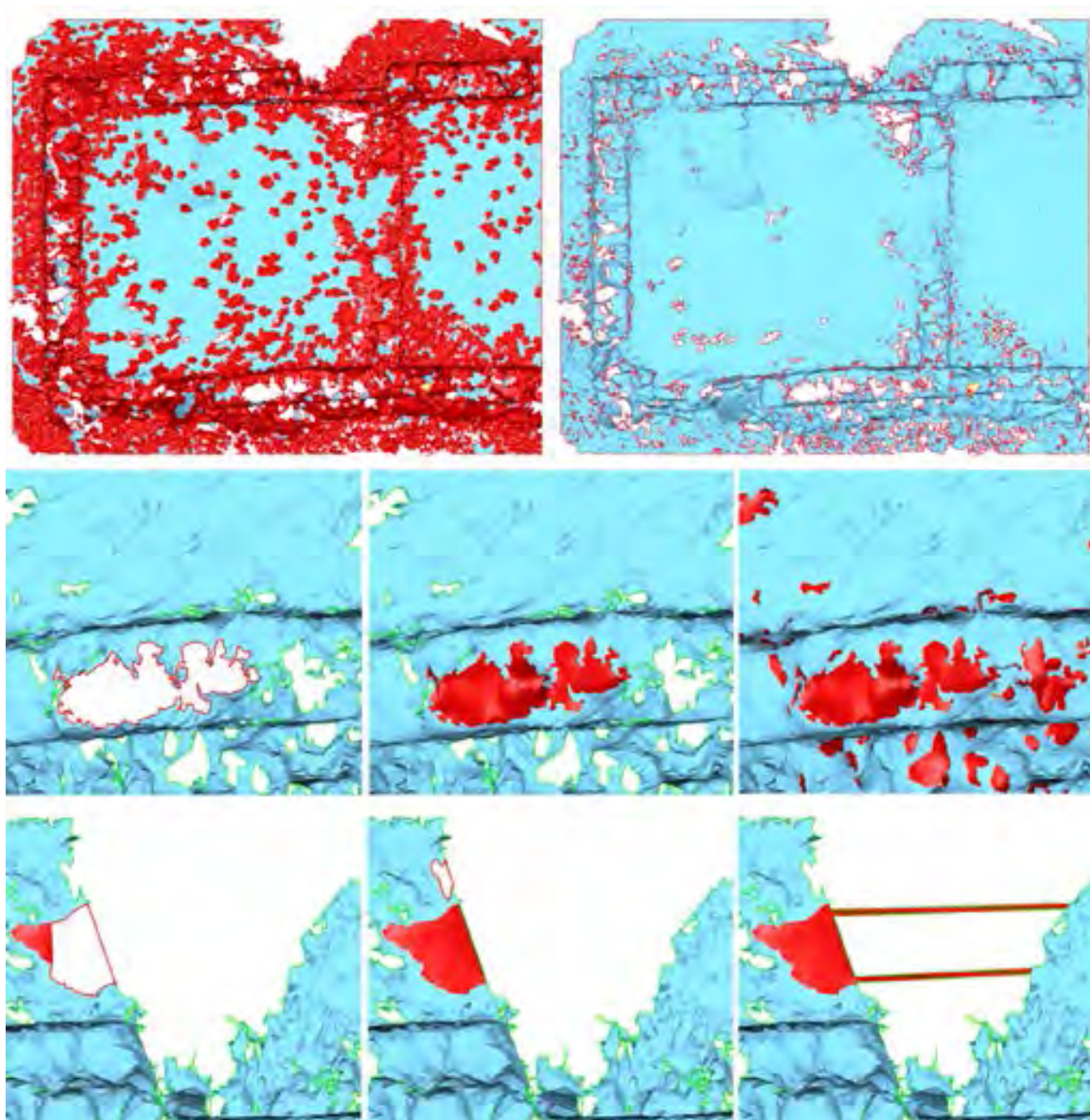


Fig. 18 (Pagina a fianco) Operazioni di correzione degli errori tipologici effettuati all'interno del software Rapidform di Inus Technology. Dall'alto verso il basso: inversione delle superfici con 'normale' errata, utilizzo del comando 'healing wizard' che trova e analizza gli errori in maniera automatica, l'operazione di 'smoothing' per ottenere una superficie più 'liscia' e l'operazione di chiusura delle lacune.

Fig. 19 (Sopra) Operazioni simili all'interno del software Geomagic Wrap. In basso le operazioni di chiusura delle lacune tramite 'ponti' di sostegno.

2.1.4 La decimazione della *mesh* e l'ottimizzazione del modello 3D

Una importante fase che segue quella della 'pulitura' della *mesh* poligonale, è quella di ottimizzazione del modello 3D. Si tratta di un procedimento necessario al fine di ottenere un modello 3D da utilizzare per varie scopi e diverse applicazioni. Le operazioni di decimazione, suddivisione e redistribuzione dei poligoni, sono operazioni irreversibili ed è importante conoscere a priori la finalità che il modello 3D deve

avere così da ridurre il numero dei poligoni e la complessità del modello in maniera opportuna (Guidi et Al., 2005; Merlo et Al., 2013; Tucci et Al., 2013). In questa fase le capacità e le scelte dell'operatore assumono una forte valenza progettuale (Cipriani et Al. 2017; Guidi et Al., 2011) poiché la riuscita delle fasi successive dipende strettamente da queste scelte.

Una delle operazioni consigliate a seguito della correzione degli errori topologici è quella di '*remesh*' che calcola nuovamente la maglia dei poligoni per

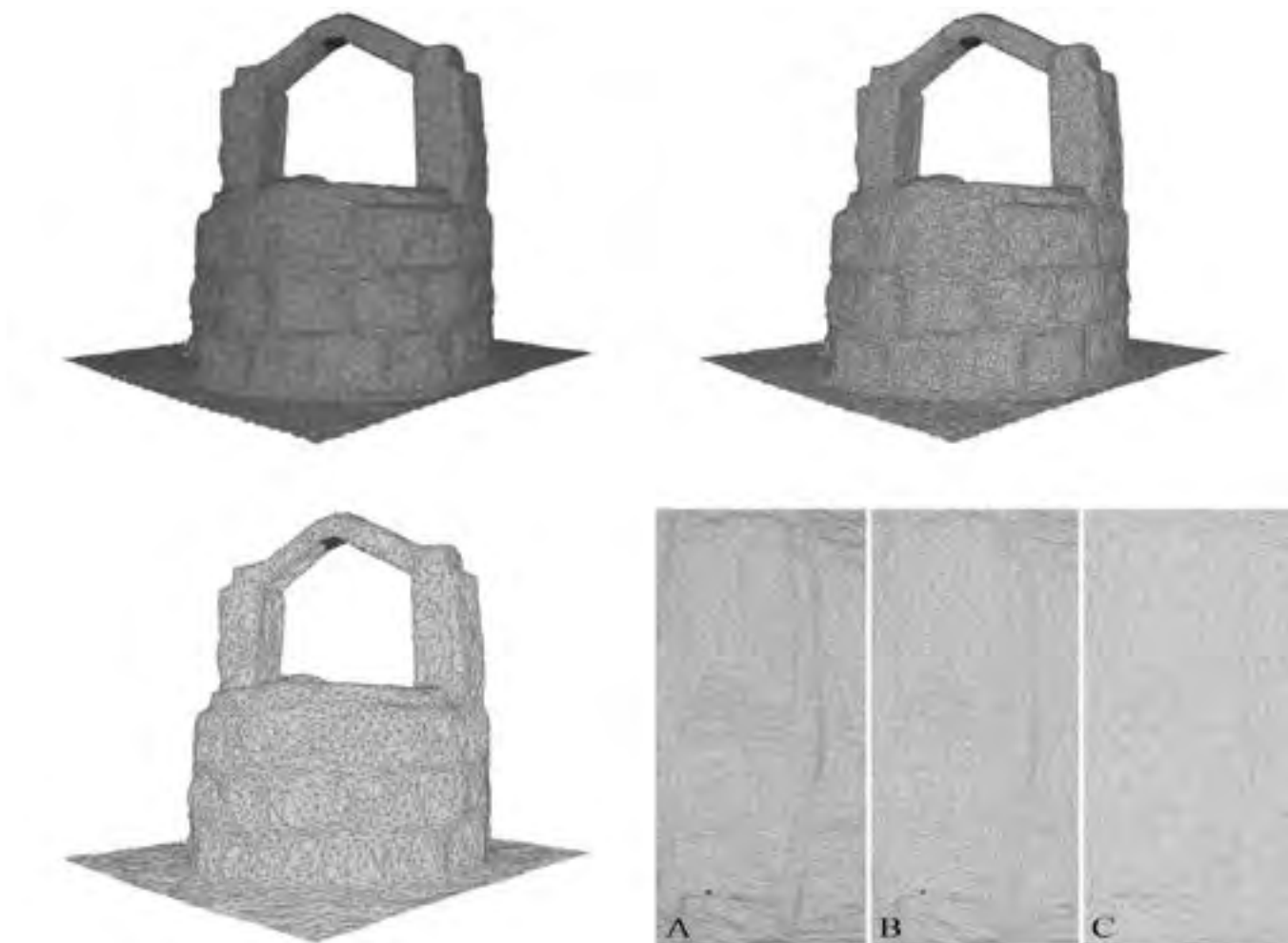


Fig. 20 Esempio di decimazione e di ottimizzazione della *mesh* poligonale che definisce un pozzo. I dettagli riportano una visualizzazione ravvicinata dove è possibile vedere la densità dei poligoni della maglia. a) Mesh iniziale high-poly b) La mesh dopo una prima decimazione del 30% c) La mesh low-poly a seguito di una ulteriore riduzione del 30% .

ottenere una tassellazione uniforme e una *mesh* più smussata dell'originale. Attraverso la scelta di alcuni parametri è possibile definire la lunghezza media dei lati dei poligoni, così da ottenere una maglia di triangoli equilateri. L'utilizzo di questo comando non sempre risulta essere la soluzione migliore poiché l'assegnazione di una certa dimensione ai poligoni implica in molti casi la perdita di informazioni (in caso ad esempio di elementi molto decorati o dalla geometria complessa e dettagliata).

Un'altra operazione possibile è quella di suddivisione dei poligoni, o decimazione, senza determinarne una dimensione specifica dei poligoni. Questa viene operata solitamente per alcune aree specifiche della maglia poligonale e generalmente il numero dei poligoni viene aumentato per avere una maggiore definizione della superficie. È opportuno effettuare questa operazione prima dell'operazione di *remeshing* poiché la decimazione consiste nell'unire due o più poligoni vicini preservando la forma dei bordi, rimanendo così il più possibile aderente alla *mesh* iniziale.

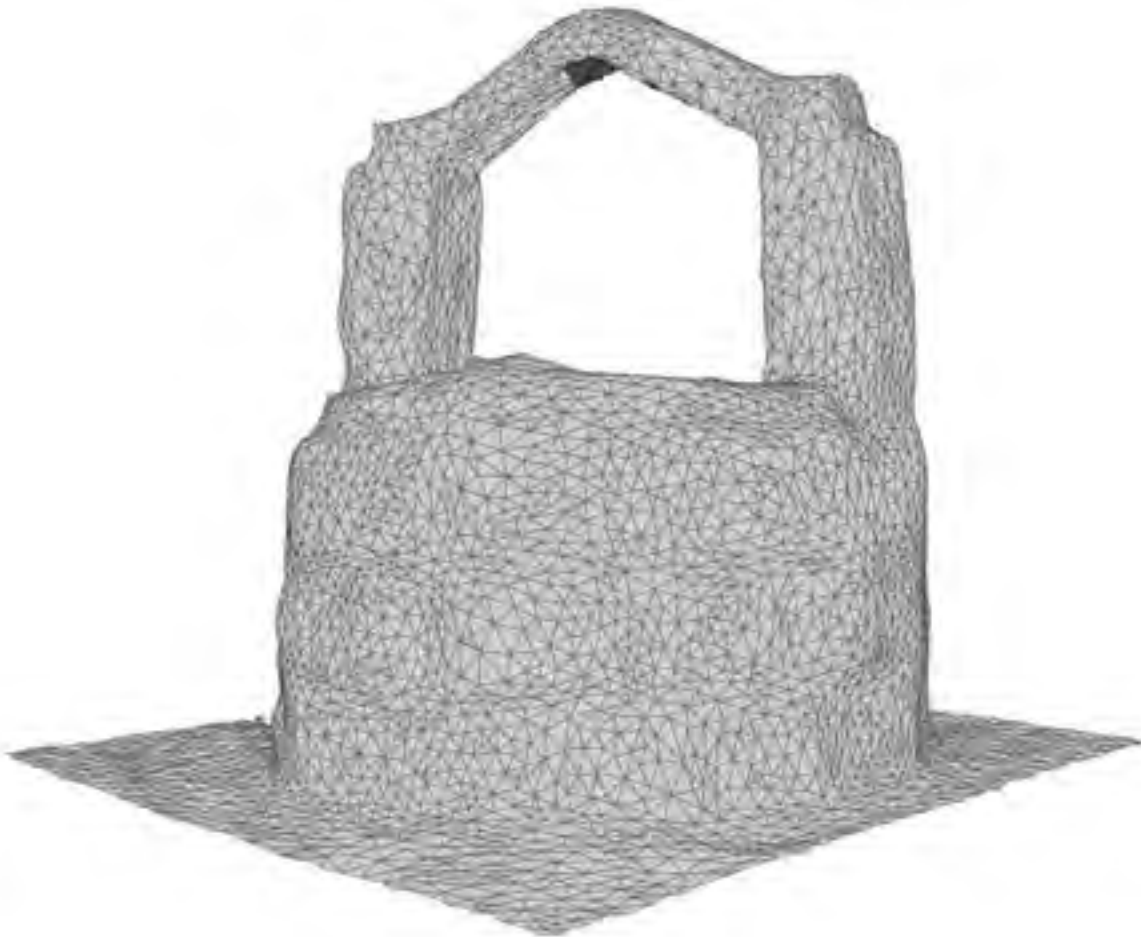


Fig. 21 A seguito di tutte le operazioni di correzione topologica e della riduzione del numero dei poligoni tramite decimazione, è necessario 'ottimizzare' il modello 3D e renderlo il più possibile 'regolare' utilizzando la funzione di 'remeshing' che ricalcola la mesh facendo sì che i poligoni abbiano una dimensione quanto più simile possibile, cercando inoltre di mantenere invariata la posizione dei bordi iniziali.

2.1.5 L'applicazione di texture e la restituzione grafica

Indipendentemente dalla tecnica di modellazione 3D utilizzata per la realizzazione di modelli 3D è possibile assegnare a questi 'attributi materici' attraverso operazioni di *texturing*. L'azione indicata correntemente con il termine di 'mappatura' serve a rendere più fotorealistico l'aspetto del modello 3D. Esistono anche in questo caso diversi tipi di *texture* e possiamo dividerle in *texture ripetibili* e *texture ad hoc* (Guidi et Al., 2010) dove le prime sono immagini che possono essere ripetute accostandole senza che si vedano le giunture, mentre quelle *ad hoc* si estendono per tutta la grandezza dell'oggetto rappresentandone ogni parte in maniera univoca.

La realizzazione e l'utilizzo di una tipologia piuttosto che di un'altra dipende sia dal tipo di modellazione utilizzato sia dall'utilizzo finale che si vuole fare del modello 3D. Una *texture* di tipo *ad hoc* si presta per la caratterizzazione di un modello poligonale, in quanto capace di adattarsi meglio alla superficie ed in grado di descriverne meglio ogni particolarità. Le mesh poligonali che derivano da modellazione per scansione, e di cui saranno mostrati esempi nei paragrafi successivi, necessitano generalmente di *texture* fotorealistiche ed aderenti il più possibile alla realtà. Le mesh derivate dal rilievo digitale inoltre sono spesso *high-poly* e a seguito delle operazioni di decimazione ed ottimizzazione risultano aver perso molti dettagli morfologici. Le *texture* in questo caso devono sopprimere alla mancanza di dettaglio attraverso una buona risoluzione e 'illudendo', attraverso le proprie proprietà di visualizzazione, che il modello 3D abbia una buona definizione geometrica. Questo è di fondamentale importanza nel caso di applicazioni di VR, AR e di videogiochi vista la necessità di gestire e visualizzare in *real-time* oggetti complessi e fotorealistici ma allo stesso tempo leggeri per non appesantire i tempi di calcolo.

Si definiscono in questo paragrafo alcune tipologie di 'mappe' che contribuiscono insieme alle texture alla ottimale restituzione dell'aspetto degli oggetti.

Mappe UV

L'assegnazione di una texture ad un modello 3D avviene tramite un processo di proiezione dell'immagine 2D sull'oggetto 3D attraverso diversi metodi di proiezione. Questo dipende dalla tipologie che i programmi mettono a disposizione e vi possono essere ad esempio la proiezione *planare*, dove l'asse di proiezione è ortogonale alla superficie, la *proiezione cilindrica* che 'avvolge' le superfici preferibilmente coniche o sferiche e la *proiezione cubica* in cui la texture viene applicata secondo l'orientamento prevalente di ciascuna faccia.

La scelta di questi diversi tipi di proiezione dipende dalla forma della superficie da mappare e varia in



Fig. 22 Sviluppo (unwrapping) delle superfici di un cubo. In questo modo è possibile stabilire una corrispondenza biunivoca tra i punti del cubo e i punti della mappa UV generata a seguito di questa operazione.

base alla complessità delle superfici in esame. In particolare per quanto riguarda il rilievo digitale si ha a che fare con maglie poligonali articolate per cui è necessario procedere con la creazione di mappe specifiche.

Per questo scopo i programmi per la mappatura dei modelli 3D permettono di ‘sviluppare’ (*unwrapping*) le superfici su un piano cartesiano UV, definito dagli assi U (ascisse) e V (ordinate). In questo modo è possibile ottenere, attraverso operazioni di proiezione, una texture bidimensionale dove ad ogni punto della mesh corrisponde una coordinata della mappa UV. Non sempre è possibile sviluppare una superficie in maniera corretta, in particolare per modelli 3D complessi e organici, ed è facile incorrere in errori problemi quali la sovrapposizione di poligoni sulla mappa

UV oppure ‘stiramenti’ di alcuni poligoni. Si rende necessario quindi selezionare alcune aree poligonali e intervenire con un nuovo ‘sviluppo’. Altri problemi possono verificarsi in corrispondenza dei punti di contatto tra i vari poligoni che sono stati separati, ovvero le cuciture della maglia. In questo caso è possibile intervenire con operazioni di *painting* messi a disposizione dei vari software; questo problema sarà facilmente controllabile e correggibile dipingendo direttamente sopra alla texture applicata al modello 3D. Nel caso di metodologie di rilievo e acquisizione SfM il *software* di elaborazione produce una *texture ad hoc* in maniera automatica, assecondando perfettamente la forma e la geometria dei modelli costruiti; si tratta anche in questo caso di una mappa UV esportabile insieme al modello 3D.

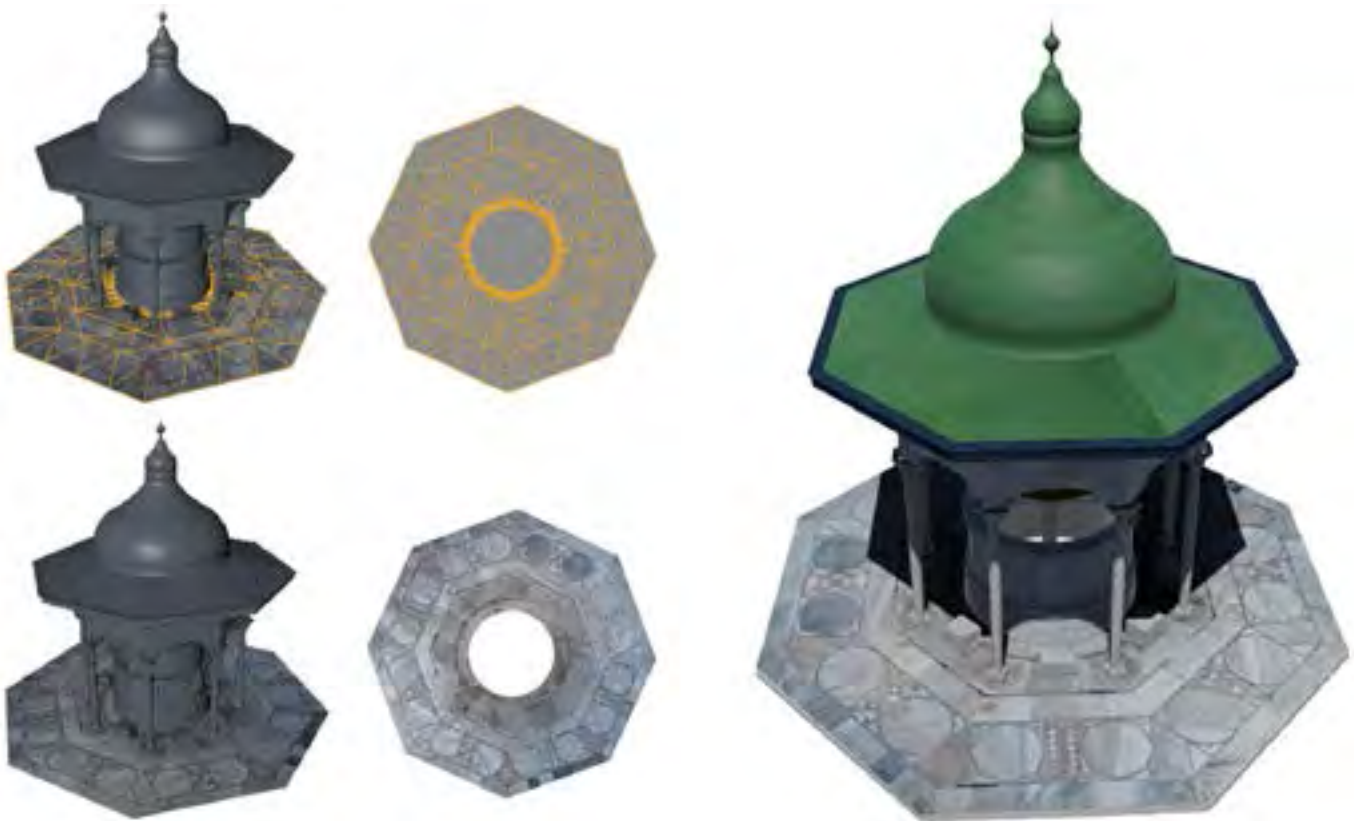


Fig. 23 Generazione di una mappa UV di un elemento di una fontana. All'interno del software Cinema 4D è possibile scegliere la modalità di 'proiezione' delle superfici così da ottenere una mappa conforme alle proprie necessità. In questo caso si tratta di una proiezione planare che genera un reticolo corrispondente ai profili dei poligoni della superficie, esportati ed importati su Adobe Photoshop per poterne definire la texture e successivamente riassegnarla al modello 3D.

Bump Map/Normal Map

Uno degli aspetti più importanti per la restituzione grafica di un materiale è l'effetto rilievo delle superfici. Questo perché altrimenti gli oggetti apparirebbero 'piatti' e non permetterebbero alla fonte luminosa di generare le ombre in maniera corretta. Una *bump map* rappresenta una soluzione a questo problema e si tratta di una mappa, solitamente in bianco e nero, che basandosi sui valori di luminanza¹⁵ fa apparire solchi, sporgenze, cavità etc. Le aree che nella *bump map* appaiono come nere corrisponderanno alle zone di maggiore 'depressione', quelle bianche di maggior sporgenza. Un esempio di *bump map* è quello della *normal map* che sfrutta il vettore normale dei poligoni per generare l'effetto 'rilievo'.

Questa tipologia di mappa è ampiamente utilizzata poiché risulta essere precisa e realistica per la simulazione dei più minimi dettagli. In particolar modo nei videogiochi si fa uso di mappe normali per simulare effetti realistici con il minor dispendio di calcolo possibile.

Attraverso una particolare tecnica chiamata *baking*¹⁶, è possibile estrapolare una mappa di normali da un modello 3D costituito da un alto numero di poligoni così che questa risulti essere molto dettagliata. Successivamente, a seguito di una opportuna decimazione e ottimizzazione della *mesh*, è possibile applicare nuovamente la *normal map* al modello; in questo modo sarà simulato un alto dettaglio nonostante la *mesh* sia *low-poly* e quindi facilmente gestibile.

Altre tipologie di mappe

Esistono infine altre tipologie di mappe che contribuiscono alla riuscita dell'effetto fotorealistico e che intervengono su alcuni parametri detti *canali* che determinano l'aspetto della *texture* in fase di renderizzazione. Queste devono essere coerenti con le mappe del colore e del materiale (*diffuse*), ovvero ci deve essere una corrispondenza tra le rispettive mappe UV. Si fa riferimento ad esempio alla *mappa di opacità* (o *canale alpha*), una mappa in bianco e nero che restituisce come trasparente ciò che appare nero. La scala di grigio determina il livello di opacità che sarà nulla

nel caso di mappa bianca.

Altre mappe come quella di *specularità* simulano la lucidità di un materiale e anche queste sono in bianco e nero. Allo stesso modo agiscono le mappe di *trasparenza* e *riflessione* che interagiscono con il materiale facendolo apparire più o meno trasparente.

Tutti questi elementi contribuiscono alla riuscita finale del *rendering*, qualunque sia il suo scopo finale. È necessario però tener conto di altri aspetti oltre che alle *texture* per ottenere un buon risultato. Esistono moltissimi programmi che si occupano della visualizzazione e della restituzione grafica dei modelli 3D,

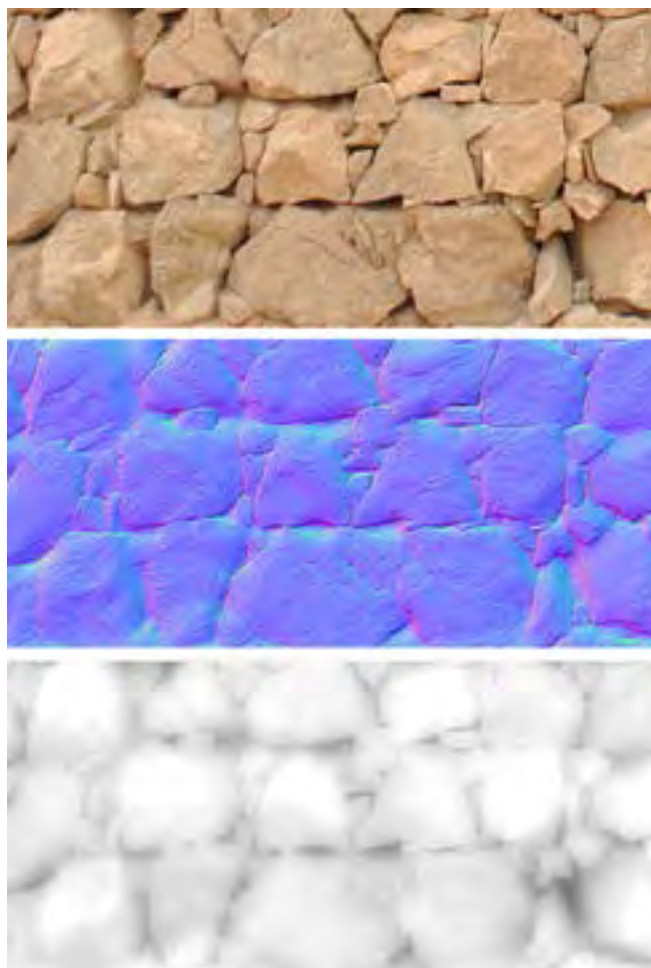


Fig. 24 Esempi di diverse tipologie di mappa. A partire dall'alto: una mappa di colore del tipo 'diffuse', una mappa di rilievo 'normal map' che sfrutta appunto la direzione dei vettori normali ed una 'bump map'.

sia per la creazione di immagini statiche sia per animazioni e videogiochi. In ognuno di questi casi è necessario costruire una ambientazione dove inserire il modello 3D, impostando l'illuminazione della scena, i parametri che regolano le ombre, le *camere* da cui osservare la scena etc.

Una scena virtuale è il risultato dell'interazione degli oggetti, della luce e del punto di vista ed è importante che tutti contribuiscano alla riuscita della visualizzazione (Empler, 2006).

I motori di *rendering* dei vari *software* sono spesso dotati di impostazioni predefinite, a partire dalle ca-

ratteristiche delle fonti luminose e i parametri delle *camere*, ma è possibile modificarle in base alle capacità dell'utente di 'restituire' la scena. Spesso si ricerca la restituzione fotorealistica per una simulazione visiva efficace, ma in alcuni casi può rendersi necessario un tipo di visualizzazione diversa. Ad esempio per la visualizzazione di un progetto tecnico realizzato tramite modellazione 3D si rivela più efficace una visualizzazione *wireframe* o *hidden*.

Anche in questo caso è importante sapere quale obiettivo si vuole perseguire e di quale tipo di visualizzazione del modello 3D si ha bisogno.



Fig. 25 Esempio di applicazione di diverse tipologie di mappe. In alto a sinistra il modello 3D senza alcun trattamento superficiale, privo cioè di mappe. A fianco lo stesso modello con l'applicazione di un colore grigio al canale di 'diffuse', sotto l'applicazione della texture ricavata tramite rilievo SfM e infine l'applicazione della 'normal map' realizzata attraverso il processo di 'baking' di un modello high-poly all'interno del software Luxology Modo.



2.2 Esperienze di modellazione 3D e di rappresentazione per i diversi tipi di visualizzazione

Nei paragrafi successivi si riportano diversi esempi applicativi dove, facendo riferimento ciascuno ad un diverso progetto di Ricerca, è stato necessario realizzare modelli 3D per svariati scopi.

Il ‘racconto’ di queste esperienze evidenzia i procedimenti impiegati in ciascun caso, approfondendo alcuni aspetti piuttosto che altri, come ad esempio l’applicazione di *texture* ai modelli 3D oppure aspetti tecnici e pratici di modellazione all’interno dei *software* impiegati, con l’intento di mostrare le tipologie di modellazione fino ad ora descritte applicate in diversi contesti e per finalità specifiche.

Le esperienze riportate sono state fatte dalla scrivente durante il percorso di laurea e successivamente durante i tre anni di Scuola di Dottorato e le immagini che ‘accompagnano’ il testo mostrano i risultati parziali di ciascun progetto di Ricerca e rappresentano il contributo personale che ha riguardato, oltre alla partecipazione alle campagne di rilievo, la restituzione di elaborati 2D ed in particolare dei modelli 3D e il loro utilizzo per la realizzazione di contenuti multimediali, video, stampa 3D e sistemi interattivi di fruizione. In queste occasioni sono state apprese nozioni e tecniche di modellazione e rappresentazione che costituiscono oggi un consolidato metodo di lavoro adottato in questa sede per la realizzazione dell’esperienza ‘finale’.

Si riporta infine anche l’esperienza fatta a Valencia, in Spagna, presso la Universitat Politecnica di Valencia dove la scrivente ha trascorso il periodo di tempo necessario per il conseguimento del Titolo di Doctor Europaeus, lavorando alla realizzazione di uno strumento di divulgazione dei risultati del Progetto TO-VIVA.

2.2.1 Il modello 3D per la promozione del progetto: un quartiere di Gerusalemme Est

Il progetto di ricerca iniziato nel gennaio 2016 e denominato PURE¹⁷ (Productivity and Urban Renewal Programme in East Jerusalem) è stato promosso dall’UNDP e ha previsto un’indagine globale di un’area di Gerusalemme, volto allo studio di una ipotesi di riqualificazione di un intero settore urbano. La città di Gerusalemme si trova divisa in due parti: a ovest la parte dello Stato di Israele, a est i territori palestinesi, mentre il centro storico, all’interno delle mura antiche, rappresenta un *unicum* in cui convivono i diversi popoli e le diverse religioni. La zona interessata dal progetto di trova a ridosso delle mura della città vecchia, in prossimità della Porta di Erode, a nord. Si tratta di due arterie del traffico del settore orientale della città, Sultan Suleiman Street che corre lungo le mura dalla Porta di Damasco verso Est, e Salah Eddin Street ortogonale alle mura. L’area che queste due strade circoscrivono è occupata da edifici con attività commerciali, una importante stazione degli autobus e il cimitero di Bab Azhar, uno dei più antichi cimiteri della città, che occupa una intera collina e che è indicata dalla confessione protestante come il Golgota. L’area si presenta in uno stato di degrado sia per quanto riguarda le strutture degli edifici, sia per quanto riguarda il suo ‘aspetto’. Il progetto PURE ha visto una rifunzionalizzazione dell’area, attraverso il recupero degli edifici esistenti e la realizzazione di alcuni interventi puntuali a sostituzione degli edifici da demolire.

Il progetto ha previsto il rilievo digitale di tutta l’area attraverso diverse strumentazioni, e la restituzione di elaborati tradizionali 2D per lo studio dello stato attuale. Inoltre sono state fatte approfondite analisi diagnostiche e un sistema censuario per la catalogazione delle unità edilizie. Si è proceduto anche alla realizzazione di un modello 3D che si è rivelato utile per vari scopi: oltre che servire come *maquette* di studio per la riprogettazione dell’area, è stato utilizzato per realizzare un database interattivo (3D G.I.S.) a cui collegare le schede censuarie degli edifici. Infine il modello 3D è stato utilizzato per la realizzazione di un video utile alla presentazione del progetto e alla

Fig. 26 Vedute dell’area di indagine del progetto PURE. In alto il cimitero Bab Azhar e sullo sfondo la città vecchia di Gerusalemme e le mura della città. Sotto una fotografia scattata dalla Porta di Erode verso Sultan Suleiman Street. Si vedono sulla destra gli edifici oggetti della ricerca e sullo sfondo il Minareto della moschea adiacente alla stazione degli autobus, anch’essa oggetto di indagine.

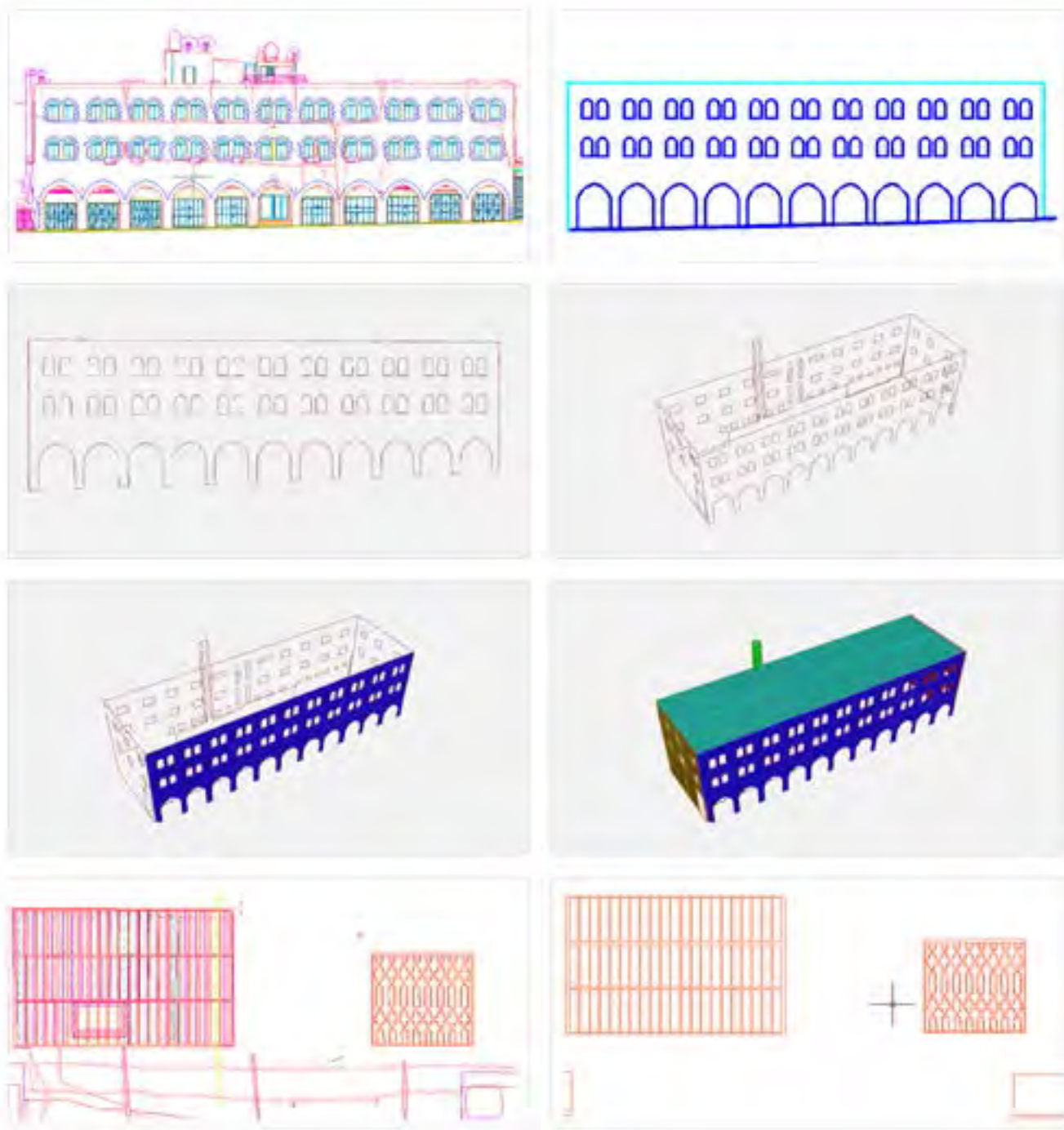


Fig. 27 I prospetti degli edifici sono stati 'disegnati' in ambiente CAD sulla base della nuvola di punti ottenuta dal rilievo Laser Scanner e dal rilievo fotogrammetrico. Si è reso necessario ri-disegnare i profili per 'regolazzarne' il disegno e per poter procedere alla modellazione NURBS. Lo stesso procedimento è stato adottato anche per tutti gli elementi di dettaglio.

sua promozione presso le strutture competenti e presso la cittadinanza, e nel seguente paragrafo si illustrano i passaggi chiave per la sua realizzazione.

La realizzazione del modello 3D e del video

L'area di studio presenta complessità notevoli dovute alla presenza di molti edifici di diverse altezze addossati alla collina del cimitero di Bab Azhar. Un'ulteriore difficoltà per la realizzazione del modello 3D è rappresentata dalla pendenza delle strade che scendono verso la Porta di Erode e che presentano delle curve. Dopo aver acquisito i dati tramite rilievo digitale

e aver disposto la nuvola di punti per le successive elaborazioni, si è proceduto tramite l'esportazione e il disegno di planimetrie e sezioni ambientali per l'individuazione di tutte le quote degli edifici, le altezze e le differenze di piano. Visto l'obiettivo finale del modello 3D, ovvero quello di dover fornire supporto alla progettazione e alla promozione del progetto, è stato realizzato un modello tramite modellazione NURBS. I disegni 2D utilizzati come base per la modellazione sono stati ricavati dal ripasso delle nuvole di punti, scegliendo di rappresentare le volumetrie nella loro essenzialità e di garantire una lettura semplificata delle gerarchie degli elementi urbani, tralasciando i

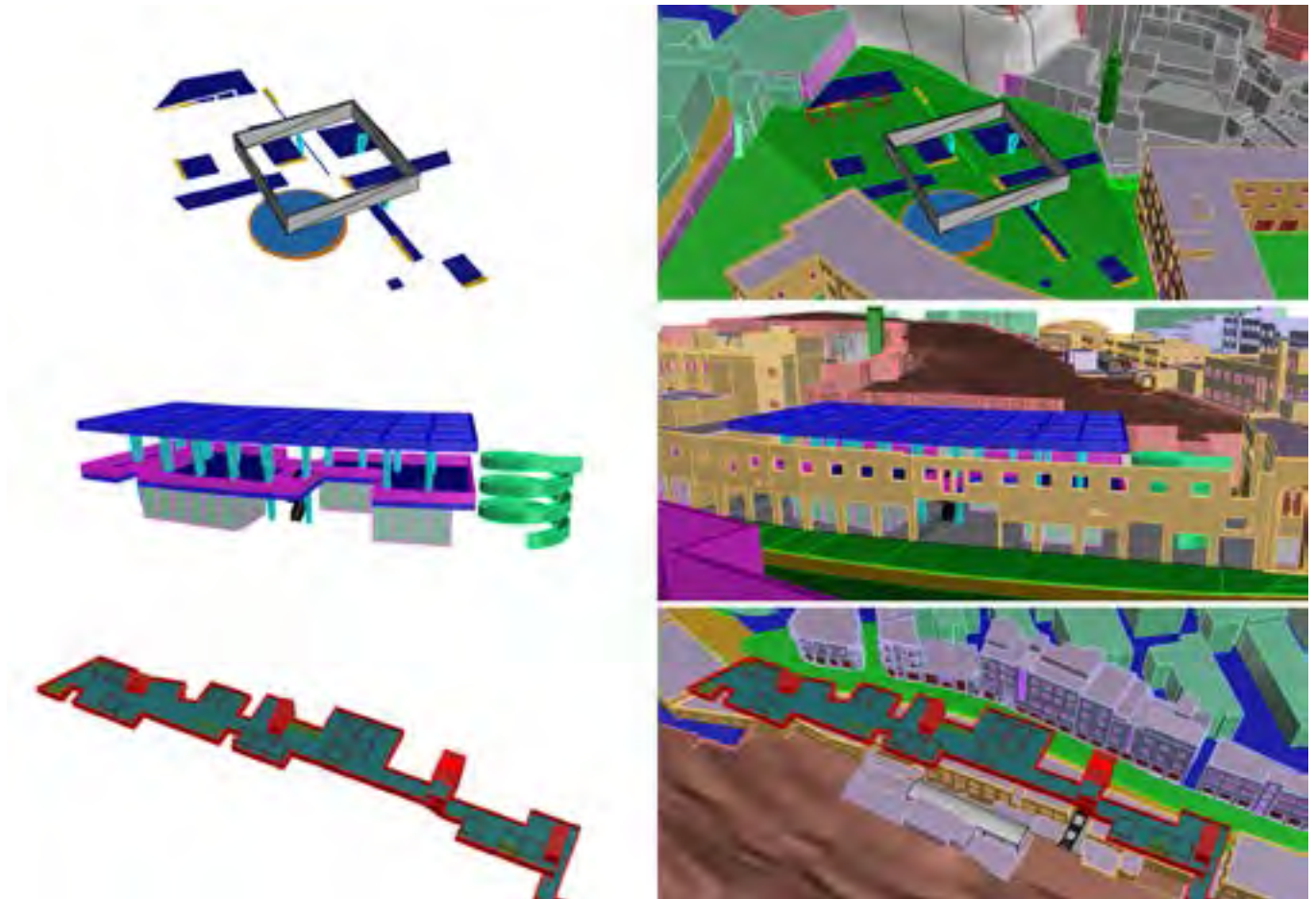
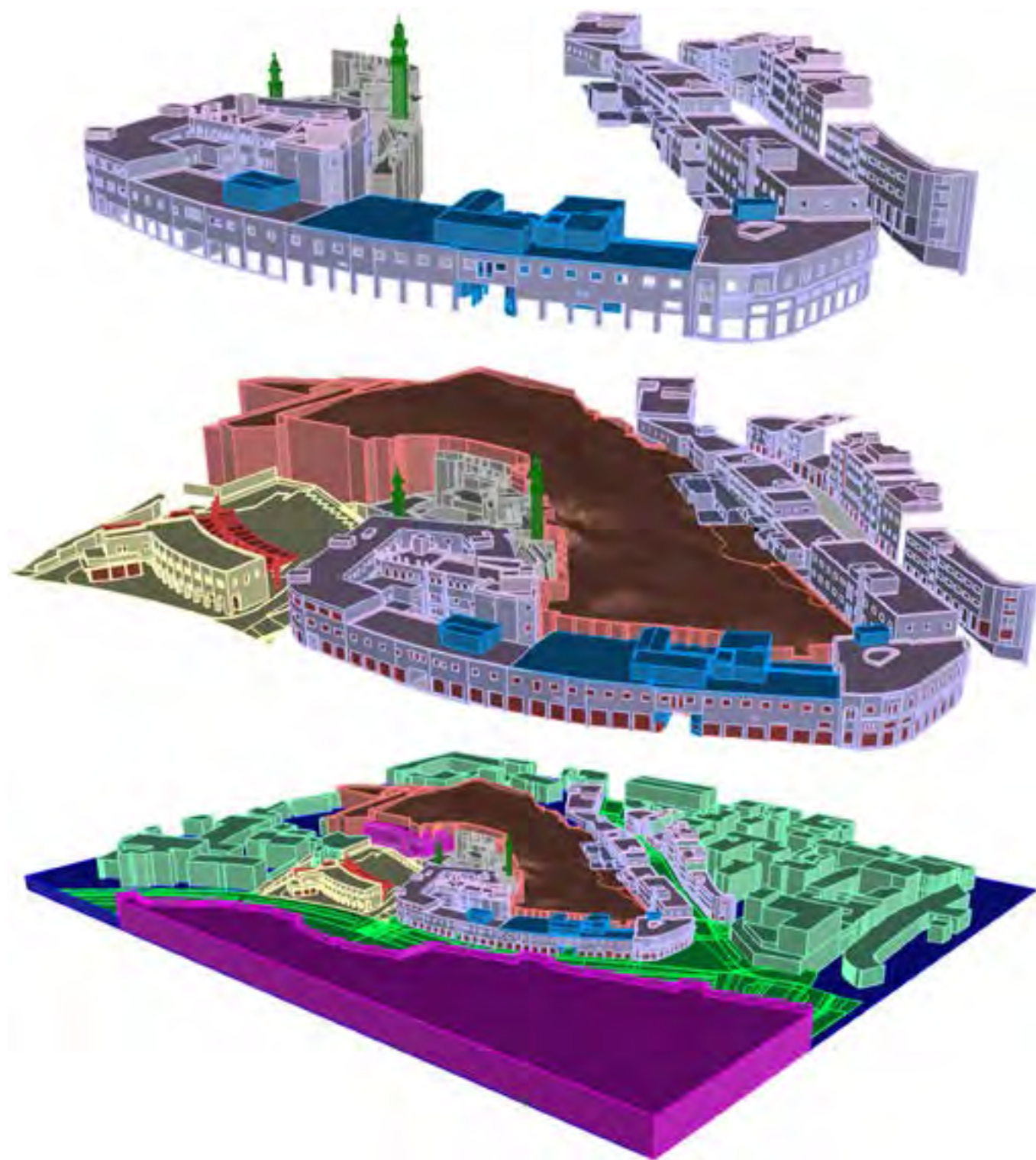
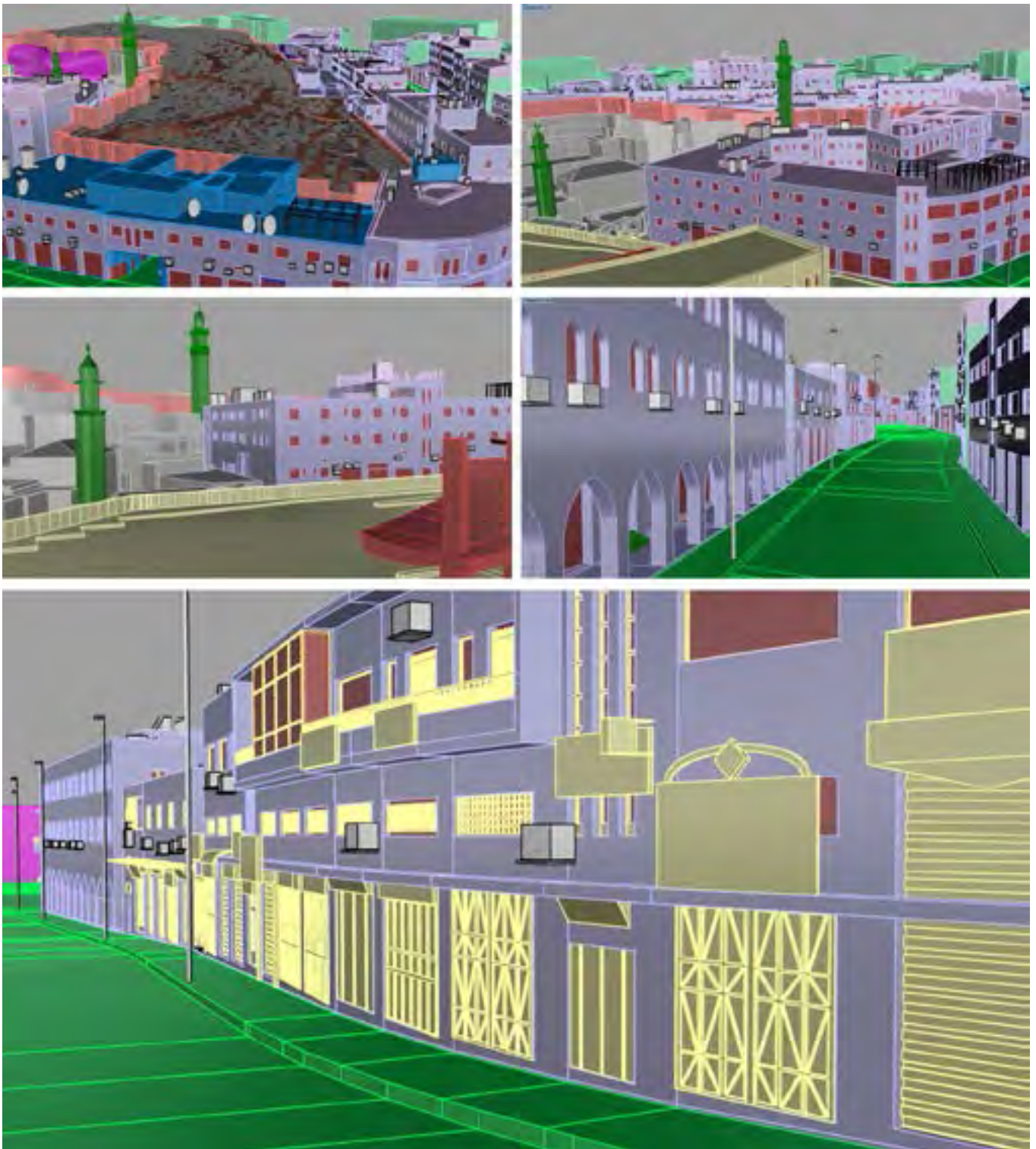


Fig. 28 I modelli 3D di progetto dei tre elementi principali dell'intervento di riqualificazione della area, una piazza-giardino, un mercato coperto e il camminamento sospeso, sono stati 'inseriti' nel modello 3D 'base' avendo cura di suddividere tutti gli elementi in layer.

Fig. 29 e Fig. 30 (pagine successive) Alcune fasi di costruzioni del modello 3D e vedute di dettaglio.







dettagli parietali specifici in funzione di un'identificazione immediata di *layer* architettonici e tecnologici. Il disegno è stato 'semplificato' e 'regolarizzato' così da modellare figure geometriche 'semplici' e volumetrie prive di lacune. Il rischio nella modellazione di un'area così vasta è infatti quello di 'perdere il controllo' delle quote e dei cambi di piano e di creare superfici con bordi non contigui.

L'intervento di riqualificazione è suddiviso in tre diversi progetti separati ma che si configurano come un attento e calibrato lavoro di ricucitura architettonica, urbana e sociali (Pivetta et Al., 2017). Si tratta in particolare della pedonalizzazione parziale delle due strade di accesso al quartiere arabo e di interventi puntuali quali la costruzione di un nuovo edificio per il mercato, in sostituzione di un edificio esistente dagli evidenti problemi strutturali, un camminamento sospeso sopra le coperture di alcuni edifici di Salah ed-Din Street che attraverso 'mezzanini tecnici' na-

sconda gli impianti tecnologici degli edifici, e infine una grande piazza al di sotto del cimitero per ridisegnare lo spazio occupato attualmente da una stazione degli autobus.

In funzione del progetto, il modello 3D realizzato è costituito da una parte che possiamo definire 'fissa' e rappresenta tutte le aree non soggette a riqualificazione. Vi sono poi alcuni edifici e porzioni di strade oggetto della progettazione che costituiscono elementi completamente separati del modello 3D. Non presentano cioè superfici comuni con edifici adiacenti o altri elementi 'condivisi', così che possano essere 'sostituiti' con i modelli 3D dello stato di progetto.

Nel caso di un modello 3D con tale complessità e vista la molteplicità di oggetti presenti sulla scena, diviene di fondamentale importanza l'utilizzo dei *layer* e 'blocchi' così da avere il pieno controllo di ciò che si vuole visualizzare o meno. Il modello 3D è stato realizzato con il programma Rhinoceros ed è stato

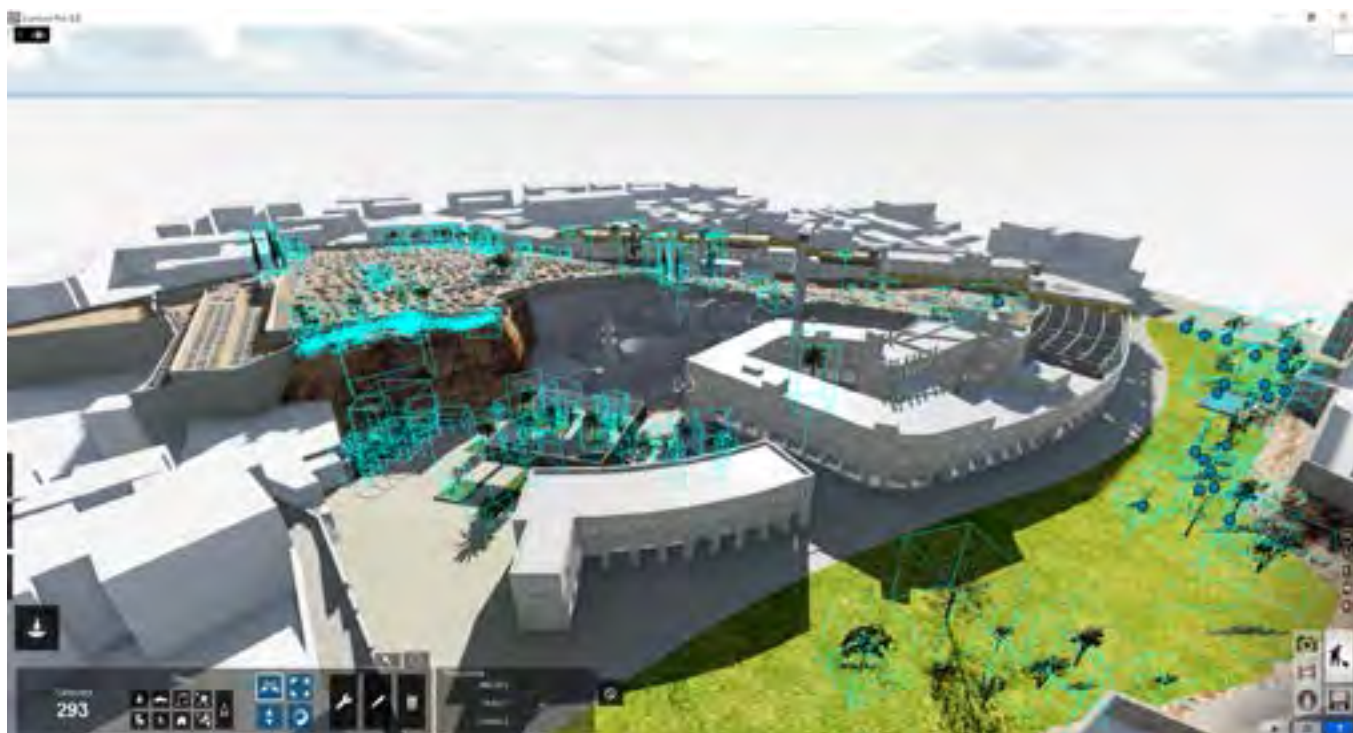


Fig. 31 (pagina a fianco) Modello 3D completo dell'area di studio. In alto il modello dello stato attuale, sotto il modello dello stato di progetto. In questa fase di progettazione non sono state utilizzate texture. (I modelli 3D degli elementi progettuali si devono a Gabriele Martella e Simone Orlandi)

Fig. 32 (sopra) Inserimento del modello in ambiente Lumion per l'assegnazione di texture e posizionamento della vegetazione per la realizzazione dei video.

successivamente esportato in diversi formati per la restituzione finale.

Lo storyboard del video/animazione ha previsto due parti principali: la prima realizzata tramite un modello 3D privo di texture mostra le criticità dell'area e illustra gli interventi di riqualificazione e di progettazione che sono previsti dal progetto. Il video prevede la rotazione del punto di vista in senso antiorario e la descrizione del progetto attraverso alcuni fermo-

immagine con didascalie esplicative.

Il vantaggio di avere un modello 3D privo di *texture* e costituito da *layer* è quello di garantire una facile lettura degli elementi e degli interventi e di poter 'nascondere' gli oggetti e gli edifici sostituiti in fase progettuale.

Questa parte è stata realizzata all'interno del programma Lumion, vista la necessità di dover inserire nel modello 3D la vegetazione e una parte di modello

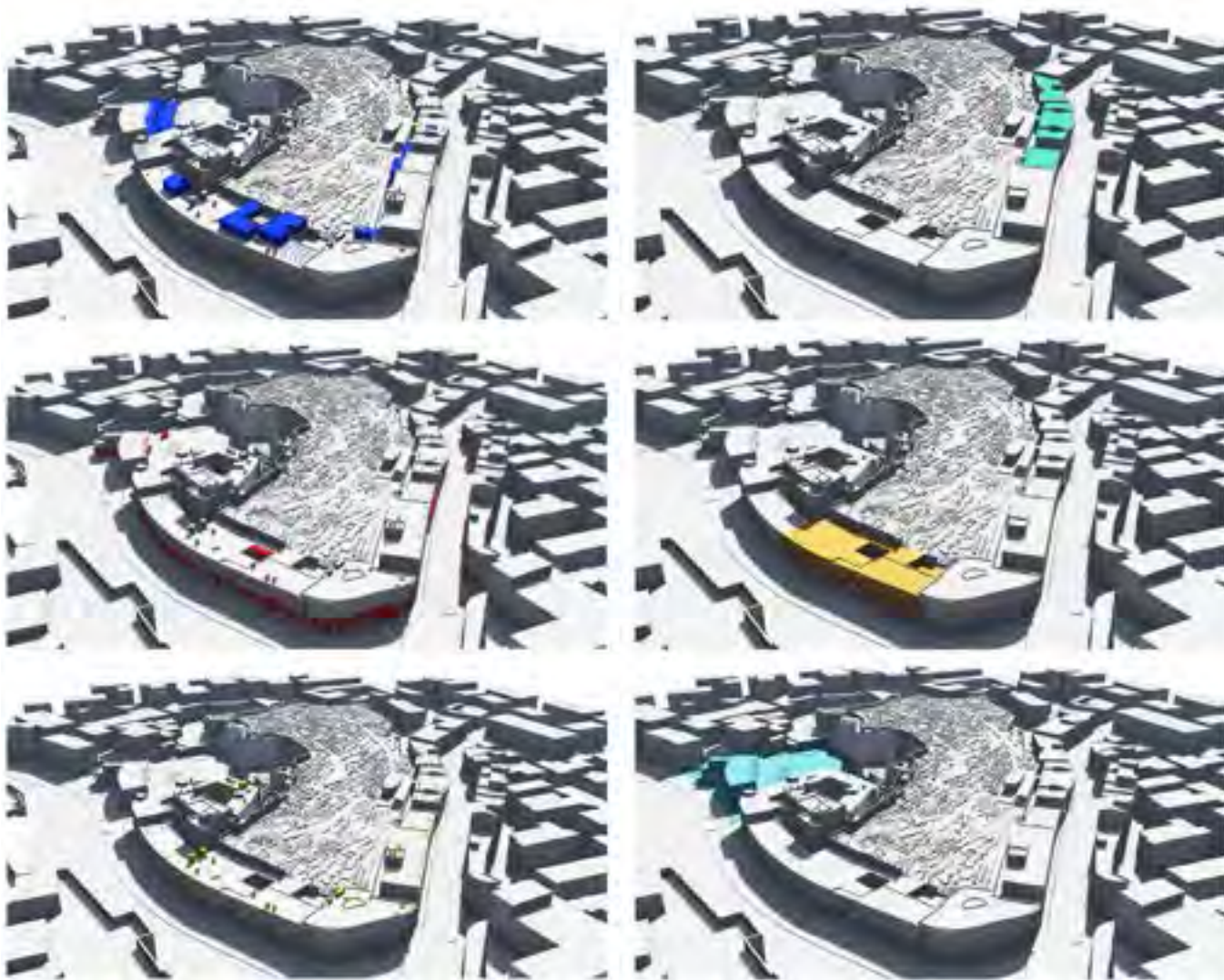


Fig. 33 I modelli 3D a sinistra evidenziano gli elementi soggetti a demolizione (blu), riqualificazione (rosso) e sostituzione o rimozione (giallo). Nella colonna di destra le immagini rappresentano il modello 3D privo di tutti gli elementi precedentemente elencati ed evidenziano le tre aree progettuali previste dall'intervento di riqualificazione e rifunionalizzazione dell'area.

di natura ‘organica’. Si tratta infatti della parte rocciosa al di sotto del cimitero e adiacente alla nuova piazza. Il vantaggio nell’utilizzo di Lumion è inoltre la facilità nell’impostazione dei punti di vista e delle *camere* del video, ma anche i tempi rapidissimi di renderizzazione. Alcuni fermo-immagine mostrano l’aspetto finale dell’area di progetto e questo è stato possibile grazie all’assegnazione di materiali disponibili nella libreria di Lumion: non si è resa necessaria in questa fase la realizzazione di *texture* specifiche per gli edifici poiché il punto di vista è ‘lontano’ ed è trascurabile la definizione dei materiali per la restituzione a questa ‘scala’.

La seconda parte del video ha previsto invece la vera e propria restituzione dell’immagine del progetto. Si tratta infatti di *rendering video* di alcuni tratti di strada che mostrano il nuovo aspetto degli edifici a seguito della rifunzionalizzazione, e alcuni *rendering statici* mostrano alcune ‘vedute’ dei diversi progetti. Per questo scopo sono state realizzate *texture* apposite sia per gli edifici che per le pavimentazioni così da restituire un’immagine più realistica possibile, in particolare della pietra di Gerusalemme.

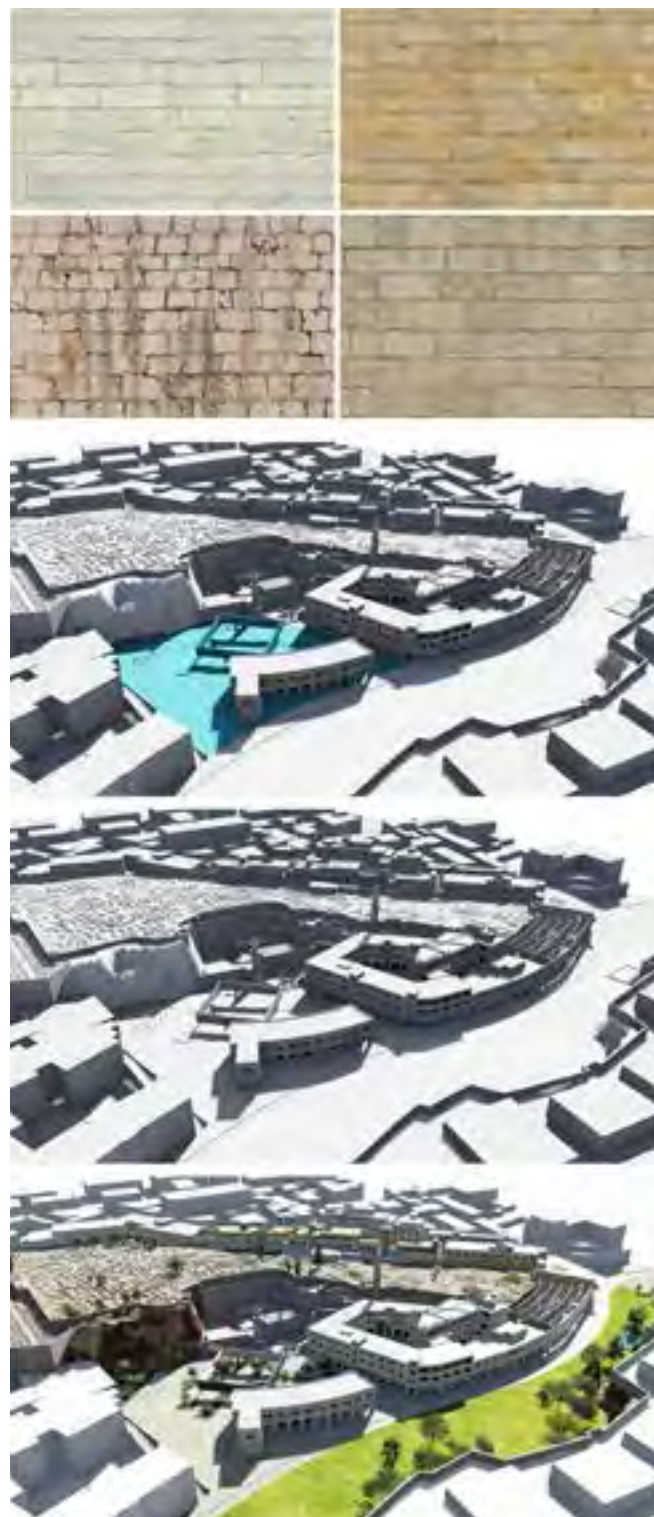
Il video in questo caso è stato realizzato con Cinema 4D impostando i percorsi delle *camere* e avendo cura di mappare con *texture* e materiali soltanto le porzioni di modello ad esse visibili. Allo stesso modo sono stati eliminati dal modello tutti i *layer* superflui e non visibili che avrebbero appesantito il modello 3D per la fase di calcolo.

Infine si è proceduto al montaggio del video all’interno del programma Adobe Premiere che ha permesso inoltre di aggiungere le opportune didascalie e una musica di sottofondo per rendere più efficace e piacevole la comunicazione dell’intero progetto.

Fig. 34 (In alto) Esempi di texture applicate agli edifici e alle pavimentazioni esistenti. In questa fase di realizzazione del video, in cui la visualizzazione avviene ‘da lontano’ è stato possibile utilizzare texture semplici ricavate da elementi tipologici dell’area così da rendere più omogeneo l’aspetto degli edifici.

Fig. 35 (A fianco) Si riportano le tra fasi principali dei fermo-immagine presenti nel video che racconta gli interventi progettuali. In particolare per quanto riguarda l’area del parcheggio degli autobus, si evidenzia la nuova piazza-giardino che vi sorgerà e la successiva applicazione di texture.

Fig. 36 e Fig. 37 (Pagine successive) Rendering statici di progetto alcune immagini dei piani-sequenza estratti dal video realizzato in Cinema4D. (La post-produzione degli elaborati si deve a Davide Lucia, Giacomo Razolini, Giampiero Germino e Stefano Lacala).







2.2.2 Il modello 3D come contenitore e contenuto: il caso di Nabi Musa in Israele

Il progetto di ricerca¹⁸ a cui si fa riferimento è stato sviluppato a partire da luglio 2015 da parte del laboratorio LS3D (Landscape Survey & Design) e riguarda la documentazione del complesso di Maqam al-Nabi Musa situato nei territori palestinesi nei pressi di Gerico nel deserto di el-Bariyah. Il progetto è promosso dall'UNDP ed è finalizzato ad un intervento di recupero e valorizzazione del complesso stesso. La conformazione attuale di Nabi Musa è quella di un caravanserraglio pluristratificato, oggetto della continua evoluzione e sovrapposizione di fasi costruttive accorse durante il corso dei secoli. È costituito da un cortile centrale con al centro una moschea che ospita

quella che il credo islamico ritiene essere la tomba di Mosè. Il complesso è stato costruito intorno al primo nucleo centrale costituito dal *maqam* e ha raggiunto la conformazione odierna nei secoli XIIX e il XIX quando è stato ampliato tramite una serie di ambienti esterni e il piano superiore. Infine esternamente vi è una grande area cimiteriale che circonda il complesso. Il progetto di documentazione è stato eseguito con le consolidate metodologie di rilievo digitale che hanno fornito un vasto database da cui estrarre diversi tipi di elaborato. La committenza ha richiesto, oltre alla redazione di elaborati grafici 2D di planimetrie e sezione e di un'accurata analisi diagnostica dei degradi, anche la progettazione delle nuove funzioni degli spazi che risultano oggi in stato di degrado. Il complesso infatti è aperto alla visita del pubblico e



ospita annualmente un ‘festival’ chiamato *mosam*¹⁹ che vede la partecipazione di fedeli e pellegrini a processioni e cerimonie.

A seguito dell’approvazione di un *masterplan* e di un *concept* generale, sono stati progettati tre diversi percorsi turistici che corrispondono a tre diversi spazi espositivi: il primo occupa la zona a sinistra dell’ingresso ed ospita il museo della storia del complesso di Nabi Musa, il secondo che inizia a destra dell’ingresso percorre gran parte del perimetro esterno ed è un percorso didattico per la conoscenza antropologica e naturalistica, ed infine, collocato al primo piano nella parte che affaccia sul cortile, un centro culturale di studio e meditazione. In questa sede si riportano i procedimenti utilizzati per la realizzazione dei contenuti multimediali del Museo della Storia, ovvero al-

cuni video che raccontano l’evoluzione architettonica del sito e un modello virtuale navigabile tramite un avatar e interattivo. Infine, oltre alla realizzazione dei supporti tradizionali come *poster* e didascalie, è stato realizzato un modello 3D stampato tramite stampa 3D come prototipo e realizzato poi in legno. Il modello 3D, oltre che ad essere utilizzato come contenuto del museo, viene utilizzato quindi anche come ‘contenitore’ virtuale dove l’utente può liberamente muoversi per scoprire il complesso riprodotto virtualmente.

Fig. 38 Veduta del complesso di Nabi Musa. La foto scattata dal Minareto guarda verso sud ed in primo piano è possibile osservare le cupole della Moschea dove quella di dimensione maggiore corrisponde all’ambiente dove si trova la cosiddetta Tomba di Mosè. Sullo sfondo il paesaggio desertico della zona depressa del Mar Morto nei pressi di Gerico.



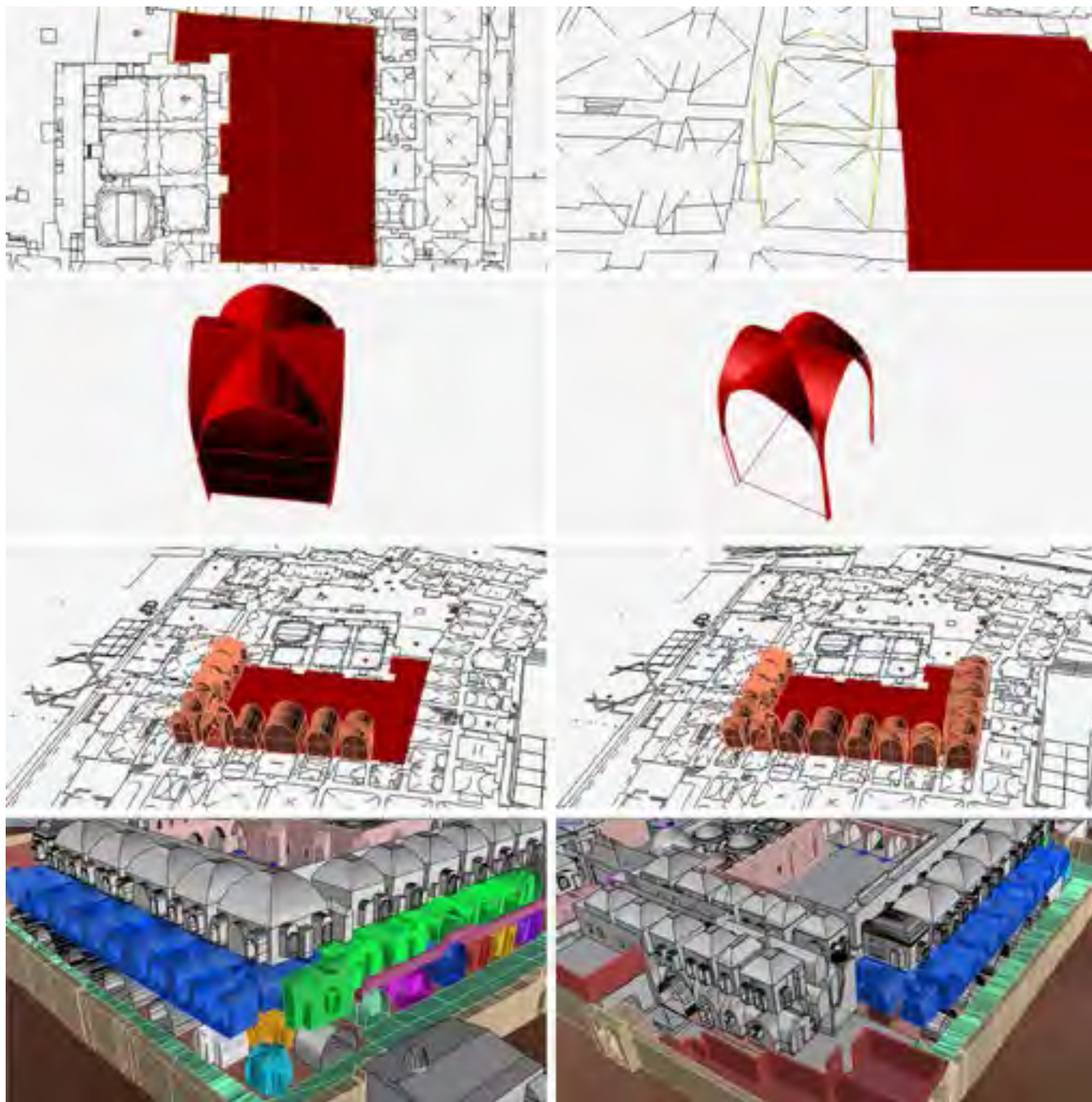


Fig. 39 La complessità delle geometrie e l'articolazione degli spazi e degli ambienti stratificatisi nel corso delle diverse fasi evolutive del sito hanno reso necessaria la realizzazione di un modello 3D tramite modellazione NURBS, attraverso la semplificazione dei disegni bidimensionali estratti dalla nuvola di punti del Laser Scanner. Nelle immagini in basso è possibile vedere i tre livelli su cui si articola il caravanserraglio e la differente tipologia di volte e di coperture degli ambienti.

Il modello 3D ‘multiuso’: la stampa 3D

Il modello 3D è stato realizzato a partire dagli elaborati bidimensionali ricavati dalla nuvola di punti. Anche in questo caso, come per il modello 3D del quartiere di Gerusalemme, si è proceduto alla modellazione NURBS all'interno di Rhinoceros. La scelta è ricaduta su questa metodologia per la necessità di ottenere un modello 3D utilizzabile per vari scopi. Inoltre vista la complessità del sito e la sua articolazione architettonica, un modello poligonale ricavato dal *meshing* della nuvola di punti sarebbe risultato un modello costituito da un numero elevato di poligoni ed inoltre di difficile mappatura.

Come detto, uno degli *output* del lavoro è stato una *maquette* fisica. Il prototipo realizzato ha subito un procedimento di preparazione all'interno di Rhinoceros così da avere le caratteristiche corrette richieste per la prototipazione.

I file utilizzati per la stampa sono in formato .stl²² ed è quindi necessario esportare i modelli con questa estensione. Durante il salvataggio le superfici poligonali vengono convertite in maglie triangolari che approssimano le superfici NURBS. In base alla impostazioni di ‘triangolazione’ e in base alla dimensione del modello questa trasformazione comporta un au-

mento del numero dei poligoni e quindi un aumento dei tempi di calcolo del processo di prototipazione.

La nuova maglia poligonale non deve essere costituita da un numero troppo basso di poligoni in modo da evitare l'effetto ‘sfaccettatura’; si rende necessario quindi trovare il giusto compromesso tra livelli di dettaglio/precisione e dimensione del file.

Prima di procedere all'esportazione è necessario verificare che il modello sia costituito da solidi chiusi o polisuperfici e che non presenti bordi aperti o non uniti, che sia cioè a tenuta stagna, o *watertight*, e che i vettori normali siano orientati nella direzione corretta. Il programma mette a disposizione alcuni strumenti di verifica ed è possibile quindi procedere eventualmente alla correzione degli errori.

Il primo prototipo di Nabi Musa è stato stampato in una dimensione di 250x250x64 mm per un volume totale di 334,633 m³. Per evitare lo spreco di materiali di stampa è stato stampato un modello ‘vuoto’ assegnando ad ogni polisuperficie lo spessore minimo, o *wall thickness*²⁰, supportato dalla stampante.

Fig. 40 Spaccato assonometrico del modello 3D completo. Anche in questo caso si nota la complessa articolazione spaziale ed è possibile individuare gli ambienti e le superfetazioni ‘aggiunte’ del corso del XX secolo (in particolare negli angoli destro e sinistro dell'immagine).



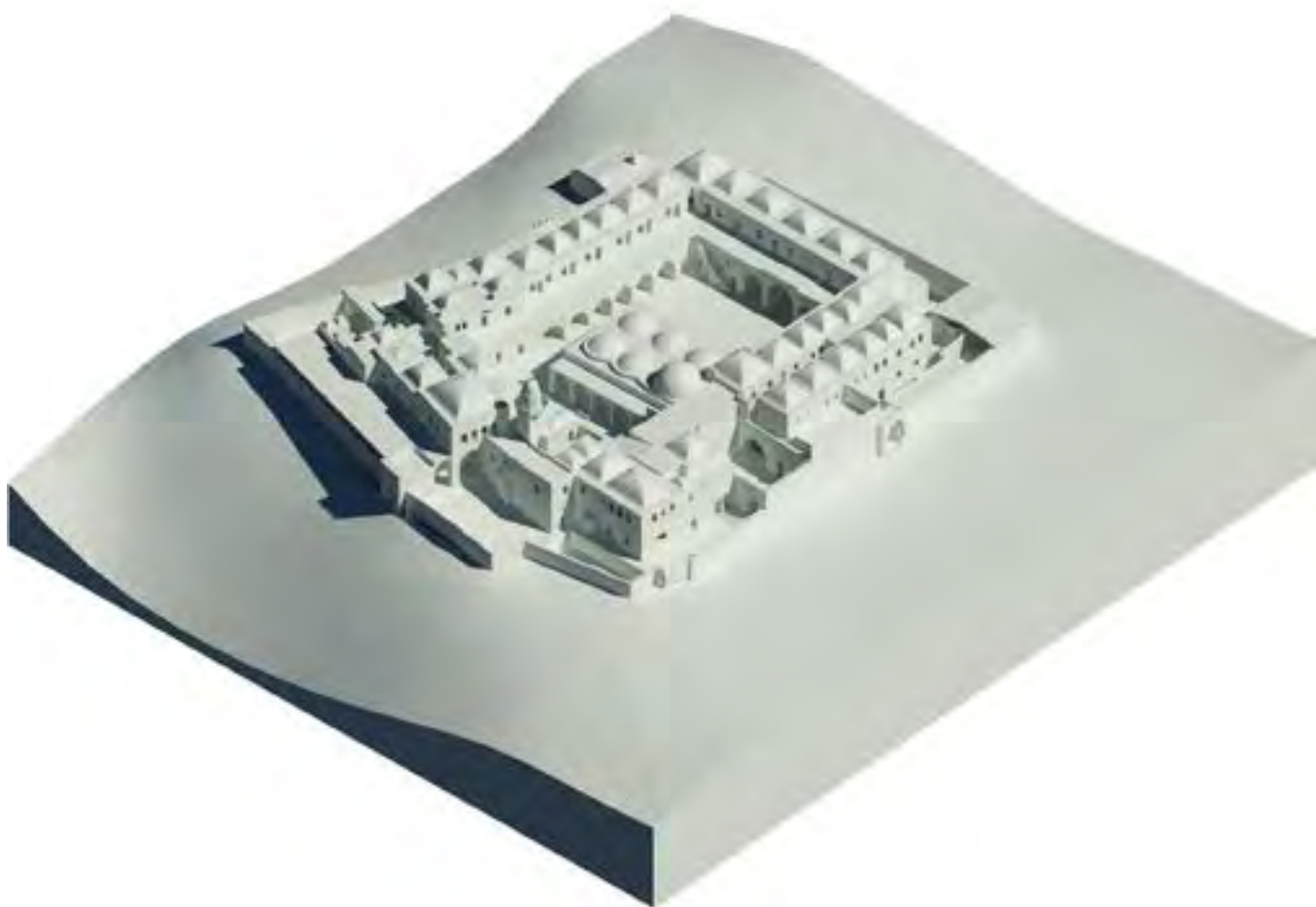


Fig. 41 Veduta assometrica del modello 3D finale



Fig. 42 *Veduta assometrica del modello 3D finale*

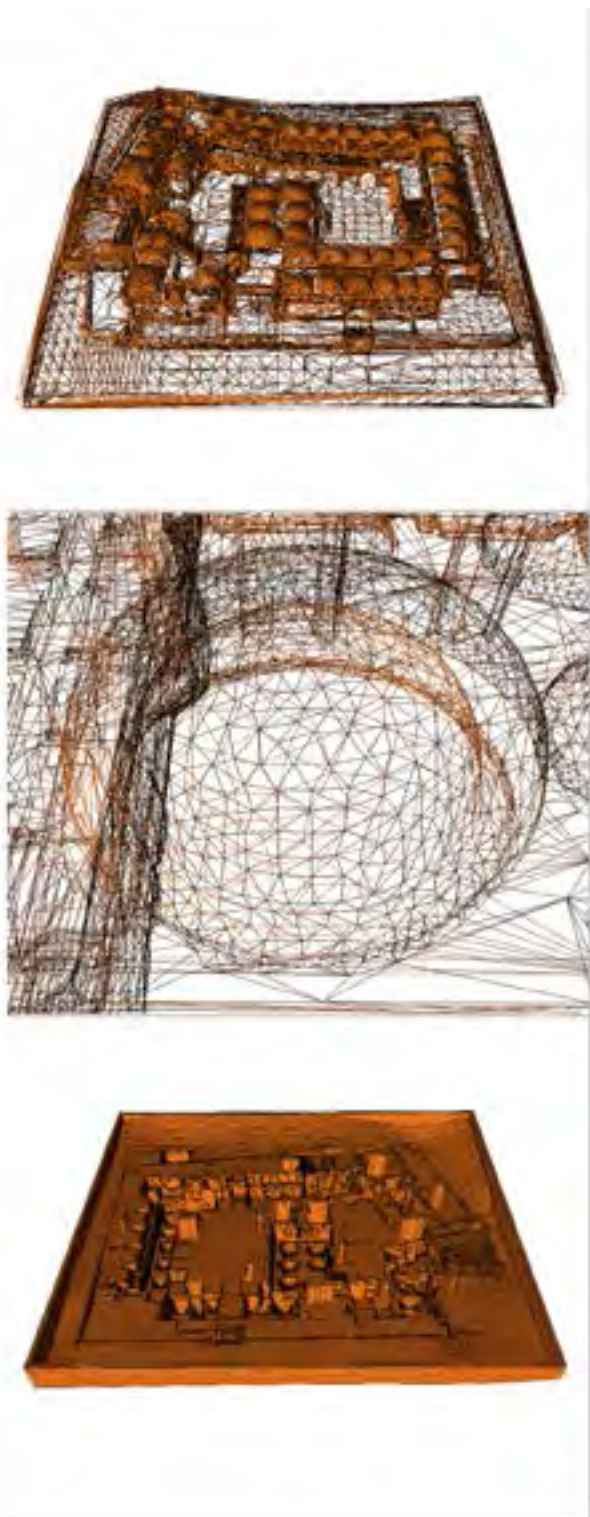




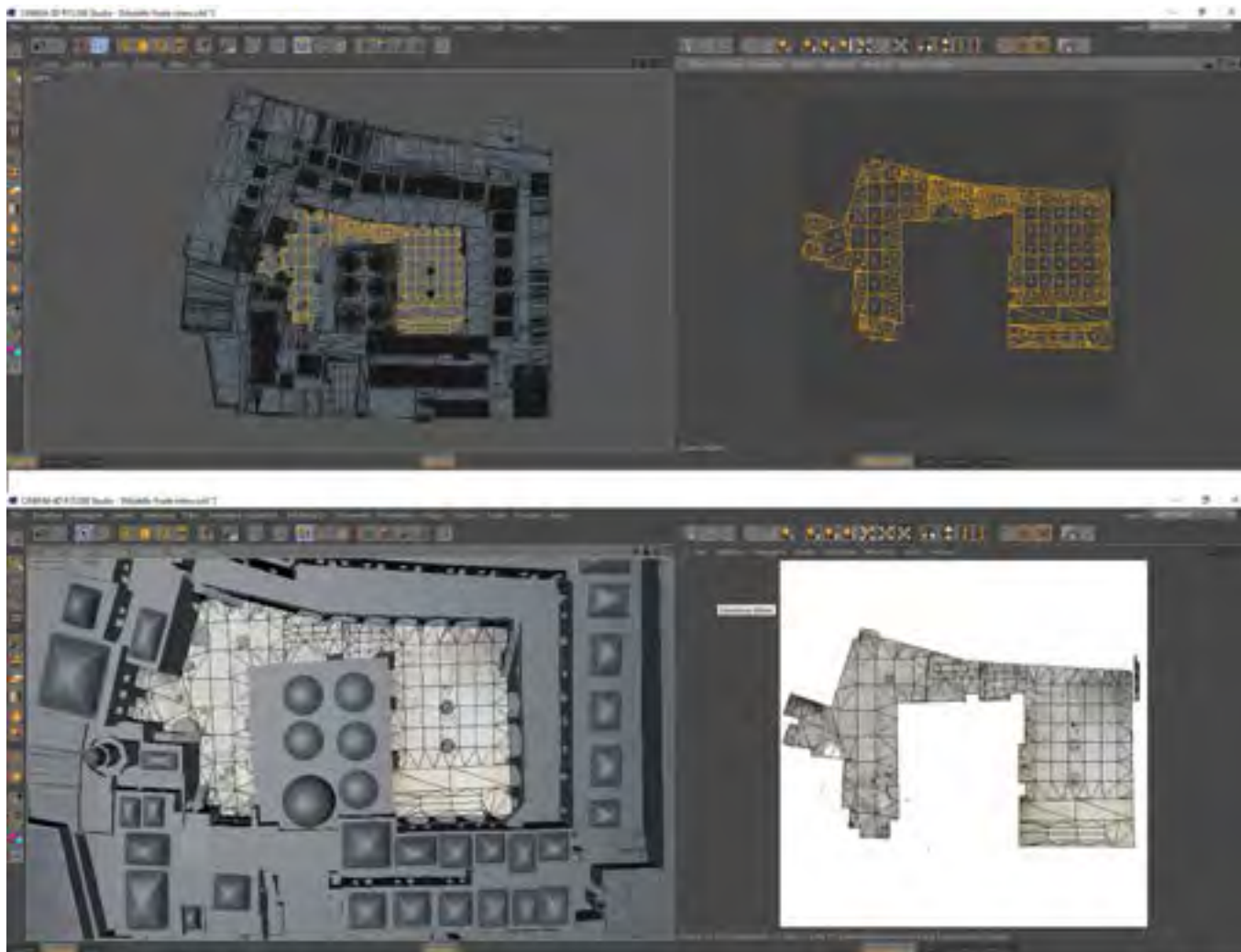
Fig. 43 (pagina a fianco) Visualizzazione wireframe e 'solida' del modello 3D utilizzato per la stampa 3D. Si noti la caratteristica della 'tenuta stagna' o watertight necessaria per la prototipazione e i sostegni necessari per poter 'svuotare' internamente il modello e poter 'risparmiare' materiale. Inoltre è stato assegnato uno spessore minimo, o wall thickness, alle superfici. Il prototipo è stato stampato presso il laboratorio LIA del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze.

Fig. 44 (sopra) Modello ligneo di Nabi Musa presso lo studio di Architettura JDC di Gerusalemme che ha collaborato al progetto di riqualificazione.

La visita virtuale

La realizzazione dei contenuti multimediali del museo ha richiesto l'utilizzo del modello 3D precedentemente elaborato. In questo caso però il modello NURBS non è stato convertito in formato .stl ma è stato esportato e modificato secondo altre esigenze. Un primo modello 3D è stato esportato in formato .obj ed importato all'interno di Cinema 4D. Qui si è proceduto ad una mappatura di tipo UV attraverso *texture* ricavate dai fotopiani precedentemente realizzati. Attraverso l'interfaccia del programma è possibile aprire il modulo denominato *BP UV Edit*

(Body Paint UV Edit): qui è possibile selezionare le superfici che si vogliono mappare e queste vengono visualizzate 'sviluppate' su una mappa UV. Alcuni strumenti come il pennello, il timbro etc. permettono di interagire con l'oggetto dipingendovi direttamente sopra. È possibile esportare la mappa ed importarla successivamente all'interno di programmi di fotoritocco come Adobe Photoshop per editarla. Nel caso di Nabi Musa si è proceduto esportando singolarmente le mappe di ogni ambiente a cui sono state assegnate mappe specifiche, corrispondenti agli stessi ambienti. Importando nuovamente le mappe su Cinema 4D si è ottenuto così un modello 3D completo delle caratteri-



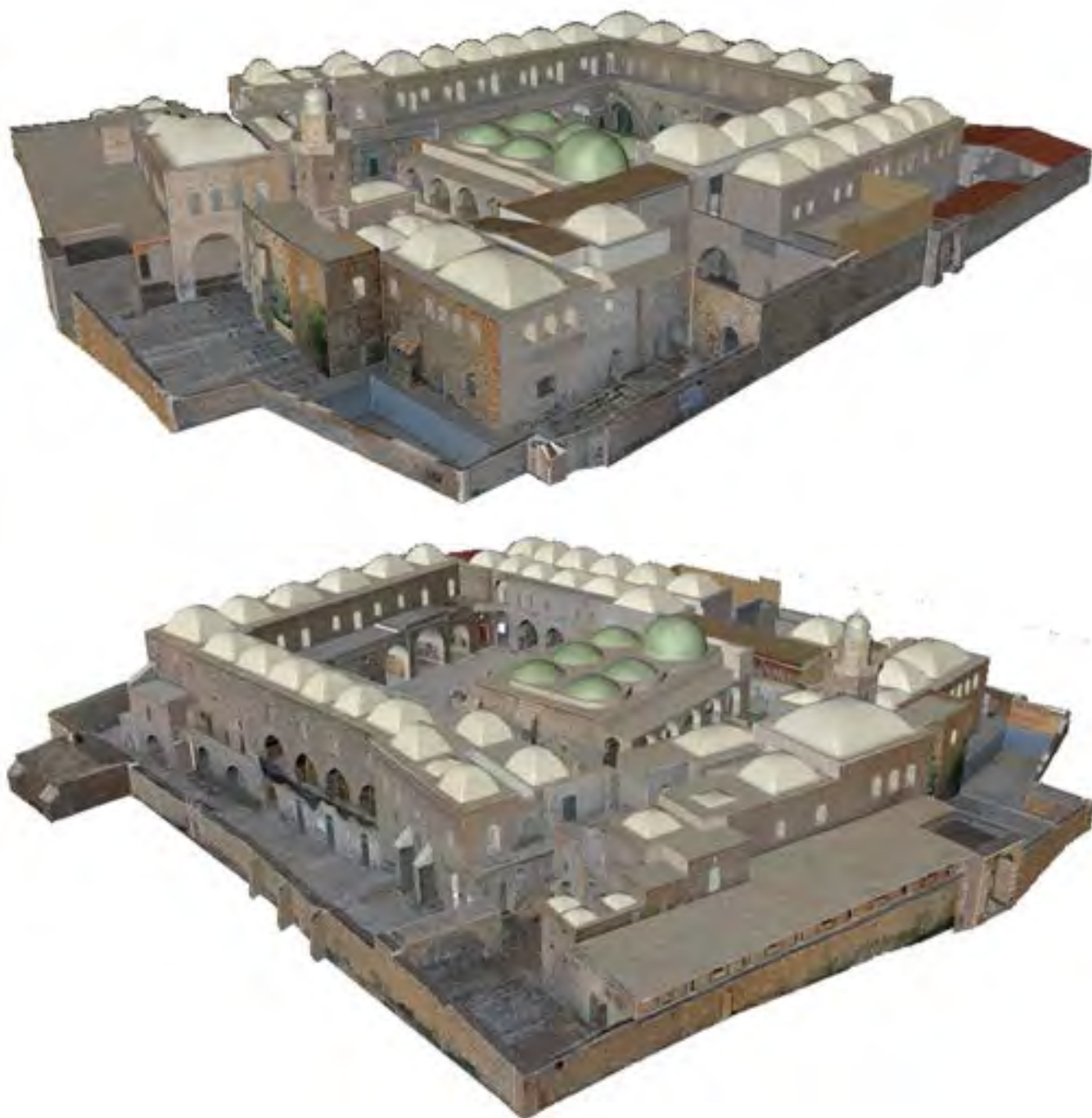
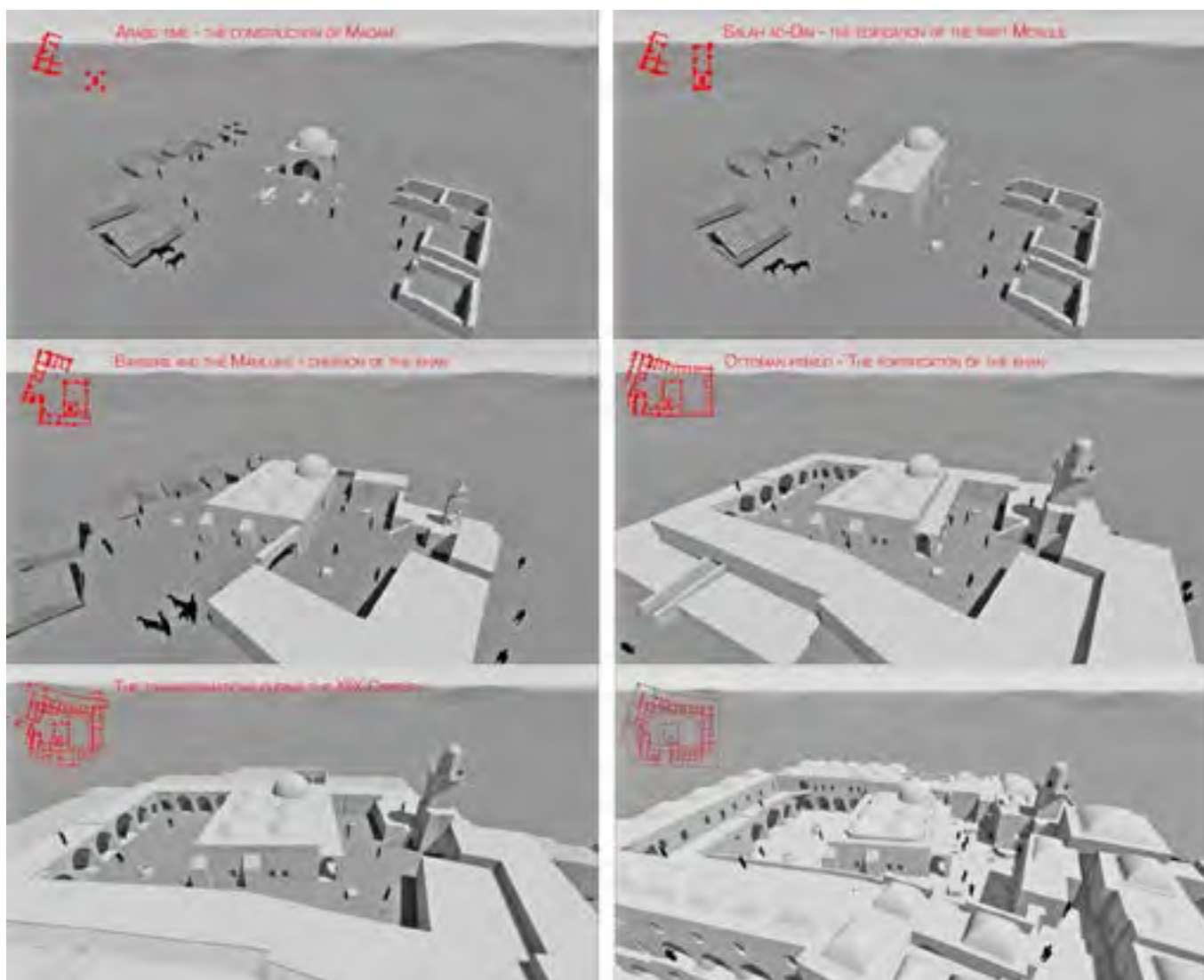


Fig. 45 (pagina a fianco) Processo di applicazione delle texture tramite estrapolazione di UV Map realizzate tramite il modulo Body Paint UV Edit di Cinema 4D. In questo caso è stata utilizzata una proiezione planare per la pavimentazione del chiostro.

Fig. 46 (sopra) Modello 3D finale completo di texture fotorealistiche per ogni ambiente.

stiche materiche di tutto il complesso. Il modello 3D è stato ‘trasferito’ su Lumion avendo cura di esportare tramite formato .fbx e mantenendo così le *texture* assegnate precedentemente. Anche in questo caso, come per la stampa 3D, è necessario verificare la corretta direzione dei vettori normali e della eventuale presenza di lacune o altri errori nel modello 3D. All’interno di Lumion sono stati realizzati alcuni video per mostrare lo stato attuale del complesso di Nabi Musa. Questi sono stati editati tramite Adobe Premiere insieme ad altri video realizzati sempre in Lumion; si

tratta del racconto dell’evoluzione del sito di Nabi Musa e pertanto vengono visualizzate porzioni del modello, opportunamente suddiviso in precedenza. In questo caso si è preferito utilizzare un modello 3D privo di *texture* così da ottenere una grafica ‘pulita’ che non distolga l’attenzione dall’obiettivo principale di spiegare le fasi evolutive del sito. Questo video rappresenta uno dei contenuti multimediali presenti nel progetto del nuovo Museo della Storia di Nabi Musa. Un’altra postazione all’interno del museo prevede invece un modello 3D navigabile ed interattivo.



Per questo scopo si è proceduto esportando il modello da Rhinoceros ed importandolo in Unity 3D: oltre all'asset principale del modello è stato inserito *controller* associato ad un *avatar*²¹, ovvero un personaggio virtuale che permette l'esplorazione dello spazio da parte dell'utente utilizzando i comandi da tastiera e il *mouse*. Il *software* consente di inserire elementi grafici e pulsanti che facilitano la navigazione e la rendono interattiva per rispondere alla finalità divulgativa e didattica di questo 'prodotto'. Sono state inserite informazioni di varia natura, di carattere storico

e architettonico o anche contenuti sotto forma di *quiz* ai fini divulgativi. L'utente grazie ad una struttura virtuale di questo tipo si troverà direttamente coinvolto e partecipe allo svolgimento della narrazione e potrà allo stesso tempo apprendere informazioni e nozioni, processo auspicabile da una qualunque tipologia di visita museale. Il modello 3D diviene in questo caso non solo il contenuto del museo ma anche un contenitore poiché rappresenta un vero e proprio *database* dove reperire informazioni.



Fig. 47 (pagina a fianco) Alcune immagini estratte dal video realizzato come contenuto multimediale del Museo della Storia di Nabi Musa, realizzato in Lumion e post-prodotto tramite Adobe Premiere.

Fig. 48 (sopra) Modello 3D completo di texture inserito in ambiente Lumion per l'inserimento di vegetazione e per la realizzazione di rendering statici e video per visualizzare lo stato attuale del sito.

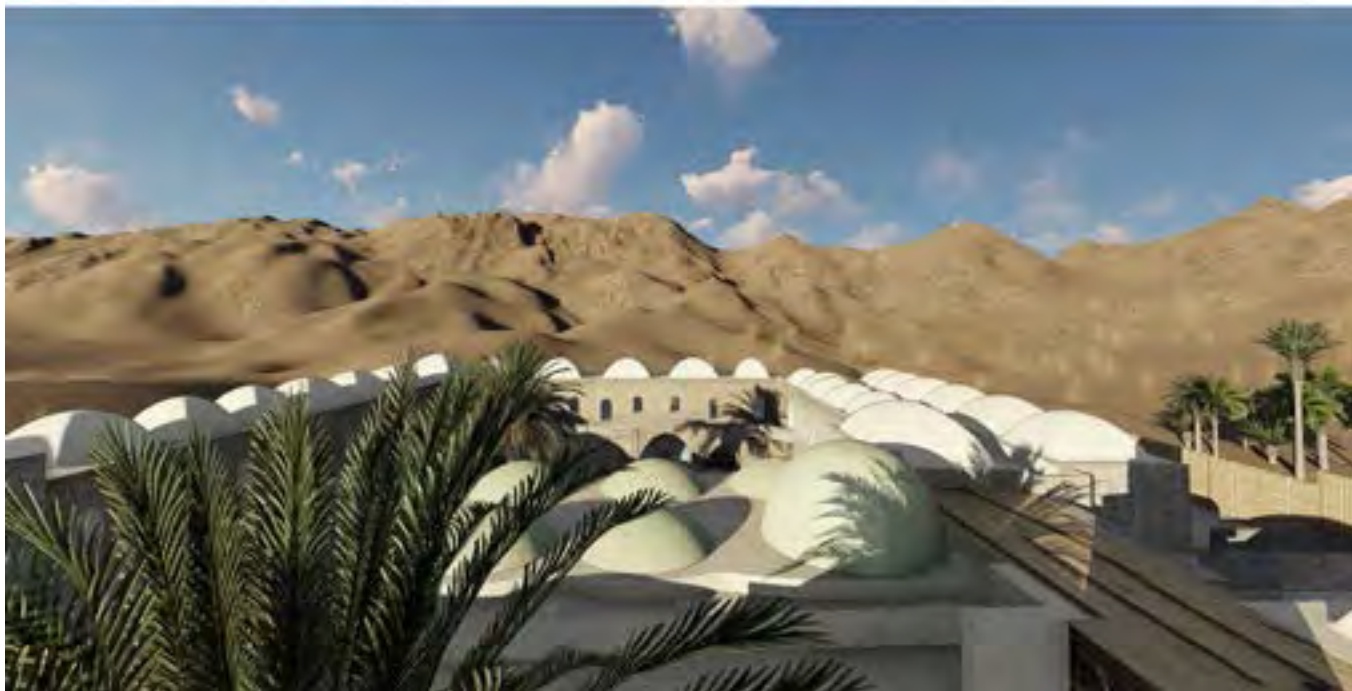


Fig. 49 (sopra) Immagini estratte dal video realizzato e renderizzato in Lumion.

Fig. 50 (pagina a fianco) Modello 3D mappato importato in Unity per la realizzazione di un modello interattivo. Si può osservare la figura dell'avatar (asset base presente nella libreria di Unity3D) e alcuni pulsanti interattivi che permettono di aprire finestre informative.





Fig. 51 (sopra) Veduta del Patio dell'Acqua nei giardini del Generalife, Alhambra.

Fig. 52 (pagina a fianco) Veduta del Patio dell'Acqua, scattata dal Patio de la Sultana e che guarda a ovest verso il centro della città di Granada.

2.2.3 Modelli 3D in mostra: una applicazione di Realtà Aumentata

In occasione del Convegno Internazionale REUSO 2017 tenutosi presso la città di Granada si è svolta una mostra che ha raccolto i risultati del progetto²² di documentazione del Palazzo del Generalife.

Il complesso dell'Alhambra rappresenta il simbolo della città di Granada, è considerato uno dei maggiori esempi di architettura araba ed è stato dichiarato dall'UNESCO Patrimonio Culturale dell'umanità nel 1984. Si tratta di una vera e propria città murata che sorge sul colle della Sabika e domina dall'alto la città di Granada. Il primo nucleo fu costruito a partire dal 1238 da Muhammad Ibn Nasr, il primo sultano della dinastia nasride, fu successivamente fortificato dal figlio Muhammad II e alla fine del XV secolo sotto i Re Cattolici divenne un palazzo reale. Il complesso di vaste dimensioni è costituito da quattro parti principali: i palazzi dei Nasridi, il palazzo di Carlo V, la Alcazaba e il palazzo del Generalife.

La sperimentazione oggetto di questa ricerca ha riguardato il palazzo del Generalife e i suoi giardini, costruiti sotto il regno di Maometto III. Il termine castigliano 'almunia' deriva dall'arabo *al-munya* e rappresenta l'insieme degli edifici, i giardini e i frut-

teti delle residenze e luoghi di ritiro dei sultani, e il Generalife era l'almunia reale più vicina al palazzo dell'Alhambra.

Il progetto di documentazione è stato svolto tramite il rilievo digitale integrato con diverse strumentazioni e metodologie, impegnando un team eterogeneo di studiosi e ricercatori.

Per quanto riguarda la mostra sono stati realizzati sia l'allestimento che i contenuti multimediali, e oltre ai *poster* e ai *totem* tradizionali e schermi per la visualizzazione di *video*, sono state disposte alcune postazioni per applicazioni di AR. In particolare durante l'esposizione era possibile visualizzare attraverso il proprio *device* mobile alcuni modelli 3D di elementi architettonici. La scelta di questo metodo di rappresentazione e condivisione si è rivelata efficace in quanto gli oggetti in esame sono costituiti da complesse geometrie decorative e si è ritenuto che una fruizione interattiva fosse il modo più opportuno per farne comprendere al pubblico l'articolazione e le particolarità. Si riporta il procedimento scelto per questo tipo di rappresentazione e visualizzazione, a partire dal rilievo dei manufatti fino alla loro ottimizzazione e l'inserimento su una piattaforma *online* gratuita per la condivisione.



La ‘migrazione’ dei modello 3D sulla piattaforma di AR

Il palazzo del Generalife rappresenta un esempio di architettura complessa con un importante sistema decorativo. Le complicate geometrie delle decorazioni hanno richiesto un approccio metodologico specifico per la loro acquisizione e rappresentazione. Al fine di rilevare i dettagli in modo adeguato, sono state impiegate una camera reflex tradizionale e la strumentazione

3D Eye (asta telescopica con fotocamera incorporata) per l’acquisizione delle parti poste in alto. La scelta di metodologie SfM si è rivelata la più efficace nel rilevamento di geometrie complesse di capitelli, colonne, nicchie, soffitti e muqarnas e per la loro modellazione 3D per il trasferimento su una piattaforma dedicata alla AR. Allo stesso è stato possibile acquisire *texture* ad alta definizione così sopperire alle eventuali mancanze di dettaglio dovute alla decimazione del numero dei poligoni.



Fig. 53 Elementi decorativi del complesso del Generalife, caratterizzati da geometrie complesse e dettagliate, realizzate alla piccola scala.

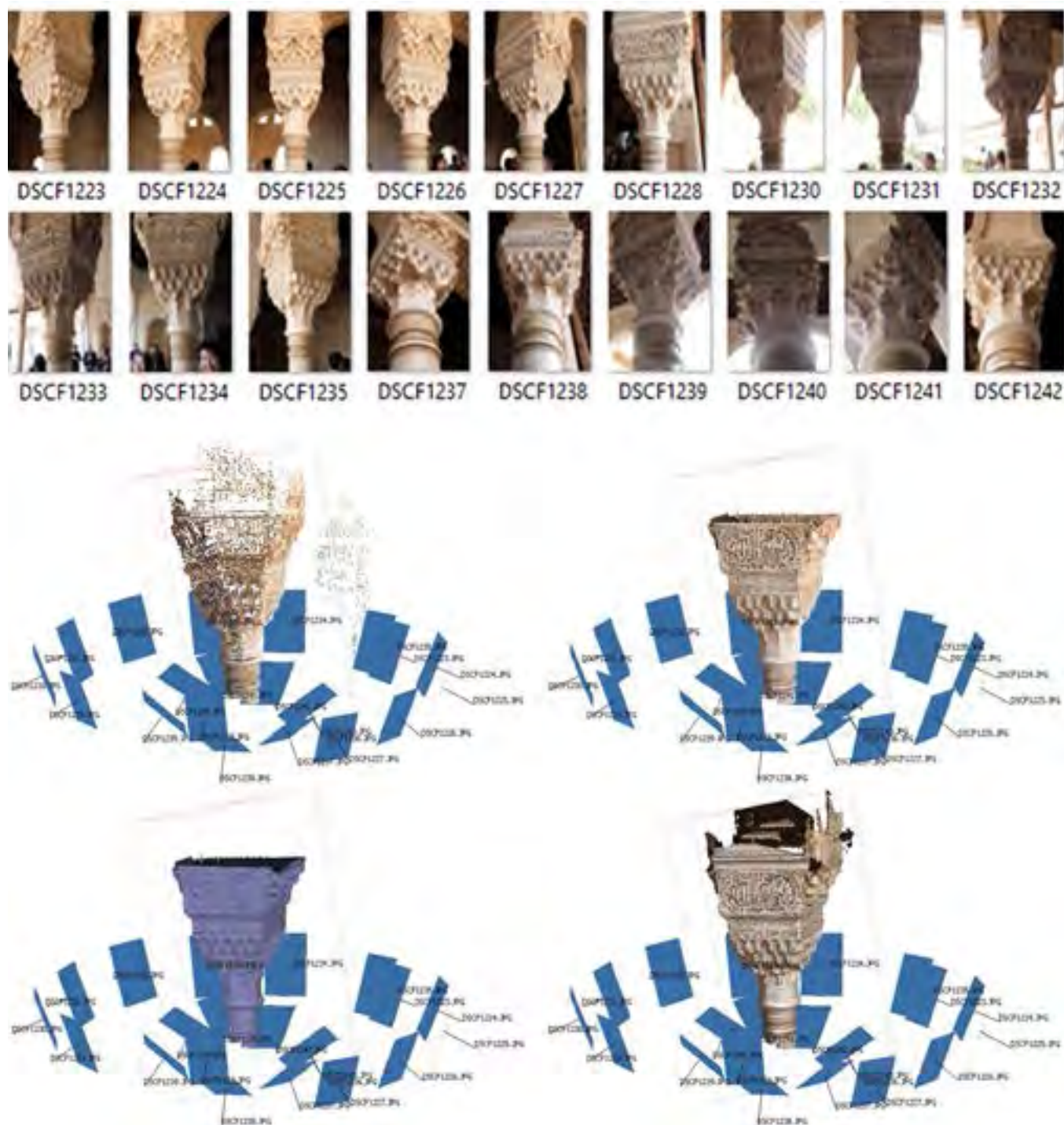


Fig. 54 In alto una sequenza fotografica scattata tramite l'utilizzo dell'asta telescopica 3D Eye. Successivamente le immagini sono state elaborate all'interno di Agisoft Photoscan di cui si illustrano i principali passaggi (in senso orario): 'sparse cloud', 'dense cloud', modello mesh con texture, modello mesh.

L'applicativo utilizzato è fornito da AURASMA²³, una APP disponibile per Android e iOS che permette di collegare contenuti multimediali a delle immagini dette 'trigger', le quali attivano appunto la visualizzazione di layer virtuali sul device portatile dell'utente. Per prima cosa è necessario registrare un account sul sito web della APP e creare un database dove caricare i diversi modelli 3D o gli altri contenuti multimediali come video, animazioni, suoni etc.

Questi elementi sono chiamati 'overlays', ovvero layer virtuali che si sovrappongono alla realtà e devono rispondere a certe caratteristiche per essere supportate dall'engine della APP.

Per quanto riguarda i modelli 3D è necessario creare un pacchetto di dati e informazioni per poterlo utilizzare come '3D overlay', ovvero un file con estensione '.tar' contenente i seguenti oggetti:

- un file con estensione .dae³¹ (estensione ottenibile usando una esportazione in formato di interscambio COLLADA);

- uno o più files con estensione .png corrispondente alla texture dell'oggetto;

- una immagine 'thumbnail' di dimensioni 256x256 pixels e rinominata "thumbnail" (si tratta di una 'miniatura', ovvero di una immagine di anteprima dell'oggetto).

Prima di procedere al 'confezionamento' del pacchetto è necessario verificare alcune caratteristiche del modello 3D, della/e texture/s e degli oggetti presenti nella scena al fine di poterlo visualizzare correttamente all'interno della APP.

La texture deve essere esportata in formato .png e avere dimensione massima di 1024x1024 pixels. È possibile utilizzare mappe di diffuse, di normali e di specularità ma devono essere rinominate senza contenere nel nome dei file alcuno spazio, parentesi, lettera maiuscola o caratteri particolari

Per quanto riguarda i modelli 3D, questi devono essere costituiti da un numero massimo di triangoli compresi tra i 10.000 e i 15.000 e non sono ammessi



Fig. 55 Modello mesh di un capitello visualizzato nelle modalità 'gouraud shading (linee)' e 'quick shading' all'interno di Cinema. Si noti come una texture ad alta definizione sopprimerà a tutte le mancanze qualitative di modello poligonale possiede. Il procedimento per l'importazione del modello 3D all'interno dell'applicativo di Realtà Aumentata richiede un basso numero di poligoni.

poligoni N-gons²⁴ (con più di quattro lati). Durante le esportazioni i modelli *mesh* devono essere ‘triangolati’ e devono trovarsi sull’origine (0,0,0) così da essere posizionati facilmente nell’ambiente virtuale. Per una corretta visualizzazione delle facce si devono inoltre verificare le direzioni delle normali dei poligoni.

Infine è necessario illuminare la scena attraverso un minimo di tre luci di tipo *omni* o *puntuali* poiché solo questa tipologia è supportata dalla APP. Per la costruzione della scena si è proceduto all’interno del programma Cinema 4D che permette l’esportazione dei file nel formato richiesto.

Si riporta nella Fig. 53 il procedimento di ottimizzazione del modello 3D di un capitello, acquisito tramite camera 3DEye attraverso 20 foto e processato all’interno del programma Agisoft Photoscan. Il basso numero di foto scattate e la scelta di modalità di elaborazione di un numero basso di poligoni è dovuta alla finalità del rilievo digitale che in questo caso è quella dell’inserimento e della ‘semplice’ visualizza-

zione all’interno della APP AURASMA.

Dopo aver creato il pacchetto .tar seguendo tutte le specifiche richieste, è possibile associarlo ad alla corrispondente immagine *trigger*. Una volta creata questa corrispondenza tra l’immagine e il database del proprio *account* è possibile vedere una anteprima di quello che sarà visualizzato sullo schermo del *device*. È possibile scalare il modello 3D, ruotarlo e riposizionarlo prima di procedere al salvataggio e a rendere quindi disponibile l’*overlay* alla visualizzazione.

All’interno della mostra svoltasi a Granada erano state disposte tre postazioni per la visualizzazione di tre oggetti diversi, affiancate da un pannello illustrativo con le indicazioni da seguire dal visitatore per scaricare la APP e visualizzare i contenuti.

Fig. 56 Materiali contenuti all’interno della pacchetto .rar necessario al funzionamento dell’applicativo AURASMA: un file del modello in formato .DAE, una texture, un’immagine ‘thumbnail’ e un’immagine ‘trigger’. Si osserva a destra una anteprima della visualizzazione del capitello nella sua versione finale.



COMO VER LOS MODELOS VIRTUALES

1 DESCARGAR LA APLICACIÓN

Available on the App Store
ANDROID APP ON Google play
Windows Store

Obléngase su teléfono o tableta y busque Aurasma en la tienda de aplicaciones, descárguese e instale la aplicación.

2 CREAR TU CUENTA DE AURASMA

Abra la aplicación y cree su cuenta en segundos introduciendo correo electrónico, contraseña y nombre de usuario.

3 SEARCH AND FOLLOW DADALAB ACCOUNT

Ahora vuelva a la página principal y busca en la barra superior de la cuenta de DadaLab, haz clic en este y séguelo.

4 MUESTRA EL MODELO TRIDIMENSIONAL

Vaya a la página principal y haga clic en el botón para abrir la cámara, y enmarca la imagen del objeto, espere unos segundos y verá su elemento aparecer en 3d.

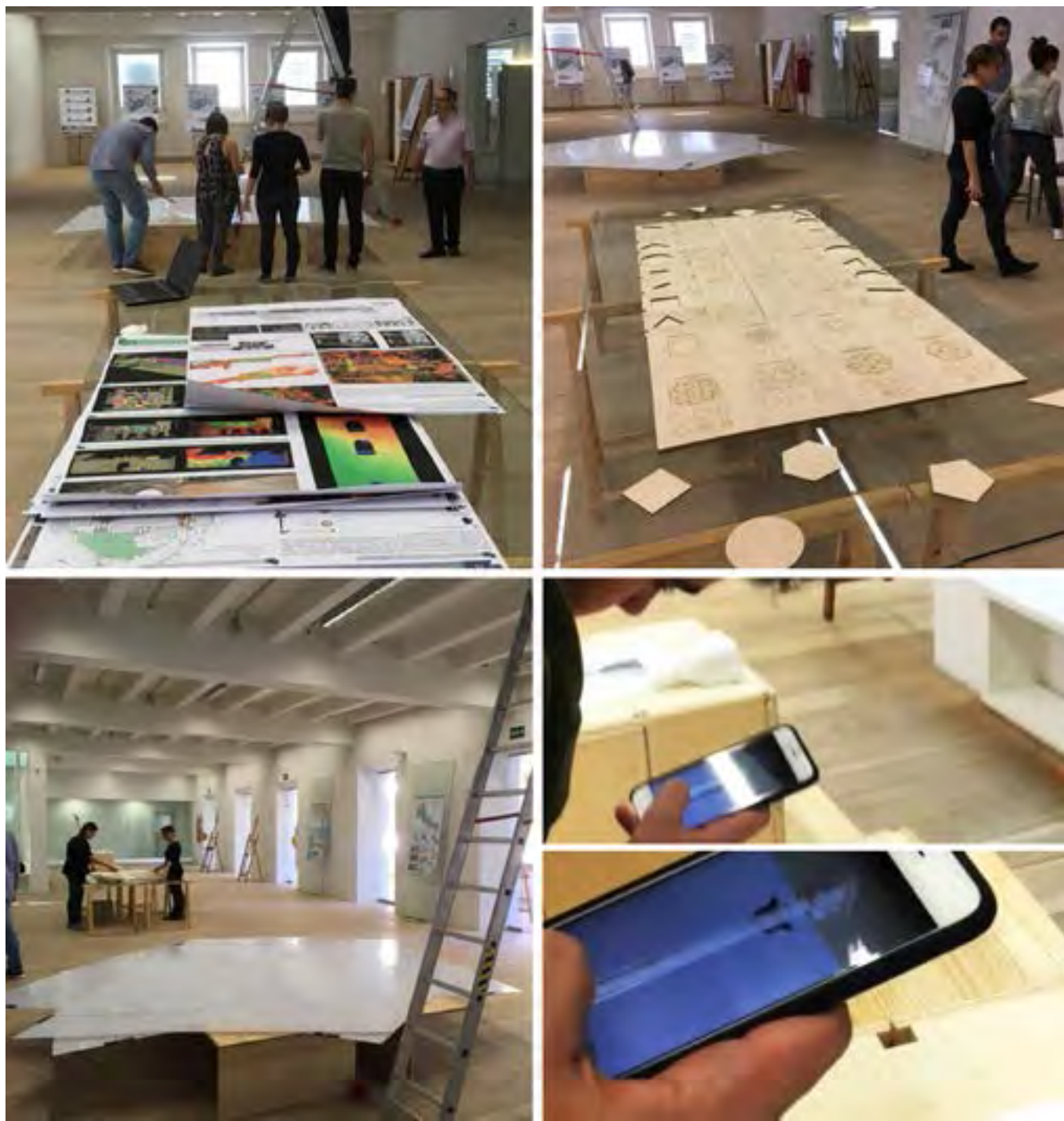


Fig. 57 (pagina a fianco) Pannello esplicativo esposto presso la mostra nelle vicinanze dalla postazione per la visualizzazione degli oggetti tramite l'applicazione AURASMA dove sono illustrati i passaggi principali per il funzionamento dell'interazione.

Fig. 58 (sopra) Alcune immagini delle fasi di allestimento della mostra e della fase di 'testing' dell'applicativo di Realtà Aumentata.



Fig. 59 Planimetria generale della Costa Levantina con indicazione di tutte le torri costiere presenti ed analizzate dal progetto TOVIVA (Tratta da Bettini, 2015).

2.2.4 Uno strumento per la divulgazione dei risultati del progetto TOVIVA

Il TOVIVA_Project²⁵ (TORres de VIgía y defensa del litoral VALENCIANO. Generación de metadatos y modelos 3D para su interpretación y efectiva puesta en valor) è un progetto finanziato dal National Program for Fostering Excellence in Scientific and Technical Research, National Sub-Program for Knowledge Generation, Ministry of Economy and Competitiveness (Government of Spain). Il progetto di durata triennale, iniziato nel 2013 e di cui è responsabile il Prof. Pablo Rodriguez-Navarro (UPV - Universitat Politècnica de Valencia), ha come obiettivo principale lo studio dell'architettura militare sorta sulla costa levantina nel XVI secolo, nata grazie ad un particolare contesto socio-politico e ad aspetti legati allo sviluppo tecnologico. A partire dal 2016, a seguito della conclusione delle fasi documentazione e di rilievo, i risultati del progetto sono stati diffusi attraverso un sito internet dedicato e tramite pubblicazioni scientifiche.

Per le prime fasi sono stati impiegati i mezzi tecnici più avanzati nel campo del rilievo e della rappresentazione grafica, utilizzando una metodologia flessibile in base a ciascun caso studio esaminato, in modo da semplificare i processi di acquisizione e allo stesso tempo ottimizzare le risorse, mantenendo comunque la massima affidabilità e qualità dei risultati (Bertocci et Al., 2018). Attraverso questo protocollo metodologico è stato possibile ottenere modelli 3D fotorealistici delle torri costiere, utili allo studio sia a livello costruttivo che formale delle torri stesse ma che forniscono anche la base documentaria per eventuali future ricerche. Come detto, i risultati sono stati parzialmente pubblicati in campo scientifico ma al fine di raggiungere un pubblico più eterogeneo si è resa necessaria la realizzazione di un nuovo strumento più 'smart' per la valorizzazione e la diffusione. È stata quindi progettata e parzialmente sviluppata un'applicazione per dispositivi mobili (APP) utile per questo scopo. La costa della Comunità Valenciana è soggetta ad un notevole sfruttamento turistico, dovuto al patrimonio storico e anche alle strutture turistico-ricreative. Il sistema delle torri costiere invece non è

sufficientemente valorizzato tramite attività culturali e anche la loro gestione e conservazione è del tutto inadeguata. Le torri sono spesso trattate come singole emergenze territoriali e non vi è la considerazione unitaria della complessa rete costiera. L'APP progettata mira alla realizzazione di uno strumento che possa ricreare interconnessioni tra le torri e che fornisca informazioni storiche riguardo ad esse, facendo sì che queste divengano 'vettori' di conoscenza e contenuti culturali (Rodriguez, 2017).

Il sistema di torri sulla costa levantina

Il sistema di torri costiere appare oggi molto frammentario ed ha perso il suo valore principale e a cui è dovuta la sua fortuna del passato: l'unità. Durante il corso dei secoli, grazie alla loro posizione spesso suggestiva, hanno assunto un valore paesaggistico oltre che storico. La loro funzione originaria però era quella di essere delle vere e proprie "sentinelle" della costa levantina.

Durante il secolo XV avvenne un cambiamento importante nella costruzione delle architetture militari, dovuto principalmente alla necessità di adattare l'architettura militare ad un maggior potere distruttivo dell'artiglieria e alle nuove strategie di guerra che questa ha comportato. Si rese necessario cambiare le strategie di difesa dei confini, dove le torri assumevano sia il compito di proteggere dagli attacchi, sia quello di informare le linee di difesa posteriori del sopraggiungere dei nemici. La rete difensiva si fondava sull'idea innovativa di considerare il territorio come una città da fortificare, fornita quindi di avamposti disposti come se fossero parte di una cinta muraria. Filippo II, subito dopo essere salito al trono nel 1557, iniziò la realizzazione dell'ambizioso progetto che aveva già delineato Bernardino de Cardenas per suo padre. Il progetto consisteva appunto in una rete di torri che avevano un duplice scopo: fornire sia la guardia e sia la difesa della costa.

Egli decise di affidare l'ambizioso progetto della rete di torri di avvistamento all'ingegnere Giovanni Battista Antonelli il Vecchio. La famiglia di architetti e ingegneri militari degli Antonelli servì la corona spagnola per quasi un secolo, costruendo e progettando

molteplici opere di difesa della penisola, dei territori spagnoli dell'Africa e dell'America. Il primo ingegnere di questa lunga tradizione fu lo stesso Giovanni Battista Antonelli che accompagnò Vespasiano Gonzaga, insieme al fratello Bautista Antonelli, durante la costruzione di tutte le fortificazioni della costa levantina tra il 1559 e il 1580. Anche il nipote Cristóbal Roda Antonelli si affiancò ai due fratelli nel progetto dal 1578 in poi.

Questo nuovo modo di concepire le opere di difese militari basato sulla piena osservazione della linea costiera tramite le torri, fece sì che si potesse abban-

donare la tipica difesa via mare, tramite il pattugliamento costante delle galere. Non tutto il sistema di torri fu realizzato e negli anni successivi vennero riadattate vecchie torri alle nuove esigenze difensive. Nei secoli successivi molte torri furono distrutte durante i conflitti della guerra di Indipendenza spagnola ma il pessimo stato di conservazione di molte di esse è stato causato perlopiù da abbandono, atti di vandalismo e a causa della crescita urbana sulla costa.

Si tratta di circa 50 torri posizionate in prossimità della costa, sulla spiaggia o su delle alture nelle immediate vicinanze. Inizialmente presentavano tutte una



Fig. 60 Mosaico di fotografie di quindici torri costiere di diversa tipologia.

pianta quadrata o circolare, ma con l'avvento della artiglieria pesante fu necessario modificarne la forma, rinforzando le pareti mediante una soluzione 'a scarpa'. Erano preferibili le torri troncoconiche, più resistenti poiché prive di angoli acuti e senza punti ciechi di osservazione. Nell'ultimo periodo, dopo il 1600 furono costruite alcune torri poligonali, principalmente di forma esagonale²⁶.

Il progetto TOVIVA mira al riconoscimento della identità storica ed architettonica del sistema di difesa della costa levantina del Regno di Valencia, raccogliendo informazioni e documenti di ciascuna torre e

studiandone in maniera approfondita diversi aspetti, quali le tecniche costruttive, le tipologie architettoniche etc.

L'approccio di studio utilizzato fino ai tempi più recenti, non aveva mai preso in considerazione il sistema di torri come una unica struttura. Il progetto TOVIVA ha permesso di ottenere una visione globale di quella che era una rete strategica militare, e di sfruttarne questa sua caratteristica per proporre uno strumento di fruizione adeguato, che permetta la lettura della complessità del sistema ma anche che ne racconti i dettagli e la storia.



Fig. 61 Mosaico di fotografie di quindici torri costiere di diversa tipologia.

Il database digitale e la realizzazione della APP

La vasta quantità di dati raccolti durante gli anni di ricerca del progetto TOVIVA è attualmente consultabile su un sito internet dedicato al progetto dove alcuni *link* richiamano modelli 3D visualizzabili sulla piattaforma esterna di SketchFab. La necessità primaria era quella di creare uno strumento di fruizione remota dedicato esclusivamente alla visualizzazione dei modelli 3D e delle informazioni relative al presente progetto. Si è manifestata la volontà di realizzare una APP per *device* portatili per consentire un'agile fruizione di questo ricco database da parte di un pubblico più ampio. Il progetto di sviluppo è ancora in corso di realizzazione ma la struttura principale e le modalità di interazione sono state definite, così come l'interfaccia grafica, la qualità e la quantità dei contenuti. È doveroso precisare che i modelli 3D utilizzati per

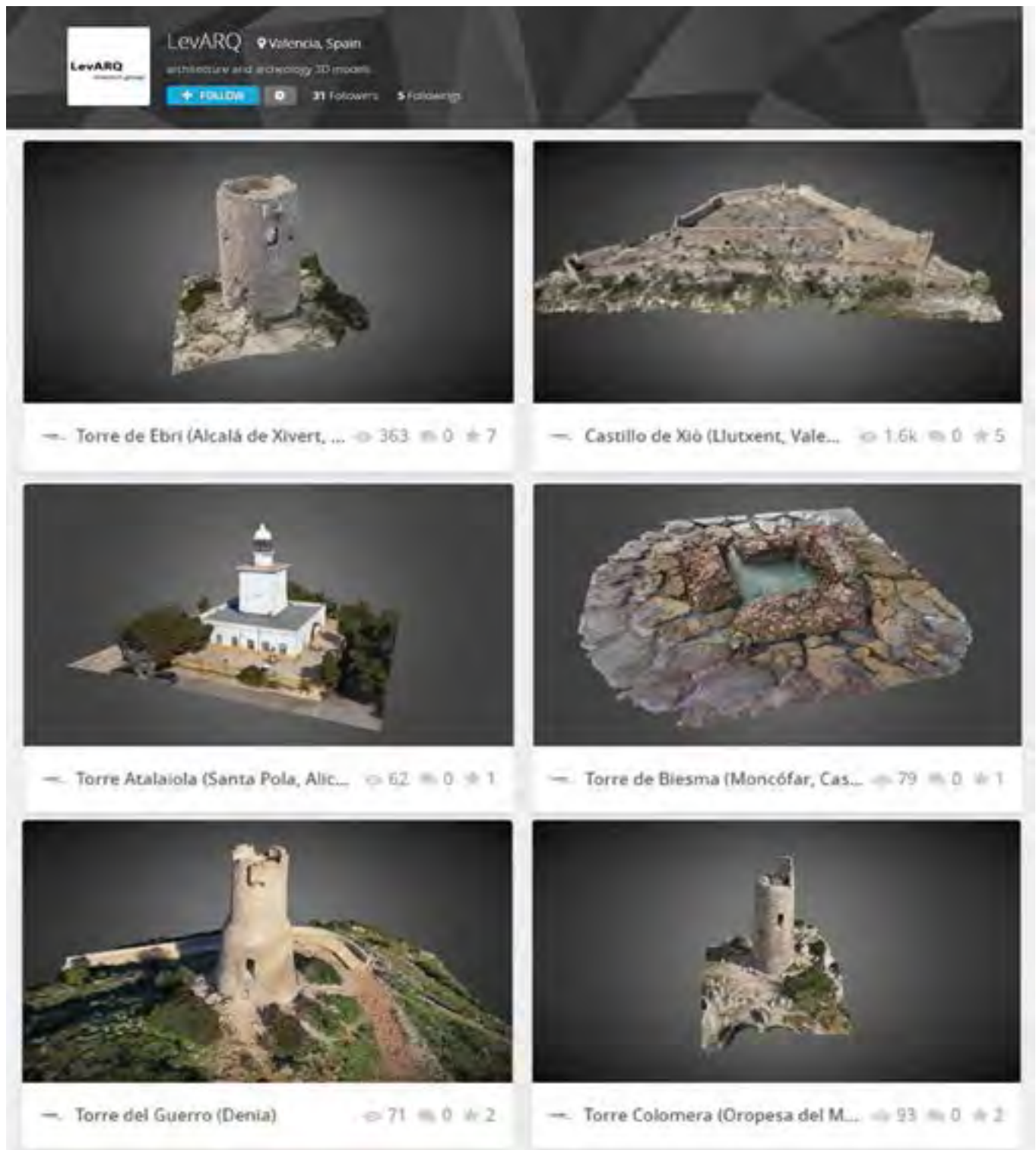
questa sperimentazione, provengono tutti dal rilievo effettuato tecniche *Structure from Motion* (SfM) grazie a sequenze fotografiche acquisite tramite un drone²⁷. I modelli 3D, opportunamente decimati, dotati di texture di alta qualità e di *normal-map*, sono risultati ottimali per l'importazione e l'utilizzo all'interno del software per la realizzazione della APP. In termini di visualizzazione infatti questi modelli garantiscono un'ottima resa grazie alla presenza di mappature in alta definizione nonostante la *mesh* che li costituisce sia semplificata. La necessità di utilizzare oggetti *low-poly*, deriva anche dal gran numero di oggetti presenti all'interno del progetto.

Si è proceduto tramite l'utilizzo del software Unity 3D avendo la cura di strutturare in maniera ordinata le cartelle contenenti tutti gli *assets* ovvero tutti gli elementi utili al funzionamento del progetto.



Fig. 62 (sopra) Visualizzazione di alcune schede informative presenti sul sito internet del progetto TOVIVA. Nel caso della Torre del Sol del Riu non sono presenti fotografie visto che oggi non è più esistente, mentre nel caso della Torre del Rey è possibile visualizzare un modello 3D.

Fig. 63 (pagina a fianco) Visualizzazione di alcune torri sulla piattaforma digitale Sketchfab insieme ad altri modelli appartenenti sempre al laboratorio LevARQ. Dall'alto verso il basso: Torre de Ebrim, Castillo de Xiò, Torre Atalatola, Torre de Biesma, Torre del Guerro, Torre Colomera.





Torre de la Corda



Torre del Rey



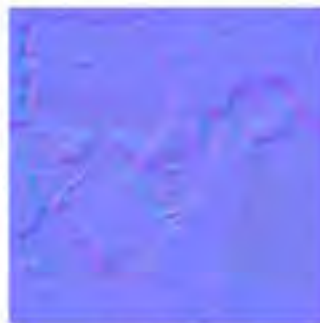
Torre Badum texture



Torre de la Corda_Normal



Torre del Rey_Normal



Torre Badum_Normal



Torre de la Corda



Torre del Rey



Torre Badum



Il primo passo da compiere è quello di creare una interfaccia attraverso lo strumento UI (User Interface). L'interfaccia grafica è lo strumento che permette all'utente di poter svolgere azioni all'interno della APP e contiene pulsanti, scritte etc. Questa fase è preceduta dalla progettazione grafica del gioco, utile a definire tutti i suoi aspetti grafici come la forma dei pulsanti, la palette dei colori, le scritte etc. Inoltre è importante prevedere i collegamenti tra le varie scene (schermate) e quello che succede nel caso in cui si selezionano un certo pulsante. Infine si rende necessaria la compilazione degli *scripts* per il corretto funzionamento di tutti i meccanismi di gioco. Una volta stabiliti i collegamenti tra le varie scene del gioco ed aver collaudato il suo funzionamento, si può procedere con il miglioramento della resa grafica, inserendo luci e dettagli fino a questo momento trascurati. Si è proceduto alla creazione di un oggetto chiamato *canvas*, ovvero un pannello contenente il *menu* principale della APP.

La APP progettata è costituita da due principali schermate attraverso le quali è possibile navigare tramite

l'utilizzo del *mouse* e tramite *click* per accedere ai contenuti delle singole torri. In alternativa, su dispositivo portatile, è possibile navigare tramite un modalità *touch screen*.

Una prima schermata introduttiva e di presentazione è costituita da alcuni pulsanti utili a descrivere le finalità generali del progetto TOVIVA e per iniziare la navigazione all'interno della APP ed è presente anche un pulsante che ne permette l'uscita. La seconda schermata principale è quella che è stata chiamata "scenario" e dove sono presenti modelli 3D stilizzati delle varie tipologie di torre della costa levantina (cilindrica, conica, troncoconica e prismatica). Le torri si distinguono anche per colore, possono essere rosse o blu in base al loro stato di conservazione, ovvero se sono in stato di "rovina o non esistenti" oppure se sono "restaurate o conservate". La grafica molto semplice e pulita è arricchita da uno modello 3D che simula la morfologia della costa e su cui sono poi adagiate le diverse torri. È presente anche uno strumento 'mappa' che aiuta l'*user* ad orientarsi rispetto alla propria posizione. È possibile avvicinarsi alle torri e cliccare

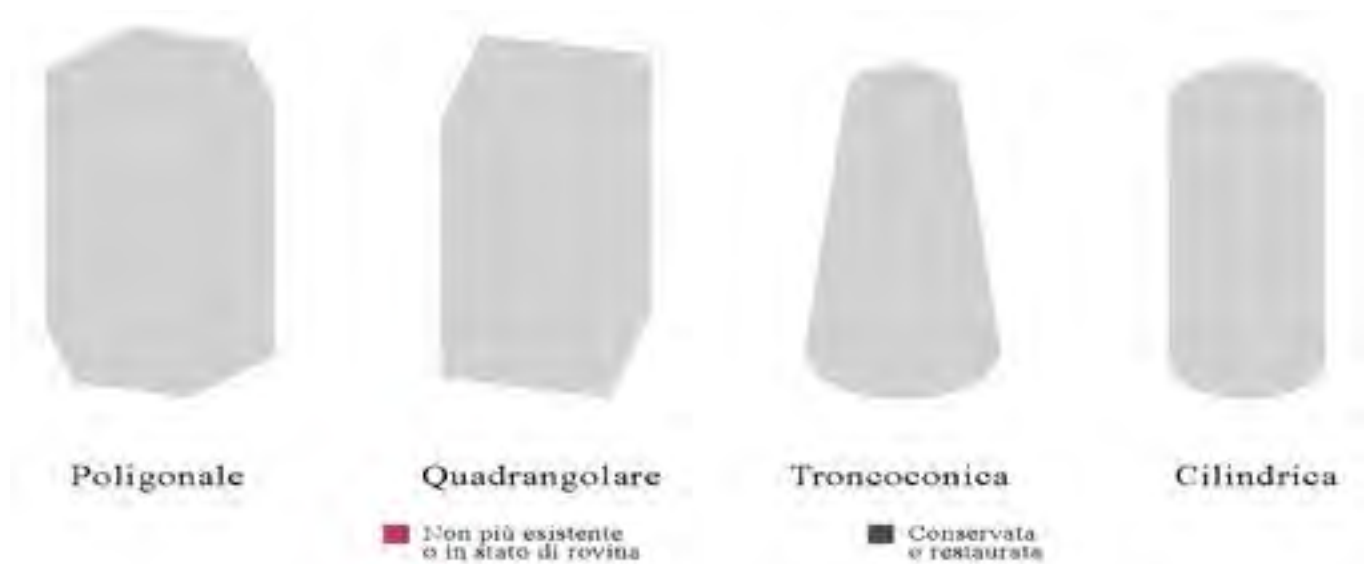
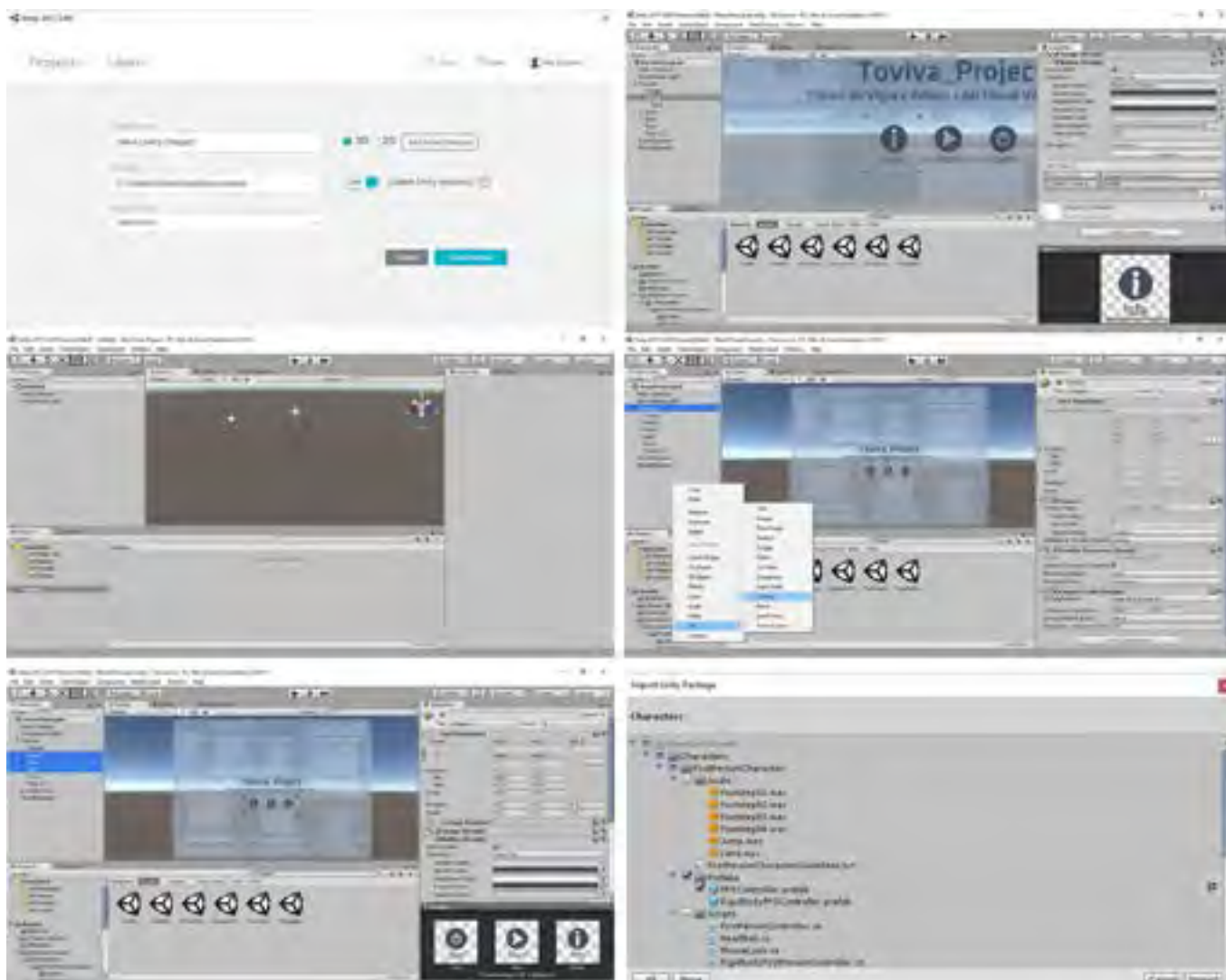


Fig. 64 (pagina a fianco) Schema esplicativo dei materiali disponibili per la progettazione e la realizzazione della APP. Per ciascuna torre erano presenti un modello 3D in formato .obj, una texture alta definizione e la corrispondente mappa Normal Map.

Fig. 65 (sopra) Classificazione delle torri secondo 4 tipologie principali: poligonale, quadrangolare, troncoconica e cilindrica. Per rendere più intuitiva la navigazione all'interno della APP sono stati utilizzati i colori rosso, per le torri non più esistenti o in stato di rovina, e blu se conservata o restaurata.

sopra di esse per accedere ad altre scene dedicate ad ognuna di esse. L'interfaccia è completata da alcuni pulsanti che permettono di tornare alla schermata precedente o accedere a delle informazioni. Selezionando ognuno dei modelli 3D delle torri costiere, si accede ad una nuova scena. Qui è possibile visualizzare il modello 3D delle singole torri, dotate di *texture* ed è possibile interagire con i modelli ruotandoli e ingrandendone la visualizzazione. L'interfaccia è costituita da diversi pulsanti che permettono di aprire diverse finestre con informazioni di svariato gene-

re: il pulsante 'Info' contiene informazioni generali sulla torre come la localizzazione, la denominazione, l'anno di fondazione, lo stato di conservazione. Il pulsante 'History' apre una finestra contenente la storia e la descrizione della tipologia della torre. Infine il pulsante 'Photo' contiene appunto una fotografia di riferimento. Ognuna di queste finestre è dotata di un pulsante denominato 'Return' che permette di chiudere la finestra e tornare alla visualizzazione del solo modello 3D. Il database che questo strumento di condivisione o APP rappresenta, è un database aperto

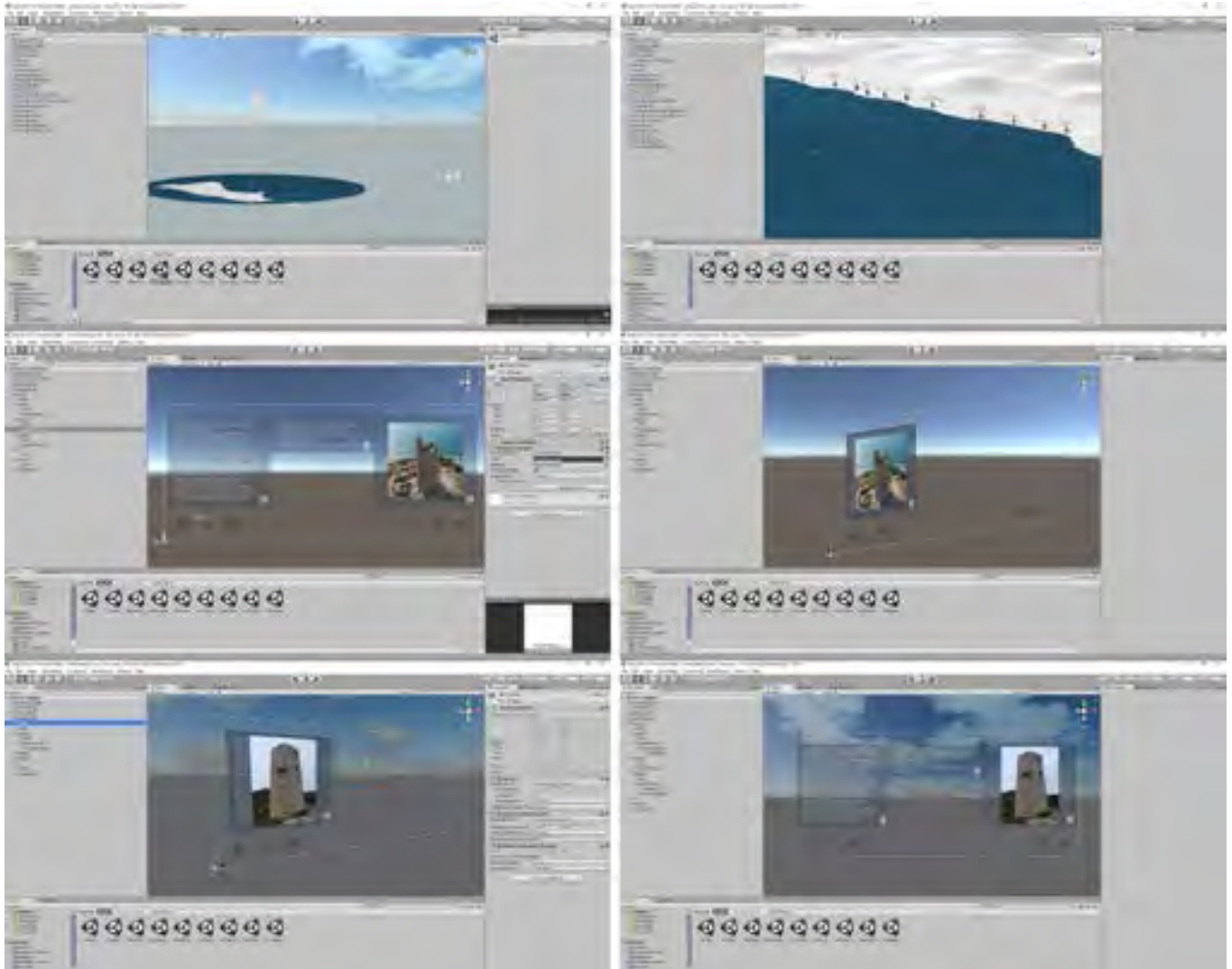


e può essere incrementato con altre informazioni in qualsiasi momento.

Visto che lo stato di conservazione delle torri non sempre risulta essere ottimale e che, nonostante i restauri, le torri non siano state ricostruite integralmente come nel loro stato originario, è auspicabile in futuro l'inserimento di modelli 3D che ne facciano apprezzare la loro forma e il loro aspetto passato. Questo è possibile attraverso l'inserimento di nuovi pulsanti e la creazione di nuove scene dove inserire i modelli 3D della ricostruzione virtuale delle torri.

L'obiettivo nodale di questa esperienza di documentazione è stato quello di riuscire a creare uno strumento che riesca a 'collegare' il sistema delle torri della costa levantina, che sono ad oggi abbandonate sia fisicamente che anche in termini di ricerca e di valorizzazione.

Fig. 66 (pagina a fianco) Alcune schermate acquisite durante le fasi di progettazione e realizzazione della 'canvas' della applicazione. Sono stati utilizzati pulsanti personalizzati e disegnati appositamente per questo progetto. **Fig. 67** (sotto) Alcune schermate che descrivono le fasi di realizzazione della scena denominata 'scenario' e delle scene relative a ciascuna diversa torre.



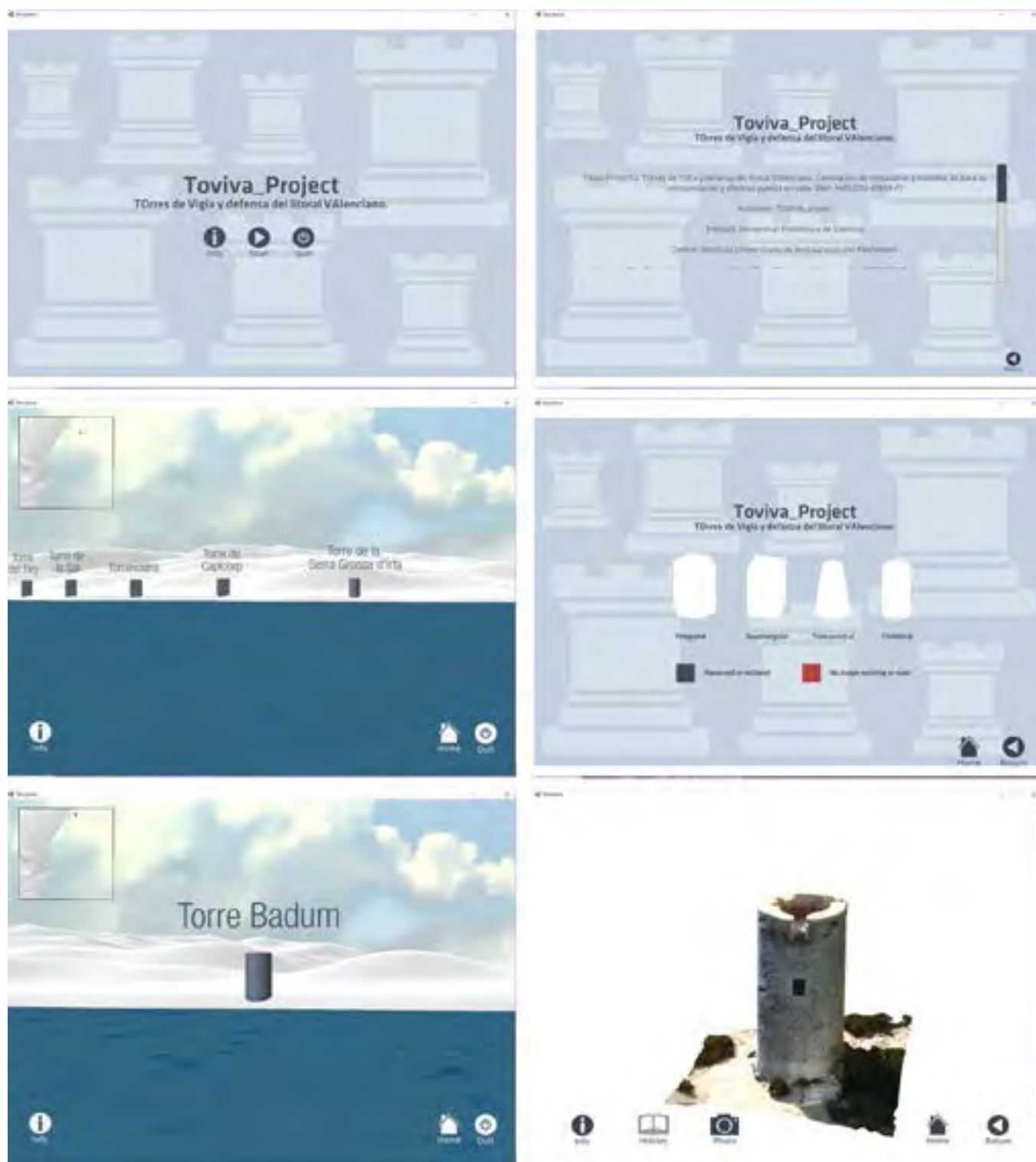




Fig. 68 (pagina a fianco) Principali schermate di gioco, sia del 'Main Menù' che dello scenario dove si trovano le torri interattive. Esempio di visualizzazione della Torre Badum nel momento in cui il fruitore la seleziona ed inizia la navigazione nella scena di quella specifica torre.

Fig. 69 (sopra) Esempi di visualizzazione di due torri diverse, una troncoconica, l'altra poligonale, in cui si vedono aperte rispettivamente le schede informative denominate 'Info' e 'Photo'. Si auspica l'inserimento futuro del pulsante '3D model' che permetta di visualizzare la ricostruzione di ciascuna torre.

Note

1 Lo Sketchpad di Ivan Sutherland fu un rivoluzionario programma per computer che egli sviluppò per la sua tesi di Dottorato nel 1963 e che gli fornì la vittoria del Premio Turing nel 1988 e del Premio Kyoto nel 2012. Questo programma può essere considerato il precursore dei sistemi CAD odierni e il punto di svolta per la computer grafica.

2 Il primo *software* commerciale a disporre di strumenti utili alla realizzazione di modelli tridimensionali fu Inno-vator, della casa produttrice Intergraph Corp agli inizi degli anni Ottanta

3 Tecniche di *sculpting* sono utilizzate da programmi come Zbrush di Pixologic e Modo di Luxology. Si tratta di ‘scultura digitale’ per la realizzazione di modelli 3D ad alta definizione utilizzata in particolare per la rappresentazione di umanoidi, mostri e esseri animali all’interno di videogiochi, animazioni e film. Si parla di ‘scultura’ perché si è soliti cominciare dal modificare una figura solida primitiva interagendo direttamente su di essa e modificandone le forme e la geometria.

4 Un esempio di visualizzazione *wireframe* è quella del gioco Elite, un videogioco di simulazione spaziale pubblicato da Acornsoft nel 1984.

5 George Boole è stato un matematico britannico ed è considerato il fondatore della logica matematica. Nel 1847 pubblicò l’opera ‘An investigation of the Laws of thought’ fondando di fatto la teoria delle algebre di Boole o più semplicemente l’algebra Booleana dove le operazioni fondamentali non sono addizione e sottrazione ma gli operatori logici, ovvero elementi grammaticali di collegamento che instaurano due proposizioni A e B una relazione che ne origina una terza.

6 Ambiguità nell’utilizzo della parola poligonale. In seguito (per descrivere la modellazione per scansione) verrà utilizzata la parola ‘poligonale’ o *mesh* per indicare le superfici frutto di una misura strumentale (Laser Scanner o SfM) e non del tracciamento manuale dell’operatore.

7 Con ‘vettore’ si intende la distanza tra i nodi

8 Si citano a titolo esplicativo alcuni *software*: Romulus di Shape Data del 1981, Pro/engineer di Parametric Technology Corporation del 1987 e Parasolid di Shape Data Limited (oggi Siemens PLM Software) del 1988.

9 Questo si verifica ad esempio nel caso di Laser Scanner a tempo di volo (TOF - Time of Flight).

10 Con ‘*reverse engineering*’ si indicano i processi per il quale un oggetto costruito viene ‘decostruito’ per rivelarne i disegni, l’architettura o più semplicemente per estrarne informazioni metriche e si applica nei settori dell’Ingegneria meccanica e nell’ingegneria elettronica. Il termine ‘*reverse modelling*’ nel campo del Design industriale si riferisce ai procedimenti di modellazione 3D a partire da un oggetto esistente o da un modello 3D.

11 Il numero dei poligoni dipende dai valori di acquisizione e di accuratezza che l’operatore imposta.

12 La versione utilizzata è Rapidform 2012.

13 La versione utilizzata è Geomagic Wrap 2014.

14 Si indicano con i numeri tra parentesi i numeri corrispondenti ai comandi di Geomagic precedentemente descritti.

15 In fotometria la ‘luminanza’ è il flusso luminoso emesso per unità di superficie apparente e per unità di angolo solido da una fonte luminosa.

16 Il ‘baking’ è un processo che si utilizza per pre-calcolare la texture e le informazioni di illuminazione. Si utilizza generalmente per applicazioni che necessitano di una visualizzazione in tempo reale o per eliminare il sovraccarico di calcolo dalle scene di rendering. Nel caso di modelli 3D con un alto numero di poligoni è possibile generare una mappa di normali tramite questo modello e poi applicarla ad un modello low-poly così da ridurne la pesantezza ma assicurandone caratteristiche di resa materica migliore.

17 Crediti del progetto. PURE: Productivity and Urban Renewal in East Jerusalem, Responsabile scientifico: Ste-

fano Bertocci (DIDA), Sandro Parrinello (DICAr). Coordinatore tecnico: Francesca Picchio (DICAr), Michelangelo Pivetta (DIDA), Giovanni Minutoli (DIDA). Collaboratori: Pietro Becherini, Raffaella De Marco, Francesca Galasso, Monica Bercigli, Matteo Bigongiari, Davide Lucia, Giacomo Razzolini, Emiliano Morvillo, Stefano Lacala, Gianpiero Germino, Simone Orlandi, Gabriele Martella. Confronta bibliografia: Bertocci et Al. (2018), Bertocci et Al. (2017), Parrinello (2018), Parrinello (2016), Parrinello et Al. (2017a), Parrinello et Al. (2017b), Pivetta et Al. (2017)

18 Crediti del progetto. Responsabile scientifico: Stefano Bertocci (DIDA), Sandro Parrinello (DICAr). Coordinatore tecnico: Michelangelo Pivetta, Francesca Picchio, Assistente coordinatore: Monica Bercigli. Staff Tecnico: Andrea Arrighetti, Giovanni Minutoli, Andrea Pagano. Collaboratori: Raffaella de Marco, Giacomo Talozzi, Ludovica Rio, Elisa Pierini, Pierpaolo Lagani, Marco Repole, Davide Lucio, Vincenzo Moschetti, Giacomo Razzolini. Confronta bibliografia: Pivetta et Al. (2016), Parrinello (2017), Parrinello et Al. (2016),

19 Il ‘*mosam*’ è un festival che si svolge presso Nabi Musa ed ha un rilevante significato per il popolo palestinese. (<https://thisweekinpalestine.com/wp-content/uploads/2015/03/Maqam-En-Nabi-Musa-Al-Kalim.pdf>)

20 Il ‘*wall thickness*’ è lo spessore minimo che devono avere le superfici di un modello 3D per essere supportati dai *software* per la protipazione.

21 Confronta capitolo 8 riguardo alla realizzazione degli *avatar* e agli *asset* di gioco.

22 Crediti al progetto. Responsabile Scientifico: Sandro Parrinello (DICAr), Antonio Gome Blanco Pontes. Coordinatore scientifico: Francesca Picchio (DICAr). Collaboratori: Agata A. Michot Roberto, Emilia Navarrete Ruiz, Pietro Becherini, Matteo Bigongiari, Raffaella de Marco, Federico Cioli, Anna dall’Amico, Eugenia Bordini, Monica Bercigli, Kseniia Mezenina, Luca Frigerio, Giulia Montanaro, Andrea Campotaro, Giulia Porcheddu. Confronta bibliografia: De Marco (2018), Parrinello et Al. (2017), Dell’Amico (2018).

23 L’applicazione AURASMA utilizzata è stata acquisita da HP Reveal (<https://www.hpreveal.com/>).

24 Con ‘N-gons’ si indicano i poligoni costituiti da più di 4 lati.

25 Confronta il sito del progetto TOVIVA (<http://toviva.blogs.upv.es/>) e i riferimenti bibliografici: Bertocci et Al. (2018), Bettini (2015), Gandia et Al. (2017), Gil Piqueras & Rodriguez-Navarro (2015; 2017), Gonizzi Bersanti et Al. (2017), Juan Vidal (2015), Lillo Giner & Rodriguez-Navarro (2015), Rodriguez-Navarro (2017), Rodriguez-Navarro et Al. (2016), Rodriguez-Navarro et Al. (2015a), Rodriguez-Navarro (2015), Rodriguez-Navarro et Al. (2015b), Soler Estrela (2015), Varela Botella (2015).

26 Confronta Bettini (2015)

27 Per facilitare l’acquisizione delle torri nella loro interezza è stato utilizzato un drone con una camera installata. La camera usata è una Sony *a7R* con una risoluzione di 36.4 MP, un sensore full frame CMOS e una lente ZEISS *f4* con una lunghezza focale di 24-70 mm.



Fig. 1 (in alto a sinistra) Nella raffigurazione vi è un antico gioco egiziano chiamato Senet e risalente al 3000 a.C. circa; oltre ad essere un passatempo aveva un significato 'religioso' e si pensava che il risultato di una partita tra un defunto e il Destino decidesse le sorti dopo la morte. (sotto) Vi è il 'Gioco dei Re' o 'Venti Quadrati', ritrovato per la prima volta in Mesopotamia nella città di Ur e risalente al 2500 a.C. Gli studiosi ipotizzano un'analogia con il gioco del Backgammon. (sotto) Una tavola antica del gioco del Backgammon è stata trovata nella tomba di Tutankhamen e risale al 1500 a.C. (In alto a destra) una raffigurazione di un antico gioco da tavolo cinese detto 'Bo' o 'Liubo' inventato non più tardi del I millennio a.C., (sotto) alcuni dadi romani detti 'aleae'. Il bossolo utilizzato per lanciare i dadi era detto 'astragalo' o 'fritillus'.

CAPITOLO III

Learning by doing: i serious game per la valorizzazione e la divulgazione del Patrimonio

“Play cannot be denied. You can deny, if you like, nearly all abstractions: justice, beauty, truth, goodness, mind, God. You can deny seriousness, but not play”.

J. Huizinga

Come accennato precedentemente negli ultimi decenni la tecnologia si è sviluppata in maniera esponenziale, e anche l'industria dell'*entertainment* è cresciuta molto. I giochi sono un potente mezzo per immergere le persone in 'nuovi' mondi e motivarle nel fare certe attività, in funzione anche di una crescita dal punto di vista cognitivo e comportamentale. Riguardo al concetto di gioco e ai giochi è stato scritto molto durante il corso dei secoli e vari campi si sono occupati di queste tematiche, come la psicologia e la pedagogia, ma anche la letteratura e la filosofia. Vi sono poi discipline più 'recenti' come la ludologia definita da Gonzalo Frasca il quale ha sottolineato la mancanza di una disciplina formale e coerente riguardo ai giochi. La ludologia può essere definita come una disciplina che studia i giochi in generale e i videogiochi in particolare (Frasca, 2003) e mira alla comprensione della struttura dei giochi, dei suoi elementi e delle sue regole. Frasca esplora i concetti di rappresentazione e simulazione all'interno dei videogiochi, intendendo la simulazione come un mezzo per esprimere messaggi che la 'narrazione semplice' non riesce ad esprimere. La simulazione non è un nuovo strumento ma è sempre stata presente nei sistemi di rappresentazione tradizionale in maniera limitata a causa dell'inadeguata evoluzione tecnologica fino alla rivoluzione segnata dall'uso del computer.

Nei paragrafi successivi si espongono le principali linee di ricerca di storici, sociologi e di altre figure di spicco che hanno esplorato il concetto di 'gioco' nel

XX secolo, tralasciando l'approfondimento dell'ampia bibliografia¹ in merito al dibattito sulla pedagogia del gioco e dei suoi effetti sul processo di apprendimento nei bambini. Le modalità di gioco e lo spazio di interazione, a partire dalle attività tradizionali 'all'aria aperta', i giochi da tavolo fino all'avvento dei videogiochi e le sale giochi, si sono evolute con la tecnologia fino al coinvolgimento di applicazioni AR e VR per lo svolgimento di 'narrazioni' a metà tra spazio reale e spazio virtuale.

A seguito di una breve storia dei videogiochi e delle loro caratteristiche essenziali, si introduce il concetto di *serious game* in accordo con Prensky (2001) il quale afferma che 'learning via digital games is one good way to reach digital natives in their native languages', è possibile affermare che i giochi costituiscono un *medium* importante, ma ancora sottovalutato, per la condivisione del patrimonio, e che il rapporto tra modelli 3D e videogiochi costituisce un campo di indagine prezioso per lo sviluppo di strumenti utili alla diffusione dei beni culturali funzionali alle strutture museali e per accrescere la consapevolezza del patrimonio da parte di un ampio pubblico.

3.1 Sul concetto di gioco

“Play is older than culture, for culture, however inadequately defined, always presupposes human society, and animals have not waited for man to teach them their playing. We can safely assert, even, that human civilization has added no essential feature to the general idea of play. Animals play just like men”

J. Huizinga

Per tutto il corso della storia dell'umanità l'attività ludica ha rivestito un ruolo di primaria importanza ed

accomuna l'uomo e l'animale più di quanto si possa pensare. Il gioco è la principale attività del bambino durante la sua infanzia e rappresenta un fenomeno essenziale che si manifesta tramite azioni spontanee. Come accennato, una disciplina che si è occupata di indagare le attività ludiche è la psicologia, a partire da Sigmund Freud² e dalla sua individuazione dell'attivazione del processo di identificazione proprio attraverso il gioco, fino a Jean Piaget³ che riconosce

il gioco come fondamentale attività per lo sviluppo della sfera cognitiva. Altri aspetti sono stati indagati dalla pedagogia⁴ che affronta la tematica dell'introduzione del gioco nel campo educativo, come ad esempio il sistema sviluppato da Maria Montessori, il cosiddetto 'Metodo Montessori'⁵ che si basa sulla libertà di scelta da parte del bambino del proprio percorso educativo e sul suo naturale sviluppo fisico, sociale e cognitivo.

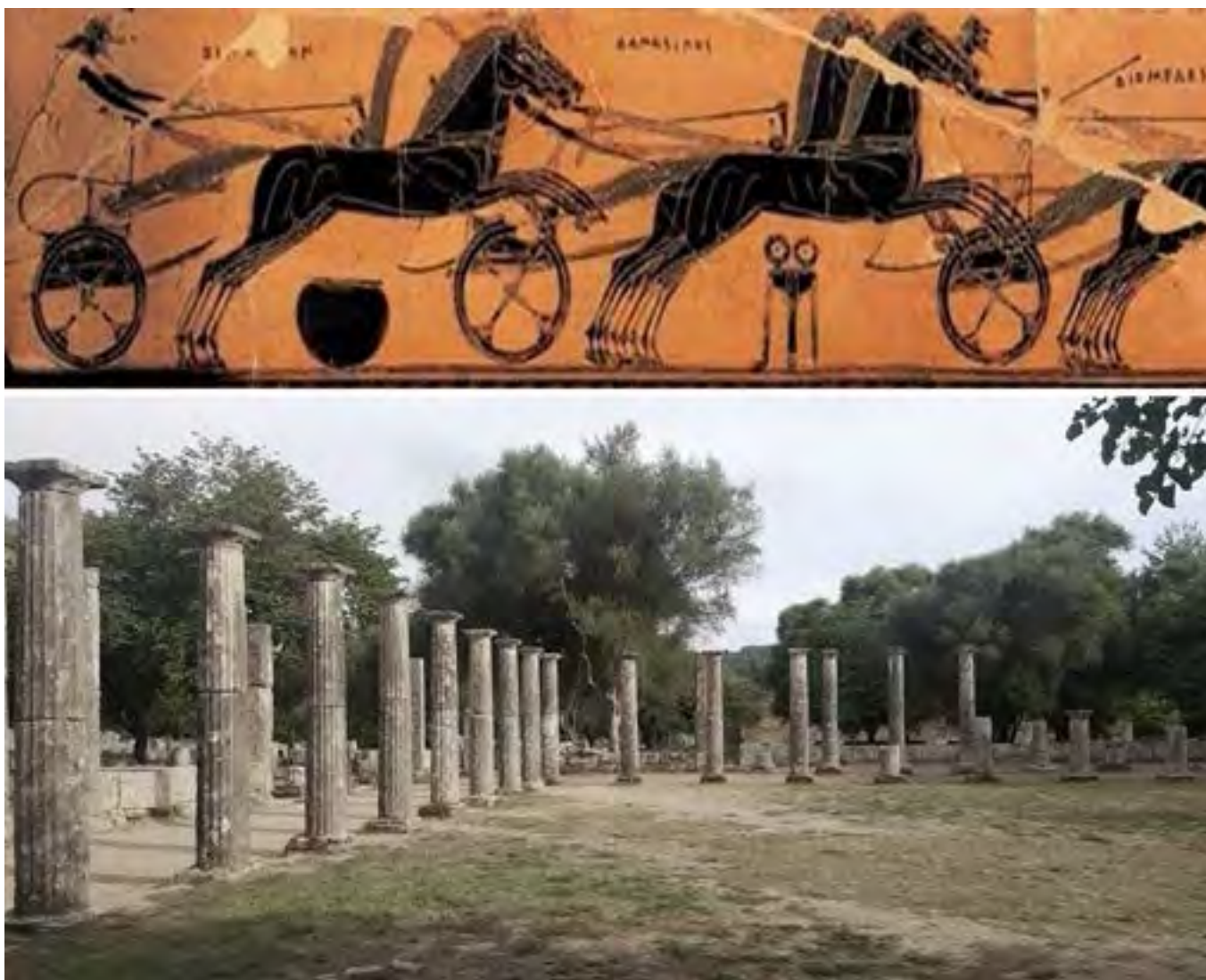


Fig. 2 (sopra) Una porzione del Vaso François, rinvenuto a Chiusi nel 1800 e raffigurante scene mitologiche e decorative. In questo particolare vi è la corsa dei carri, un evento dei giochi funebri tenuti da Achille in onore di Patroclo. (sotto) La Palaestra di Olimpia nel Peloponneso veniva utilizzata durante l'Epoca Classica per eventi sportivi 'pesanti' quali pugilato e lotta.

Il primo ‘classico contemporaneo’ sull’argomento è il saggio intitolato *Homo Ludens* dello storico olandese Johan Huizinga del 1939 che definisce il gioco come propulsore dell’arte e di tutte le attività umane da cui si sviluppa la cultura in tutte le sue diverse forme (Huizinga, 1949) e accanto all’*homo faber*, colui che crea ed è artefice e che trasforma le cose secondo le proprie esigenze, trova spazio l’*homo ludens*.

Huizinga ha una visione ‘ludocentrica’ dove tutto nasce dal gioco e gli altri istituti culturali vivono e progrediscono in relazione al principio ludico, e il gioco stesso, dal momento esatto in cui finisce, diventa un fenomeno culturale che essendo stato creato dalla mente è degno di essere conservato dalla memoria. Diverse correnti di pensiero e opinioni riguardo al concetto di gioco affermano che questo sia istinto imitativo o semplice bisogno di *relax*, o ancora una innata spinta ad esercitare una certa facoltà o un desiderio; Eugen Fink, filosofo tedesco, sostiene che il gioco abbia scopi solo interni a sé, che non rimandano ad altro e il cui senso sia puramente autosufficiente (Fink, 2008) mentre Huizinga ritiene che il gioco sia una funzione significativa che ha uno scopo, un qualcosa di molto più che un semplice fenomeno o riflesso psicologico.

All’interno del saggio *Homo Ludens* il gioco viene definito in base a diverse caratteristiche: si tratta di una attività libera a cui un individuo prende parte per propria iniziativa, è una ‘finzione’ poiché genera una realtà diversa da quella di tutti i giorni ed è soprattutto una attività disinteressata. Si svolge entro certe limitazioni di tempo e di spazio e segue un codice e precise regole a cui il giocatore decide volontariamente di sottostare (Huizinga, 1949).

Il concetto noto come ‘cerchio magico’ indica un confine tra il gioco e il mondo al di fuori del gioco stesso (Zimmerman, 2012) e viene utilizzato da Huizinga per suggerire l’idea che i giochi possono essere considerati come entità separate dalla vita di ogni giorno. Il concetto del ‘cerchio magico’ è ripreso anche dal sociologo francese Roger Callois con il suo saggio intitolato *I giochi e gli uomini* del 1958. Egli sostiene che in origine i giochi avessero a che fare con pratiche religiose e che costituissero una attività ‘libera’ circondata da una atmosfera di divertimento e disten-

sione (Callois, 2014). Si tratta di una attività definita da diverse caratteristiche che riprendono quelle già espresse da Huizinga con il ‘cerchio magico’:

Libera: un giocatore sceglie se giocare e non può essere obbligato

Separata: si tratta di una attività circoscritta entro limiti di tempo e spazio

Incerta: lo svolgimento e il risultato non possono essere determinati preliminarmente

Improduttiva: non crea né una ricchezza né ‘elementi’ nuovi, si ottiene piuttosto uno ‘spostamento’ di proprietà tra i giocatori

Regolata: sottoposta a precise regole e convenzioni
Fittizia: accompagnata dalla consapevolezza di una diversa realtà o una totale irrealtà rispetto alla vita normale.

I giochi secondo Callois agiscono secondo due poli opposti, la *paidia* che identifica il divertimento, la fantasia incontrollata e la turbolenza, e la *ludus* che identifica invece la regola, lo sforzo e l’abilità e possono essere classificati secondo quattro categorie fondamentali, in base alla caratteristica predominante:

Agon (competizione). I giochi appartenenti a questa categoria sono i giochi competitivi, basati su qualità come forza, memoria, resistenza, rapidità etc. Possono essere sia prove fisiche come gli sport oppure prove intellettuali come ad esempio il gioco degli scacchi. L’Agon si manifesta come la forma più pura del merito personale ed è regolato dalla condizione di uguaglianza iniziale tra tutti i giocatori e le loro possibilità.

Alea (parola latina che indica il gioco dei dadi). I giochi basati sull’Alea sono quelli che non dipendono dal giocatore bensì dalla sorte, dal destino, e dove il giocatore non impiega le proprie qualità in nessun modo. Il gioco d’azzardo senza la componente della ‘scommessa’ non sarebbe interessante ma piuttosto noioso e dunque ha bisogno di uno scopo che si identifica con il ‘guadagno’. L’Alea nega il lavoro, la pazienza e la destrezza, è l’avversità totale o la fortuna assoluta.

Nel pensiero di Callois queste due categorie si trovano alle opposte estremità poiché caratterizzate da

‘principi’ contrari e altre due categorie in cui sono predominanti altre caratteristiche, dividono così il ‘mondo’ dei giochi quadranti:

Mimicry (mimetismo). Il giocatore in questo caso accetta l’illusione temporanea di un universo diverso, lontano dalla realtà, ovvero gioca ‘a credere’ o ‘a far credere agli altri’ e non si tratta quindi di un vero e proprio inganno poiché tutti i giocatori sono consapevoli della situazione. Anche i bambini durante l’infanzia si trovano a imitare gli adulti che li circondano, giocano a ‘travestirsi’ oppure imitando i ‘mestieri’.

Ilinx (vertigine). Parola derivante dal greco *ilingos*, indica i giochi che si basano appunto sulla ricerca della ‘vertigine’ per far subire alla coscienza lucida una sorta di panico. Si tratta di sottrarsi alle regole fisiche per ricercare la sensazione del ‘pericolo controllato’ ma anche alle regole morali, come il disordine e le azioni proibite. Oggi possiamo identificare questa categoria con i giochi dei parchi divertimenti, le giostre e gli sport estremi, che propongono attrattive per la ricerca di queste sensazioni.

Questi atteggiamenti sopra descritti e le caratteristiche elencate non si riscontrano nei giochi in maniera isolata ma possono manifestarsi insieme secondo

particolari combinazioni che Huizinga descrive nella sua opera.

Il concetto del ‘cerchio magico’ rimane centrale anche nel pensiero di Eric Zimmerman e Chris Crawford anche se ritengono che non tutti i giocatori siano interessati a rimanere all’interno di esso, sfidando così il ‘cerchio’ ad aprirsi per lasciar posto agli aspetti reali (Egenfeldt-Nielsen et Al., 2008).

Crawford ritiene che il gioco sia un sistema formale chiuso, con una propria struttura e autosufficiente, e che sia il veicolo più antico e radicato nel tempo, l’originale tecnologia educativa che ha ricevuto il sigillo di approvazione dalla selezione naturale (Crawford, 1984) mentre Brian Sutton Smith, teorico del gioco ed educatore, sostiene che “il gioco è ciò che decidiamo dovrebbe essere” (Avedon et Al., 1971) e a differenza di Huzinga e Callois afferma che i giochi riflettono l’evoluzione della società e sono parte inevitabile di ogni cultura.

Secondo pensiero di Crawford il concetto di gioco è legato a quello di arte: l’artista nel senso stretto del termine solitamente crea un’opera o una esperienza che il pubblico incontrerà direttamente, mentre per il gioco l’artista crea le condizioni e le regole ma è

	AGON (Competition)	ALEA (Chance)	MIMICRY (Simulation)	ILINX (Vertigo)
PAIDIA Tumult Agitation Immoderate laughter Kite-flying Solitaire Patience Crossword puzzles LUDUS	Racing Wrestling Etc. Athletics Boxing, Billiards Fencing, Checkers Football, Chess Contests, Sports in general	Counting-out rhymes Heads or tails Betting Roulette Simple, complex, and continuing lotteries*	Children's Initiations Games of Illusion Tag, Arms Masks, Disguises Theater Spectacles in general	Children "whirling" Horseback riding Swinging Waltzing Volador Traveling carnivals Skiing Mountain climbing Tightrope walking

Fig. 3 Tabella di Callois che riassume la suddivisione delle diverse ‘tipologie’ di giochi secondo la loro caratteristica predominante e che agiscono secondo i due poli opposti: la paidia che identifica il divertimento, la fantasia incontrollata e la turbolenza, e la ludus che identifica invece la regola e lo sforzo.

il pubblico stesso a creare la propria personale esperienza. I giochi a differenza di altre forme di intrattenimento come cinema, teatro e la lettura di libri, possono essere definiti ‘partecipativi’, dove il giocatore può creare la storia attraverso le conseguenze delle proprie azioni. Una storia si svolge solitamente in maniera lineare attraverso relazioni immutabili di causa-effetto ed è pensata per essere ‘vissuta’ una sola volta, mentre il gioco con la propria struttura narrativa ‘ramificata’ (Crawford, 1984) diviene una esperienza multiuso poiché è possibile imbattersi o scegliere ‘rami’ diversi ogni volta.

L’evoluzione tecnologica ha permesso di sviluppare nuove forme di gioco, o meglio un nuovo *medium* per la loro fruizione, che permettono di estendere e ramificare la narrazione in maniera molto articolata. Il vantaggio di quella che possiamo definire una ‘rappresentazione interattiva e partecipativa’, propria dei videogiochi, permette di esplorare tutte le parti e gli aspetti di una storia.

Il ruolo che ricopre oggi la figura del *Game Designer* è quello di un vero e proprio ‘artista’ in grado di individuare e dedurre le mosse di un eventuale giocatore, le sue aspettative rispetto alla narrazione e alla grafica, così da creare ‘colpi di scena’ credibili che forniscano al giocatore una esperienza inaspettata e fuori dal comune. A questo proposito Crawford sostiene che “i videogiochi sono simili alle caramelle, ai fumetti e ai cartoni animati. Tutte e quattro le attività forniscono esperienze intense o esagerate. Che utilizzino lo zucchero, punti esclamativi o esplosioni animate, l’obiettivo è lo stesso: offrire esperienze estreme”.

L’interazione gioca un ruolo cruciale per la riuscita nella creazione di queste sensazioni poiché permette al giocatore di sentirsi parte attiva della narrazione e lo schermo del computer, nel caso dei videogiochi, diviene come una sorta di spazio di sperimentazione e innovazione.

I videogiochi possono essere considerati gli eredi delle arti popolari adattati all’era digitale, come lo erano prima i media rispetto all’era delle macchine (Jenkins, 2015), sono ‘arti vivaci’ che suscitano nelle persone emozione senza dover per forza fare appello all’intelletto come fanno le arti classiche (Seldes,

1957). Durante tutto il XX secolo pensatori ed altri esperti hanno discusso riguardo al concetto di gioco e a tutti gli aspetti ad esso legati, sono state descritte le caratteristiche dei diversi giochi e sono stati classificati secondo criteri specifici ma non sono state mai formulate definizioni formali.

In accordo con Egenfeldt-Nielsen si riportano due definizioni formulate da studiosi che negli ultimi anni hanno “raccolto la sfida di definire i giochi” (Egenfeldt-Nielsen et Al., 2008). La prima ci è suggerita dai teorici del gioco Katie Salem e Eric Zimmerman che definiscono il gioco come “a system in which players engage in an artificial conflict, defined by rules, that results in a quantifiable outcome” (Salen et Al., 2003), mentre la seconda appartiene al teorico Jaspert Jull che definisce il gioco “a rule-based formal system with a variable and quantifiable outcome, where different outcomes are assigned different values, the player exerts effort in order to influence the outcome, the player feels attached to the outcome, and the consequences of the activity are optional and negotiable” (Jull, 2003).

In entrambe le definizioni emerge il fatto che il gioco produca in qualche modo un risultato quantificabile, di qualsiasi natura esso sia, ed allo stesso modo la definizione del dizionario italiano (Treccani) che definisce il ‘gioco’ come “qualsiasi attività liberamente scelta a cui si dedichino, singolarmente o in gruppo, bambini o adulti senza altri fini immediati che la ricreazione e lo svago, sviluppando ed esercitando nello stesso tempo capacità fisiche, manuali e intellettive”, ci suggerisce che sia il giocatore influenzare il risultato con le proprie capacità e che allo stesso tempo ne consolidi o ne sviluppi di nuove.

Questa consapevolezza da parte del giocatore di svolgere un ruolo attivo e dinamico nello sviluppo del gioco e della possibilità di acquisire nuove capacità e di poterle sfruttare nel gioco stesso, emerge con forza anche nei ‘videogiochi’. Questi rappresentano dunque un *medium* di grande rilevanza nell’era digitale e devono essere sfruttati anche in ambiti non propri dell’*entertainment*, superando l’ostacolo ‘culturale’ che il videogioco costituisca un nemico dell’educazione e dell’apprendimento, che sia un elemento di distrazione dalle attività tradizionali.

3.2 Breve storia dei videogiochi

I primi calcolatori realizzati durante la seconda guerra mondiale e il loro sviluppo dettero l'impulso per l'ideazione dei primi giochi elettronici e un brevetto depositato nel 1947 presso l'ufficio brevetti statunitense con il nome *Cathode-ray tube amusement device* può essere considerato il primo gioco elettronico. Nella prime righe del brevetto depositato da Thomas T. Goldsmith Jr e Estle Ray Mann si legge "this in-

vention relates to a device with a game can be played. The game is of such a character that it requires care and skill in playing it or operating the device with which practice and the exercise of care contributes to success" (Brevetto, 1947). Si tratta di un dispositivo che simula il lancio di missili verso un bersaglio. Uno schermo a tubo catodico con 'maschere' di plastica trasparente con elementi disegnati simulavano i bersagli, il giocatore poteva cambiare la traiettoria dei missili tramite l'uso di monopole e quando gli obiet-

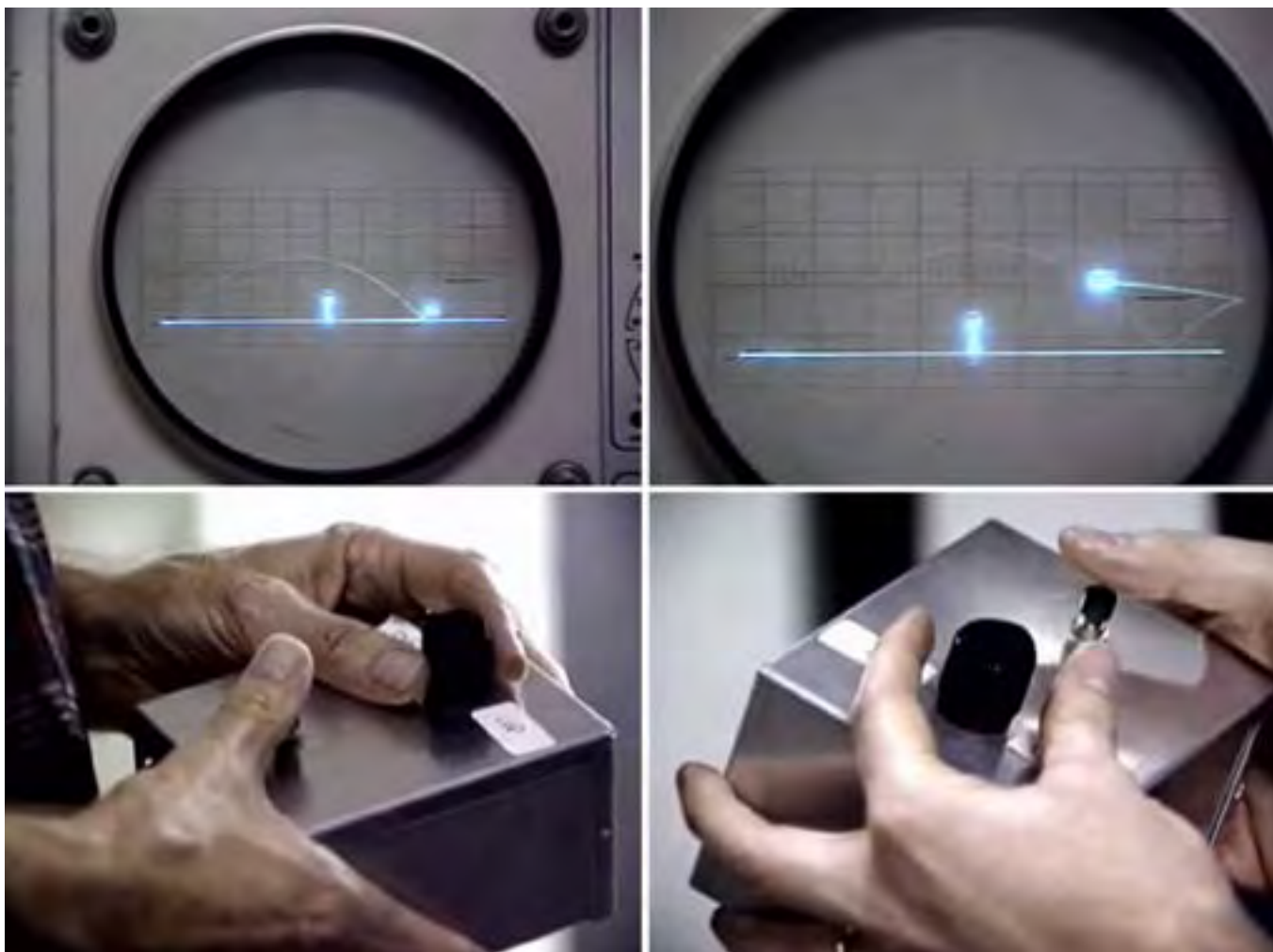


Fig. 4 (sopra) 'Tennis for two'. Nel 1958 William Higinbotham ideò e sviluppo un sistema per intrattenere i visitatori del laboratorio Brookhaven National Laboratory di New York. Il gioco consisteva in una partita di tennis e attraverso una manopola era possibile regolare la traiettoria di un puntino luminoso che simulava una pallina da tennis e doveva oltrepassare una linea (la rete).

Fig. 5 (pagina a fianco) Nel 1972 l'azienda Atari realizzò il primo gioco arcade di successo chiamato 'Pong' disponibile per la console Magnavox Odyssey.



tivi venivano colpiti, venivano emessi simboli per indicare una esplosione.

A seguito di altre sperimentazioni che utilizzavano il tubo catodico come schermo, nel 1958 William Higinbotham ideò e sviluppò un gioco chiamato *Tennis For Two* per intrattenere i visitatori del laboratorio Brookhaven National Laboratory di New York. Il gioco simulava una partita di tennis dove due persone attraverso una manopola regolavano la traiettoria della pallina così da oltrepassare la

rete. Questo videogioco può essere considerato il precursore del più famoso *Pong* che introdusse inoltre il *joystick* come strumento separato.

Negli anni '60 alcuni studenti del MIT tra cui Steve Russell svilupparono il gioco *Spacewar!*, ancora lontano da quelli che oggi chiamiamo videogiochi ma che comunque riscosse un notevole successo, in particolare grazie al computer DEC PDP-1 attraverso il quale venne diffuso. Si trattava di un gioco dove era possibile scontrarsi solo con un avversario umano poiché

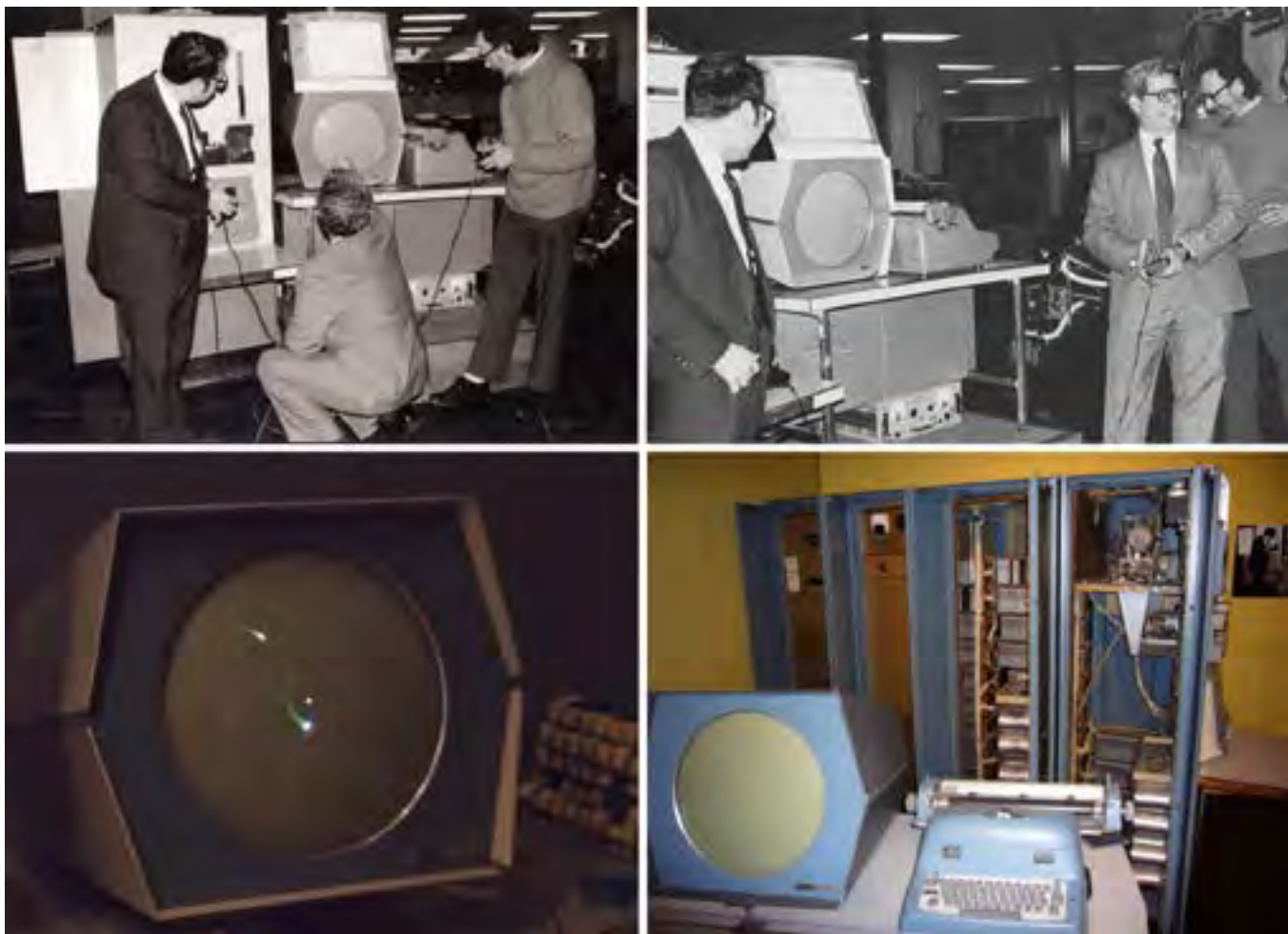
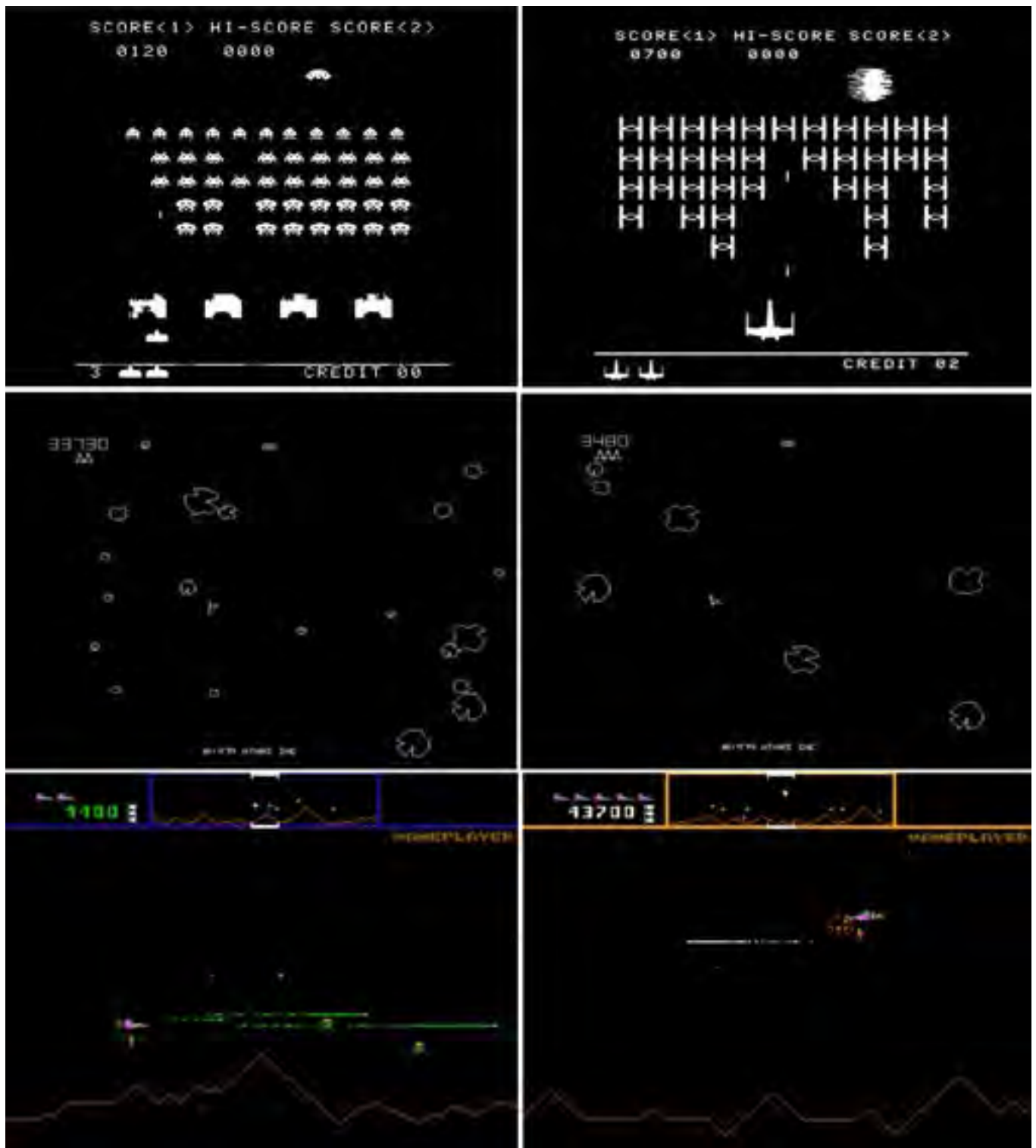


Fig. 6 (sopra) Negli anni '60 alcuni studenti del MIT svilupparono il gioco chiamato *Spacewar!* grazie alla nascita del computer DEC PDP-1.

Fig. 7 (pagina a fianco) A partire dall'alto i videogiochi arcade di maggior successo diffusi tra gli anni '60 e gli anni '70: *Space Invaders* di Taito, *Asteroids* di Atari, e *Defender* di WMN Industries, primo gioco a scorrimento. Si tratta di giochi dalla grafica essenziale in cui astronavi o aerei devono colpire elementi che si muovono sullo schermo.



il computer non era ancora dotato di intelligenza artificiale. Lo scopo del gioco era quello di colpire l'avversario con un missile sparato da un'astronave che poteva compiere rotazioni in senso orario o antiorario e accelerare. Più tardi, nel 1966, è nata quella che può essere considerata la prima *console* per videogiochi, ovvero un apparecchio che per funzionare sfruttava, e sfrutta tutt'oggi, i televisori già installati nelle case.

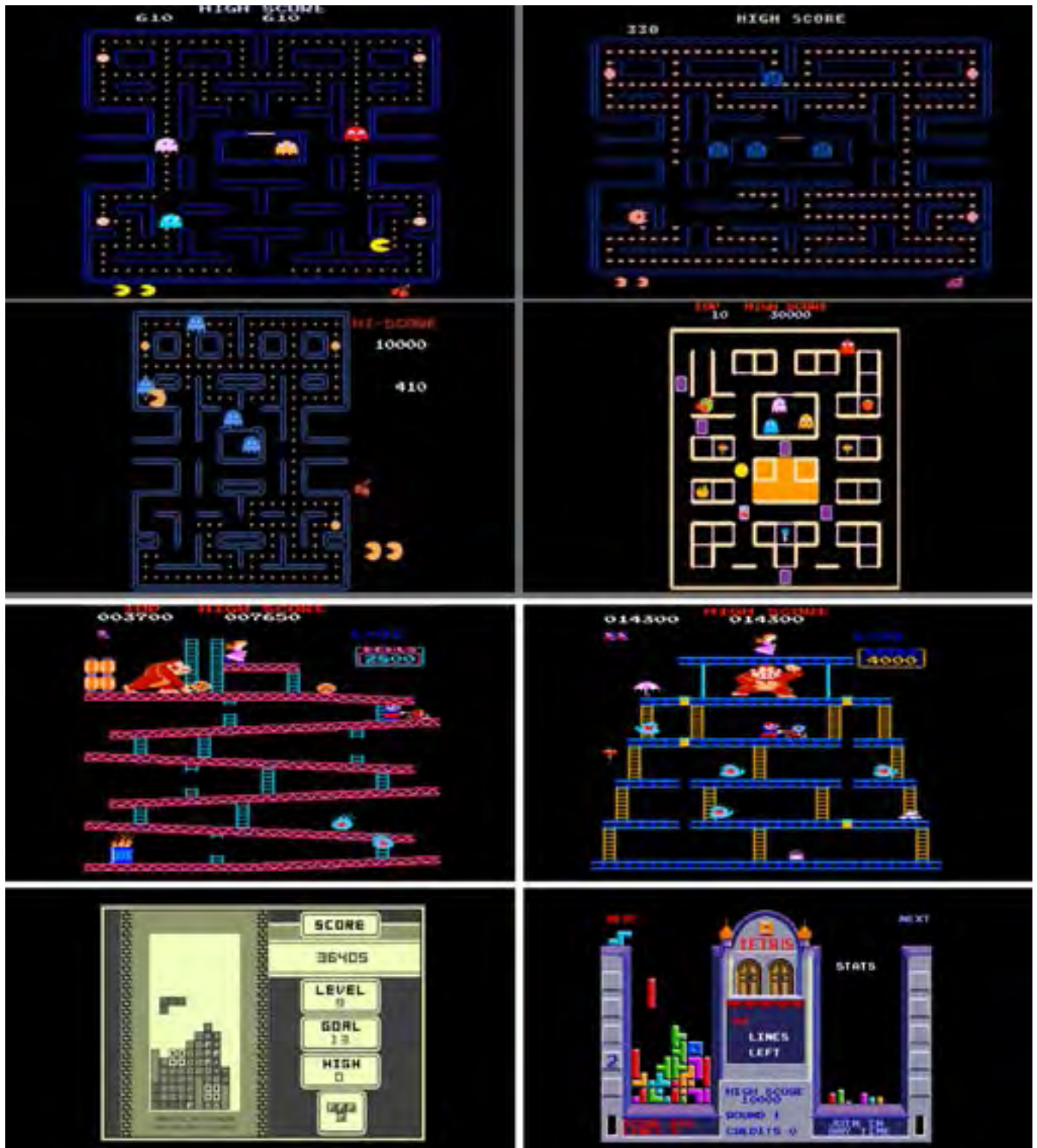
Soltanto dopo un accordo con l'azienda *Magnavox*, l'ingegnere Ralph H. Bear produsse nel 1968 *Odyssey*, la prima vera e propria console, messa in commercio nel 1972.

I giochi fino ad ora menzionati appartengono alla categoria dei 'giochi di azione' e sono stati i primi esemplari creati forse a causa della loro intuitività, visto che i giocatori non necessitavano di spiegazioni



Fig. 8 (sopra) Primi esempi di grafica tridimensionale nei videogiochi. In alto 'Battlezone' di Atari dove gli elementi sono visualizzati in modalità wireframe; sotto nel gioco 'Pole Position' di Namco, un videogioco arcade di simulazione di guida automobilistica dove l'effetto tridimensionale è ottenuto grazie ad una visualizzazione prospettica dell'ambiente di gioco.

Fig. 9 (pagina a fianco) Agli inizi degli anni '80 vengono prodotti i primi giochi a colori. Tra i giochi arcade più famosi di sempre, distribuiti anche per console 'a cartuccia' vi sono (dall'alto verso il basso): Pac-Man di Namco in quattro differenti edizioni, Donkey Kong e Tetris (in due diverse versioni).



per capire come giocarci.

Il primo gioco del genere *arcade* è chiamato *Computer Space*, ispirato a *Spacewar!* e creato da Nelson Bushnell e Ted Dobney, futuri fondatori della *Atari*. Nel 1972 proprio la *Atari* realizzò il primo gioco *arcade* di successo chiamato *Pong*: si trattava di un gioco dalla grafica essenziale ed estremamente semplice dove lo schermo si presentava diviso verticalmente in due parti e i giocatori si sfidavano facendo rimbalzare una pallina su due barrette luminescenti.

Nel 1975 fu sviluppata anche la versione ‘domestica’

per console aprendo definitivamente le porte del successo per *Atari* e per la diffusione dei videogiochi in generale. Tra gli anni '60 e '70 furono distribuiti giochi *arcade* di enorme successo, come *Space Invaders* di *Taito*, *Asteroids* di *Atari*, e *Defender* di *WMN Industries*, primo gioco a scorrimento. Alla fine degli anni '70 vennero sviluppate le prime console a ‘cartuccia’, dotate cioè di una apposita slot per inserirvi i giochi e agli inizi degli anni '80 vennero prodotti i primi giochi a colori come *Pac-Man* di *Namco*, rivoluzionario perché a differenza dei



Fig. 10 (sopra) Diverse console a ‘cartuccia’ prodotte a partire dagli anni ‘70 (in senso orario a partire dall’alto): Atari 2600 (1977) Sega SG-1000 (1983), Sega Sega Master System II (1985), Nintendo Entertainment System (1986)

Fig. 11 (pagina a fianco) Videogiochi diffusi in maniera rapida da metà degli anni ‘80 grazie alle console. Nell’immagine (in senso orario): *The Legend of Zelda* e *Super Mario Bros* di Nintendo, *Bubble Bobble* di Taito, *Hyper Olympics* di Konami.

giochi precedenti vi era un personaggio principale riconoscibile, e *Tetris*, ideato dal programmatore russo Aleksej Leonidovic Pazinov e mai brevettato e diffuso quindi da diverse per diverse console. Nel 1981 uscirà poi *Donkey Kong*, uno tra i videogiochi più popolari e imitati di sempre, dove farà la sua comparsa anche il personaggio dell'idraulico Mario. A partire dagli anni '80 viene introdotta nei primi giochi la grafica tridimensionale. Nel gioco *Battlezone* di Atari l'effetto è quello di elementi 3D visualizzati in modalità *wireframe* mentre nel gioco *Pole Position*

di Namco, un videogioco *arcade* di simulazione di guida automobilistica, l'effetto tridimensionale è ottenuto grazie ad una visualizzazione prospettica dell'ambiente di gioco.

I videogiochi iniziarono a diffondersi in maniera rapidissima a metà degli anni '80 grazie all'entrata sul mercato di console di Nintendo e Sega. Sono di quegli anni alcune pietre miliari come *Super Mario Bros* e *The legend of Zelda* di Nintendo, *Bubble Bobble* di Taito, *Hyper Olympics* di Konami, dove si registrò un notevole sviluppo della grafica e della giocabilità.



Negli anni '90 fecero la loro apparizione altre console rivoluzionarie come il *Game Boy* di *Nintendo*, dispositivo portatile dotato di un vasta quantità di videogiochi 'in cartuccia' e alimentato da batterie stilo, e *PlayStation* di *Sony* che sostituisce le cartucce tradizionali con i CD-ROM.

Di pari passo con l'evoluzione dei dispositivi si sono sviluppate e sono state migliorate le grafiche di gioco che hanno acquisito un realismo sempre crescente finché la grafica bidimensionale ha lasciato definitivamente il posto alla tridimensionalità, come ad esempio in giochi come *Tomb Raider*, *Super Mario 64*, *Crash Bandicoot* del 1996, *Final Fantasy VII* del 1997 e *Resident Evil 2* del 1998.

Sul finire del millennio le case produttrici hanno lanciato sul mercato nuove console dotate di prestazioni

proprie di un PC e di una definizione grafica sempre maggior, accessoriate con dispositivi di avanguardia per il controllo dei personaggi, o *game controller*, a partire da semplici *joystick* e *gamepad* fino ad arrivare ai *free hand controller*, ovvero dispositivi dotati di particolari sensori per il puntamento e il riconoscimento a distanza.

3.3 Generi e tipologie di videogiochi

La categorizzazione secondo il 'genere' è utilizzata correntemente in diversi campi, non solo per i videogiochi, come per esempio nel cinema e nella letteratura. In accordo con Schatz (1981) lo studio dei generi si rivela più 'produttivo' se visto in una più ampia prospettiva socioculturale, considerando ad esempio



Fig. 12 In alto a sinistra due console portatili dotate di cartuccia e alimentate a batterie, diffusi a partire degli anni '90: il *Gameboy* di *Nintendo* ed il *Gamegear* di *SEGA*. In alto a destra la console *Playstation* prodotta da *Sony*, sotto *X-box* di *Microsoft* e *Wii* di *Nintendo*, le quali sostituiscono le tradizionali 'cartucce' con cd-rom e sono dotate di joystick e controller sempre più sviluppati.



Fig. 13 (sopra) Videogiochi con grafica tridimensionale che a partire dagli anni '90 sostituisce in maniera definitiva la grafica 2D, salvo per scelte stilistiche (a partire dall'alto in senso orario): Tomb Raider, Super Mario 64, Crash Bandicoot del 1996 e Resident Evil del 1998.

Fig. 14 (sotto) Accessori per il controllo remoto delle console di ultima generazione.



un film non solo come l'espressione artistica di un regista, ma come la volontà di cooperazione tra artista e pubblico per celebrare i valori collettivi.

La classificazione dei videogiochi secondo il genere è aperta all'interpretazione personale e un singolo gioco può appartenere a diversi generi contemporaneamente (Apperley, 2006), così come avviene per libri e film. A differenza di quanto non avvenga nel campo letterario e in quello cinematografico, la partecipazione del giocatore è attiva e costituisce parte integrante dello svolgimento della narrazione, ed è possibile pertanto classificare i videogiochi secondo le caratteristiche dominanti dell'esperienza interattiva, secondo gli obiettivi e la 'natura' del gioco. Si

riportano di seguito i principali generi di videogioco facendo riferimento in particolare a quelle a cui appartengono la maggior parte dei videogiochi riferiti al Cultural Heritage.

Action game. I videogiochi di azione comprendono molti sottogeneri, come i giochi di combattimento, gli sparatutto, i *platform* etc, e possono essere definiti come quei giochi che enfatizzano le sfide fisiche e dove il giocatore è coinvolto in combattimenti con armi e non, in cui devono essere sfruttate abilità come la rapidità di azione e la reattività ma anche le qualità di coordinazione mano-occhio. Il gioco si svolge generalmente attraverso delle sfide a cui il giocatore è sottoposto, come evitare ostacoli, raccogliere oggetti,

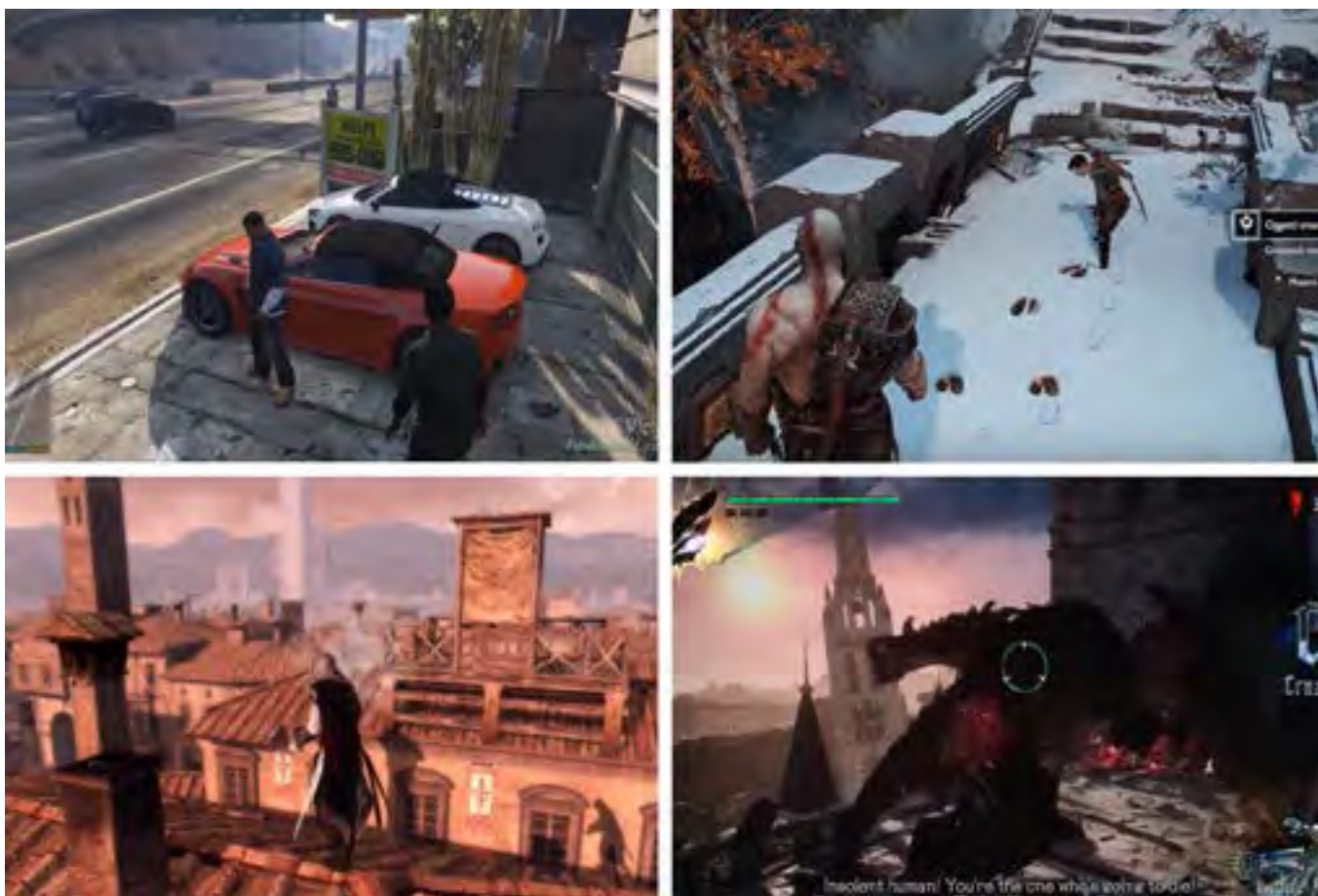


Fig. 15 Esempi di videogiochi della categoria Action Game (in senso orario): Grand Theft Auto, God of War, Assassin's Creed e Devil May Cry.

combattere contro i nemici e che portano in caso di esito positivo al superamento dei livelli e all'accumulo di punti fino al raggiungimento della vittoria e alla conclusione del gioco. Spesso il genere *Action* utilizza restrizioni temporali per aumentare la pressione sul giocatore e aumentarne il coinvolgimento. Il genere *Action* spesso include giochi di genere *Adventure*, anche in piccole porzioni rispetto allo svolgimento generale del gioco, divenendo una cosiddetta 'avventura dinamica' dove il giocatore affronta enigmi, interagisce con l'ambiente e supera ostacoli. I giochi di azione possono svolgersi in un ambiente 2D ad esempio attraverso effetti di *scrolling orizzontale* oppure in 3D offrendo la possibilità di cambiare

la prospettiva della camera (prima o terza persona) e 'camminando' dentro l'ambiente 3D.

Adventure game. In questo genere di videogiochi il giocatore è l'assoluto protagonista dello svolgimento della narrazione attraverso una storia interattiva e ha il compito di esplorare il 'mondo virtuale' al fine di risolvere enigmi e raccogliere oggetti (*treasure hunt game*). In questi giochi le avventure possono essere 'testuali'⁶, ovvero quando il giocatore utilizza i comandi testuali per interagire con l'ambiente in cui si trova, oppure 'grafiche', ovvero utilizzando una rappresentazione 2D oppure 3D. Anche questa categoria ha moltissimi sottogeneri che possono combinarsi tra loro ed in particolare, come detto, insieme agli *Action*



Fig. 16 Esempi di videogiochi della categoria Adventure Game (in senso orario): Nathan Drake, King's Quest, Monkey Island e Prince of Persia.

Game. Ad esempio nei giochi di avventura *point-and-click* il giocatore interagisce con il proprio personaggio e con l'ambiente attraverso il puntamento tramite *mouse* (o tramite *touch screen*) dove generalmente si aprono elementi testuali come informazioni o conversazioni tra personaggi. Anche in questo tipo di gioco l'obiettivo è raccogliere oggetti e indizi audio-visivi per capire quando utilizzarli per il superamento di ostacoli o livelli.

Puzzle game. I videogiochi *puzzle* o 'rompicapo' sono quei giochi il cui obiettivo è il risolvimento di un enigma, grazie ad abilità logiche e di problem-solving, riconoscimento di sequenze numeriche, completamento di parole e il riconoscimento di simboli.

Si possono svolgere con limitazioni di tempo, solitamente le difficoltà di gioco aumentano con il superamento dei livelli e il giocatore ha a disposizione un numero limitato di 'vite', o di tentativi. I giochi di questo genere sono spesso inseriti all'interno di altri videogiochi, ad esempio negli *adventure game*, per l'ottenimento di riconoscimenti o punti.

Role playing game (RPG) L'origine di questi videogiochi è da ricercarsi nei giochi di ruolo da tavolo ed utilizzano le stesse meccaniche e dinamiche di gioco, eccetto l'utilizzo di un 'gamemaster' (una sorta di arbitro e moderatore del gioco) che nel caso dei videogiochi è svolto dal computer. I RPG si basano su una ambientazione complessa e su una storia che



Fig. 17 Esempi di videogiochi della categoria Puzzle Game (in senso orario): Puzzle Zuma, Temple Jewels, Mah Jong e Puzzle Bubble.

si sviluppa per ‘missioni’ attraverso cui il giocatore tramite la gestione di vari personaggi e vari aspetti di gioco, deve raggiungere un obiettivo prefissato. Elementi che caratterizzano un gioco di ruolo possono essere una trama narrata da una voce parlante, una mappa che facilita l’esplorazione e l’esperienza del personaggio che progredisce durante il corso del gioco. Per quanto riguarda la grafica, questi giochi si svolgono solitamente tramite una rappresentazione in prospettiva isometrica o *top-down* così da facilitare la navigazione nell’ambiente e da gestire le informazioni e le ‘finestre’ di gioco attive sullo schermo.

Simulation. La categoria dei giochi di simulazione comprende molti sottogeneri in quanto le ‘simula-

zioni’ possibili eseguibili sono di molteplice natura e appartenenti ai più diversi campi. Esistono videogiochi che simulano la guida di un mezzo, videogiochi in cui viene simulata la gestione di una squadra, di una città (simulatori manageriali) e i cosiddetti ‘God Game’ in cui il giocatore ha il controllo su una comunità o addirittura sul ‘mondo intero’. Gli esempi di simulazione più rilevanti, di grande importanza negli ultimi decenni, sono i simulatori di ‘vita’ o meglio di una ‘seconda vita’ dove è possibile controllare le esperienze di vita quotidiane del proprio personaggio all’interno di uno scenario ridotto, come ad esempio nel videogioco *The Sims*, oppure all’interno di una comunità virtuale on-line come nel caso di *Second*



Fig. 18 Esempi di videogiochi della categoria Role Play Game (in senso orario): *World of Warcraft*, *Age of Empires*, *Tales of troll and treasure* e *Dragon Age*.

Life, dove in videogioco di simulazione si fonde a componenti del gioco di ruolo (MMORPG Multiplayer Online Role-Playing Game).

In questo genere di gioco può prevalere una rappresentazione di tipo realistica, che simula la realtà in tutto e per tutto divenendone una sorta di ‘copia’, oppure una rappresentazione dove vengono ripresi solo alcuni tratti essenziali della realtà e vengono sottoposti a regole e ruoli differenti.

La motivazione di un giocatore per la scoperta nell’interpretazione di un personaggio estraneo alla propria ‘realtà’ e alla partecipazione a sfide e ‘avventure’ non familiari, rende il videogioco di simulazione uno dei più appaganti (si pensi anche al successo dei *Social*

Network dove è possibile interpretare la ‘parte’ di personaggi che non corrispondono alla realtà).

Strategy. I videogiochi di strategia si basano sulle capacità del giocatore di pianificare le proprie azioni al fine di ottenere la vittoria, impiegando capacità tattiche, strategiche ma anche relative alla fantasia e all’ingegno.

I giochi di strategia sono influenzati da eventi casuali e imprevedibili che il giocatore deve essere abile nel saper prevedere e risolvere, e per questo hanno tratti comuni con i giochi di ruolo.

I videogiochi, come detto, possono essere classificati secondo il loro intento principale oltre a quello



Fig. 19 Esempi di videogiochi della categoria Simulation Game (in senso orario): Ace Combat, The Sims, Test Drive e Guitar Hero.

dell'intrattenimento (Sawyer, 2007) oppure secondo il loro genere. In accordo con Laamarti et Al. (2014) è possibile definire inoltre alcune caratteristiche importanti per la categorizzazione dei *Serious Game*, a prescindere da quale sia il loro campo di applicazione (*education, training, advertisement* etc.), in riferimento principalmente alle modalità di interazione tra giocatore e videogioco:

Attività: si intende il tipo di *input* che il giocatore fornisce rispetto allo svolgimento del gioco, ovvero sforzi fisici come nel caso di giochi che riguardano salute e benessere, oppure attività intellettive e mentali come nei giochi educativi o che riguardano la co-

municazione.

Modalità: le modalità di fruizione di un videogioco possono riguardare tutti i diversi sensi percettivi e l'utilizzo combinato dei sensi influisce positivamente sul realismo dei giochi e migliora la motivazione del giocatore nel fare una certa esperienza di gioco.

Stile di interazione: lo stile di interazione varia in base alla disponibilità e alla predisposizione del gioco stesso nell'utilizzo di supporti tradizionali come mouse e tastiera o joystick, oppure di dispositivi e periferiche più evolute, ad esempio per il rilevamento di movimento. Inoltre influisce sull'interazione anche l'interfaccia di gioco, poiché è importante per il giocatore raggiungere una certa 'familiarità' con essa per



Fig. 20 Esempi di videogiochi della categoria Strategy Game (in senso orario): *Total War*, *Worms*, *Civilization* e *Heroes of might and magic*.

non creare sensazioni di frustrazione durante il gioco ma piuttosto facilitarne lo svolgimento.

Ambiente: come descritto in precedenza lo scenario di gioco può essere caratterizzato da una grafica bidimensionale, tridimensionale o mista.

Uno scenario virtuale inoltre può interagire con la realtà secondo i concetti espressi in precedenza e può essere giocato in modalità *stand-alone* oppure *online*, coinvolgendo così una molteplicità di giocatori ed estendendo quindi l’ambiente di gioco ad un ‘mondo’ più ampio.

3.4 Tipologie di giocatore e meccaniche di gioco

L’interesse di ogni persona riguarda ai videogiochi è mosso da diverse motivazioni che possono essere intrinseche e/o estrinseche, e in base alla tipologia di ‘esperienza’ ricercata o in base al tipo di aspettativa che ognuno ha rispetto al gioco, è possibile distinguere i giocatori in diverse categorie. Richard Bartle (1996), uno dei massimi teorizzatori dei mondi virtuali, descrivendo le caratteristiche dei MUD (Multi User Dungeon), ovvero i giochi di ruolo eseguiti da diversi utenti tramite internet, classifica i tipi di gio-

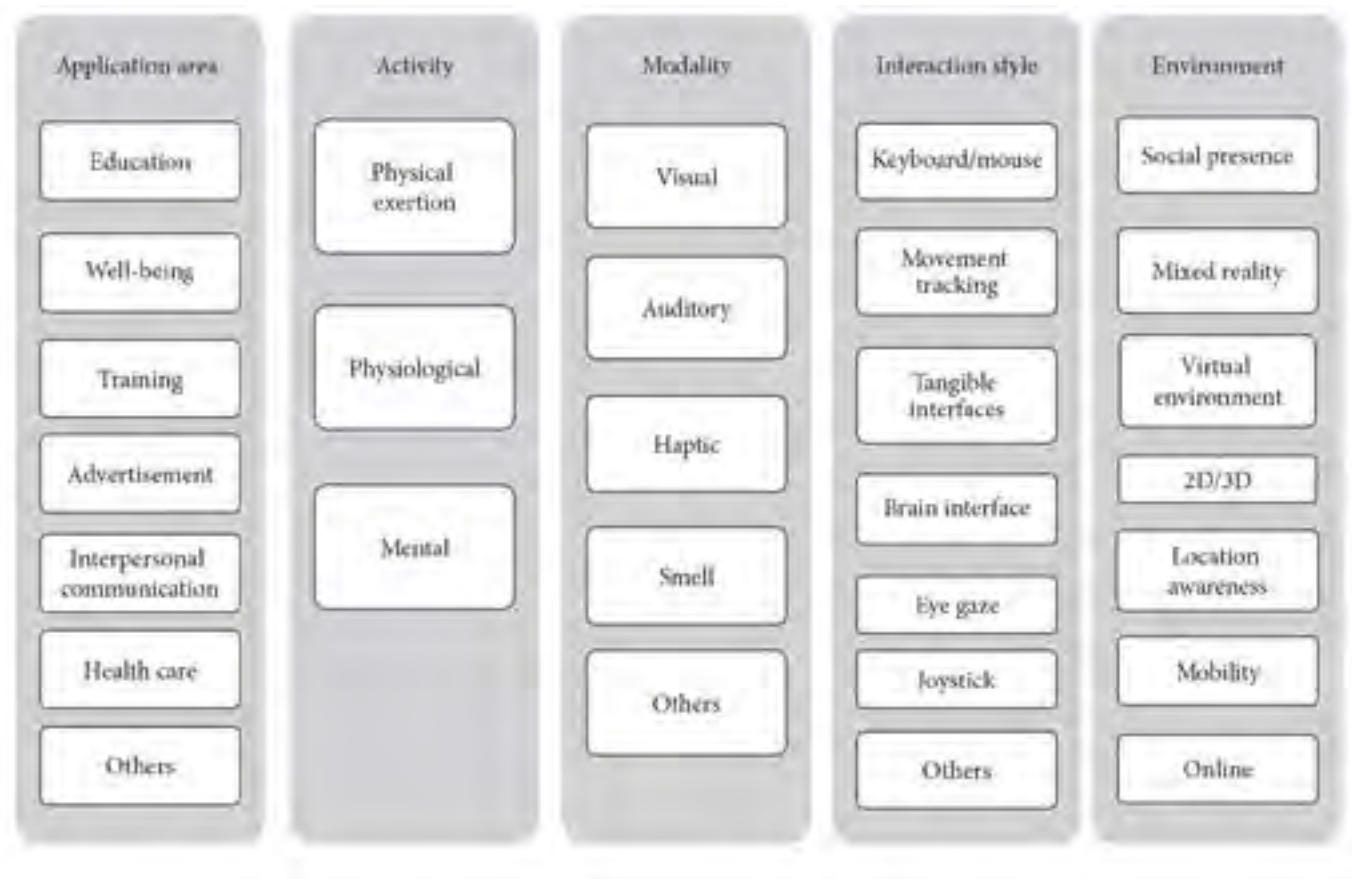


Fig. 21 Nella tabella tratta da Lamaarti et Al (2014) vi è una tassonomia dei serious game, suddivisi in diverse ‘categorie’ secondo l’area di applicazione, il tipo di attività che il giocatore compie, le modalità di interazione tra gioco e giocatore, lo stile dell’interazione e il tipo di ‘scenario’ in cui è ambientato il gioco.

catori secondo quattro principali categorie, basandosi sugli interessi del giocatore verso il gioco stesso. Queste categorie possono essere ritenute valide anche per i *Serious Game*, anche se opportunamente declinati verso interessi culturali ed educativi.

Le tipologie di giocatore descritte da Bartle, e riassunti da un grafico significativo (Fig.22) sono definiti da aggettivi che ne descrivono la caratteristica principale, secondo modelli di comportamento basati sulla azione/interazione rispetto al altri personaggi oppure rispetto agli 'ecosistemi' virtuali:

Achiever (conquistatore). I giocatori di questa categoria sono quelli che mirano al guadagno di 'punti', alla progressione di livello e al raggiungimento di traguardi per conseguire successi e prestigio. Gli *Achiever*, all'interno di ambienti virtuali multiplayer, ricercano la competizione con altri giocatori della loro categoria per dimostrare le proprie abilità e affermare il proprio *status*.

Explorer (esploratore). Questo tipo di giocatore tende ad esplorare i mondi virtuali alla ricerca di nuove 'aree di gioco', funzioni e informazioni, cercando il maggior numero di funzionalità possibili al fine di dimostrare la propria conoscenza rispetto a quegli stessi mondi. Le azioni degli *Explorer* si basano sul rapporto di interazione con il 'mondo' piuttosto che con gli altri giocatori, poiché questi non sono ritenuti componenti essenziali del gioco e possono rivelarsi di 'intralcio' alle loro scoperte.

Socializer (socializzatore). I *Socializer* ricercano nel gioco l'esperienza sociale che questo offre, disinteressandosi dell'esplorazione del 'mondo' e della scoperta delle meccaniche di gioco. Instaurare rapporti con altri giocatori è la fonte di appagamento di questo tipo di giocatore e le ricerche di informazioni e le esplorazioni possono essere utili soltanto per condividere argomentazioni con altri *Socializer*.

Killer. L'ultima categoria è costituita da tutti quei giocatori che trovano ragione di soddisfazione e appagamento dalla supremazia sugli altri giocatori. L'esplorazione dei 'mondi' e la socializzazione con gli

altri giocatori è finalizzata alla scoperta di segreti e abitudini che possono essere utilizzati a proprio favore per prevaricare sugli altri, a scapito della propria reputazione e della propria 'simpatia'.

Queste tipologie di giocatore possono essere ricercate anche nell'ambito dei *Serious Game* ma nel caso di giochi *single-player* non è possibile verificare il comportamento di ciascun giocatore verso gli altri, ma soltanto verso il 'mondo'. I *Socializer* e i *Killer* trovano spazio soltanto all'interno di giochi *multiplayer* dove è di fondamentale importanza l'interazione con gli giocatori.



Fig. 22 Tassonomia di Bartle. Le quattro categorie di videogiocatori, *Killer*, *Achiever*, *Socializer* e *Explorer* sono classificati secondo gli interessi che questi hanno rispetto al gioco. Due assi dividono le categorie secondo quattro quadranti che tendono a modelli comportamentali basati sulla azione e sulla interazione con altri giocatori oppure con l'ambiente in cui si trovano.

La progettazione e lo sviluppo di un videogioco richiede alla figura del *Game Designer* l'abilità di saper interpretare le esigenze di ogni tipologia di giocatore per tradurle in efficaci 'sensazioni' da riscontrare durante l'esecuzione e lo svolgimento del gioco. A questo proposito Hunicke et Al. (2004) in un articolo definisce il *framework* MDA (Mechanics-Dynamics-Aesthetics) ovvero uno strumento per analizzare i videogiochi secondo diversi aspetti: i meccanismi sono le componenti di base del gioco come le regole, gli algoritmi etc, le dinamiche possono essere definite come i 'modi' in cui effettivamente si svolge il gioco e l'estetica è la risposta emotiva suscitata nel giocatore. Secondo Hunicke et Al. (2004) ci sono otto tipi di estetica che i giochi offrono, quasi mai tutte insieme, e che i giocatori possono adottare durante lo svolgimento della narrazione:

Sensation: il gioco come piacere per i sensi

Fantasy: il gioco che fa credere in qualcosa

Narrative: il gioco come drammaticità

Challenge: il gioco come una corsa a ostacoli

Fellowship: il gioco come *framework* social

Discovery: il gioco come scoperta di 'territori'

Expression: il gioco come auto-scoperta

Submission: il gioco come passatempo

Questi tipi di estetica con cui il giocatore si imbatte nel momento in cui inizia a giocare, scoprendo successivamente le dinamiche di gioco e le meccaniche, sono le stesse che il game designer persegue, sviluppando però il gioco a partire dalle meccaniche.

Le meccaniche di base di un gioco si basano su concetti ed elementi semplici per far sì che l'esperienza di gioco sia interessante ed appagante:

Point (punto): i punti sono intesi come quei 'crediti' che vengono assegnati ad un giocatore quando completa una azione con successo, e permettono di poter compiere altre interazioni all'interno del gioco, come acquistare qualcosa. Inoltre generalmente possono essere scambiati per l'ottenimento di ricompense, azione che gratifica l'utente e che dà la sensazione di aver guadagnato qualcosa.

Level (livello): i livelli rappresentano dei traguardi che un giocatore raggiunge a seguito del conseguimento di certe azioni, anche basate sulla raccolta di punti, e che permettono di sbloccare l'utilizzo di nuovi contenuti di gioco.

Challenge (sfida): come i livelli sono degli obiettivi da raggiungere ma si manifestano quasi sempre sotto forma di 'missioni' e motivano il giocatore nel raggiungimento di risultati.

Badge (distintivo): anche i *badge* sono una forma di ricompensa simile ai punti ma sono riconoscimenti che non possono essere impiegati durante il gioco per fare acquisti o scambi, e non hanno una scadenza; generalmente assumono la forma di 'simboli' che compaiono nel profilo del giocatore e che ne definiscono quindi uno *status*.

Leaderboard (classifica): le classifiche vengono utilizzate generalmente nei giochi *multiplayer* dove è possibile registrare i propri risultati e confrontarli con quelli di altri utenti; in questo modo viene stimolata la competizione, strettamente correlata alla necessità di sentirsi 'migliore' degli altri giocatori. Allo stesso modo aumentano anche l'interesse e il tempo che un giocatore trascorre giocando e cercando di migliorare i propri punteggi.

È fondamentale da parte di un *Game Designer* l'attenta programmazione e lo sviluppo delle strutture del gioco, con l'inserimento di tutte le componenti dinamiche e meccaniche e allo stesso tempo la possibilità di condivisione dello spazio di gioco con altri utenti così da intensificare le attività di ricerca ed esplorazione per l'affermazione del proprio *status*.

Fig. 23 (pagina a fianco) Esempi di videogiochi a scorrimento (in alto a sinistra): *Jungle Hunt*, (sotto) *Moon Patrol* e (a destra) *Time Pilot* dove è possibile muoversi in tutte le direzioni e ruotare con l'astronave.

3.5 Il ruolo della rappresentazione e dei modelli 3D nei videogiochi

Precedentemente si è descritta la storia dei videogiochi e della loro evoluzione rispetto alle *console* e ai supporti utilizzati per rendere l'esperienza più coinvolgente, dall'introduzione dei *joystick* all'inserimento di periferiche come pistole, volanti e pedali per simulare la guida. L'esperienza di gioco oggi è resa maggiormente immersiva grazie alle tecnologie e ai dispositivi indossabili sul proprio corpo ma di pari passo con essi, negli ultimi cinquanta anni circa, si è notevolmente evoluta anche la grafica dei videogiochi. Lo sviluppo di potenti motori grafici, gli effetti grafici e il miglioramento della risoluzione dei supporti, hanno reso l'aspetto dei videogiochi decisamente realistico.

Inizialmente negli anni '60 i giochi come *Spacewar!* e *Tennis for Two* impiegavano dei 'puntini luminosi'

che si muovevano sullo schermo, per poi arrivare negli anni '70 e '80 quando sono comparsi i primi *hardware* in grado di tracciare figure geometriche come in *Battlezone* e in *Tank*.

Generalmente i videogiochi di battaglie spaziali si svolgevano su un piano cartesiano, in uno scenario di gioco primo di tridimensionalità e solo durante i primi anni '90 sono comparsi i primi giochi con modelli 3D al loro interno ma visti i alti costi di produzione e l'indisponibilità di 'macchine' poco performanti sono stati lasciati in 'stand-by'. Si optò invece per alcune soluzioni grafiche, o piuttosto 'illusioni grafiche', che riuscivano a garantire un effetto tridimensionale al gioco, ovvero quella che viene solitamente definita la grafica 2,5D che attraverso alcune tecniche di rappresentazione, introduce 'profondità' alla scena e agli elementi che la compongono.

I videogiochi utilizzano diverse tipologie di visualizzazione della scena di gioco, in particolare la pro-



spettiva *top-down*, ovvero un'inquadratura dall'alto verso il basso in cui la 'telecamera' mostra al giocatore il personaggio e l'area circostante, integrando eventualmente la possibilità di visualizzare il gioco tramite una visuale in prima persona o terza persona. La visuale in prima persona simula di fatto il punto di vista dell'*avatar* che non viene quindi rappresentato sullo schermo ma di cui possono essere visualizzate le braccia o solo le armi, come nel caso dei giochi 'sparatutto', mentre la vista in terza persona inquadra il personaggio 'da lontano'.

Esistono giochi che, per loro natura, non necessitano di una visualizzazione tridimensionale, come ad esempio un gioco di scacchi, giochi puzzle o giochi

di testo, dove è sufficiente rappresentare lo spazio di gioco in due dimensioni. Si ricorre invece all'effetto di *scrolling* per simulare l'attraversamento di un oggetto dello spazio di gioco e che permette di visualizzare anche ciò che non è presente nella scena, come ad esempio nei giochi *Scramble* e *Super Mario Bros 3* a scorrimento orizzontale, oppure come *Zaxxon* a scorrimento diagonale, o infine *Time Pilot* che può scorrere in tutte le direzioni e ruotare.

Uno degli effetti più efficaci per l'illusione della tridimensionalità è detto '*parallax scrolling*' e si basa sull'effetto 'parallasse', ovvero lo spostamento apparente di un oggetto rispetto alla posizione dell'osservatore. Una o più immagini bidimensionali, detti



Fig. 24 Esempi di videogiochi con visualizzazione assonometrica (in senso orario): Sim City 2000, Pokemon, Theme Hospital e Populous.

anche *layer*, si muovono sullo sfondo del gioco più lentamente del personaggio che rimane fisso al centro dell'inquadratura, mentre gli elementi in primo piano si muovono più velocemente così da creare l'illusione della profondità della scena.

Nonostante la tecnica dello scorrimento fosse già utilizzata per altri videogiochi e nel campo dell'animazione, il primo gioco che sfrutta lo scorrimento con parallasse è *Moon Patrol* di Takashi Nichiyama del 1982, dove un veicolo si muove costantemente verso destra su un terreno accidentato mentre spara ad alcune navicelle spaziali; in realtà grazie all'effetto parallasse il veicolo rimane in un punto fisso dello schermo e si muovono i *layer* di sfondo, ovvero col-

line e montagne, ed è possibile soltanto accelerare o rallentare, cambiando così la velocità di scorrimento dello sfondo.

Vi sono anche le tecniche 2,5D, o pseudo-3D, utilizzate nella computer grafica e per la realizzazione di videogiochi, le quali introducono elementi bidimensionali su uno sfondo generato tramite grafica 3D, oppure rappresentano ambientazioni all'apparenza tridimensionali.

Vi sono degli 'escamotage' che permettono di dare profondità alla scena o almeno l'illusione che questa sia tridimensionale fornitici direttamente dalla geometria: si parla di *visuale isometrica* o *assonometria isometrica* quando la visualizzazione è effettuata tra-



Fig. 25 Esempi di videogiochi in cui viene utilizzata la tecnica dello 'sprite scaling'. Nel gioco *Subroc3D* (sopra) i bagliori che simulano le esplosioni si ingrandiscono e rimpiccioliscono in base alla distanza del giocatore. Lo stesso avviene per le automobili nel gioco *Pole Position* (sotto).

mite una assonometria in cui gli assi del sistema di riferimento formano tre angoli tutti uguali di 120° e si ha una percezione completa dello scenario di gioco. Molti videogiochi utilizzano in realtà un altro tipo di assonometria, quella dimetrica, che è caratterizzata da assi che formano due angoli uguali ed uno diverso come ad esempio *Age of Empire*, *Populous*, *Theme Hospital*, *Pokemon* e *SimCity 2000*.

Un'altra tecnica per 'illudere' della tridimensionalità della scena è quella di impiegare i cosiddetti *sprite*, ovvero immagini bidimensionali in grafica *raster*, statiche o dinamiche, che si sovrappongono a delle immagini di sfondo e che possono essere spostare in

maniera indipendente da esso.

I primi esempi risalgono agli anni '70 in giochi come *Speed Race* e *Basketball* ma anche questa tecnica si è evoluta di pari passo con lo sviluppo degli hardware sempre più performanti, come nel caso del gioco *Final Fantasy VI* in grado di gestire *sprite* complessi e dettagliati. Un simile effetto di movimento realizzabile con gli *sprite* è quello dello *sprite scaling*, ovvero dell'ingrandimento di queste immagini e della variazione della loro dimensione di pochi *pixel* fino ad una immagine più grande, per simulare effetti di avvicinamento o allontanamento di oggetti dal giocatore, come ad esempio nei videogiochi *Pole Position*



Fig. 26 I primi esempi di giochi con grafica 3D risalgono agli anni '90 e utilizzano veri e propri modelli 3D costituiti da pochi poligoni (*low-poly*) a causa delle scarse prestazioni degli hardware. Alcuni esempi (in senso orario) sono: *Alone in the dark*, *Virtua Fighter*, *Star Fox* e *Virtua racing*.

e *Subroc-3D*. Una forma di *sprite scaling* usato per la restituzione grafica di scena ‘popolate’ da tanti personaggi e da vegetazione quali alberi è chiamata *billboarding*, dove le *billboard* sono immagini 2D con l’asse di proiezione nella direzione della camera così da risultare sempre perpendicolare ad essa e percepite quindi come oggetti 3D; per la loro corretta renderizzazione è necessario utilizzare un canale *alpha* così da rendere trasparente e invisibile le parti che non fanno parte della *silhouette* che si vuole visualizzare. I primi giochi con una grafica 3D vera e propria sono da ricercarsi all’inizio degli anni ’90 in *Alone in the dark*, *Star Fox*, *Virtua Racing* e *Virtua Fighter* dove

vennero impiegati dei modelli 3D poligonali, generalmente *low-poly* a causa delle scarse prestazioni delle ‘macchine’, mentre pochi anni dopo fecero la loro apparizione giochi che usavano la modellazione volumetrica come *Blade Runner* e *Outcast*.

La modellazione poligonale è divenuta presto la tecnica più utilizzata in quanto permette di ottenere modelli 3D più realistici e dall’aspetto più ‘accattivante’, e i giochi con modelli volumetrici, ad eccezione di alcuni esempi più recenti degli anni 2000, non sono stati più utilizzati se non per scelta puramente stilistica, come nel caso di *Minecraft*.

Livelli di eccezionale realismo sono stati raggiun-



Fig. 27 Esempi di videogiochi che utilizzano la modellazione volumetrica (in senso orario): *Kingdoms and Castles*, *Cubr World*, *3D Dot Game Heroes* e *Minecraft* che utilizza però la modellazione voxel per una precisa scelta stilistica.

ti recentemente grazie all'impiego di tecnologie e metodologie di modellazione per scansione, tecniche non proprie della progettazione video-ludica ma ugualmente efficaci e largamente impiegate. Si tratta di modelli 3D realizzati tramite tecniche SfM e scansione *laser scanner* che grazie alla successiva applicazione di *texture* ad alta definizione e alla loro animazione, possono essere inseriti in scenari di gioco.

I giochi che possiamo definire oggi come 'top di gamma' per la qualità della modellazione 3D e del loro grafica sono ad esempio *The vanishing of Ethan Carter*, *Tom Clancy's the division* *Assasin's Creed*. Quest'ultimo riproduce fedelmente nelle sue ambientazioni alcune location reali, come alcune parti delle città di Firenze e di Parigi, e questo aumenta il livello di realismo del gioco e del coinvolgimento da parte del giocatore.

Le stesse tecniche di acquisizione e modellazione 3D sopra citate, hanno permesso negli ultimi decenni di aggiungere ai videogiochi anche personaggi del tutto simili a persone reali e questo grazie al cosiddetto

'*body language*', ovvero lo studio e la riproduzione del linguaggio del corpo e della mimica facciale.

Al di là del tipo di modellazione utilizzato per la costruzione degli scenari e di quanto siano performanti gli *hardware* e i *software* per la loro realizzazione, è importante distinguere la tipologia di rappresentazione dei giochi secondo diversi stili.

In un articolo che parla degli aspetti audiovisivi dei videogiochi e di come l'interazione tra suoni e immagini non sia mai stata studiata in maniera rigorosa, l'autore Järvinen (2002) sostiene la possibilità classificare i giochi secondo tre stili principali: il fotorealismo, il caricaturismo e l'astrattismo.

Dopo l'introduzione della terza dimensione nella grafica dei videogiochi, e dopo il consolidamento delle diverse tecniche, hanno cominciato ad emergere direzioni stilistiche 'facilmente' riconoscibili.

In accordo con Järvinen si riportano le caratteristiche principali di ognuno di essi:

Fotorealismo: con questo termine si intende la somiglianza di una rappresentazione con la realtà, e

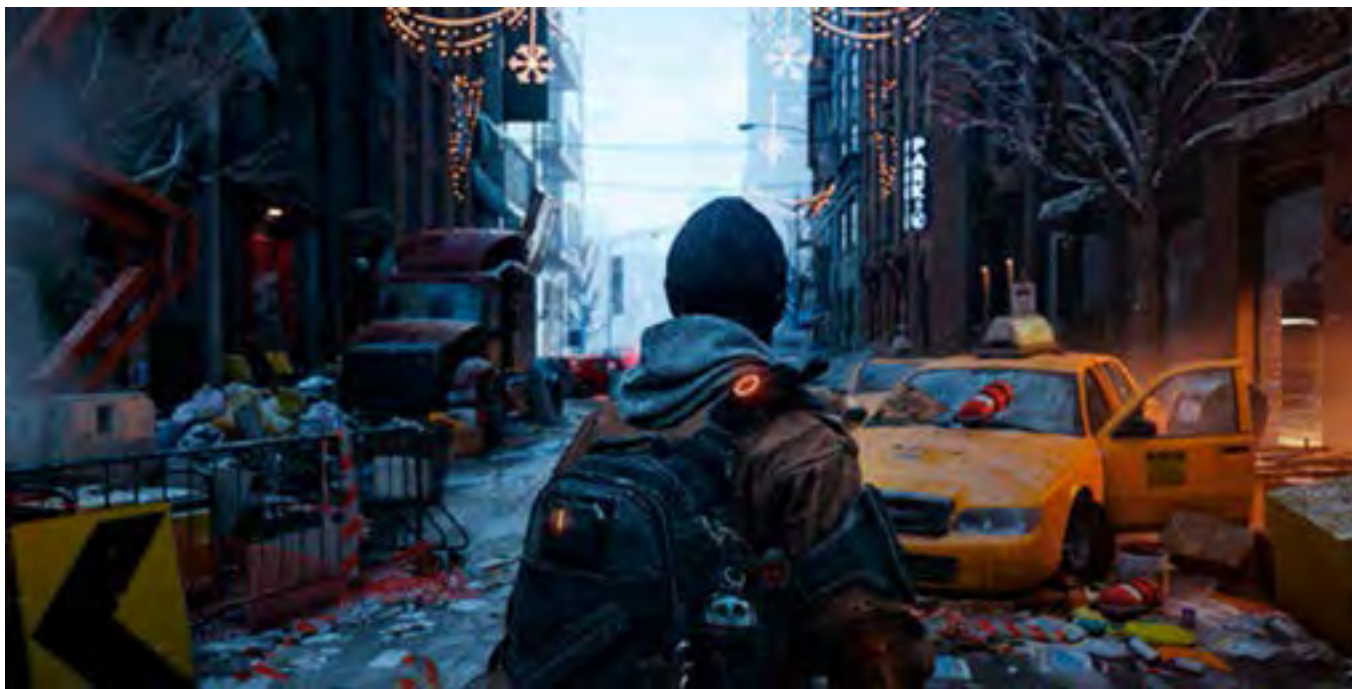


Fig. 28 *Tom Clancy's* sviluppato e prodotto da Ubisoft rappresenta uno degli esempi più significativi per la sua grafica fotorealistica.

spesso nelle ambientazioni dei videogiochi sono state utilizzate vere e proprie fotografie come sfondo per rendere appunto più realistica la scena, poi sostituite da modelli 3D con texture ad alta definizione. Si hanno inoltre due sottocategorie, ovvero il *televisualism* che si riferisce principalmente ai giochi di sport che simulano l'estetica degli eventi televisivi trasmessi in televisione, dove fanno da padroni i cori e i diversi punti di vista di telecamere, ma anche simulatori di guida come *Gran Prix 2* considerato una pietra miliare del fotorealismo. La seconda sottocategoria è quella dell'illusionismo dove il fotorealismo è impiegato per realizzare scenari fantastici e immaginari come nei giochi di fantascienza dove realtà e fantasia si fondono.

Caricaturismo: si riferisce a rappresentazioni di caricature di oggetti e personaggi, tipiche di fumetti e cartoni animati, dove sono rappresentate e ingigantite le caratteristiche peculiari di ciascuno di essi. Questo tipo di rappresentazione è tipico dei giochi per bambini dove vengono rappresentati personaggi con un

aspetto non realistico ma che suscita emozioni grazie alle qualità estetiche proprie dei cartoni.

Astrattismo: a differenza delle altre due tipologie, questa categoria non simula personaggi, luoghi o oggetti reali e nemmeno verosimili, ma anzi, vengono enfatizzate forme e colori che assumono anche tratti caricaturali. Un esempio è il videogioco *Tetris* dove lo stile audiovisivo è inconfondibile, e dove sia l'interfaccia di gioco sia le sue componenti non rappresentano in nessun modo oggetti reali.

Gli anni '90, come detto, hanno segnato una svolta nella ricerca del fotorealismo sia visivo che uditivo, riproducendo fedelmente tutti gli aspetti di una scena di vita quotidiana o rendendo verosimile una situazione fantastica.

I giochi quindi assumono sempre più spesso le sembianze di scene reali e proprio queste caratteristiche possono essere sfruttate per costruire videogiochi da impiegare in altri campi non propri dell'*entertainment*. A partire dagli anni '70 grazie alla realizzazione di giochi di 'simulazione' impiegati per l'ad-



Fig. 29 *Vanishing Ethan Carter* realizzato dal gruppo di sviluppatori indipendenti *The Astronauts*. Il videogioco si distingue per l'altissima qualità dei modelli 3D utilizzati, acquisiti tramite tecniche SfM, che rendono le ambientazioni e i paesaggi assolutamente fotorealistici, con grande cura degli elementi naturali.



Fig. 30 Esempi di giochi di guerra e di simulazioni militari. In alto (da sinistra a destra): Harpoon del 1989 e Spearhead del 1998, sotto America's Army e Call of Duty.

destramento militare, ha preso avvio la ricerca verso un nuovo tipo di videogioco, ovvero i *Serious Game* definiti per la prima volta da Clark Abt nel 1970, uno sviluppatore di giochi militari per computer, come giochi che hanno uno scopo educativo esplicito e attentamente studiato e non sono pensati per essere giocati principalmente per divertimento.

3.6 I serious game

I concetti e le teorie illustrate riguardo al gioco sono da considerarsi anche per l'approccio verso la 'categoria' dei *serious game* che spesso impiega quelle stesse riflessioni e quelle nozioni per inquadrare la propria identità all'interno dei vari campi di ricerca. Gli studi storici sui *serious game*, come quelli sui giochi, non hanno seguito un coerente percorso lineare di legittimazione, ma si è mosso tra partenze e arresti (Wilkinson, 2016) e la ricerca si è basata principalmente sugli studi di scienze sociali, psicologia e informatica. Le tecnologie digitali, come già illustrato, offrono maggiori possibilità rappresentative rispetto ai sistemi tradizionali e i giochi digitali rappresentano un campo di sperimentazione e innovazione per il mondo contemporaneo (Jenkin, 2005).

I giochi hanno sempre occupato un posto speciale nelle menti di antichi pensatori e studiosi (Loh ed Al., 2015) e i *serious game*, nonostante alcuni usi sporadici per l'apprendimento e la formazione, si sono affermati soltanto a partire dal XXI secolo. I *Serious Game* con la loro interdisciplinarietà e il loro essere intercontestuali, forniscono un ampio campo di ricerca per lo sviluppo di strumenti e sistemi per la diffusione del patrimonio culturale. Wilkinson (2016) sostiene però, in accordo con Wolfe&Crookall (1998), la mancanza di una struttura forte e indipendente dei *Serious Game*, in quanto questi hanno un carattere interdisciplinare e sono spesso oggetto di interesse temporaneo da parte di 'dilettanti', e questo rende difficile la definizione della nozione stessa di *Serious Game* e la loro integrazione con le teorie dell'apprendimento e della rappresentazione.

Una definizione di *serious game* (SG) è stata fornita da Clark Abt negli anni '70 e, nonostante fossero presenti già in precedenza nella forma non-digitale, lo svi-

luppo di questo tipo di gioco è strettamente correlato allo sviluppo dei giochi digitali. Quando Abt scrisse le sue teorie erano già stati pubblicati moltissimi giochi di guerra, come *Hutspiel* del 1955, *T.E.M.P.E.R.* del 1961 e successivamente *Carmonette* della Abt Associates. Secondo Abt (1970) i *Serious Game* sono una estensione del precedente approccio di apprendimento basato sulla simulazione, pratica sostenuta fortemente da Dick Duke (1974). I videogiochi di simulazione mirano a replicare esattamente un evento o una situazione reale, come per esempio guidare un aereo, e possono fornire una solida alternativa all'insegnamento tradizionale, garantendo circa lo stesso risultato di apprendimento. Non è possibile misurare in maniera obiettiva e scientifica il miglioramento di uno studente che impiega i giochi ma è possibile dedurre un aumento delle sue motivazioni e del suo interesse verso l'apprendimento.

I primi giochi educativi ottennero un grande successo tanto che produttori, editori ed insegnanti iniziarono ad interessarsi a questo 'nuovo' mezzo per l'apprendimento e per la comunicazione. Si parla di '*advertainment*' (dalla fusione delle parole '*advertising*' e '*entertainment*') per indicare quei giochi utilizzati per scopi di *marketing*, diffusi a metà degli anni '90 grazie alla nascita del *World Wild Web*, dove chiunque possieda una pagina web può pubblicare un gioco e qualsiasi altro contenuto per raggiungere il grande pubblico e attirarlo verso il proprio marchio (Egenfeldt-Nielsen et Al., 2008), come ad esempio hanno fatto, e fanno tutt'oggi, le aziende globali come *Nike*, *Coca-Cola*, *Lego* ma anche case automobilistiche come *Toyota*.

Il termine generalmente utilizzato per indicare la tipologia di giochi elettronici che utilizza l'intrattenimento a servizio dell'educazione, è quello di '*edutainment*' (dalla fusione delle parole '*education*' e '*entertainment*') che solitamente servono per apprendere materie come l'algebra, l'ortografia e risolvere questioni di *problem solving*, ad esempio giochi come *Pajama Sam*, *Castle of Dr. Brain* e *Math Blaster*. Altri videogiochi come *Simcity*, dove è necessario pianificare e gestire una piccola città, permettono di acquisire alcuni concetti e fenomeni come quello della zonizzazione, dell'inquinamento, della disoccu-

pazione, mentre esistono videogiochi basati sulla ricerca di informazioni come *Palestine*, *Phoenix Quest* e *The Oregon Trail*. Quest'ultimo è stato sviluppato nel 1971 e reso disponibile al pubblico solo nel 1985 divenendo il gioco educativo più popolare nella storia dei giochi digitali (Loh et Al., 2015).

Il termine 'edutainment' è nato negli Stati Uniti negli anni '70, supportato dalle teorie di John Watson⁷ (1919) basate sui principi di apprendimento e comportamentismo che sostengono che il gioco sia fondamentalmente una forma di ricompensa all'apprendimento. I giochi incoraggiano il giocatore a memorizzare le risposte invece di apprendere le regole, e le nozioni si ottengono tramite la pratica e l'e-

sercizio piuttosto che tramite la comprensione delle cose.

Negli anni '80 il teorico Thomas Malone, riflettendo sui fattori che rendono efficace un gioco (Malone, 2008), ha sottolineato l'importanza di motivazioni intrinseche in esso, intese come quei fattori che spingono un giocatore a fare un'attività perché ritenuta stimolante e gratificante di per sé e non perché finalizzata all'ottenimento di ricompense (motivazioni estrinseche). Malone riprendendo i propri scritti (Malone, 1980; Malone, 1981) insieme a Mark Lepper nel 1987 (Malone et Al., 1987) identifica il fattore 'control' andando a completare una tassonomia di fattori rilevanti per la progettazione di videogiochi educa-



Fig. 31 Esempi di videogiochi della tipologia Advertainment Game (in senso orario): *Pepsi Invaders* sponsorizzato da Coca Colca, *Chupa Chups Game*, *Game* un gioco di simulazione automobilistica sponsorizzato da Toyota e un *Puzzle Game* di M&M.

tivi, aggiungendo anche motivazioni definite ‘inter-personali’ come la cooperazione, la competizione e il riconoscimento dell’attività svolta: la sfida consiste nel misurarsi con attività di un livello appropriato alle capacità del giocatore, con compiti che non siano né troppo facili perché altrimenti noiosi, né troppo difficili perché altrimenti frustranti; la ‘curiosità’ realizzabile tramite l’inserimento di informazioni complessi o sconosciute per incoraggiare l’esplorazione e la scoperta, la ‘fantasia’ come ciò che evoca ‘immagini mentali’ di situazioni fisiche o sociali create dai giocatori in base all’interazione con l’ambiente, e infine il ‘controllo’ ovvero la sensazione da parte del giocatore di poter appunto controllare la partita e di essere

in grado di gestire l’andamento del gioco.

Negli anni successivi alla loro definizione furono prodotti un gran numero di giochi educativi senza però solidi principi teorici, di bassa qualità grafica e rappresentativa o costituiti da scarsi contenuti, così da avviare l’industria dell’*edutainment* verso il ‘fallimento’.

Possiamo parlare del termine *Serious Game* come un termine ‘ombrello’ che raccoglie una serie di giochi educativi identificati con termini e locuzioni diverse come GBL (Game-Based Learning), GWAP (Game With A Purpose), *edugames* etc., ma la definizione più comune che possiamo citare ci è data da Michael & Chen (2005) che li definisce come “games that



Fig. 32 Esempi di videogiochi della tipologia Edutainment Game (in senso orario): Patama Sam, Castle of Dr. Brain, Math Blaster e The Clue Finders.

do not have entertainment, enjoyment, or fun as their primary purpose”.

La definizione invece che ha contribuito alla diffusione del termine è invece piuttosto recente ed è di Sawyer & Rejeski (2002) ‘rifinita’ poi nel 2007 come ‘any meaningful use of computerized game/game industry resources whose chief mission is not entertainment’. (Sawyer, 2007)

Il videogioco America’s Army del 2002, sviluppato su commissione del governo statunitense per il reclutamento di militari, può essere classificato come il primo SG con applicazione militare. Dotato di design accattivante e fornendo una esperienza coinvolgente, istruttiva e divertente, ha ricevuto un enorme successo, aprendo la strada per la consacrazione di questo tipo di videogioco.



Fig. 33 Esempi di videogiochi che si basano sulla ricerca di informazioni come (sopra) The Oregon Trail e (sotto) Journey of the Zoombinis.

Il crescente interesse verso i SG da parte di diversi campi, come la medicina, l'assistenza sanitarie etc, ha portato a diversi studi e alla revisione dei principali concetti e alla tassonomia di questo tipo di gioco (Djaouti, 2011; Garris et Al., 2002; Prensky, 2001; Sawyer, 2007).

Nel 2001 Espen Aarseth ha pubblicato un articolo intitolato 'Computer game studies, Year One', sulla

prima rivista accademica dedicata agli studi sui giochi per computer (Aarseth, 2001) invitando studiosi e accademici a prendere sul serio i videogiochi e a non sottovalutarli per le loro potenzialità in campo culturale. È significativo il titolo 'anno zero' poiché è chiara la volontà di voler iniziare un nuovo percorso di ricerca in cui la simulazione dei giochi divenga un'alternativa alla narrativa come struttura cognitiva e comunicativa.

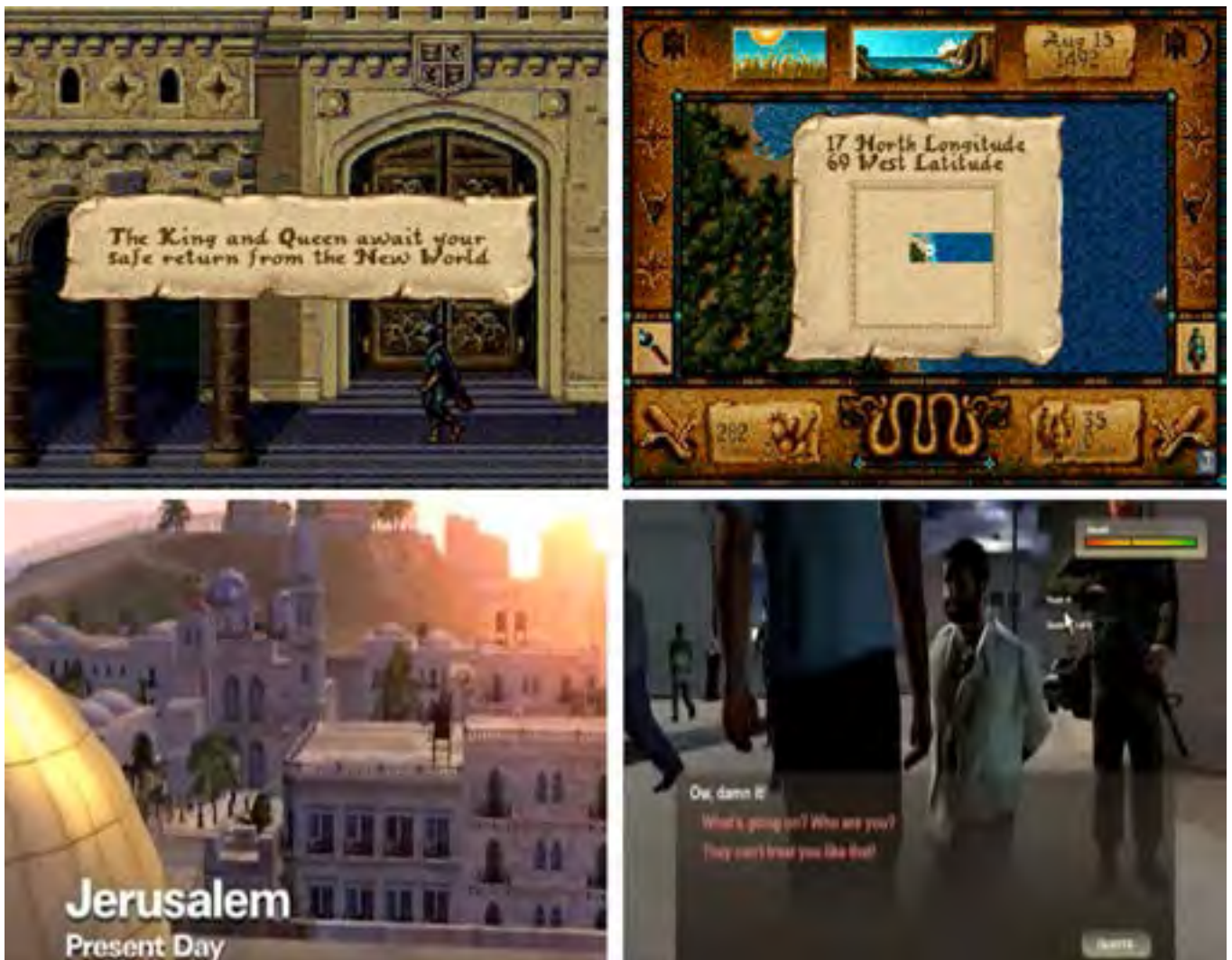


Fig. 34 Esempi di videogiochi che si basano sulla ricerca di informazioni come (sopra) *Global Conflicts: Palestine* e (sotto) *Phoenix's Quest Game*.

3.6.1 I serious game nel Cultural Heritage

Come descritto nella prima parte di questa ricerca il Patrimonio è costituito dal Patrimonio materiale e dal Patrimonio immateriale.

Nonostante lo sviluppo tecnologico degli ultimi decenni e la presa di coscienza degli ultimi anni di come i videogiochi possano essere considerati un potente mezzo per la conservazione ma anche per la comunicazione e la disseminazione del Patrimonio, sono ancora poche le esperienze e le sperimentazioni in questa direzione da parte della comunità scientifica e degli 'addetti ai lavori'.

Si rende necessario stabilire una struttura solida intorno a questo campo di indagine, che aiuti anche nella classificazione dei SG per il Cultural Heritage (CH) e che ne definisca le caratteristiche necessarie affinché siano riconosciuti come tali. Devono essere stabiliti certi standard in modo che questo *medium* possa facilmente rivolgersi ad un pubblico ampio per rendere il Patrimonio inclusivo.

Il SG è inoltre uno strumento che può rivelarsi utile alle istituzioni museali al fine di creare percorsi di visita ricchi di contenuti partecipativi e interattivi, che suscitino la curiosità verso i musei stessi e i loro contenuti, e più in generale la consapevolezza verso il patrimonio.

La combinazione degli strumenti tecnologici, come le periferiche indossabili sul proprio corpo per la fruizione di strumenti AR e VR è in grado di creare esperienze per l'esplorazione del Patrimonio di grande impatto emotivo, adatti allo stesso tempo a svolgere funzioni per lo sviluppo cognitivo.

Un fattore che influisce molto sulla riuscita del SG, è quello di essere coinvolgente non solo dal punto di vista della grafica ma anche per quanto riguarda i contenuti, e quello di rendere il gioco il più possibile personalizzabile così da creare una certa empatia e familiarità tra persona reale e personaggio virtuale, tra il visitatore e il bene. Il punto chiave è quello di riuscire a rendere questi mondi virtuali ricchi di contenuti culturali stimolanti, così che servano come mezzo di apprendimento e disseminazione del patrimonio e più in generale al suo 'tramandamento'.

Esistono varie tipologie di SG secondo Mortara et

al. (2014) che propone una tassonomia caratterizzata dalle seguenti categorie:

Cultural Awareness: la consapevolezza culturale riguarda principalmente il patrimonio immateriale e *serious game* rappresentano un potente mezzo tramite il quale questo può essere conservato e condiviso. Con questa categoria si intendono quei videogiochi che attraverso ricostruzioni di ambientazione, musiche tradizionali e un certo tipo di condizioni illuminanti, evocano una cultura o una usanza nello specifico. I *serious game* di questo tipo possono essere di grande supporto per i musei che raccontano la storia di popoli, di civiltà o di luoghi di cui sono rimaste soltanto poche testimonianze indirette.

Historical Reconstruction: questi giochi si basano sulla fedele ricostruzione di ambientazioni in determinati periodi storici, al fine di raccontare eventi del passato, spiegando le dinamiche che lo hanno generato ed eventualmente le conseguenze che ha causato, come ad esempio battaglie, conquiste o eventi minori. Molti videogiochi appartenenti a questa categoria sono costituiti da ambientazioni 3D, ricostruzioni virtuali e fotorealistiche in modo da contribuire a rendere il più possibile verosimile la rappresentazione e la comunicazione e la narrazione più efficaci.

Heritage Awareness: questo tipo di videogioco offre ambientazioni 3D immersive e realistiche di luoghi reali così da poter imparare ad apprezzare il Patrimonio, in particolare il patrimonio materiale come architetture, beni artistici e naturali, reperti archeologici etc.

Ad ognuna di queste categorie corrispondono diverse tipologie di gioco poiché posseggono alcune caratteristiche, quali la modalità di interazione e il tipo di scenario, che li rendono più efficaci rispetto ad altre

Fig. 35 Esempi di serious game appartenenti alla categoria Cultural Awareness (dall'alto verso il basso): Roma Reborn, Discovery Babylon, Africa Trail e Papakwaqa.





Fig. 36 Esempi di serious game appartenenti alla categoria Historical Reconstruction (dall'altro verso il basso): *Total War 2 The Siege of Syracuse*, *Total War 1* e *Rome in Danger*.

categorie. I giochi di battaglia, i *Role Playing Game* e i giochi *Strategy* per esempio, si adattano meglio alla tipologia *Historical Reconstruction* in quanto grazie alle ricostruzioni di edifici e in generale di ambientazioni storiche, arricchiscono in maniera significativa lo scenario di gioco, aiutando il giocatore a comprendere le dinamiche della narrazione del gioco.

Giochi che costituiscono di fatto un 'museo virtuale' e che raccolgono ricostruzioni di opere museali, appartengono invece alla terza categoria, insieme ai giochi di archeologia, i *Pervasive Game* e i giochi che si occupano della promozione del turismo (vir-

tual/augmented cultural tourism).

Si riportano alcuni esempi di SG utilizzati nel Cultural Heritage, descrivendone le caratteristiche principali dal punto di vista grafico e dello svolgimento, e classificandoli secondo i criteri dei videogiochi espressi fino ad ora.

Un esempio di videogioco applicato al campo dei beni culturali è quello di *Opera Kidz* sviluppato da Open-Lab⁸ e realizzato per il Museo dell'Opera del Duomo di Firenze.

Il Museo propone percorsi di visita con diversi livel-

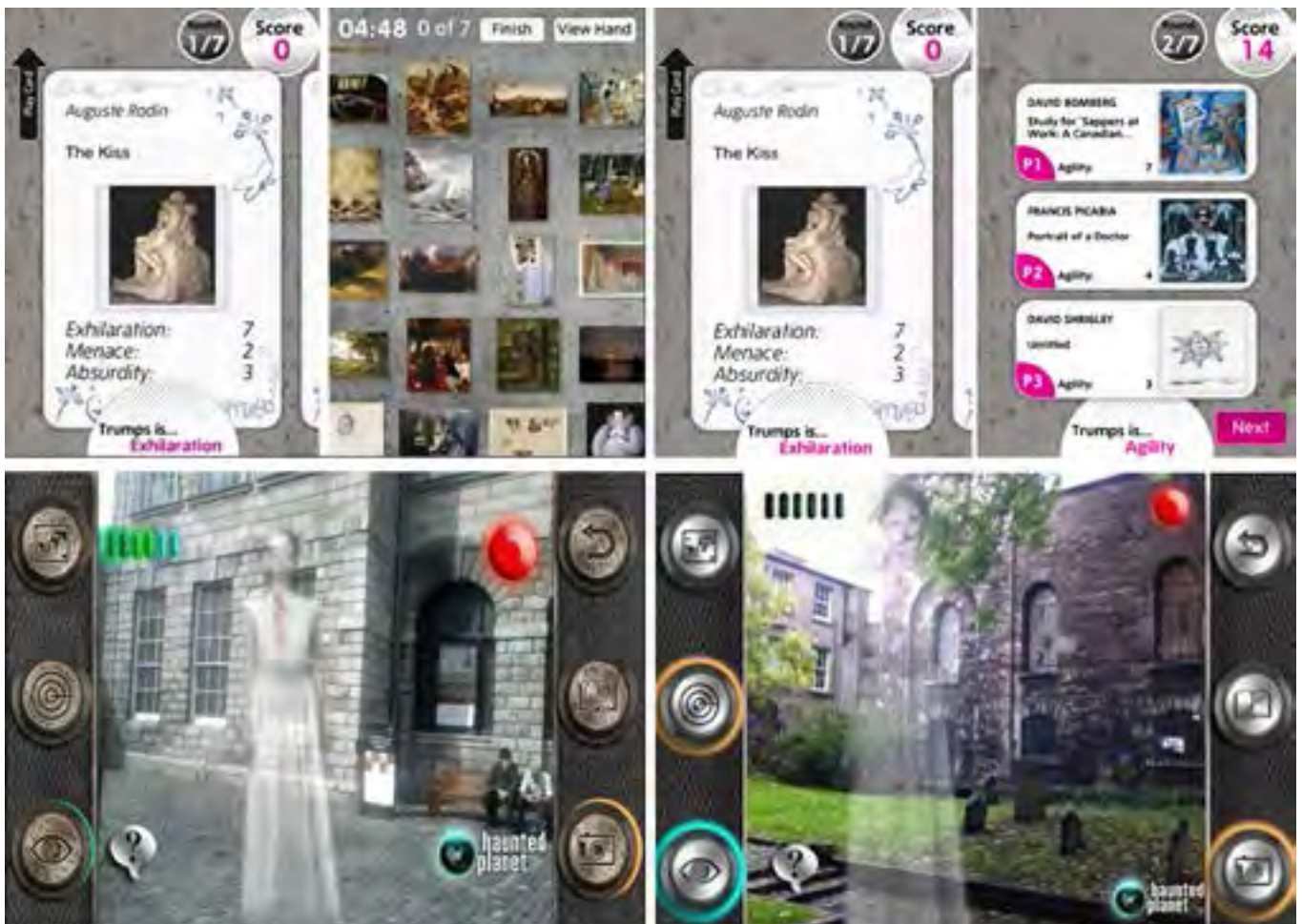


Fig. 37 Esempio di serious game appartenenti alla categoria *Historical Reconstruction*: *Bram Stoker's Vampires*.

li di competenza ma la tematica è ‘impegnativa’ per i bambini. Viene proposto un gioco come percorso museale alternativo per i bambini e i ragazzi ai quali viene consegnato un *tablet* che dovranno poi riconsegnare alla fine della visita dove riceveranno un ‘premio’. È evidente di come la fascinazione nel bambino dei supporti digitali sia superiore ad ogni altro tipo di supporto ma è importante creare una esperienza che garantisca di tenere alta la loro attenzione verso le opere, attraverso meccaniche di gioco semplici e familiari che conducano in ogni caso alla vittoria così

da non generare una frustrazione nel bambino e di essere una opportunità per il museo e non un problema, non deve ‘distrarre’ dall’esperienza museale. Il gioco prevede che il giocatore osservi i dettagli delle opere e ne scopra le particolarità per poter risolvere gli ‘enigmi’. Vi è una fortissima attenzione al linguaggio grafico, non solo come ispirazione ma come tematiche di gioco, affinché si crei una forte connessione tra spazio digitale e spazio museale reale. Ad esempio i pulsanti, il *layout* e altri elementi del gioco richiamano figure geometriche di Giotto, così che anche



Fig. 38 Due schermate del gioco OperaKidz di Open-Lab. Nell'immagine si osservano due tipologie di minigame dalla grafica semplice ed intuitiva (gioco puzzle e gioco memory).

a livello inconscio trasmettano sensazioni a diversi livelli. Allo stesso modo la *palette* di colori è stata definita secondo i colori ricorrenti nelle opere, garantendo così l'originalità del gioco.

Questa App è pensata anche per la 'missione' di promozione oltre ai confini del museo ma la priorità rimane quella di uscire dal mondo digitale e andare al museo reale mantenendo su di esso il *focus*.

Un esempio altro significativo e recente (2017) diSG nel campo dei beni culturali, è quello del gioco 'Father and Son'⁹ sviluppato per il Museo Archeologico

Nazionale di Napoli (MANN) e pubblicato su Apple Store e Google Play.

Si tratta del primo videogioco prodotto da un museo e immesso sul mercato, è pensato per un pubblico internazionale ed scritto in lingua inglese. Ad oggi è fruibile in sette differenti lingue, tra cui l'italiano, stabilite tramite l'osservazione dei bacini di utenza dei videogiocatori durante la fase di *testing* e in base alla volontà del museo stesso di intercettare visitatori in paesi specifici.

Questo approccio segna un punto di rottura con le



Fig. 39 Immagini tratte dal videogioco 'Father and Son'⁹ sviluppato per il Museo Archeologico Nazionale di Napoli (MANN).

strategie di comunicazione e promozione dei musei tradizionali. Il nome 'Father and Son' non richiama direttamente il museo, la *location* museale occupa il 20% dello spazio narrativo e anche la storia non riguarda vicende e storie legate al museo, anche se nell'intreccio della trama è presente.

Il protagonista del gioco è un giovane che cerca di scoprire la storia del padre archeologo che non ha mai conosciuto ed è ambientato nella città di Napoli e all'interno delle sale del Museo. Si tratta di una avventura a scorrimento laterale *point-and-click* in cui le interazioni avvengono attraverso l'incontro e il dialogo con alcuni personaggi e si svolgono su diversi livelli temporali, per esempio nell'antico Egitto o a Pompei. Per quanto riguarda la grafica è stato scelto rappresentare Napoli e le altre ambientazioni attraverso scene dipinte a mano, in maniera 'astratta'. Il fruitore del gioco si trova dunque a 'viaggiare' nel tempo attraverso i dialoghi dei personaggi e i cambi di scena, immerso nelle atmosfere delle diverse epoche ed esplorando alcuni luoghi del Museo, riflettendo sullo stretto rapporto tra passato e presente.

Quella fatta dal MANN è una vera e propria operazione innovativa, 'premiata' con 2 milioni di *download* di persone di età media 30 anni, di cui soltanto il 10% italiani. Questa strategia promozionale ha inoltre portato all'incremento delle visite del museo reale e un tempo corrispondente a mille anni trascorso dai giocatori all'interno del videogioco.

Vi è infine la volontà di congiunzione tra museo digitale e fisico, ed infatti alcuni contenuti aggiuntivi del gioco, anche se non sono fondamentali e vincolanti per il completamento dello stesso, si sbloccano soltanto attraverso un '*check-in*' all'interno del museo reale.

Come dimostrano questi esempi e il loro successo, l'utilizzo dei videogiochi in ambito museale e più in generale nel campo dei beni culturali, rappresenta un mezzo importante per ridurre le distanze tra chi 'produce' cultura e chi la fruisce. Gli utenti necessitano di diventare coprotagonisti delle storie che vengono raccontate, dei veri e propri sceneggiatori che attraverso la propria partecipazione influiscono sul finale. Il 'consumo' passivo della cultura e di conseguenza i musei tradizionali non riescono più ad attrarre i visitatori, sempre di più interessati alla tecnologia e all'impiego di strumenti digitali.

I musei, attraverso l'inclusione di *start-up* innovative inglobate ed integrate all'interno delle proprie strutture, e grazie alla realizzazione di giochi ed applicazioni fruibili dal grande pubblico, possono divenire luoghi in cui creatori e 'sognatori' trasformano i musei in luoghi della contemporaneità, sfruttando i bacini di utenza che i musei già posseggono ed incrementandoli attraverso la creazione di 'spazi' in cui si esplora e si racconta non solo il passato ma anche il futuro.

L'auspicio è quello che i musei possano divenire 'attrattori' spontanei di un pubblico sempre maggiore, così come avviene per i videogiochi e per le forme di intrattenimento contemporanee.

Note

1 Confronta riferimenti bibliografici: Freud (1948), Piaget (1945), Huizinga (1949), Bruner (1976)

2 L'identificazione è un meccanismo psichico per cui un soggetto acquisisce una qualità, un tratto o una funzione che appartengono ad un altro soggetto, trasformandolo parzialmente o totalmente. Il concetto di identificazione nella riflessione di Freud (1921) comporta problematiche, una delle quali è il rapporto tra imitazione e identificazione. L'imitazione è un meccanismo identificatorio molto precoce che ha lo scopo di percepire un tratto, una situazione, uno stato emotivo di uno o più soggetti e 'farli propri'. Si confrontino anche i concetti espressi da Anna Freud (1936) e di R. Spitz (1957).

3 Jean Piaget (1896 - 1980) è stato uno psicologo e pedagogista svizzero ed è considerato il padre dell'epistemologia genetica, ovvero lo studio della conoscenza, della relazione tra soggetto agente e pensante e oggetto della sua esperienza, in riferimento allo sviluppo. Secondo Piaget la mente tende ad adattarsi in maniera innata alle diverse situazioni e l'intelligenza identifica proprio il processo di adattamento del pensiero all'ambiente. L'adattamento è caratterizzato da due processi ovvero l'assimilazione e l'accomodamento che accompagnano il percorso cognitivo delle persone dalla gioventù alla vecchiaia. Piaget sostiene inoltre l'esistenza di una differenza qualitativa tra le capacità cognitive di un bambino e di un adulto.

4 Tra i maggiori protagonisti dal '700 al '900 si citano Rousseau (1712-1778) da cui prese avvio la rivoluzione della metodologia dell'insegnamento e dell'educazione, introducendo il concetto di 'sviluppo' spontaneo attraverso i 'sentimenti', la Natura e gli affetti; Pestalozzi (1746-1827) riprende il pensiero di Rousseau sostenendo l'importanza della formazione dei giovani in comunità e non in solitudine, nella pienezza dei rapporti familiari e sociali. Con Herbart (1776-1841) la pedagogia inizia a divenire una scienza autonoma dell'educazione che deve perseguire la formazione della personalità sviluppando i cinque valori fondamentali dell'esperienza, ovvero libertà interiore, perfezione, benevolenza, diritto ed equità. Nel '900 la scuola diviene 'nuova' e 'attiva' e si sviluppano i

concetti di puerocentrismo (è centrale la figura del bambino e non dell'adulto) e autoeducazione. L'insegnante assume però un ruolo importante, dovendo questo stimolare gli interessi, esaltando le doti e promuovendo attività diversificate secondo le scelte degli allievi.

Le teorie pedagogiche si evolveranno ancora nel corso del secolo con le teorie di Dewey (1859-1952), Decroly (1871-1932), Piaget (1896-1980), Bruner (1951).

5 Il Metodo Montessori è un sistema educativo sviluppato da Maria Montessori (1870-1952), pedagogista, medico ed educatrice italiana. Il suo pensiero si basa sull'indipendenza del bambino, della libertà di scelta del proprio percorso educativo entro certi limiti e sul rispetto del naturale sviluppo dei processi cognitivi. Il Metodo è praticato oggi in circa 60.000 scuole di tutto il mondo.

6 Le avventure testuali sono giochi, o programmi più in generale, che avvengono attraverso l'interazione di un personaggio con l'ambiente in cui si trova attraverso l'utilizzo di comandi testuali, digitati dal giocatore. Raggiunsero la massima popolarità negli anni '80 e costituiscono un sottogenere degli *Adventure Game*. Possono essere considerati 'giochi di ruolo' dove il 'narratore' è il computer e il giocatore attraverso un'interfaccia con un riga di comando decide quali azioni compiere nelle diverse situazioni che la storia presenta.

7 John Watson (1878-1958) è stato uno psicologo statunitense ed è considerato il padre delle 'teorie del comportamentismo' o '*behaviourism*'. Si tratta di teorie sviluppate a partire dal 1913 con la pubblicazione dell'articolo '*Psychology as the Behaviorist Views It* sulla *Psychological Review*' e viene indicato il 'comportamento manifesto' come l'unica unità di analisi studiabile poiché 'la mente' è vista come un qualcosa di impenetrabile.

8 Confronta Open-Lab: <https://www.open-lab.com/>

9 Il progetto è nato dall'idea di Ludovico Solima, professore all'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, e dal direttore del Museo Archeologico Nazionale di Napoli, Paolo Giulierini ed è stato sviluppato dall'Associazione TuoMuseo di Fabio Viola.

PARTE II

LA COSTRUZIONE DEL DATABASE DIGITALE DI UN COMPLESSO CASO STUDIO



Fig. 1 La fortezza di Masada. (sopra) Una veduta aerea in cui si apprezza la conformazione della montagna e l'andamento del Sentiero del Serpente sul versante est. (sotto) La veduta della fortezza dal campo romano F, situato a nord ovest e da cui è possibile vedere le terrazze a nord e la poderosa rampa romana.

CAPITOLO IV

Il complesso caso studio di Masada in Israele

Il sito archeologico di Masada rappresenta sia un simbolo per la storia del popolo israeliano sia una pietra miliare per lo studio archeologico delle architetture erodiane. Il lavoro presentato nei prossimi capitoli costituisce la prima documentazione digitale completa dello stato attuale del sito e dimostra la possibilità di utilizzare avanzate tecnologie digitali in condizioni critiche, a partire dalle temperature desertiche fino alla complessa orografia e natura morfologica del sito. Queste problematiche sono state superate grazie all'impiego di strumentazioni *laser scanner* e di ripresa fotogrammetrica; le successive operazioni di elaborazione e post-produzione dei dati hanno portato alla realizzazione di una planimetria generale dettagliata di tutto il sito, ad oggi inesistente.

Ogni Università partecipante al Progetto di documentazione si è occupata di diversi obiettivi, e l'Università di Firenze in particolare ha provveduto alla realizzazione di sistemi multimediali interattivi funzionali alla promozione turistica del parco archeologico. L'alta affidabilità dei modelli 3D digitali costituisce inoltre una possibilità di 'sopravvivenza' del sito e della sua storia, visto l'evidente ed indiscutibile rischio ambientale ed antropico.

La necessità di valorizzare il sito archeologico e tutti i dati raccolti facenti parte del *database* digitale, ha visto la necessità di trovare soluzioni alternative ai tradizionali sistemi di conservazione e divulgazione, facendo riflettere sulla possibilità di utilizzare il 'videogioco' come strumento 'innovativo' per la fruizione e per la divulgazione del Patrimonio archeologico del sito. In questo capitolo vengono esposte le principali vicende storiche e l'evoluzione del sito, mentre le successive Capitolo V sarà mostrato il lavoro del gruppo di ricerca, utile alla costruzione del database digitale per la successiva sperimentazione e realizzazione del videogioco.

4.1 Inquadramento territoriale

Il sito archeologico di Masada si trova in Israele, a 100 km a sud-est di Gerusalemme e ad un'altitudine di 400 m circa sul livello del Mar Morto. Il sito sorge infatti sulla sommità di un altopiano che sventa nel Deserto di Giudea e il *plateau* si trova ad un'altitudine compresa tra i 35 m e i 60 m sul livello del mare. Le caratteristiche del territorio sono quelle tipiche di tale deserto, con rocce e colline calcaree e grandi canyons, ed è proprio la conformazione del territorio che ha reso difficile l'individuazione del sito di Masada per molti secoli, confondendone le rovine con le rocce del deserto. A nord e a sud di Masada vi erano due *uidian* (fiumi) che servirono per l'approvvigionamento dell'acqua e per rifornire le cisterne scavate nella roccia.

Diversamente da oggi, in passato piogge torrenziali arrivavano improvvisamente e riempivano gli *uidian* e le gole tra le montagne. Questi eventi sono testimoniati, oltre che dalla fonte storica di Giuseppe Flavio, anche dai racconti del team di scavo di Yigael Yadin che scavò il sito nel 1966, e che durante i mesi di lavoro fu testimone di fenomeni naturali di straordinaria portata. Fu possibile osservare cascate d'acqua che avevano riempito le cisterne del sito e che attraverso i canali di drenaggio, correvano fino al Mar Morto.

A differenza di quanto si possa pensare, in passato il clima era molto variabile e soffiavano forti venti che cambiavano direzione improvvisamente. A seguito di questi eventi il deserto si trasformava in una distesa verde cosparsa di fiori. Per lungo tempo fu abitata da Erode il Grande che vi costruì la sua fortezza viste le ragioni sopra espresse, e data l'ottima qualità del terreno, riservò la parte centrale del *plateau* per la coltivazione dei campi. È molto probabile che venissero coltivate piante basse e alberi da frutto di



Fig. 2 Vedute dalla fortezza di Masada. (sopra) Il forte posto nell'estremo sud del plateau offre una visuale sul Uadi Sebbeh e sulla montagna antistante la fortezza di Masada, sopra alla quale sono state rinvenute tracce del vallo costruito dai romani. (sotto) Una veduta verso est dove si scorgono le saline del Mar Morto e le catene montuose della Giordania al di là di esse.

dimensioni contenute, disposti secondo filari ordinati e sfruttando la pendenza del terreno del *plateau* da ovest verso est.

Il centro abitato più vicino al sito, fatta eccezione dei piccoli villaggi beduini che si trovano lungo le principali strade, è quello di Arad, una cittadina da 23.000 abitanti che si trova a circa 20 km di distanza. Masada è raggiungibile in auto in attraverso la strada che la collega appunto ad Arad, oppure tramite la Strada Statale 90 che attraversa lo Stato di Israele da nord a sud costeggiando il confine che lo separa dalla Giordania, unendo Tiberiade e Elat.

Giungendo da Arad, la rocca di Masada appare nella sua maestosità dopo molti chilometri di curve nel deserto, confondendosi con le altre conformazioni rocciose, e si arriva sul versante ovest dell'altopiano, dove è possibile salire al sito archeologico percorrendo un sentiero che costeggia la rampa romana. Se invece si giunge da est si arriva presso l'ingresso principale, il Visitor's Center, che accoglie un museo archeologico e un punto ristoro. Da qui è possibile salire tramite una cabinovia oppure camminando lungo il Sentiero del Serpente che si arrampica per un dislivello di 400m lungo il versante est della montagna.

La fortezza di Masada, considerando soltanto l'area pianeggiante sulla sommità della montagna, si estende per circa 700 metri da nord a sud e circa 300 nel punto più largo da ovest a est. Tutto intorno è possibile ancora oggi osservare ciò che rimane del vallo di circa 3500 metri e dei campi romani costruiti per assediare la fortezza occupata dagli Zeloti.

4.2 Le fonti storiche

La maggiore fonte storica che ci dà notizie riguardo alle vicende susseguitesesi a Masada è l'opera "Guerra Giudaica" di Tito Flavio Giuseppe (Gerusalemme 37 d.C circa – Roma 100 d.C circa) pubblicata nel 75 d.C che racconta la storia della guerra dei giudei contro i romani a partire dalla conquista di Gerusalemme nel 164 a.C. fino alla fine della prima guerra giudaica (74 d.C).

Giuseppe Flavio racconta la storia di Masada a partire dall'occupazione di Erode nel 37 a.C ma prima di questa data, durante il periodo Asmoneo, non si hanno

notizie certe riguardo alla storia del sito. Sappiamo soltanto che *"il primo a costruirvi sopra una fortezza fu il sommo sacerdote Gionata"* (Libro VII:285). Giuseppe Flavio descrive dettagliatamente quelli che furono gli interventi di Erode all'impianto originario e anche la funzione di alcune zone del *plateau*; scrive che *"il re infatti lasciò libera per la coltivazione la spianata su in cima, che era di un terreno più fertile e più soffice di qualsiasi campo in pianura, affinché se mai si verificasse una difficoltà nel far arrivare da fuori le vettovaglie, nemmeno di questa avessero a soffrire coloro che s'erano rifugiati nella fortezza"*. (Libro VII: 287)

L'autore racconta poi dell'occupazione degli Zeloti e del successivo assedio da parte dei romani. Questi, guidati dal comandante Silva, giunsero ai piedi della montagna e costruirono un muro e degli accampamenti tutti intorno ad essa. I percorsi per raggiungere la sommità erano due, uno ad Oriente detto "serpente", vista la sua conformazione, irta e stretta, circondata da burroni; l'altra a occidente di più agevole accesso. Il comandante scelse il luogo idoneo per l'assedio, ovvero una grossa prominenza rocciosa a occidente della fortezza, che però era molto più bassa rispetto alla sommità. Fece costruire un terrapieno, la cosiddetta 'rampa romana', e varie macchine d'assedio; inoltre fu costruita una torre che veniva issata lungo la rampa mano a mano che questa veniva costruita. La torre, ricoperta di ferro, serviva sia per proteggere coloro che costruivano la rampa, sia per attaccare con baliste e catapulte i difensori delle mura. I romani riuscirono così a raggiungere la sommità della rocca e a far breccia nel muro di cinta con un ariete.

Giuseppe Flavio racconta poi del 'sacrificio' che compirono i Sicari, i quali in seguito ad un lungo discorso di incoraggiamento e convincimento del loro comandante Eleazar il quale propose ai suoi "eguaci di uccidersi l'un l'altro per non essere fatti prigionieri o uccisi la mattina seguente dai romani; così fecero e soltanto due donne e alcuni bambini sopravvissero poiché si nascosero.

Giuseppe Flavio conclude poi l'opera raccontando alcuni episodi successivi a quelli ma senza dare altre informazioni riguardo alla fortezza di Masada.

4.3 La scoperta del sito e l'indagine archeologica

Come detto in precedenza, la fortezza di Masada è stata a lungo celata dalla conformazione morfologica del luogo in cui si trova. I primi viaggiatori che hanno documentato l'avvistamento e la scoperta del sito all'inizio del XX secolo, sono stati i fotografi Eric e Edith Matson, che grazie all'aiuto di guide locali raggiunsero la sommità della montagna realizzando una corposa documentazione e scattando fotografie da diverse posizioni.

Nel 1948, a seguito delle due grandi guerre, lo Stato di Israele è stato dichiarato tale e la fortezza di Masada è divenuta un simbolo per il popolo giudaico. Non è un caso che a partire dagli anni Sessanta fino a qualche anno fa, tutti i nuovi soldati, prima di essere arruolati all'esercito israeliano, dovessero compiere giuramento proprio sul *plateau* della fortezza, recitando a gran voce la frase "*Metzadà shenit lo tippol*" (Mai più Masada cadrà).

A partire dagli anni Sessanta inoltre, si è consolidato il senso di appartenenza allo stato tramite il fenomeno detto *mithmaking* (creazione del mito), che grazie all'identificazione di siti archeologici citati nella Bibbia, attribuisce legittimamente la presenza di ebrei nei territori d'Israele.

Grazie a questo fondamentale passaggio nella storia del popolo israeliano, iniziarono ad essere finanziate campagne di scavo e opere di riqualificazione. Le prime esplorazioni del sito risalgono al 1875 ad opera di Claude R. Condor, un luogotenente della Royal Engineers. Successivamente I. A. Richmond nel 1962 condusse un lavoro consistente sostanzialmente nell'acquisizione della cartografia preesistente e nell'integrazione della stessa con i risultati delle indagini condotte sui campi romani.

Nel 1955 la *Israel Exploration Society* insieme alla *Hebrew University* e il *Ministero delle Antichità e dell'Istruzione*, ha incaricato un team di esperti costituito da ricercatori e studiosi che ha operato sul campo compiendo i primi scavi e i primi saggi.

Sotto la direzione di Yigael Yadin, tra il 1963 e il 1965 è stata scavata la sommità dell'altopiano e già nel 1966 sono stati conclusi i lavori di restauro e riqualificazione del sito. Gli interventi di restauro e di

anastilosi sono stati eseguiti in maniera massiva e per permettere ai visitatori e ai turisti di distinguere queste parti ricostruite è stata dipinta una linea nera sui paramenti murari, indicando come "non originale" ciò che c'è al di sopra di essa.

Nel 1966, a seguito dei lavori di riqualificazione e di musealizzazione è nato il *Masada National Park* (MNP), costituito da 230 ettari di territorio. Inizialmente la gestione del Parco era di competenza nazionale ed era tutelato dal Ministero del Paesaggio, mentre successivamente è stata annessa all'autorità preposta alla salvaguardia di svariati siti archeologici chiamata *National Parks Authority* (NPA).

Più tardi, nel 1972, visto il grande afflusso di turisti attratti da questo luogo straordinario, per storia e significato, è stata inaugurata una cabinovia che permette ancora oggi di salire agevolmente sulla sommità del sito.

Le indagini archeologiche e le campagne di scavo sono ricominciate nel 1986 grazie ad una concessione del NPA e hanno visto protagonista Ehud Netzer della Hebrew University. Egli, erede accademico di Yigael Yadin, ha avviato un programma di indagine molto ampio riguardo non solo il sito archeologico di Masada ma anche altre opere di Erode il Grande, come ad esempio le ville suburbane del re e alcune altre grandiose fortezze.

Netzer, a seguito della morte di Yadin, ha continuato il lavoro di documentazione e di relazione riguardo agli scavi condotti dall'archeologo negli anni precedenti. Una collana di sette tomi, curati e scritti da diversi studiosi ed esperti in materia, è oggi di fondamentale importanza per la comprensione dell'evoluzione del sito e dei suoi edifici.

Al fine di incrementare maggiormente le infrastrutture e i servizi per i turisti, che nel 2010 hanno raggiunto il numero di 1.25 milioni di ingressi (MPAS 2000), è stato avviato il Masada Project che ha previsto oltre al proseguimento delle indagini archeologiche, anche il rinnovo della cabinovia. Contestualmente è stato costruito anche il Visitors Centre costituito da una struttura per l'accoglienza dei turisti, un punto ristoro e un museo dove sono allestite fedeli riproduzioni di scene di vita quotidiana di Masada, ma sono anche conservati reperti originali di grande valore.

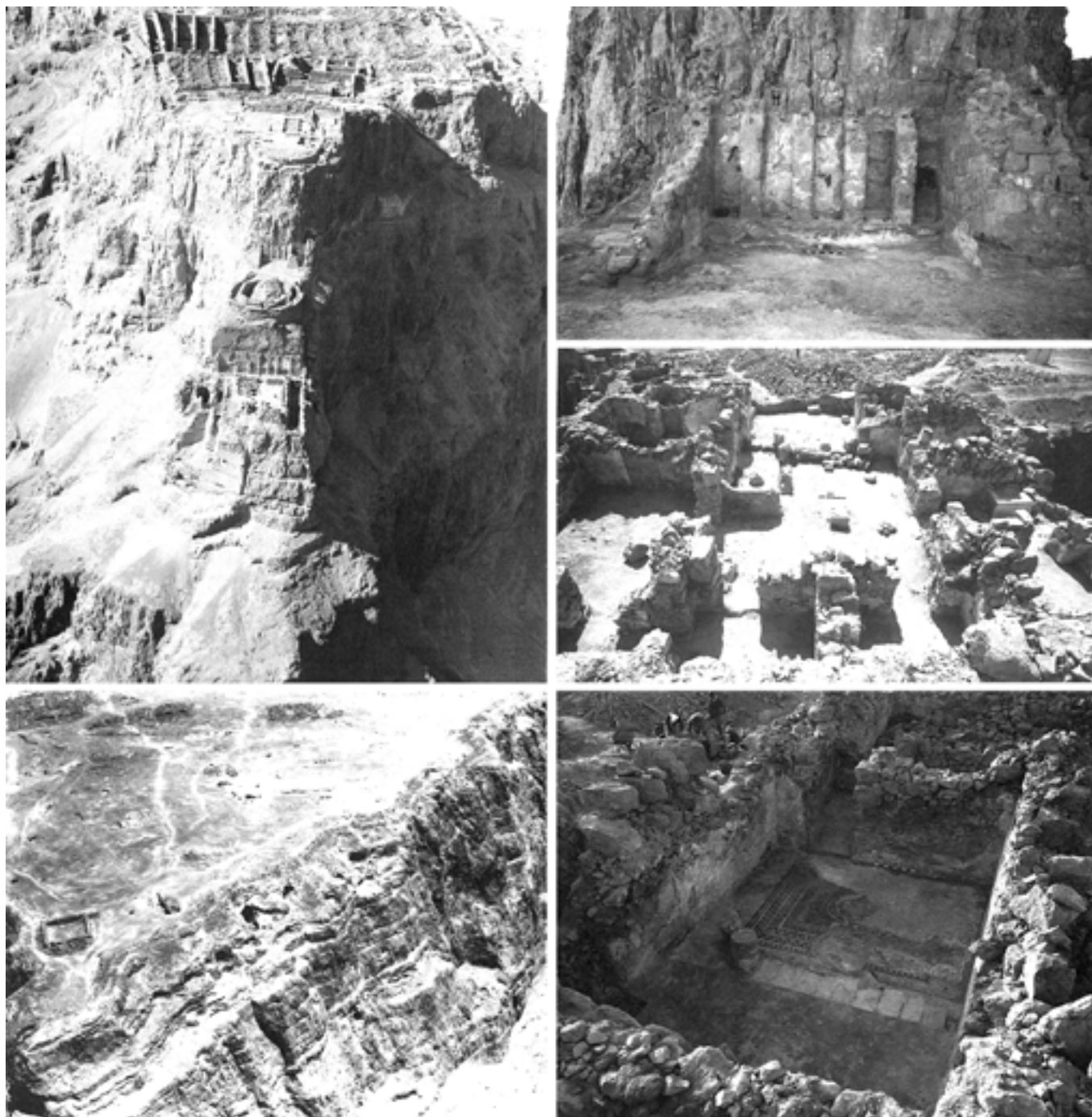


Fig. 3 Fotografie storiche tratte dal libro di Ehud Netzer (1991). Si osserva (in alto a sinistra) una foto aerea delle sezione nord e delle terrazze, scattata alla fine della prima campagna di scavo. (a destra) La terrazza intermedia e il nucleo principale del Quartiergenerale del Comandante. (sotto) Una foto aerea del versante sud-est prima degli scavi dove è visibile la piscina a sud del plateau ma le mura a casamatta si 'confondono' con la roccia. (in basso a destra) Un mosaico del Palazzo Ovest.



Fig. 4 Confronto tra le fotografie storiche tratte dal libro di Ehud Netzer (1991) e lo stato attuale (prima dell'apertura del sito). (in alto) La sezione nord e le terrazze. Si notano molte porzioni ricostruite, in particolare nella terrazza inferiore e le Grandi Terme. Una scala che scende sul fianco ovest della sezione nord conduce a tutte le terrazze. (sotto) Una foto aerea del Palazzo Ovest prima degli scavi e la situazione odierna, dove è possibile apprezzare la distribuzione planimetrica e la tipologia architettonica del nucleo centrale.



Fig. 5 Confronto tra le fotografie storiche tratte dal libro di Ehud Netzer (1991) e lo stato attuale (prima dell'apertura del sito) del sito archeologico. (in alto) La sezione Nord, in particolare i magazzini e l'edificio numero 8, durante la prima campagna di scavo. Si nota come la piazza a sud dei magazzini sia stata per lungo tempo come area di deposito di materiali di scavo. Nella foto a destra di nota anche la ricostruzione di gran parte degli ambienti coperti. (sotto) Il confronto di fotografie della sezione sud ovest delle casematte. I crolli esterni purtroppo non hanno permesso la ricostruzione degli ambienti nella loro interezza.

Nel 2001 Masada è stata inserita nella World Heritage List UNESCO in accordo con i seguenti criteri (WHC Nomination Documentation, 2001):

Criterion (iii): *Masada is a symbol of the ancient Jewish Kingdom of Israel, of its violent destruction in the later 1st century CE, and of the subsequent Diaspora.*

Criterion (iv): *The Palace of Herod the Great at Masada is an outstanding example of a luxurious villa of the Early Roman Empire, whilst the camps and other fortifications that encircle the monument constitute the finest and most complete Roman siege works to have survived to the present day.*

Criterion (vi): *The tragic events during the last days of the Jewish refugees who occupied the fortress and palace of Masada make it a symbol both of Jewish cultural identity and, more universally, of the continuing human struggle between oppression and liberty.*

Authenticity: *This is a site that remained untouched for more than thirteen centuries. The buildings and other evidence of human settlement gradually collapsed and were covered over until they were revealed in the 1960s. There have been no additions or reconstruction, beyond an acceptable level of anastylosis, and inappropriate materials used in early conservation projects are being replaced. Limited restoration works have been carried out to aid visitor interpretation with original archaeological levels being clearly defined by a prominent black line set in the new mortar joints. Certain significant archaeological elements, such as the Roman camps and siegeworks, remain virtually untouched. The authenticity is therefore of a very high level.*

Integrity: *Due to its remoteness, and the harsh climate of the southern end of the Judean Desert, following the dissolution of the Byzantine monastic settlement in the 6th century the Masada site remained untouched for more than thirteen centuries until its rediscovery in 1828. The property encompasses the remains of the site on its natural fortress and the surrounding siegeworks.*

Of equal importance is the fact that the setting of Masada, the magnificent wild scenery of this region,

has not changed over many millennia. The only intrusions are the lower visitor and cable car facilities, which in their new form have been designed and re-located sympathetically, to minimize visual impact, though the siting of the summit station, is still controversial.

Protection and management requirements: *The Judean desert remains a sparsely settled area, with the harshness of the environment serving as a natural barrier against modern urban and rural development pressures.*

The property and buffer zone are owned by the State of Israel, and the archaeological sites are protected by the 1978 Antiquities Law. Since 1966 the entire Masada site, and its surroundings, have been designated a National Park, updated by the 1998 National Parks, Nature Reserves, National Sites and Memorial Sites Law. The National Park is further protected through being entirely surrounded by the Judean Desert Nature Reserve, also established under the 1998 Act.

The property is managed by the Israel Nature and Parks Authority, in cooperation with the Israel Antiquities Authority. An important aspect of the current management plan is the decision to carry out no further research excavation on the main site “in the present generation”, although limited excavation will be permitted when required by conservation, maintenance or restoration projects.

Almost entirely invisible from the summit, a new visitor centre was opened on the plain beneath the eastern side of Masada in 2000. Providing all the anticipated facilities, the centre was designed to accommodate the 1.25 million visitors per annum. The cable car, originally installed in the 1970's, was replaced by a new, less intrusive, and heavily used system to connect the visitor centre with the summit. It is also still possible to undertake the arduous climb to the summit by the two historic pedestrian access routes.

The policy of prohibiting commercial activities of any kind, and picnicking on the summit, is rigorously maintained.



Fig. 6 Veduta dalla fortezza di Masada verso il campo Romano F e viceversa. Si nota la presenza del sotto-campo F2 all'interno del Campo F che fu abbandonato a seguito dell'assedio e fu lasciata soltanto una piccola guarnigione a presidio della fortezza. La visuale dal campo F verso Masada è ottimale e questa è la ragione che spinse il generale Silva a scegliere proprio questo come quartier-generale per guidare la costruzione dell'imponente rampa e il successivo assedio.

4.4 L'evoluzione storica del sito di Masada¹

Durante le campagne di indagine di Yigael Yadin è stata scavata il 97% dell'area costruita di Masada e sono stati rinvenuti reperti di varie epoche che forniscono elementi importanti per definire alcuni periodi di occupazione del sito. Alcuni reperti, come vasetti e resti tessili trovati nelle grotte delle rupi, indicano che i primi insediamenti di Masada risalgono al periodo Calcolitico. Non sono state rinvenute però tracce di costruzioni riferibili al medesimo periodo e questo indica la natura nomade e non stabile degli occupanti.

Come detto in precedenza, la fonte più completa e attendibile che narra di Masada è quella di Giuseppe Flavio ma gli storici non sono totalmente d'accordo sulla veridicità delle sue affermazioni.

Egli scrisse che il primo a fortificare la rupe fu tale Gionata ma non è certo chi intendesse con questo nome, se Giuda Maccabeo (fratello di Erode) o Alessandro Janneo che era conosciuto dagli ebrei con il nome Gionata.

Secondo gli scavi di Yigael Yadin nessuna delle strutture scoperte è riferibile con certezza al periodo antecedente ad Erode; sono state trovate soltanto monete emesse da Alessandro Janneo, in particolare nei pressi delle cisterne. (Yadin, 1966).

In ogni caso gli studiosi sembrano essere d'accordo sul fatto che fu certamente Erode a trasformare la rupe in una cittadella reale con sontuosi palazzi. Inoltre la fortezza di Masada fu costruita per essere incorporata nella linea difensiva generale del regno di Erode il Grande, insieme alle altre fortezze del deserto e alle altre opere costruttive.

“È fama che Erode fece costruire questa fortezza per sé, per difendersi da due pericoli: perché temeva che gli ebrei potessero deporlo e riportare al governo i loro precedenti re; l'altro pericolo era più grande e più terribile e veniva da parte di Cleopatra, regina d'Egitto, la quale non faceva mistero delle sue intenzioni, ma anzi ne aveva parlato spesso ad Antonio. Cleopatra desiderava che Antonio togliesse ogni potere a Erode e gli chiese insistentemente di accordarle il regno di Giudea. Ed è certamente molto strano

che Antonio non abbia mai accondisceso a questo suo desiderio, poiché egli era completamente schiavo della sua passione per lei, e nessuno si sarebbe meravigliato se fosse stata accontentata questa richiesta. Così per il timore di questi due pericoli Erode costruì Masada”.

(Giuseppe Flavio, Guerre Giudaiche).

4.4.1 Il periodo “pre-erodiano”

Seguendo le indicazioni dei report finali di Yigael Yadin, pubblicati da Ehud Netzer, è possibile stabilire delle macro-fasi di costruzione degli edifici e di evoluzione del sito durante il periodo Erodiano e di quello immediatamente precedente; possiamo definire il periodo pre-erodiano anche come ‘periodo asmoneo’ (fino al 37 a.C.).

Le prime campagne di scavo avevano identificato molti edifici come risalenti al periodo asmoneo ma con gli scavi e gli studi del 1989 sono state ipotizzate appartenere a quel periodo pochissime strutture. Le teorie iniziali sono state confutate grazie anche allo studio del Palazzo d'Inverno di Gerico, dove sono state scavate strutture ed edifici che riportano molte similitudini con quelle di Masada, come ad esempio una piscina (ambiente n°711).

Per quanto riguarda il Palazzo nord di Masada, ad oggi non è possibile identificare chiaramente edifici pre-erodiani ma possono essere fatte soltanto ipotesi per quanto riguarda le ‘terme abbandonate’ (ambienti n°1086 e n°1090) e gli ambienti ad esse collegati. Questo gruppo di ambienti ha suscitato molti interrogativi negli archeologi che hanno scavato e studiato le fasi stratigrafiche della sezione nord di Masada. Il fatto che ci fosse un grande complesso termale nelle sue vicinanze, ne rende la sua esistenza superflua. Inoltre destano dubbi anche la sua posizione sull'estremità della rupe, così bassa rispetto agli ambienti circostanti e il suo stile non romano, a differenza delle altre terme del sito. Ad ogni modo, sembrano essere questi i resti della prima edificazione in questa zona insieme all'edificio n° 7.

Altre strutture che potrebbero essere identificate come appartenenti al periodo asmoneo fanno parte

della cinta muraria a casamatta. Gli ambiente a cui si fa riferimento sono le torri columbaria (1028-1029 e 1033-1034) e appartengono alla famiglia tipologica delle torri-colombarie di Masada (due torri sono di forma quadrangolare e sono divise in due parti da un muro centrale) ma presentano similitudini con le torri di Cypros (nei pressi Gerico) e del Palazzo d’Inverno a Gerico (della stessa tipologia sono anche le torri di Horvat Abu Haf , di Horvat’Alek e vi sono anche resti di tre torri nella Città di David). Queste strutture servivano anche come torri di avvistamento e furono incorporate nell’ultima fase erodiana nella cinta muraria. Le torri colombarie citate sono del periodo

asmoneo ed è per questo che possiamo ipotizzare essere dello stesso periodo anche quelle di Masada, oppure delle primissime fasi del periodo erodiano. L’edificazione della fortezza di Masada, in accordo con gli scavi del 1963-1965 e del 1989, può essere suddivisa in tre principali fasi erodiane, dove la prima è strettamente correlata con quella definita ‘pre-erodiana’.

Fig. 7 Veduta della fortezza di Masada da una postazione panoramica situata sulla strada che conduce alla cittadina di Arad e che giunge sul lato ovest della fortezza. La fortezza di Masada fu identificata soltanto nel XX secolo visto come si ‘confonde’ perfettamente nel paesaggio desertico circostante.





Fig. 8 Planimetria della prima fase erodiana

4.4.2 Primo periodo erodiano (37 a.C. – 30 a.C.)

La prima fase è costituita dalla costruzione di edifici isolati sul *plateau* di Masada. Oltre all'edificio n° 9 situato a nord, si individuano infatti quattro piccoli palazzi tra cui la parte centrale del Palazzo Ovest e gli edifici n°11 n°12 e n°13. La struttura attribuibile in maniera più evidente a questa fase è l'edificio n°7, nella parte nord del sito. Durante gli scavi del 1989 è emerso che la costruzione di questo edificio è di una fase precedente al complesso dei magazzini, e per questo si rafforza l'ipotesi che durante il primo periodo erodiano esistesse già un edificio nella zona settentrionale. L'edificio serviva probabilmente come quartier-generale amministrativo per l'intera fortezza e ad ospitare guardie e personale di servizio, sia permanente che presente occasionalmente durante le visite della famiglia di Erode a Masada. Questo gruppo di edifici costituiva l'infrastruttura iniziale della

fortezza reale, prima di subire le importanti modifiche negli anni successivi. Le fortificazioni in questo periodo non erano presenti, se non quelle di origine naturale, ma furono costruite solo successivamente. Le uniche protezioni artificiali costruite erano forse alcune torri colombarie a ovest, essendo questo il punto più debole della fortezza, e una torre colombaria al centro del *plateau* per sorvegliare la zona meridionale. Per quanto riguarda le vie di accesso di questo periodo, esistevano probabilmente già sia il sentiero occidentale che quello orientale del Serpente. Il sistema di approvvigionamento idrico era costituito da due cisterne (n°1901 e n°2006) identificate da Y. Porat e da altre due cisterne (n°1908 e n°1911). La tecnologia edilizia e le tipologie architettoniche di questo periodo, trovano somiglianza con quelle della piana di Gerico di periodo Asmoneo. Solo durante le fasi successive si noterà un cambiamento, forse dovuto alle influenze romane.

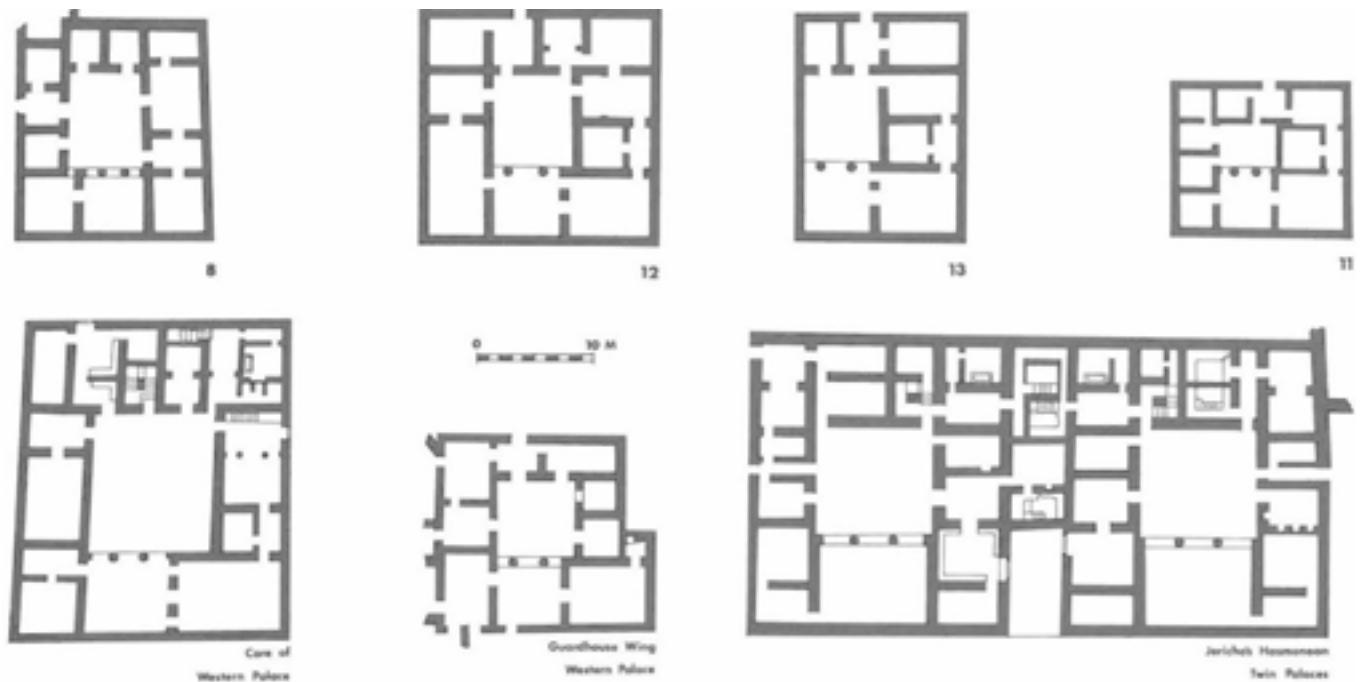


Fig. 9 Disegno tratto dal libro di Ehud Netzer (1991). Si riportano le piante dei nuclei degli edifici erodiani che si configurano tutti allo stesso modo. A partire dall'altro troviamo l'edificio numero 8 (Quartier generale), l'edificio numero 12, il numero 13 che appare privo della stecca di ambienti a sinistra, l'edificio 11, il primo nucleo del Palazzo Ovest, di dimensioni maggiori rispetto agli altri, un altro piccolo edificio del Palazzo Ovest. Infine troviamo la pianta del complesso Asmoneo di Gerico, i cosiddetti 'Palazzi Gemelli' dove è possibile apprezzare lo stesso impianto planimetrico.

Il nucleo del Palazzo Ovest e i piccoli palazzi (edifici n°11, n°12 e n°13)

A seguito di una analisi tipologica degli edifici del *plateau* di Masada, confrontati anche con i palazzi del Complesso del Palazzo d’Inverno a Gerico, è possibile stabilire alcune analogie tra il nucleo originario del Palazzo Ovest e gli edifici n°11, n°12 e n°13. Come descritto anche da Netzer questi edifici hanno un impianto quadrato o rettangolare, sono costituiti da un cortile interno su cui si aprono le diverse stanze ed in particolare una che si affaccia sul cortile attraverso un portico *distilo in antis*.

Netzer individua nove caratteristiche comuni ad ognuno di questi edifici, tra cui quella di avere l’ingresso principale a nord, il cortile rettangolare al centro dell’edificio, la sala di ricevimento a sud del cortile e una sala di ricevimento chiuso nell’angolo sud-est. Le caratteristiche comuni di questi edifici ci danno motivo di credere che siano stati costruiti contemporaneamente al nucleo principale del Palazzo Ovest, quest’ultimo di dimensioni maggiori.

In nucleo del Palazzo Ovest ha una dimensione di circa 24 m larghezza e di 28 m di lunghezza e, come gli altri palazzetti minori, fu probabilmente concepito come una unità autonoma. Il terreno su cui sorge è pianeggiante e fu costruito utilizzando pietre dolomitiche. Lo spessore dei muri varia tra gli 85 cm e i 90 cm. L’ingresso principale era a nord (stanza n°455) ed era costituito da una porta con cornice di pietra, stipiti e soglia rialzata. Sono stati trovati qui resti di una panca a forma di L che era destinata alle guardie. L’edificio n°11 ha invece dimensioni minori, di circa 13,5 m di larghezza e 15,5 m di lunghezze e sorge sul punto più elevato di Masada, in una posizione centrale del *plateau*. Come gli altri edifici mantiene le stesse principali caratteristiche tipologiche ma le stanze sono di dimensione più piccole rispetto alla dimensione media delle stanze di Masada. Le pareti esterne hanno uno spessore di 85 cm mentre quelle interne di 65 cm.

La funzione di questi palazzetti è stata individuata in quella di residenza e “*queste ville dovevano essere in tutto cinque ed erano state costruite indubbiamente per la famiglia di Erode, per le sue moglie e per i suoi*

fratelli” (Yadin, 1968).

Gli edifici in questione furono trovati in un cattivo stato di conservazione e visto che avevano subito l’occupazione durante la rivolta degli Zeloti, avevano perso il loro carattere di maestoso palazzo. Furono trovate però alcune decorazioni e affreschi sulle pareti in un discreto stato di conservazione.

Nelle immediate vicinanze dell’edificio n°11 è stata rinvenuta durante gli scavi una piscina, forse per nuotare o forse con funzione di bagno pubblico. Gran parte della sua superficie è costituita da gradini per facilitare l’immersione in acqua ed è profonda circa 5 m. Questa struttura è rimasta in uso probabilmente anche nei periodi successivi, durante la rivolta giudaica, poiché sono stati trovati reperti riferibili a quel periodo.

L’edificio n°12, anche questo dai caratteri residenziali di palazzo, presenta una forma praticamente quadrata, di lato di 20,5 m e sorge al centro di Masada, a est dell’edificio n°11. L’edificio è stato ritrovato in un buono stato di conservazione e le murature sono state ritrovate intatte e originali fino all’altezza di a 1,0 – 2,0 m.

L’ultimo edificio appartenente al gruppo dei ‘palazzetti’, è l’edificio n°13 situato a sud-est dell’edificio n°11. In quanto alle caratteristiche tipologiche differisce dall’impianto degli altri palazzetti per la posizione del cortile, non centrale in questo caso ma a ridosso del muro a ovest; sul cortile si affaccia però l’ambiente *distilo in antis*. Nelle fasi successive a Erode, questa struttura ha mantenuto la sua struttura originaria fino al periodo zelota, quando sono state fatte intensive attività di rimaneggiamento. Gli ambienti interni al nucleo originario sono stati suddivisi in vani di dimensioni minori e sono state costruite numerose stanze sia a sud che a nord.

In una fase successiva tutti i palazzetti hanno subito ampliamenti e modifiche in base alle esigenze del momento, in particolare durante l’occupazione degli Zeloti i quali suddivisero gli ambienti esistenti in stanze più piccole.

Fig. 10 Foto scattate tramite l’ausilio di un drone (a partire dall’alto): il Palazzo n°12, il Palazzo n° 13 e il Palazzo n°11. Oggi l’impianto, a causa delle ricostruzioni fatte, non è facilmente individuabile in situ, in particolare per l’assenza delle colonne del portico e/o dei loro basamenti.





Fig. 11 Fotografia dell'esterno del Palazzo Ovest e di un corridoio di accesso dove si nota la presenza di sedute (ambiente n° 482-83). Si intravede inoltre una apertura che dà accesso all'ambiente n°455 appartenente al primo nucleo del Palazzo e che doveva essere l'accesso principale ad esso.



Fig. 12 Veduta dall'alto del primo nucleo del Palazzo Ovest e delle coperture realizzate a protezione dei mosaici presenti in questo complesso. (sotto) Due immagini dei mosaici rinvenuti, uno dei quali quasi interamente (ambiente n°450).



Fig. 13 Planimetria del principale periodo erodiano.

4.4.3 Periodo principale erodiano (30 a.C. – 20 a.C.)

Durante questa fase furono costruite le principali architetture del sito, in particolare quelle della sezione nord, come il Palazzo Nord, le Grandi Terme e il nucleo principale del complesso dei magazzini. Osservando la stratigrafia delle murature e in accordo con i risultati degli scavi di Netzer, emerge che i magazzini siano stati costruiti successivamente agli altri due complessi, quando anche l'edificio n°7 esisteva già. Durante questo periodo furono costruite forse anche le due cisterne sul versante nord-ovest della rupe e questo faceva sì che la zona nord del sito potesse funzionare come una unità indipendente. Vi erano due snodi importanti per il 'traffico' nella zona nord tra cui la piazza n°92, dove la Porta dell'acqua (ambiente n°96) funzionava anche come accesso per chi arrivava da ovest. Si accedeva a questa piazza an-

che attraverso il corridoio n°121-126 proveniente dal complesso dei magazzini, e dal corridoio n°113-145. Un altro spazio importante per la 'circolazione' nella zona nord, era la piazza n°174 adiacente all'edificio n°7. In seguito alle modifiche apportate durante questa fase, l'edificio n°7 risultava non essere collegato con il complesso dei magazzini e questo ci dà ragione di credere che fosse un edificio amministrativo per tutto il sito. Gli ambienti identificati con i codici n°183-184 e n°173-181 erano forse delle stalle per far riposare gli animali da soma che portavano l'acqua attraverso la Porta dell'acqua.

Tramite l'ambiente n°180 era possibile accedere alle altre zone di Masada, ma qui era presente quasi certamente una porta che poteva essere chiusa. L'ambiente n° 185, probabilmente lasciato sempre aperto e senza porta, consentiva la circolazione verso la Piazza a nord.

Gli ambienti amministrativi dei magazzini e anche gli



Fig. 14 Veduta della terrazza mediana del Palazzo Nord. Si noti sulla parte destra la scala che scende verso la terrazza inferiore e il muro di contenimento costruito e restaurato per permettere la costruzione di questa terrazza.



archivi erano situati a sud del complesso, separati da esso dal corridoio n°144. Il suggerimento di questa funzione ci è dato dall'ambiente n°221, *distilo in antis*, come molti altri ambienti di altri palazzi di Masada. Un'altra opzione meno accreditata è che la sede dei magazzini fosse intorno alla piazza n°214 e che quindi fosse questo l'accesso principale al complesso dei magazzini sul lato sud. O forse questa zona serviva, come la piazza n°174 e gli ambienti adiacenti, come ricovero per gli animali da soma provenienti

dal Sentiero del Serpente. Gli ambienti che affacciano a ovest su questa piazza sono stati distrutti per aggiungere gli ambienti n°215, n°216 e n°218 ed è pertanto difficile stabilirne l'originaria conformazione. Durante questo periodo infine, nella sezione nord, come garanzia per la sicurezza del complesso fu costruita la Torre n°223 che assunse maggior importanza con la successiva fase di ampliamento dei magazzini.



Fig. 15 (pagina a fianco) Veduta aerea della sezione Nord ed in particolare delle terrazze. E' possibile apprezzare facilmente l'impianto di ognuna di esse e allo stesso tempo immaginare il dispendio di energie per la loro costruzione.

Fig. 16 (sopra) Veduta aerea della sezione nord ed in particolare di una porzione dell'edificio n°8, nel complesso principale dei magazzini e delle Grandi Terme.



Fig. 17 Veduta aerea del complesso delle Grandi Terme nella sezione Nord del sito. Qui sono stati rinvenuti affreschi geometrici sulle pareti ed possibile apprezzare il sistema costruttivo per il funzionamento del calidarium.



Fig. 18 Veduta della Torre n°223 posta nel punto più alto del plateau di Masada nella sezione Nord e da cui è possibile osservare gran parte del sito archeologico. La torre è stata ricostruita quasi integralmente e non ci è possibile definire la sua altezza originaria.



Fig. 19 Planimetria dell'ultima fase erodiana

4.4.4 Il periodo tardo-erodiano (20 a.C. – 4 a.C.)

Durante questa fase non sono state costruite altre strutture indipendenti ma sono stati ampliati o modificati quelle esistenti, in particolare il Palazzo Nord ed il Palazzo Ovest. Alcuni interventi riguardarono gli ingressi agli edifici, ora dotati di maggior sorveglianza e rigorosamente custoditi. Inoltre, sempre per motivi di sicurezza e protezione, furono costruite le mura a casamatta con le sue numerosi torri.

Per quanto riguarda il Palazzo Ovest, possiamo distinguere due sotto-fasi. La prima ha visto la costruzione di una ala a nord-ovest della struttura esistente. Dotata di un cortile centrale attorno al quale si sviluppano gli altri ambienti, ricorda per caratteristiche tipologiche il nucleo originario del Palazzo Ovest e dei tre palazzetti minori n°11, n°12 e n°13. Anche in questo caso infatti l'ingresso principale si trova a nord (stanza n°529) e la sala a sud e si apre sul cortile tramite un

portico *distilo in antis*. Una sala sull'angolo sud-est sembra essere quella principale, sia per posizione che per dimensioni. Questa struttura era probabilmente destinata al responsabile della sicurezza del Palazzo Occidentale. A differenza dell'edificio n°8, costruito in contemporanea nella sezione nord, questo risulta direttamente connesso al Palazzo attraverso l'ambiente n°506. Questo edificio inoltre comunicava direttamente con le cinta muraria a casamatta. Un'altra unità, forse abitativa o forse adibita per altre funzioni, si trovava a sud di questa ultima ala.

L'ultima fase di ampliamenti riguarda la costruzione dei lunghi ambienti a sud-ovest, riconducibili per forma e dimensione a dei magazzini (ambienti n°496-499 e n°497-500). Infine fu costruito l'ingresso principale indicato con i codici n°482-483 a nord dell'edificio, forse per volontà di Erode, per motivi di sicurezza personale.



Fig. 20 Veduta del forte a sud del plateau. Questi ambienti, facenti parte delle mura a casamatta, permettevano di controllare gli uidian al di sotto della rupe.



Fig. 21 Vedute di alcune porzioni di mura a casamatta. Si notino le diverse dimensioni degli ambienti in lunghezza ma la stessa dimensione di circa 4 m in larghezza, e lo spessore maggiore delle murature esterne.



Fig. 22 Elementi tipologici della cinta muraria. (sopra) Gli ambienti n°1196-1201 che rappresentano un esempio di casamatta con torre di avvistamento. Lo si nota dal 'raddoppio' della muratura sul lato interno, in corrispondenza dell'odierna scala metallica. (sotto) Un esempio di torre colombaria (ambiente n°1028).



Fig. 23 Planimetria del periodo zelota.

4.4.5 Le attività degli Zeloti

Dopo la morte di Erode avvenuta nel 4 d.C. fino al 66 d.C., anno della grande rivolta ebraica contro i romani, Masada rimase probabilmente abitata. Durante il cosiddetto ‘periodo dei Procuratori’ non furono costruiti nuovi edifici ma furono apportate solo alcune piccole modifiche. I maggiori cambiamenti avvennero invece a seguito dell’occupazione di Masada da parte degli Zeloti i quali sostanzialmente adattarono gli edifici esistenti alle proprie esigenze.

“Fu allora che un certo Menahem, figlio di Giuda detto il galileo, un dottore assai pericoloso che già ai tempi di Quirinio aveva rimproverato ai giudei di riconoscere la signoria dei romani quando già avevano Dio come Signore, messosi alla testa di alcuni fidi raggiunse Masada, dove aprì a forza l’arsenale del re Erode e, avendo armato oltre ai paesani altri briganti, fece di questi la sua guardia del corpo; quindi ritornò a Gerusalemme e, assunto il comando della ribellione, prese a dirigere l’assedio”. (Giuseppe Flavio, Libro II 433-434)

Quando gli Zeloti si stabilirono a Masada, il sito continuò a funzionare nella sua complessità e i palazzi furono utilizzati come quartieri d’abitazione, forse per i comandanti. Ne furono costruiti degli altri, soprattutto nella mura a casamatta. Queste infatti rappresentavano la soluzione ideale per la loro esigenza di fornire un ricovero alle moltissime famiglie. Le casematte erano costituite da ampie stanze che potevano essere suddivise in ambienti minori tra le varie famiglie. Le condizioni di illuminazione e ventilazione erano ottimali a differenza ad esempio di quelle magazzini che erano chiusi e bui. Reperti ritrovati durante gli scavi indicano la presenza e l’occupazione intensiva di questi spazi da parte degli Zeloti. Altri spazi adibiti ad abitazione furono ricavati nell’edificio n°7, nell’edificio n°9 e nei piccoli palazzi. Elementi caratteristici realizzati durante il periodo di occupazione zelota furono certamente i *mikve*, ovvero i bagni rituali. Questi erano costituiti da tre piscine contigue, una grande fatta a gradoni utilizzata per l’immersione, quella intermedia che serviva per riem-

pire la più grande di acqua, e la più piccola che non comunicava con le altre due e che veniva utilizzata per lavarsi mani e piedi prima di immergersi. I *mikve* erano costruiti secondo le classiche regole rituali e ne furono rinvenuti in particolare due, uno nell’edificio n°7 (ambiente n°151) e uno nel tratto sud-est delle mura (stanza n°1197) a dimostrazione di quanto gli occupanti ebrei fossero devoti.

Un altro edificio importante di questo periodo, e anche quello certamente più dibattuto, è la sinagoga. L’edificio della sinagoga, oltre a essere parte integrante delle mura a casamatta, è anche un’eccezione nella loro struttura. Nonostante il suo lato occidentale continui la linea più esterna delle mura, l’edificio si prolunga più di 8m a est della linea più interna di queste.

Come ci narra Giuseppe Flavio nelle Guerre Giudaiche, gli Zeloti furono vittima dell’assedio dei romani accorso nell’anno 73 d.C. Gli scavi eseguiti negli anni ’60 mostrano evidenti tracce di un incendio che causò la distruzione di molte delle strutture di Masada, in particolare gli alloggi degli zeloti. Questo ci lascia pensare che la descrizione di Giuseppe Flavio possa essere attendibile. Si riportano di seguito i passi salienti della narrazione, che come detto in precedenza, raccontano dell’assedio del grande sacrificio da parte degli Zeloti per sfuggire alla cattura dei romani:

“Dopo aver circondato tutto il luogo con una linea di circonvallazione, e messi in atto, come dicevamo, i più minuziosi accorgimenti per impedire che alcuno potesse sfuggire, il comandante romano diede inizio alle operazioni di assedio nell’unico luogo che aveva trovato idoneo all’elevazione di un terrapieno. (...) Le macchine furono costruite a imitazione di quelle fatte fare da Vespasiano e poi da Tito per i loro assedi, e inoltre venne fabbricata una torre di sessanta cubiti tutta ricoperta di ferro, dall’alto della quale i romani, tirando con un gran numero di catapulte e baliste, ben presto fecero piazza pulita dei difensori delle mura (...)”. Capitolo Ottavo, Libro VII:304-310

“Ma intanto all’interno i sicari si erano affrettati a costruire un altro muro, che però non doveva fare la

fine dell'altro sotto i colpi dell'ariete; infatti lo costruirono morbido e capace di smorzare la violenza dei colpi nel seguente modo. Congiunsero fra loro alle estremità delle grosse travi disposte l'una strettamente attaccata all'altra nel senso della lunghezza; disposero poi verticalmente queste strutture a due a

due l'una di fronte all'altra a distanza dello spessore di un muro, e riempirono l'intercapedine di terra. Per impedire poi che nell'intercapedine la terra si sollevasse e si riversasse giù, congiunsero con altre travi trasversali quelle disposte per lungo. La loro opera aveva così l'apparenza di una muratura, ma i colpi



Fig. 24 Veduta dell'edificio n° 9 situato nella parte centrale a nord del plateau. Gli zeloti adattarono questi spazi alle proprie esigenze abitative, ampliando il nucleo originario e costruendo murature divisorie di spessore minore.

arrivando sul morbido si smorzavano e rendevano più compatta la terra comprimendola con lo scuotimento. Visto ciò, Silva pensò che di un tal baluardo avrebbe avuto ragione piuttosto col fuoco, e diede ordine ai suoi uomini di scagliarvi contro delle fiaccole accese. Quello, che era fatto per gran parte di legno, prese subito fuoco e, incendiandosi per tutto il suo spessore a causa della scarsa compattezza, sprigionò un'enorme fiammata.

Quando il fuoco era ancora all'inizio, dal nord prese a soffiare contro i romani un vento che causò non poca paura; infatti spingeva dall'alto le fiamme contro di loro, ed essi furono quasi presi dalla disperazione come se ormai le loro macchine fossero state distrutte. Poi all'improvviso, come per divino volere, il vento prese a spirare dal sud e, soffiando con violenza in direzione opposta, spinse le fiamme contro il muro, che ormai fu tutto in fiamme da una parte all'altra. Favoriti così dall'aiuto del dio i romani fecero ritorno festanti nell'accampamento, essendosi stabilito di scatenare l'attacco contro i nemici il giorno dopo, e nella notte rafforzarono la vigilanza perché nessuno di quelli avesse a eclissarsi." Capitolo Ottavo, Libro VII:311-320

"Ma né Eleazar meditava di fuggire, né avrebbe permesso di farlo ad alcuno dei suoi. Vedendo il muro rovinato dal fuoco, non scorrendo più nessun'altra possibilità di scampo o di eroica resistenza, immaginandosi quello che i romani, una volta vincitori, avrebbero fatto a loro, ai figli e alle mogli, deliberò la morte per tutti. Persuaso che in simili circostanze era questa la risoluzione migliore, raccolse i più animosi fra i suoi uomini e prese a spronarli con tali parole (...)." Capitolo Ottavo, Libro 323-337

"Eleazar avrebbe voluto proseguire con le sue parole d'incitamento, ma tutti lo interruppero impazienti di metterle in atto sotto la spinta d'un'ansia incontenibile; (...) Alla fine nessuno di loro non si rivelò all'altezza di un'impresa così coraggiosa, ma tutti uccisero l'uno sull'altro i loro cari: vittime di un miserando destino, cui trucidare di propria mano la moglie e i figli apparve il minore dei mali! Poi, non riuscendo più a sopportare lo strazio per ciò che avevano fatto,

e pensando di recar offesa a quei morti se ancora per poco fossero sopravvissuti, fecero in tutta fretta un sol mucchio dei loro averi e vi appiccarono il fuoco; quindi, estratti a sorte dieci fra loro col compito di uccidere tutti gli altri, si distesero ciascuno accanto ai corpi della moglie e dei figli e, abbracciandoli, porsero senza esitare la gola agli incaricati di quel triste ufficio. Costoro, dopo che li ebbero uccisi tutti senza deflettere dalla consegna, stabilirono di ricorrere al sorteggio anche fra loro: chi veniva designato doveva uccidere gli altri nove e per ultimo sé stesso; tanta era presso tutti la scambievole fiducia che fra loro non vi sarebbe stata alcuna differenza nel dare e nel ricevere la morte. Alla fine i nove porsero la gola al compagno che, rimasto unico superstite, diede prima uno sguardo tutt'intorno a quella distesa di corpi, per vedere se fra tanta strage fosse ancora rimasto qualcuno bisognoso della sua mano; poi, quando fu certo che tutti erano morti, appiccò un grande incendio alla reggia e, raccogliendo le forze che gli restavano, si conficcò la spada nel corpo fino all'elsa stramazando accanto ai suoi familiari. (...)" Capitolo Nono, Libro VII:389-401

"I romani, che s'aspettavano di dover ancora combattere, verso l'alba si approntarono e, gettate delle passerelle per poter avanzare dai terrapieni, si lanciarono all'attacco. Non vedendo alcun nemico, ma dovunque una paurosa solitudine e poi dentro fiamme e silenzio, non riuscivano a capire che cosa fosse accaduto; alla fine levarono un grido, come quando si dà il segnale di tirar d'arco, per vedere se si faceva vivo qualcuno. Il grido fu udito dalle due donne che, risalite dal sottosuolo, spiegarono ai romani l'accaduto, e specialmente una riferì con precisione tutti i particolari sia del discorso sia dell'azione. Ma quelli non riuscivano a prestarle fede, increduli dinanzi a tanta forza d'animo; si adoperarono per domare l'incendio e, apertasi una via tra le fiamme, entrarono nella reggia. Quando furono di fronte alla distesa dei cadaveri, ciò che provarono non fu l'esultanza di aver annientato il nemico, ma l'ammirazione per il nobile proposito e per il disprezzo della morte con cui tanta moltitudine l'aveva messo in atto." Capitolo Nono, Libro VII:402-406



Fig. 25 Veduta degli 'interni' della Sinagoga, identificata negli ambienti n°1042-1043 e fanente parte delle mura a casamatta. (sotto) Sono stati rinvenuti, in diverse parti del sito, due bagni rituali detti Mikve, uno nell'edificio n°7 (ambiente n°151) e uno nel tratto sud-est delle mura (stanza n°1197).



Fig. 26 Elementi caratteristici costruiti dagli zeloti per l'utilizzo quotidiano. Sono stati rinvenuti numerosi 'fuochi' per l'utilizzo in cucina.

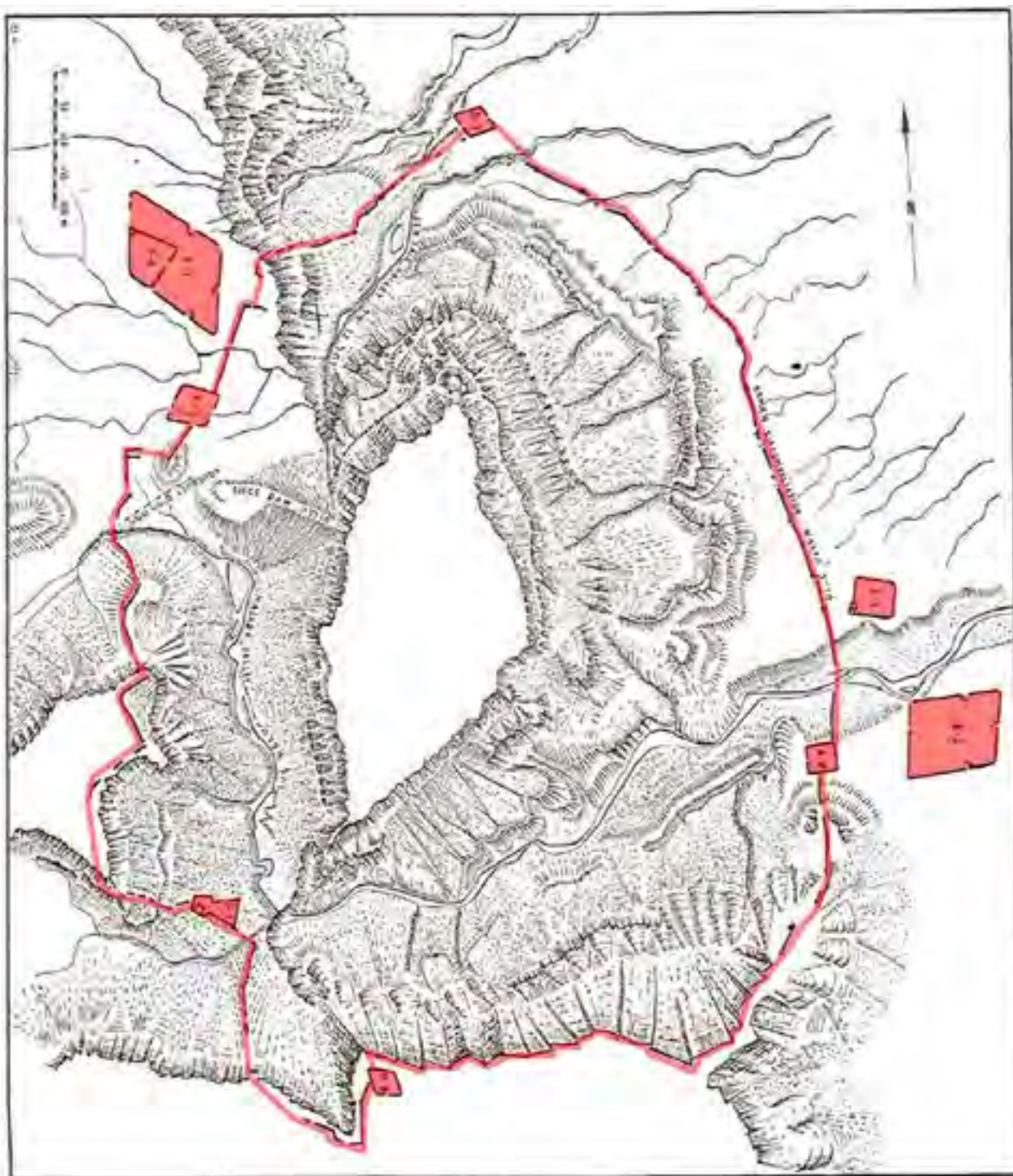


Fig. 27 Rappresentazione della posizione dei campi romani e del vallo (Yigael Yadin, 1966).

4.4.6 Il vallo e i campi romani

Ai piedi della rupe di Masada sorgono ancora i resti delle strutture militari romane, in particolare alcuni campi e alcuni tratti del lungo vallo. A causa delle condizioni climatiche favorevoli e alla secchezza del clima del deserto, questi si presentano ancora oggi in un ottimo stato di conservazione. La maggior parte degli accampamenti però, ancora oggi, risultano non sottoposti a scavo archeologico.

“Il comandante romano mosse alla testa delle sue truppe contro Eleazar e la sua banda di sicari che occupavano Masada, e ben presto si assicurò il controllo dell’intera regione stabilendovi dei presidi nei luoghi più opportuni; poi tutt’intorno alla fortezza innalzò un muro perché nessuno degli assediati potesse facilmente fuggire e vi pose a guardia delle sentinelle. Egli si accampò in un luogo scelto come il più idoneo per condurre le operazioni d’assedio, perché ivi le pareti a strapiombo della fortezza si appressavano alla vicina montagna, mentre era in posizione assai scomoda per i rifornimenti. Infatti non soltanto vi venivano trasportate da lontano le vettovaglie, con grande pena dei giudei addetti a tale servizio, ma nell’accampamento si doveva portare anche l’acqua perché sul luogo non c’era nemmeno una sorgente. Predisposto tutto ciò, Silva si dedicò all’assedio; esso richiedeva molta abilità e grandi sforzi per la straordinaria solidità della fortezza, che si presentava nel modo seguente”. Capitolo Ottavo, Libro VII: 276-279

Come detto in precedenza, nel 72 d.C. la fortezza di Masada era occupata da un gruppo di ribelli costituito, secondo le fonti storiche, da un migliaio di persone. La Giudea era stata sconfitta e dopo la conquista da parte dei romani dell’Herodion e di Macheronte, la fortezza gemella di Masada sulle sponde opposte del Mar Morto, non rimaneva che espugnare Masada.

La Legio X Fretensis, guidata dal generale Lucio Flavio Silva si stabilì ai piedi di Masada, in 8 diversi accampamenti e fu costruito un lungo vallo lungo più di 3500 m, con murature di due metri di spessore e 12

torri fortificate ogni 70-90 m.

I campi furono rilevati e studiati principalmente nel 1962 da I. Richmond che ne disegnò una pianta e li nominò con lettere dalla A alla H. La mappa e la nomenclatura da lui attribuita, sarà utilizzata anche in questa breve descrizione dei campi.

I punti scelti per gli accampamenti non furono certo casuali ed avevano tre principali funzioni: fornire rifugio ai militari, impedire la fuga dei ribelli e proteggere i soldati contro eventuali attacchi. Gli accampamenti maggiori, denominati B e F si trovano al di fuori del vallo (rispetto alla fortezza). Gli accampamenti hanno l’impianto planimetrico e la stessa struttura dei modelli di accampamento delle legioni romane ed il campo F era stato scelto probabilmente da Silva come il proprio quartier generale. Questo si trova infatti in una posizione ottima per l’osservazione dell’andamento dall’assedio. All’interno del campo F è stato individuato un altro sotto-campo F2 che probabilmente fu costruito più tardi, quando fu lasciata una guarnigione romana a presidio della stessa fortezza dopo la sua conquista.

I campi F e B presentano la stessa pianta fornita di 4 porte poste sui lati del campo dalla quali si accedeva alle due strade che attraversavano il campo da est a ovest e da nord a sud; queste erano protette da muri di sbarramento detti *claviculae*, orientati dall’ingresso verso l’interno.

All’interno di questi campi sono state individuate le strutture principali, tra cui il *praetorium* (posto di comando) con il suo *triclinium* (sala da pranzo), il *forum* (piazza del mercato), il *quaestorium* (tesoreria) ed in particolare i *contubernia*, ovvero le unità di alloggio dei militari che potevano accogliere 8-9 persone.

Gli altri campi erano di dimensioni più piccole; il campo C era direttamente collegato al vallo e la sua funzione era il controllo del vallo stesso. Il campo A era posto a presidio e sbarramento del passo attraverso lo uadi Sebbeh a sud-est della rupe, mentre il campo D controllava il passaggio dello uadi Nimreim a nord-ovest. Il campo C vigilava il tratto iniziale del Sentiero del Serpente e l’accampamento E era situato in posizione strategica per il controllo delle cisterne sul fianco occidentale della rupe, essenziale ai ribelli Zeloti per i rifornimenti di acqua. Il campo G era

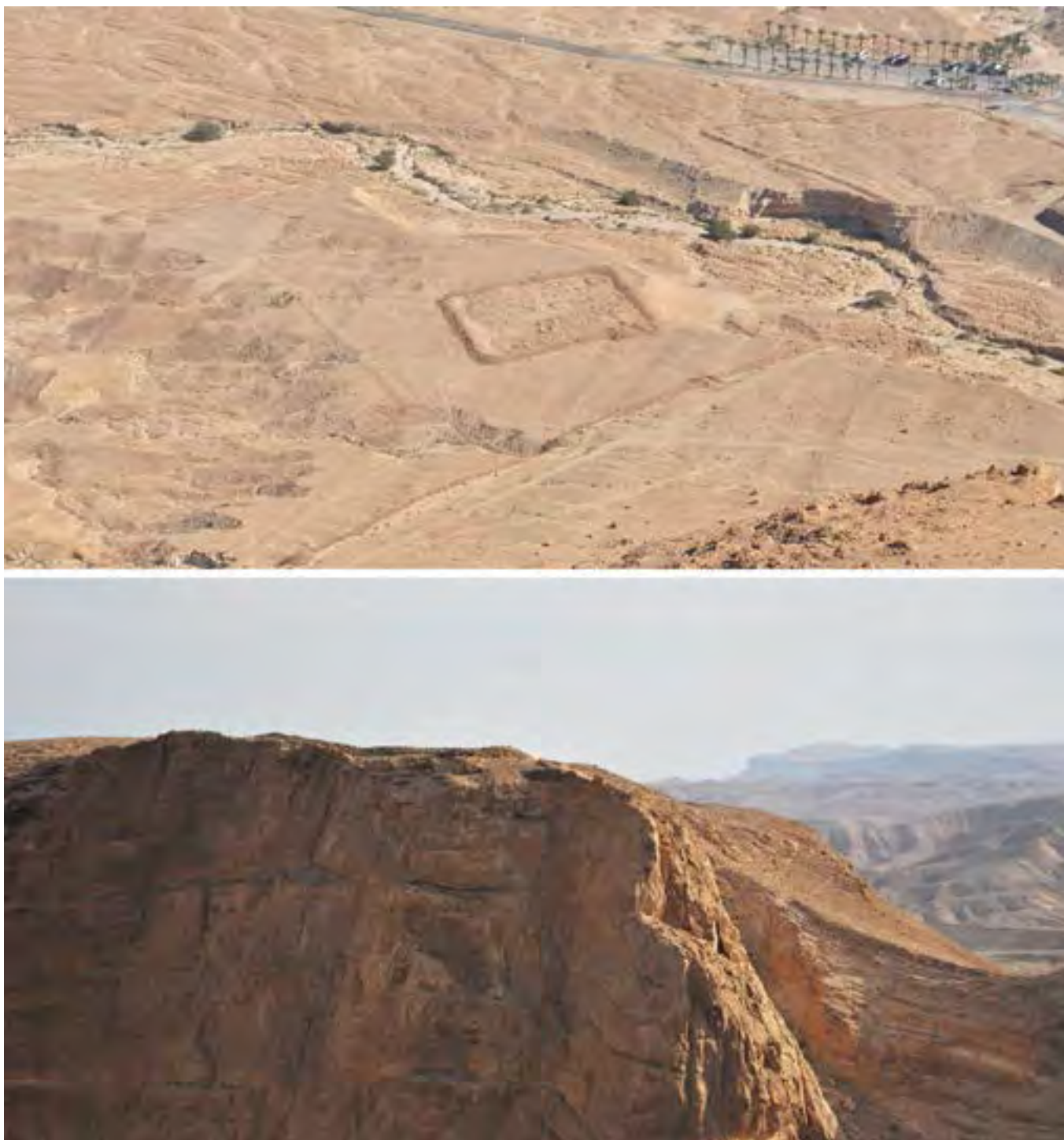


Fig. 28 (in alto) Veduta del campo romano C posto ai piedi della rupe sul lato est posto esternamente al vallo. Più a destra si vede anche il campo B, anch'esso esterno al vallo. (sotto) Veduta del promontorio a sud del uadi Sebbeh su cui sorgeva il campo romano H e da cui era possibile osservare addirittura ciò che accadeva sul plateau.

posto a controllo del lato meridionale della rupe dove era possibile arrampicarsi o calarsi da essa. Infine dal campo H collocato sulla vetta del promontorio a sud del *uadi* Sebbeh era possibile osservare ciò che accadeva sul *plateau* della fortezza.

Si calcola che gli accampamenti potessero ospitare fino ad un numero di 9000 uomini.

Una volta completato il vallo e gli accampamenti il generale Silva procedette con la costruzione del ter-

rapieno e della rampa per l'assedio sul fianco ovest della rupe. Qui con grande dispiego di energie fu costruita un terrapieno artificiale di circa 185 m, costituita di pietre e terra e certamente rinforzata con pali e armature di legno. Questa, come già descritto, fu utilizzata per arrivare fino alla sommità della fortezza, trainando macchine d'assedio per far breccia nelle mura a casamatta.



Fig. 29 Veduta del percorso che costeggia il fianco sud della 'montagna' artificiale costruita per l'assedio da parte dei romani, la cosiddetta 'rampa romana' su cui fu trainata la macchina d'assedio per far breccia nelle mura a casamatta.



Fig. 30 Planimetria del periodo bizantino.

4.4.7 Il periodo bizantino

Durante il periodo chiamato ‘bizantino’ una piccola comunità di frati si stabilì sull’altopiano di Masada praticando l’agricoltura e l’allevamento. Gli edifici vennero così adattati alle loro esigenze e la struttura di maggior importanza è la chiesa, arricchita con raffinati mosaici e collocata nella sezione centrale del sito. Nelle vicinanze si trovano i resti di un forno per la cottura della calce, un piccolo deposito ed un recinto per l’allevamento di bestiame. Nel sito sorgono anche altri edifici legati alle pratiche religiose: una cella eremitica, nell’area sud, ed una cappella eremitica nell’area ad est. Anche le cisterne, che erano state realizzate in epoca erodiana, vengono almeno in parte riutilizzate per la raccolta delle acque piovane. La chiesa si trova nella zona centrale del *plateau* a circa 60 m dal muro occidentale delle casematte, a nord del Palazzo Ovest. I muri sono sopravvissuti in

altezza e anche alcune parti della navata. La chiesa è stata scavata per la prima volta da De Saulcy che trovò alcune parti di pavimento mosaicate. Durante gli scavi degli anni ’60 invece fu ritrovato un mosaico quasi completo e fu datato dagli studiosi e da Yadin come risalente al V secolo. Questo indusse a pensare che i monaci bizantini si fossero stabiliti a Masada in quel periodo e che vi siano rimasti fino al VII secolo, a causa delle conquiste persiane e musulmane. Un’altra struttura certamente bizantina è la cosiddetta Porta Bizantina. Si tratta degli ambienti n°1000/1001 e si trova a ridosso del Palazzo Ovest, all’arrivo del sentiero che si arrampica sulla rampa romana. I resti includono una sala con un portale esterno ed un cortile. La forma dell’ambiente n°1001 era irregolare, forse a causa della conformazione del terreno e delle rocce e gli stipiti delle porte, come gli archi, erano costruiti in pietra. I reperti trovati in questo punto non sono molti e non è quindi possibile fare altre supposizioni.



Fig. 31 Portale di accesso al plateau per chi arriva dal sentiero a ovest di Masada. La porta chiamata ‘Porta Bizantina’ si trova in prossimità del Palazzo Ovest.



Fig. 32 (sopra) Veduta aerea della Chiesa bizantina. (sotto) L'apertura presente nell'abside della navata della Chiesa e il mosaico rinvenuto nell'ambiente ad essa adiacente, caratterizzato da motivi floreali e naturali e perfettamente conservato quasi nella sua interezza.



Fig. 33 Struttura riconducibile al periodo bizantino. Si tratta di una sorta di recinto costituito da un muro di forma ovale che circonda la cisterna n°1907 e serviva probabilmente come protezione per la cisterna stessa.

Note

1 In questo capitolo si fa riferimento ai codici numerici di archiviazione di Netzer (1991). Nel capitolo denominato ‘appendice’ sono riportate alcune planimetrie aggiornate con i dati frutto dei rilievi citati in questa ricerca, ma che mantengono la stessa numerazione delle precedenti cartografie.

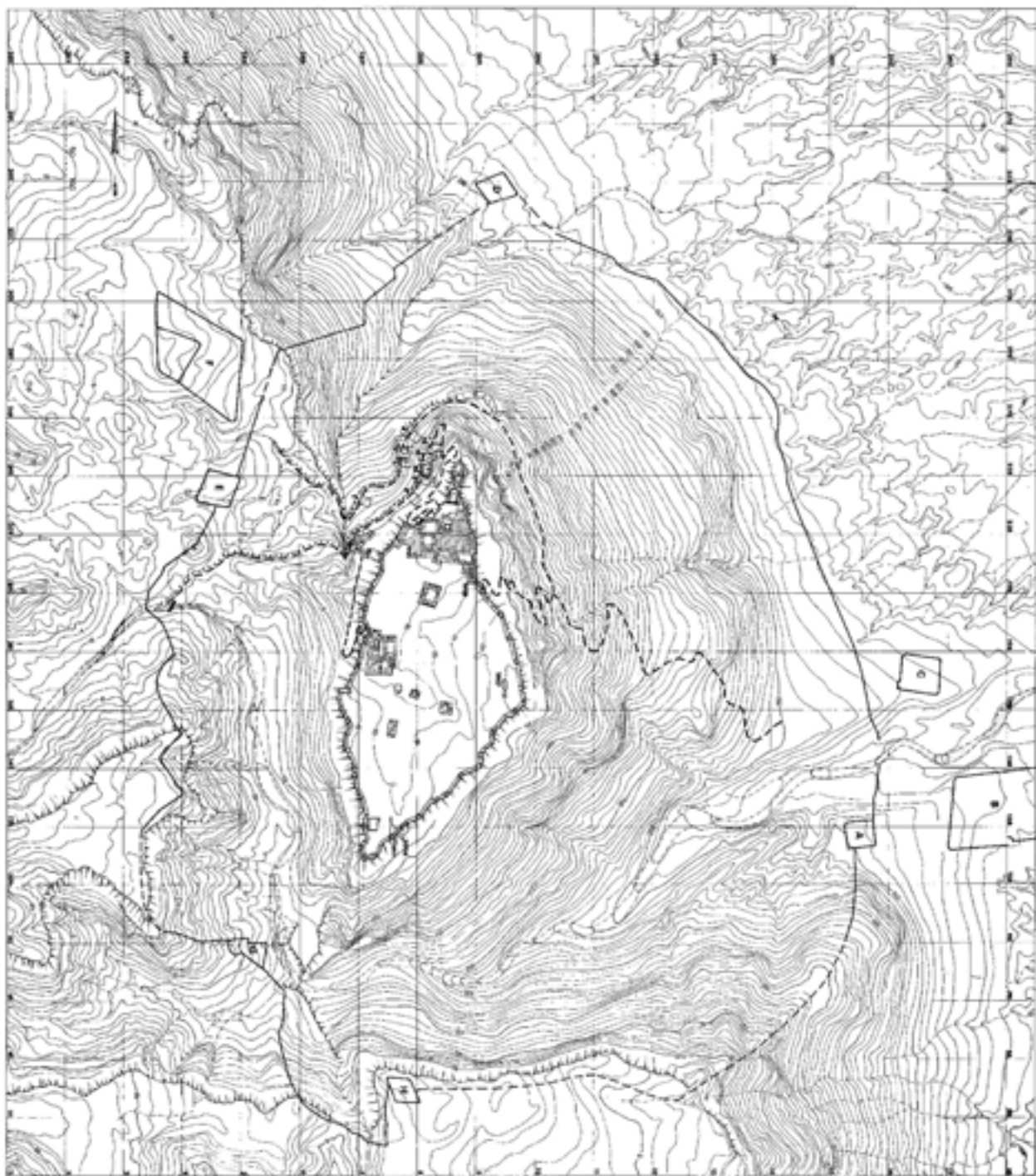


Fig. 1 Planimetria generale del sito e del suo 'intorno' pubblicata da Ehud Netzer (1991) e utilizzata in questa sede come base cartografica per la suddivisione in quadranti e per l'archiviazione dei materiali.

CAPITOLO V

Il progetto di rilievo e di documentazione del sito

Il progetto di ricerca MRP (Masada Research Project) riguardo alla documentazione del sito di Masada, nasce nel 2013 grazie alla collaborazione dell'Università degli Studi di Firenze e dell'Università degli Studi di Pavia, con lo Shenkar College di Ramat Gan (Tel Aviv). Alcuni dei risultati sono stati resi disponibili alla NAP (Israel Nature and Park Authority), insieme alla quale è stato firmato un accordo di collaborazione per la costruzione di un archivio digitale del sito. Nell'ottica di costruire una documentazione digitale completa del sito di Masada, durante le varie campagne di rilievo svolte tra il 2013 e il 2016, sono stati acquisiti moltissimi dati. La raccolta ordinata degli stessi costituisce un punto chiave per la riuscita del progetto, per la sua facile comprensione e per la condivisione dei suoi risultati. Per disegnare e rappresentare un manufatto in maniera adeguata è necessario conoscerne i dettagli facendo riferimento alla documentazione storica e osservando quindi in maniera consapevole lo stato dei luoghi e analizzandoli in maniera critica. Il disegno accurato dell'oggetto di studio deve basarsi sull'analisi delle fonti e dei dati raccolti in situ "per assicurare l'integrità intellettuale dei metodi e dei risultati della visualizzazione digitale" (London Charter, 2009, 3) e sono da intendersi come fonti della ricerca "tutte le informazioni, digitali e non digitali, prese in considerazione durante la creazione dei risultati della visualizzazione digitale o che vi influiscono direttamente" (London Charter, 2009, 3.1).

La raccolta di una solida base bibliografica e di studi preliminari, sono fondamentali per la comprensione del luogo e facilita le successive fasi di programmazione ed organizzazione del progetto di rilievo. La prima fase, dalla quale non si può prescindere, riguarda infatti la programmazione delle operazioni e la redazione di un cronoprogramma.

Il sito archeologico di Masada, come detto, si sviluppa su un altopiano dalle pareti scoscese che non consentono un agevole accesso a tutte le zone. Inoltre è costituito da ambienti morfologicamente complessi, in particolar modo nella zona nord dove sono presenti le terrazze, ed è quindi importante conoscere e programmare modi e tempi di acquisizione.

5.1 Catalogazione ed archiviazione

Di pari passo con la definizione delle fasi di rilievo, si è proceduto organizzando un archivio per i dati raccolti, al fine di organizzarli secondo una sistema di codifica.

In riferimento alla pubblicazione di E. Netzer e al fine di conservare i dati originali acquisiti in maniera ordinata e facilmente accessibili in futuro, si è proceduto alla realizzazione di un "contenitore informatico" con una struttura catastale.

Il database è suddiviso in diversi archivi: uno denominato 'sorgente' che raccoglie tutti i dati originali acquisiti, come fotografie e nuvole di punti, un altro denominato 'elaborati' dove appunto si trovano gli elaborati 2D e 3D ma anche i documenti di testo prodotti, e l'ultimo archivio chiamato 'amministrazione' dove sono contenuti i documenti amministrativi delle diverse missioni.

Vi sono poi sottosezioni all'interno di ognuno di questi archivi. In particolare tra le 'sorgenti' vi è un archivio chiamato 'M' abbreviazione di 'Masada'.

Ad ogni ambiente del sito archeologico corrisponde un codice facilmente individuabile sulla cartografia di base degli anni '70 e aggiornata successivamente con il contributo del nuovo rilievo eseguito.

La cartografia di riferimento è rappresenta un'area di circa 2000 m x 2000 m ed è suddivisa quadranti di 100 m di lato e nominati dal numero 1 al numero 400.

Il *plateau* copre un'area che interessa i quadranti numero 107, 126-128, 146-149, 166-169, 187-189, 207-208, 227-228 e 248.

Il codice alfanumerico che è stato stabilito per questa ricerca, fa riferimento alla suddivisione appena descritta, includendo all'interno del codice il numero del quadrante: M\000\AA\0000-01\P00.

M è il nome dell'archivio, '000' è il numero del quadrante cui appartiene l'ambiente, 'AA' è il codice identificativo dell'Unità Topografica (la prima lettera identifica la fase di costruzione dell'ambiente in esame, la seconda indica la posizione seguendo l'orien-

tamento nord-sud). Ad esempio il sistema di fortificazione ha come prima lettera la 'D' mentre il sistema di grotte e cisterne la lettera 'G'.

I caratteri '0000-01' identificano l'ambiente vero e proprio, sempre in riferimento al sistema di codifica esistente, e infine il codice "P00" che identifica elementi di dettaglio presenti in un determinato ambiente.

Questo tipo di archivio ha consentito di ordinare i dati acquisiti secondo un sistema e un percorso univoco tutti gli elementi del sito archeologico. Inoltre la chiave di riuscita di questo archivio risiede nella volontà

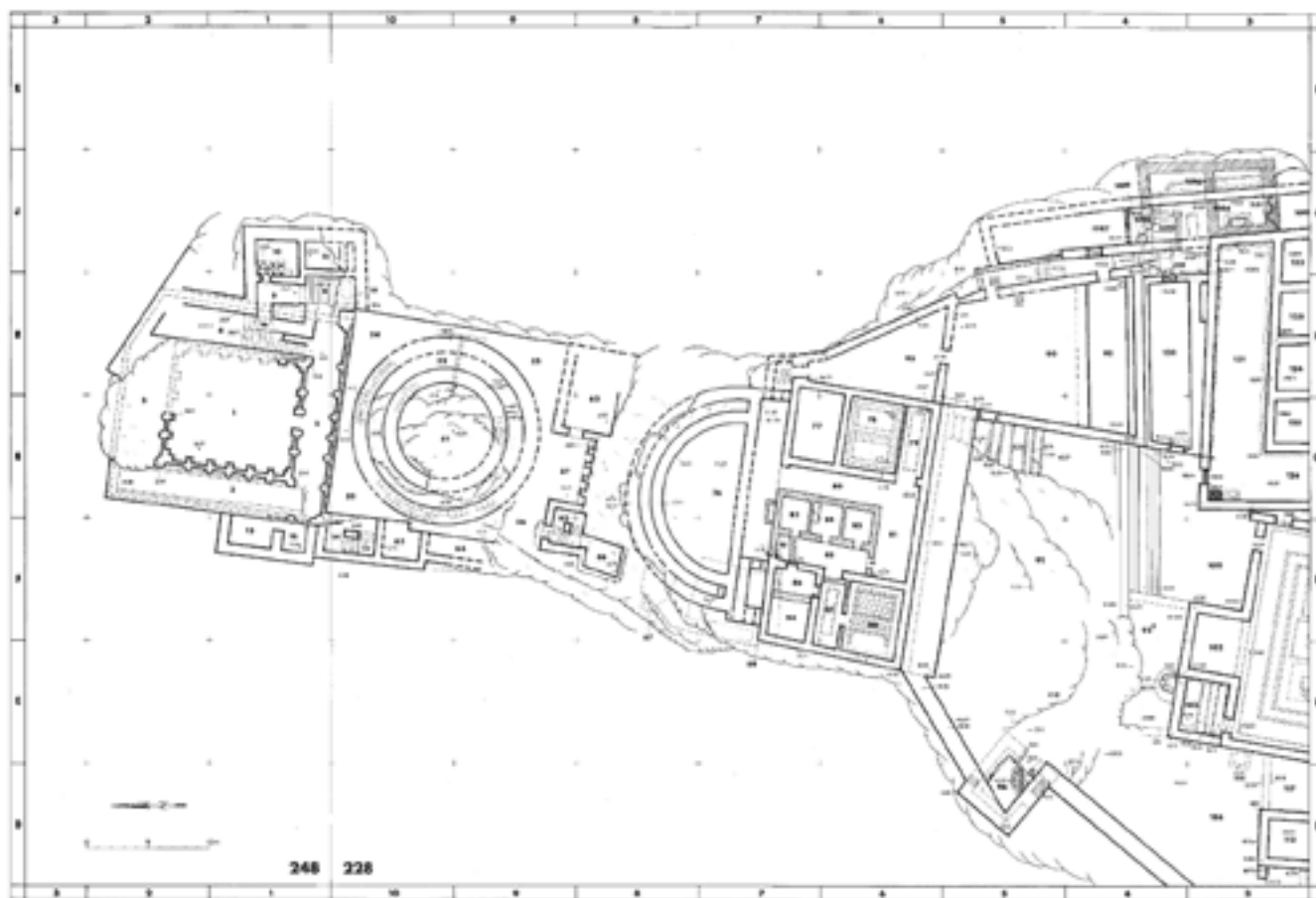


Fig. 2 Planimetria di dettaglio della sezione nord, in particolare delle terrazze, pubblicata da Ehud Netzer (1991) e utilizzata in questa sede come base cartografica per la progettazione del rilievo e per l'archiviazione dei materiali.

di mantenere la nomenclatura assegnata durante gli scavi degli anni '70, così che gli elaborati prodotti e i dati raccolti possano essere confrontati facilmente, avendo come riferimento lo stesso codice alfanumerico.

La reperibilità dei file, lo scambio e la condivisione degli stessi, oltre che ad essere di fondamentale importanza in ambito scientifico per un agevole fruizione del 'sapere', risulta essere importante anche per l'utilizzo della banca dati da parte di tutti gli operatori che si occuperanno della realizzazione degli elaborati 2D, dei modelli 3D e dell'elaborazione del sistema di

fruizione virtuale o *Serious Game*.

In accordo con Bini & Bertocci (2017) "conservare l'immagine digitale del monumento, della città e del Patrimonio in generale costituisce oggi una delle sfide principali, atteso che un database tridimensionale (sotto forma di nuvola di punti, di modello ecc.) può costituire, a seconda del grado di affidabilità, una sorta di "doppio" del monumento stesso sottoposto a rischio, naturale o antropico, che può consentire quanto meno la conservazione dell'immagine del Patrimonio sotto forma di *Virtual Heritage*".

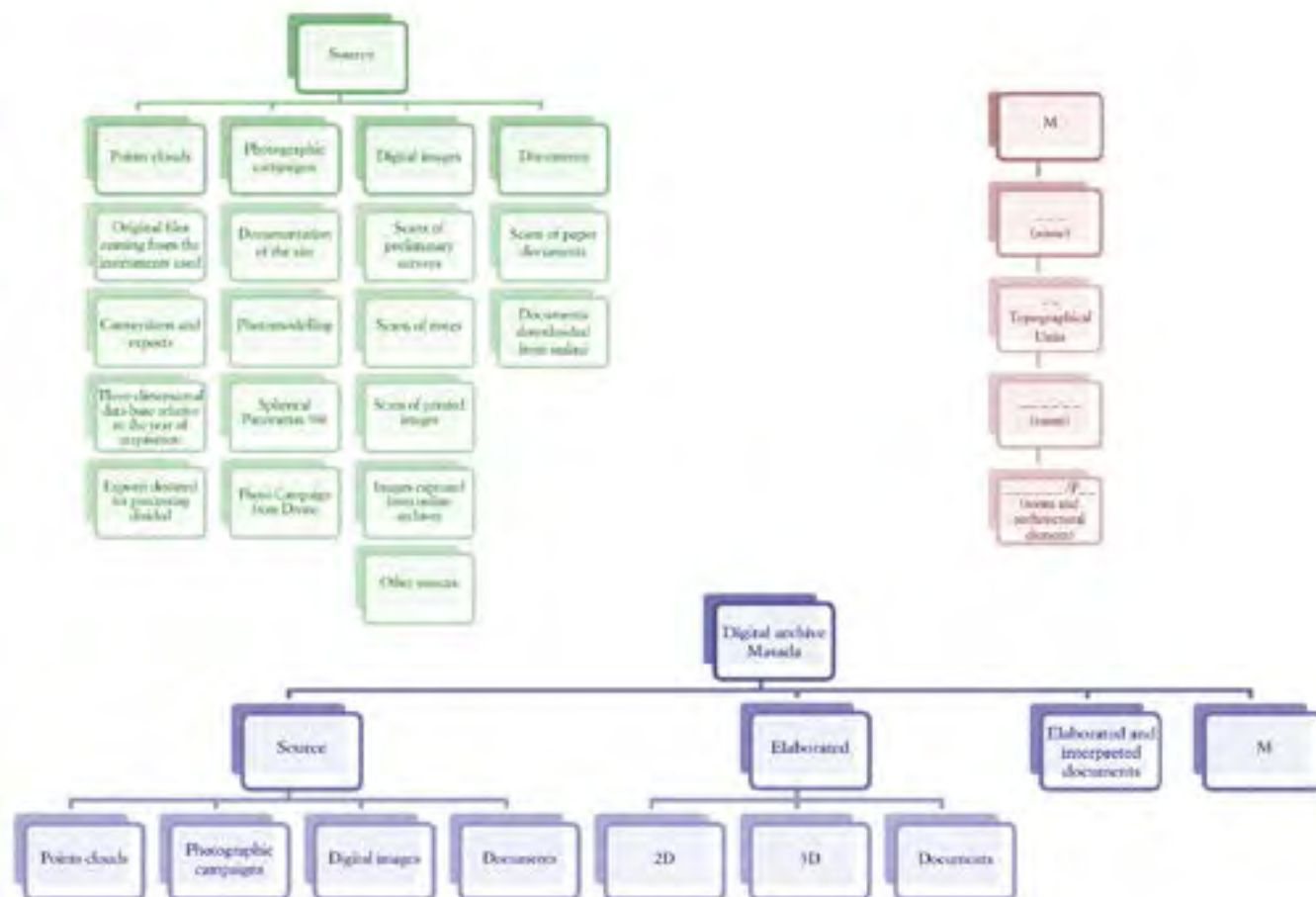


Fig. 3 Diagrammi per l'archiviazione dei dati (in verde ed in blu) e per la 'codifica' dei materiali acquisiti ed elaborati (in rosso).

5.2 Metodologie integrate di rilievo

L'evoluzione tecnologica degli ultimi decenni ha portato all'impiego di diversi strumenti nel campo del rilievo, ed è dunque fondamentale che questi riescano a dialogare e ad integrarsi. Laser scanner 3D e fotogrammetria digitale producono differenti tipologie di risultato ma che possono convergere in un unico *output* finale.

Di pari passo con l'evoluzione strumentale, vi è concetto di interoperabilità tra i *software* ed in particolare di quelli di modellazione 3D: si intende la capacità di dialogo, di interscambio e di riutilizzo di dati e informazioni tra sistemi informativi non omogenei. La capacità di ricevere e trasmettere ad esempio nuvole di punti e modelli 3D, da parte di programmi differenti, è fondamentale per la corretta riuscita degli elaborati finali. In base alla accuratezza che si vuole ottenere e in relazione al tipo di *output* ricercato, è possibile approfondire l'utilizzo di uno strumento e

di un *software* piuttosto che di un altro. La corretta scelta di metodi di acquisizione e di post-produzione, diminuiscono fortemente i tempi di calcolo e di realizzazione di modelli 3D utili alla creazione di scenari virtuali. Si fa riferimento alle metodologie di 'rilievo speditivo' con cui si intendono le tecniche SfM combinate con l'uso di *software* che accelerano la realizzazione di modelli 3D.

Nella presente ricerca si fa riferimento a due metodi di acquisizione che sfruttano tecnologie diverse tra di loro e che allo stesso tempo producono 'prodotti' differenti: come già detto in precedenza si tratta del rilievo integrato tramite laser scanner e tecniche SFM, effettuate sia tramite camera digitale tradizionale, sia tramite strumentazione 3Deye e drone.

Nei paragrafi successivi sono descritte le strumentazioni e gli ambiti specifici per cui sono state utilizzate, e sono approfondite successivamente le fasi di post-produzione relative a ciascuno strumento.



Fig. 4 Schema illustrativo riguardo al concetto di 'rilievo integrato'. Tutte i dati acquisiti attraverso i diversi strumenti vengono archiviati e integrati tra al fine di ottenere elaborati completi.

5.2.1 Il rilievo Laser Scanner

Il primo strumento utilizzato per il rilievo del *plateau* di Masada è il Laser Scanner. I modelli impiegati sono stati due diversi tipi, sia per metodo di acquisizione, sia per caratteristiche strumentali.

Durante la prima campagna del 2013 è stato utilizzato un Leica Scan Station C10, un Laser Scanner a tempo di volo (TOF) che acquisisce fino a 50.000 punti al secondo con un *range* minimo di 0,1 m ad un massimo di 300 m, ed un campo di acquisizione di 360° in orizzontale e 270° in verticale. Con questo strumento è stata rilevata la sezione nord, a partire dal sistema di terrazze fino ad arrivare al complesso dei magazzini.

La zona in esame è la più complessa di tutta l'area archeologica, sia per le forti pendenze che assume la rupe, sia per l'articolazione degli ambienti su più livelli, collegati solo tramite camminamenti stretti. La completa acquisizione delle forme dipende infatti dai

punti di stazione scelti dall'operatore ed è fondamentale il corretto posizionamento delle stazioni al fine di evitare zone d'ombra all'interno della nuvola di punti.

L'impostazione della risoluzione per l'acquisizione delle nuvole di punti si basa su alcuni parametri forniti dalla casa costruttrice dello strumento e permette di definire la dimensione della 'griglia' dei punti acquisiti in relazione al tempo impiegato.

Si è proceduto avendo cura di modificare i parametri di acquisizione in base alla tipologia di ambiente in esame, evitando la ridondanza di dati e punti negli ambienti chiusi e di dimensioni contenute. La complessa articolazione degli ambienti ha resa necessaria l'acquisizione da molte postazioni ma grazie all'andamento dei terrazzi e della poca altezza delle muraure, è stato possibile acquisire tutte le creste dei muri e gli ambienti nella loro interezza.

Lo stesso strumento è stato impiegato anche per la seconda missione del 2014 e quella del 2015 per



Fig. 5 Operatori durante le fasi di acquisizione Laser Scanner attraverso due diversi strumenti: a sinistra un Leica C10, a destra un Imager Z+F 5006H.

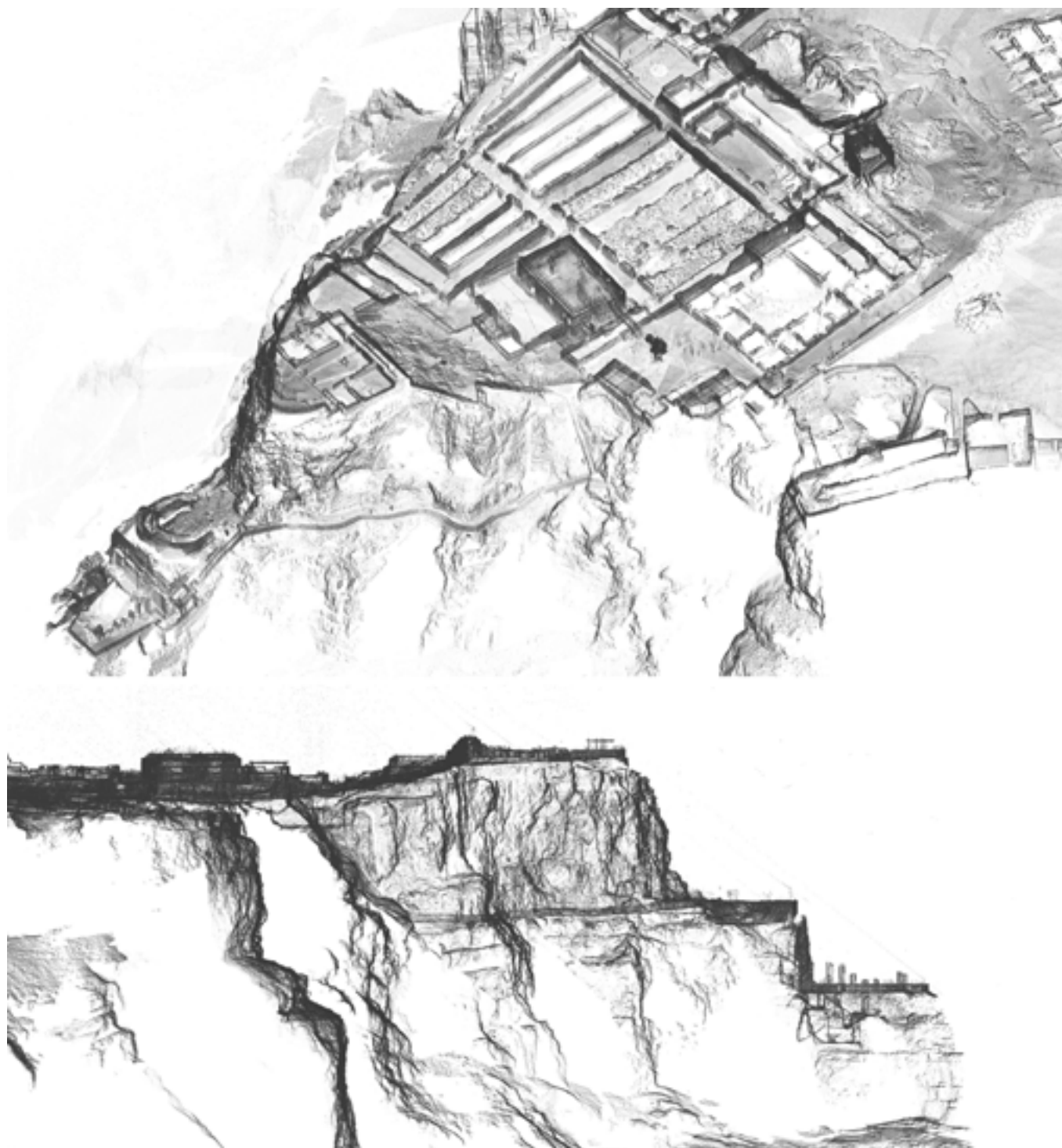


Fig. 6 Esempi di nuvole di punti, visualizzate in bianco e nero, ottenute tramite la registrazione di numerose scansioni laser.

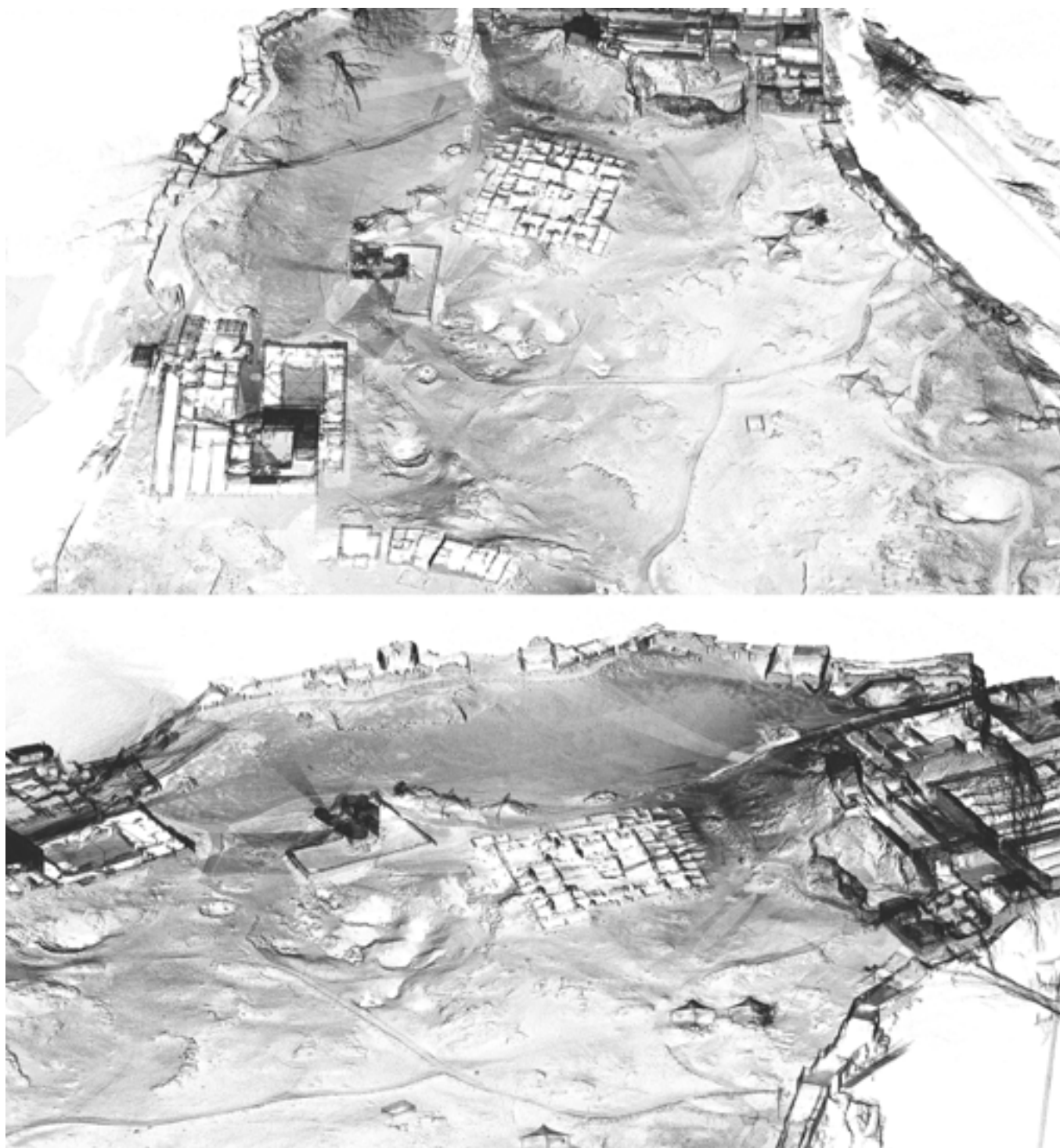


Fig. 7 Esempi di nuvole di punti, visualizzate in bianco e nero, ottenute tramite la registrazione di numerose scansioni laser.

l'acquisizione della parte centrale del *plateau*, avendo questo strumento una portata di 300 m. Il motivo principale dell'impiego di questo strumento è l'assenza di elementi significativi come edifici o parti importanti di rovine al centro dell'altopiano, e la mancanza quindi di punti di appoggio per l'eventuale posizionamento di *target* nelle immediate vicinanze. Inoltre per l'acquisizione del terreno è stato possibile diminuire la risoluzione delle scansioni così da ottenere un dato più leggero e facilmente gestibile.

La nuvola di punti del *plateau* è servita come supporto per la fase di allineamento di tutte le nuvole di punti degli anni precedenti e successivi, anche acquisite tramite strumentazione differente. Durante la campagna del 2015 inoltre sono state acquisite coordinate GPS di alcuni punti noti così da poter orientare il *database*, e i successivi elaborati cartografici, sul

sistema di coordinate GPS.

Durante la campagna di rilievo del 2015 è stato impiegato, oltre allo scanner Leica C10, anche il laser Imager Z+F 5006h, un Laser Scanner a differenza di fase che acquisisce fino a 1.000.000 di punti al secondo, ha una portata massima di 79 m con rotazione orizzontale di 360° e verticale di 310°.

Attraverso questo strumento sono state acquisite tutte le mura a casamatta che corrono lungo tutto il perimetro esterno del *plateau*. Gli ambienti delle mura hanno una dimensione variabile in lunghezza variabile e sono solitamente larghe circa 4 m. Nonostante la leggera pendenza del terreno, in alcuni punti maggiore, è il gran numero di aperture e murature minori interne agli ambienti principali, è stato possibile procedere celermente, grazie anche alla assenza delle coperture a causa dei crolli e della

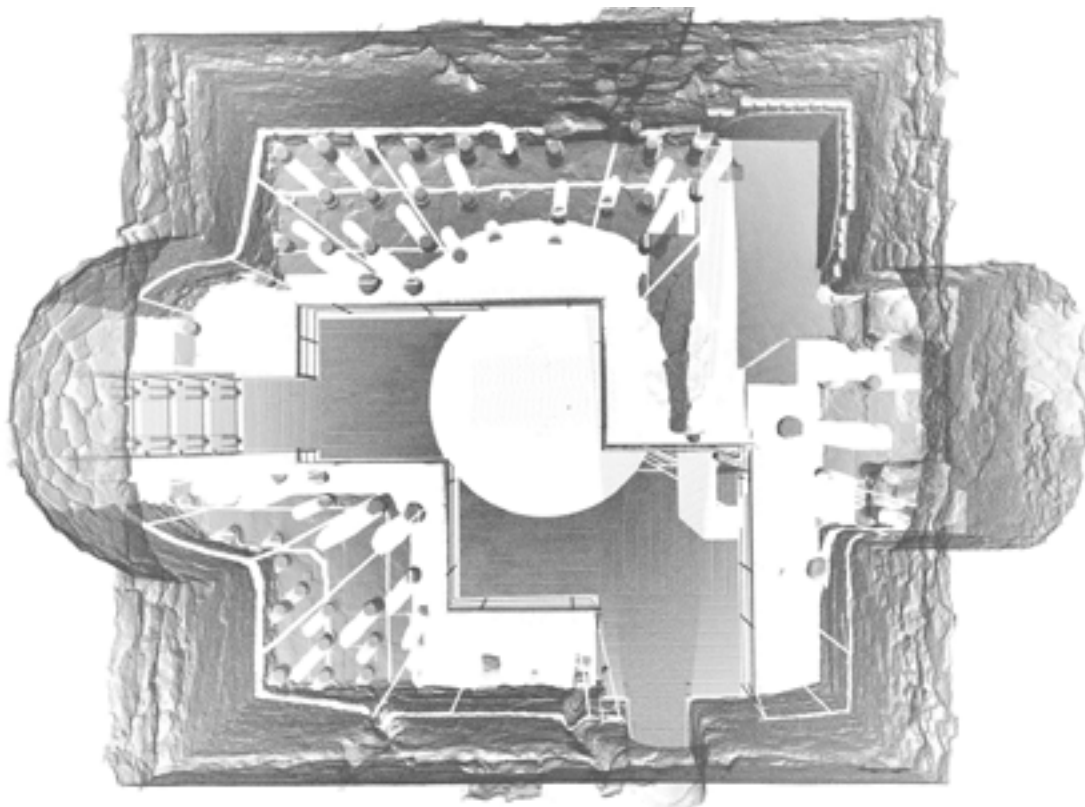


Fig. 8 Esempio di nuvola di punti, visualizzate in bianco e nero, di un singolo ambiente, in questo caso il caldarium del complesso delle Grandi Terme.

poca altezza delle murature. Procedendo alternando postazioni interne alle casematte a postazioni sul lato interno verso il *plateau*, sono state effettuate 250 scansioni circa; la particolare posizione delle mura, ovvero con un lato a strapiombo sulla rupe esterna, ha comportato la non acquisizione di alcune parti delle murature esterne, sia per motivi di sicurezza dell'operatore, sia per l'impossibilità di poter posizionare lo strumento esternamente. Per sopperire alle lacune e alle zone carenti di dati sono state utilizzate strumentazioni alternative, come la camera 3DEYE ed un drone che impiegano tecniche di fotogrammetria tridimensionale per la generazione della nuvola di punti.

Anche nel caso del laser scanner ZF Imager 5006h è stato possibile scegliere tre diverse impostazioni di risoluzione, come bassa, media e alta e che dipendono

dalla distanza dai punti acquisiti dallo strumento e comportano variazioni nei tempi di presa.

I diversi database ottenuti durante le campagne di rilievo che si sono susseguite negli anni, contano un totale di 617 scansioni, registrate ed unite in un unico database finale attraverso il software Leica Cyclone. Non ci soffermeremo in questa sede sulle fasi di importazione dei dati grezzi e sulla loro elaborazione fino all'ottenimento di una unica nuvola di punti, ma si mostrerà attraverso alcune immagini chiave lo 'stato di avanzamento' (Fig. 24) del *database* a seguito delle diverse missioni. Successivamente si mostreranno i risultati ottenuti tramite l'estrapolazione di dati, sia manuale che semi-automatica, fino all'ottenimento di elaborati bidimensionali accurati e precisi, utilizzabili per diversi scopi.

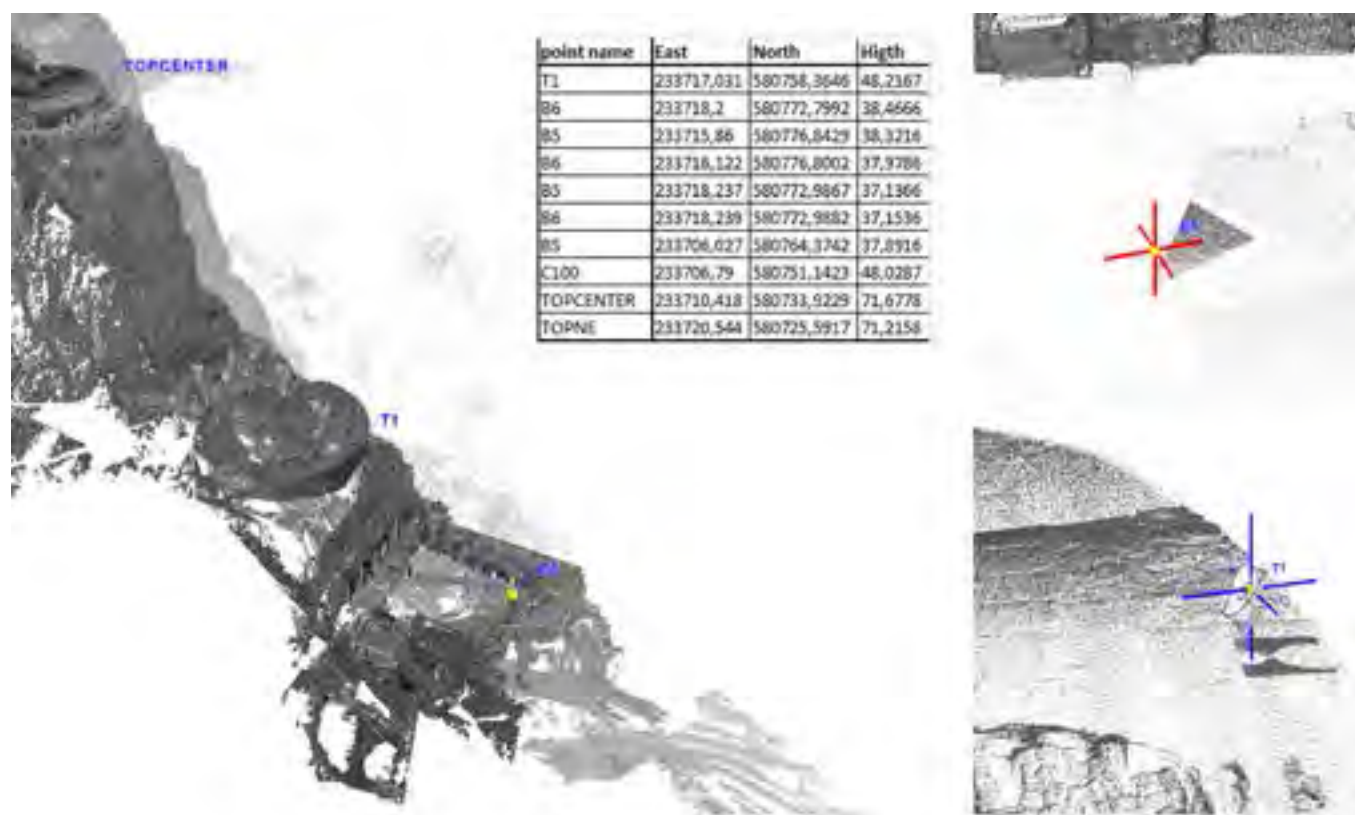


Fig. 9 Registrazione della nuvola di punti finale in base alle coordinate ottenute tramite rilevamento GPS.

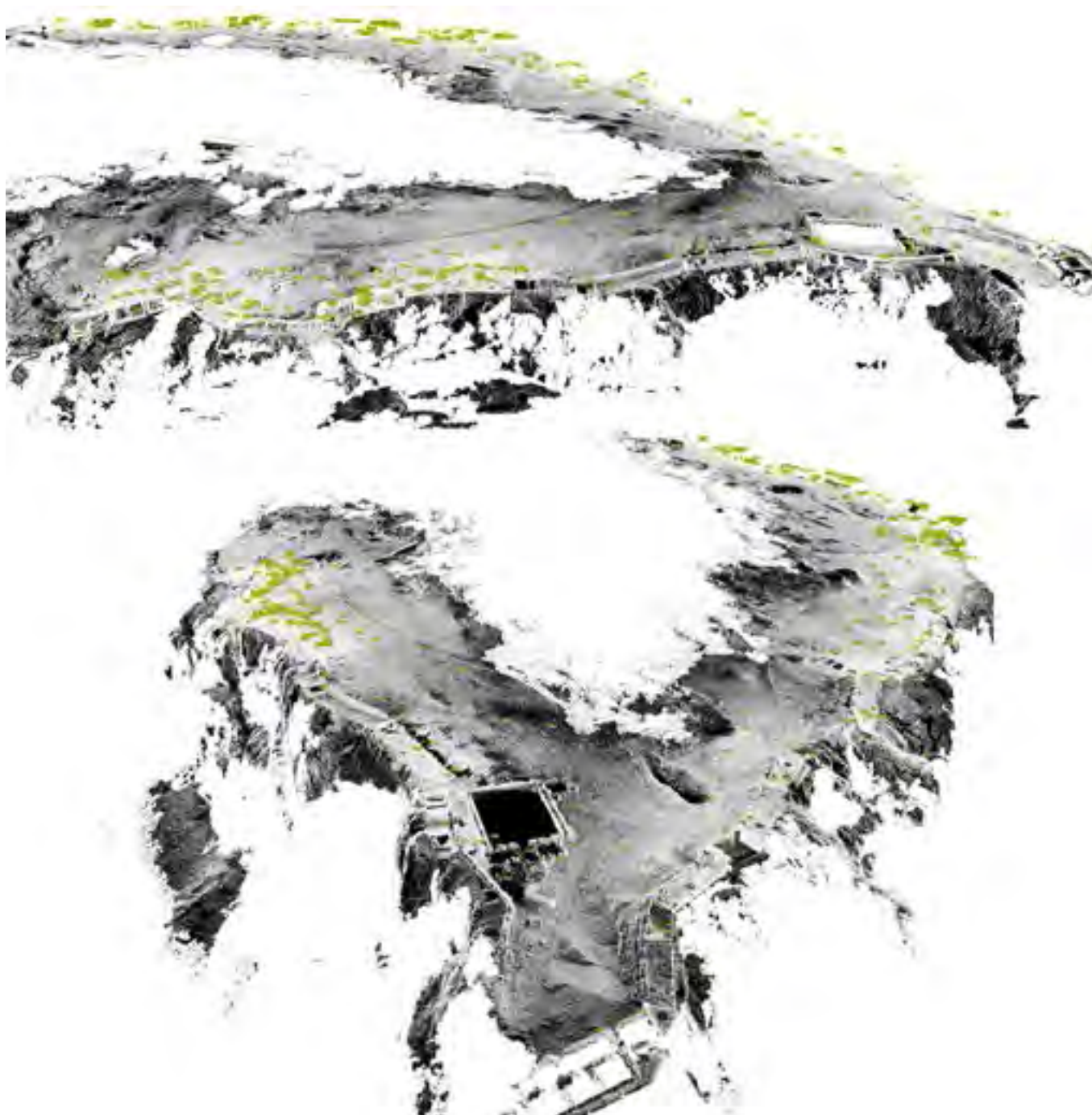


Fig. 10 (sopra) Esempi di nuvole di punti delle mura a casamatta, visualizzate in bianco e nero, ottenute tramite la registrazione di numerose scansioni laser. Si notano i numerosi punti di riferimento, o 'target' impiegati per migliorare la precisione in fase di registrazione. Sono state riscontrate difficoltà notevoli per il loro posizionamento sul campo vista l'assenza di alte murature e della sola presenza di pietra non intonacata.

Fig. 11 (pagina a fianco) La progressione nei diversi anni dell'acquisizione laser scanner e la nuvola di punti finale.



2013



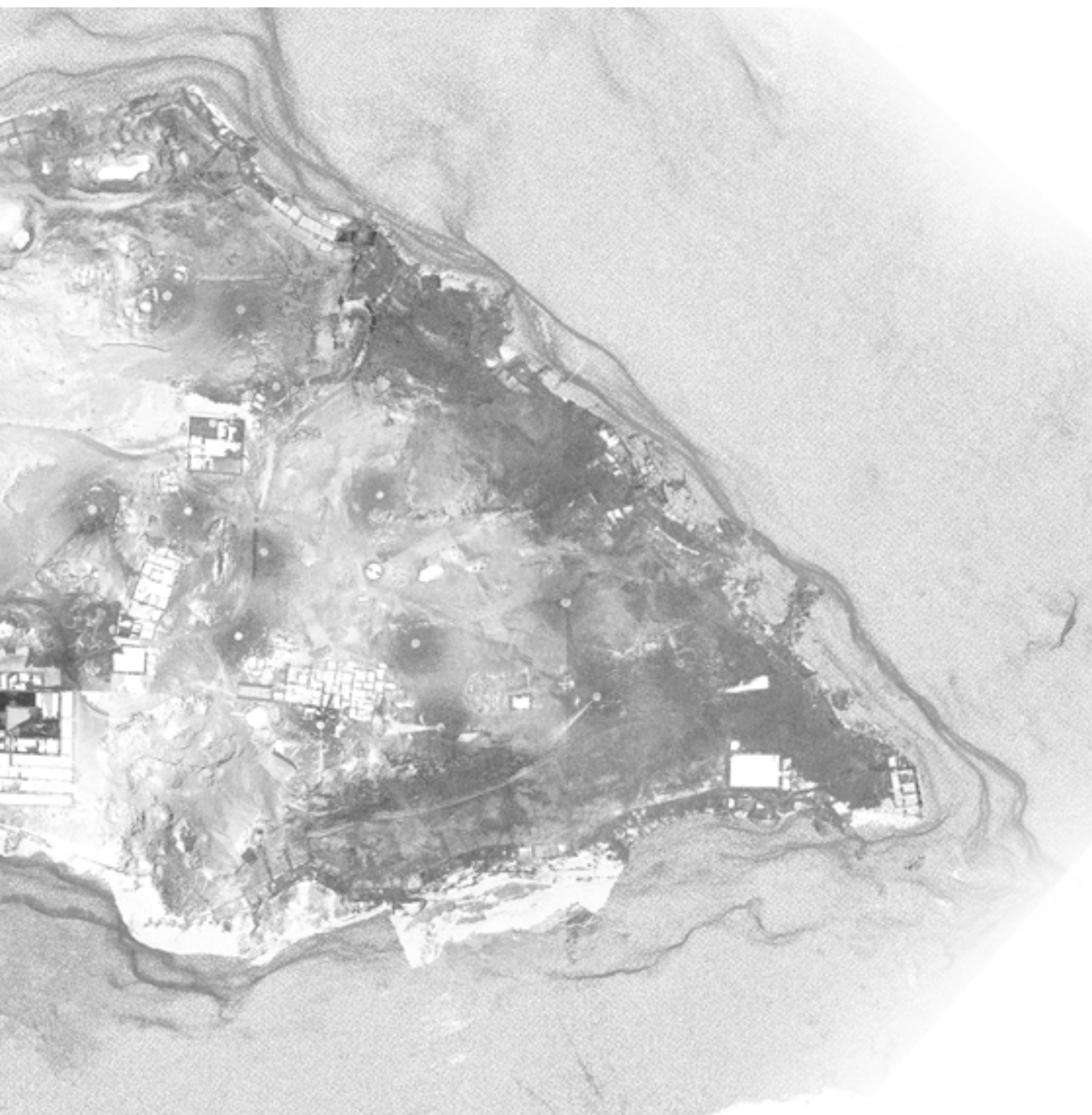
2014



2015



Fig. 12 Vista planimetrica della nuvola di punti finale visualizzata in bianco e nero.



FOTOCAMERA DIGITALE

Varie



FOTOGRAFIE AEREE: DRONE

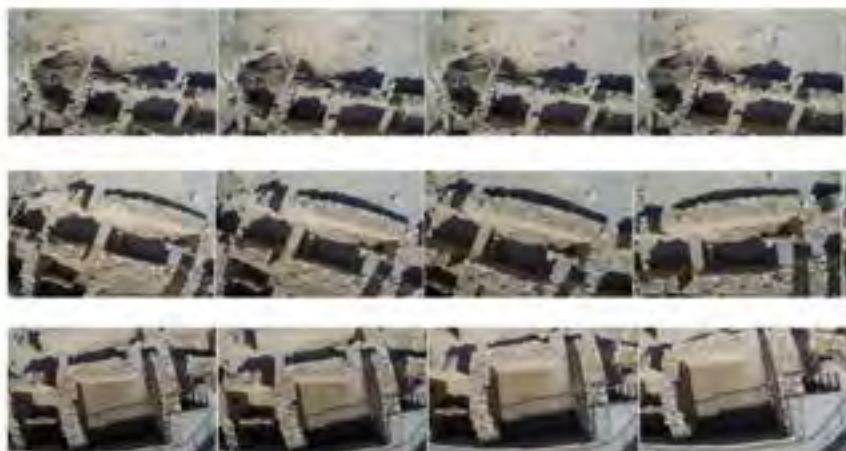
Fotocamera GoPro HERO3

Risoluzione foto 10 Megapixel

Sequenza foto 10 foto/secondo

Velocità di volo fino a 15m/s

Formato immagine JPG, NEF (RAW)



FOTOGRAFIE AEREE: ASTA TELESCOPICA

Fotocamera Sony QX30_3Deye

Sensore CMOS Exmor

Pixel effettivi 18.2 MPX

Obiettivo Sony G

Messa a fuoco AF a scatto singolo, manuale, touch

Asta telescopica in fibra di carbonio

Massima estensione 10 metri



Fig. 13 *Differenti tipologie di acquisizione tramite metodologie di rilievo digitale SfM (a partire dall'alto): sequenza fotografica scattata con camera reflex, sequenza scattata con l'ausilio di un drone con una camera installata sopra ed infine una sequenza acquisita tramite asta telescopica 3Deye.*

5.2.2 Il rilievo Fotogrammetrico

Durante le campagne di documentazione, iniziate come detto nel 2013, sono state utilizzate metodologie integrate di rilievo ed in particolare sono state fatte sperimentazioni sui metodi SfM. La campagna fotografica, utile sia per la documentazione dello stato dei luoghi, per la schedatura delle murature e lo studio stratigrafico ma anche per applicazioni di fotogrammetria 3D, ha riguardato l'intero sito archeologico, a partire dall'esterno dell'altopiano, fino ad arrivare a tutti i dettagli più significativi, come ad esempio i pavimenti mosaicati.

Questo ha richiesto l'impiego di molti operatori che durante gli anni hanno acquisito un vasto numero di fotografie, attraverso diverse camere fotografiche e altri strumenti di 'cattura', attraverso acquisizione tramite fotogrammetria *close-range* e fotogrammetria aerea *middle-range*.

Le maggiori difficoltà riscontrate per l'acquisizione fotografica, oltre che alle stesse problematiche sorte con l'utilizzo del Laser Scanner, ovvero complessa articolazione degli ambienti e cambi di quota, dimensione angusta di alcuni spazi, e impossibilità di percorrere esternamente la cinta muraria, sono state riscontrate criticità per le condizioni di illuminazio-

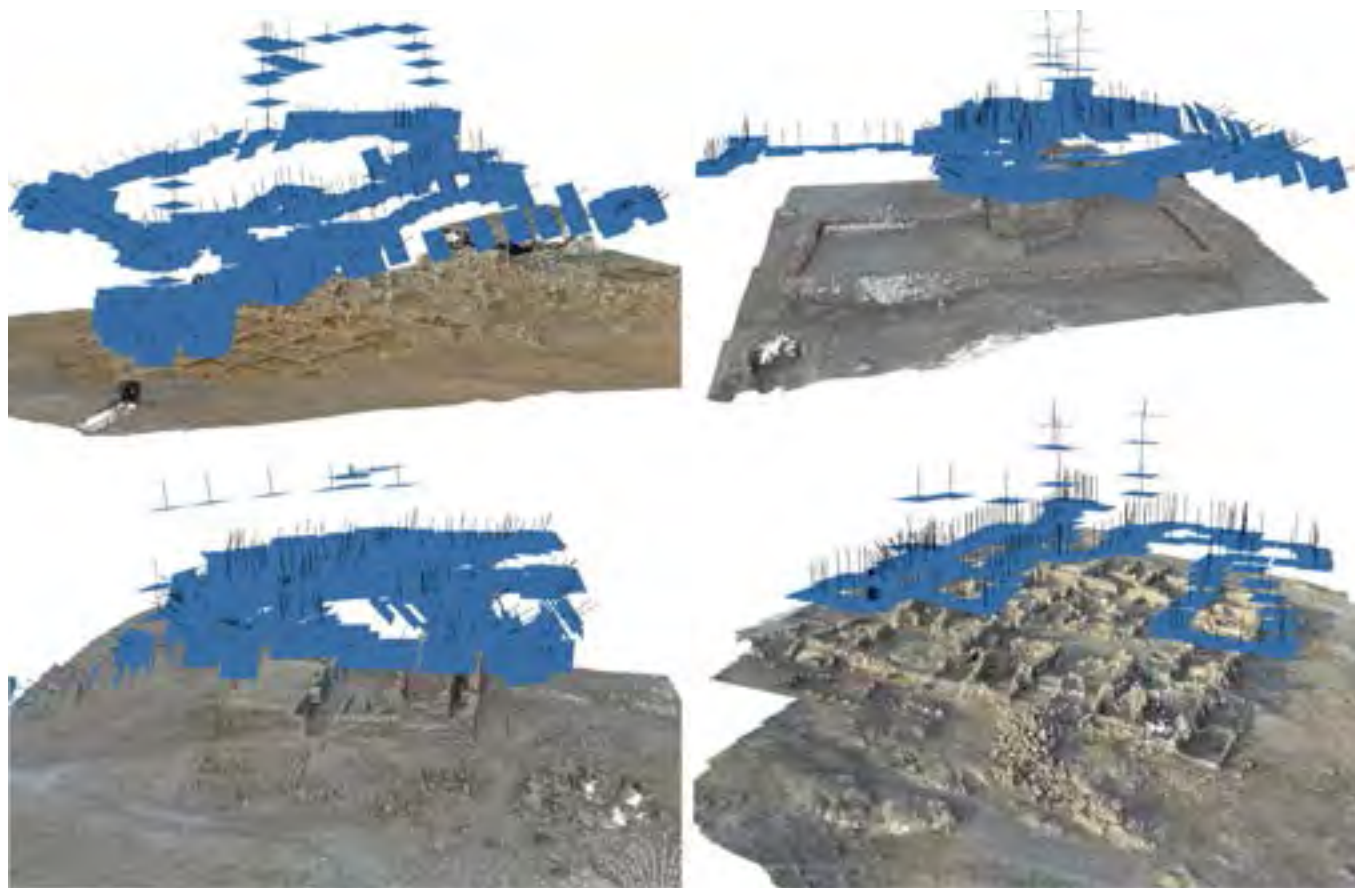


Fig. 14 Esempi di acquisizione tramite drone. Le fotografie sono state elaborate all'interno del software Agisoft Photoscan fino all'ottenimento di modelli 3D dotati di texture fotografica. In questa immagine (in senso orario): edificio n°11, Chiesa Bizantina, Edificio n°13 e Edificio n°9.

ne. La fotogrammetria digitale si basa principalmente sulla corretta acquisizione del colore per il riconoscimento di *pixel* omologhi in una sequenza di immagini ed è pertanto necessario assicurare una condizione di illuminazione omogenea, cercando di limitare la presenza di ombre e regolando l'esposizione. Nel caso dell'altopiano di Masada non è stato sempre possibile assicurare queste condizioni, vista la sua posizione nel deserto caratterizzata da ombre nette durante gran parte della giornata. Per far fronte a questa necessità, le campagne di rilievo si sono svolte principalmente nel mese di gennaio, caratterizzato da una maggior frequenza di giornate 'coperte' da nuvole, ottimali per l'acquisizione di sequenze fotografiche. Un altro

fattore di non poco conto è la presenza del costante flusso turistico che, come nel caso dell'acquisizione Laser Scanner, ha comportato la chiusura parziale e momentanea di alcune aree del sito con la conseguente assenza di turisti per determinati periodi.

Nel caso di fotogrammetria digitale *close-range*, questa si è svolta grazie all'impiego di diverse macchine fotografiche digitali *reflex*, che hanno permesso l'acquisizione di gran parte delle aree del sito, eccetto quelle esterne alle murature delle mura a casamatta, degli ambienti alti e coperti e delle creste delle murature. In questo caso si è dovuto ricorrere all'utilizzo di una asta telescopica estendibile fino a 10 m chiamata 3DEYE su cui è installata una camera Sony

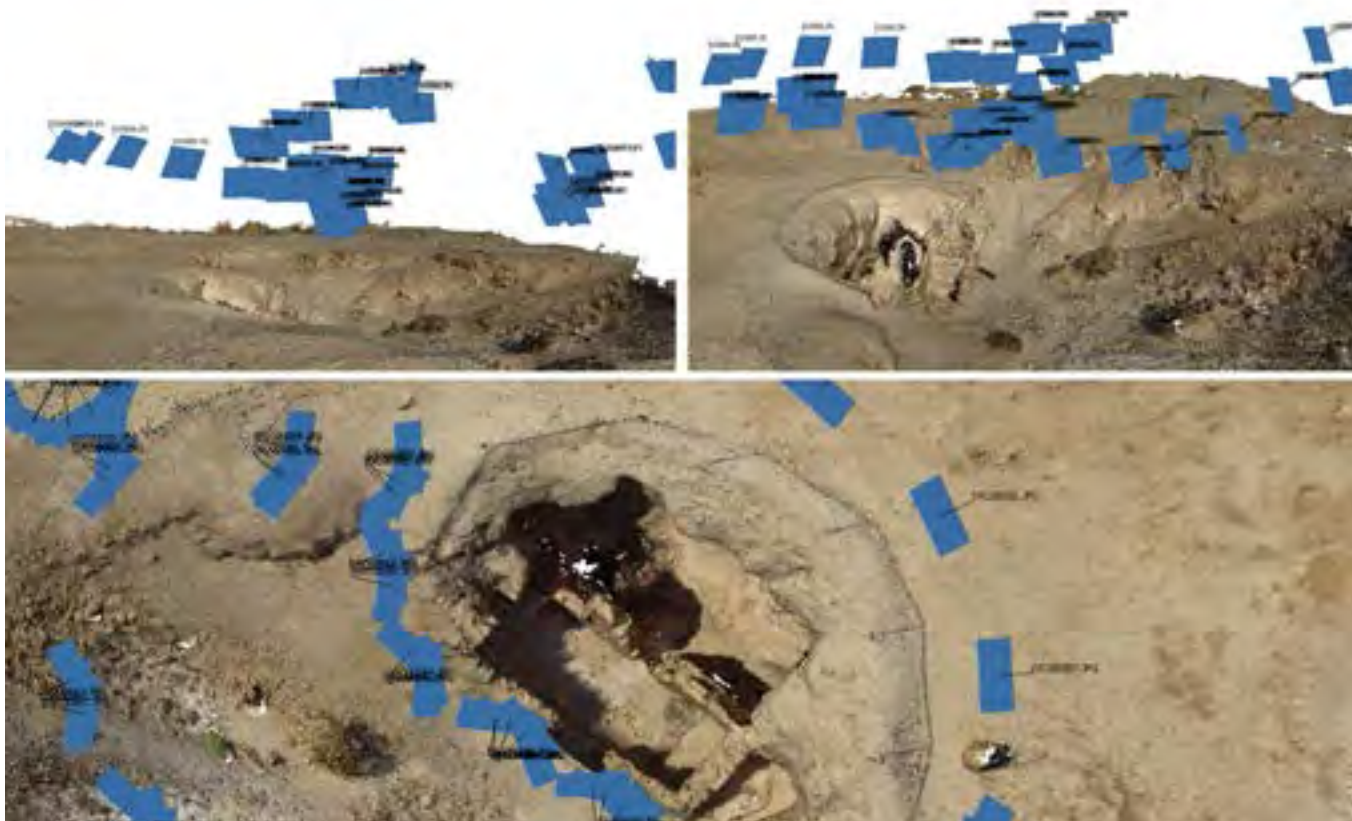


Fig. 14 Esempio di acquisizione tramite asta telescopica 3DEye. Le fotografie sono state elaborate all'interno del software Agisoft Photoscan fino all'ottenimento di modelli 3D dotati di texture fotografica. In questa immagine si riporta l'acquisizione di una cisterna posta a est del plateau ed identificata con il n°1907.

DSC-QX30 controllabile da remoto; è possibile controllare sia la direzione dello scatto, sia modificare le impostazioni di risoluzione.

Nel caso di fotogrammetria *middle-range* è stato utilizzato un drone Phantom II con una camera GoPro installata sopra di esso, così da poter acquisire sessioni fotografiche dall'alto ad una velocità di volo di circa 15 m/s. Come detto in precedenza, la collocazione delle murature esterne delle casematte rendeva impossibile l'utilizzo del Laser Scanner per il loro rilevamento, e grazie all'utilizzo del drone è stato possibile ottenere dati significativi di tutte quelle aree 'impervie'.

La differenza di risoluzione dei vari strumenti usati per l'acquisizione fotogrammetrica digitale ha comportato l'ottenimento di modelli 3D di diversa risoluzione, in particolare i modelli ottenuti tramite drone sono risultati di una qualità inferiore, sia a causa delle minor prestazioni della camera GoPro, sia a causa della distanza di acquisizione.

L'elaborazione delle diverse sequenze fotografiche ha fornito un vasto *database* di modelli 3D digitali che sono stati successivamente confrontati ed elaborati per diversi scopi e si riportano di seguito immagini significative dei diversi processi metodologici e dei primi elaborati ottenuti.

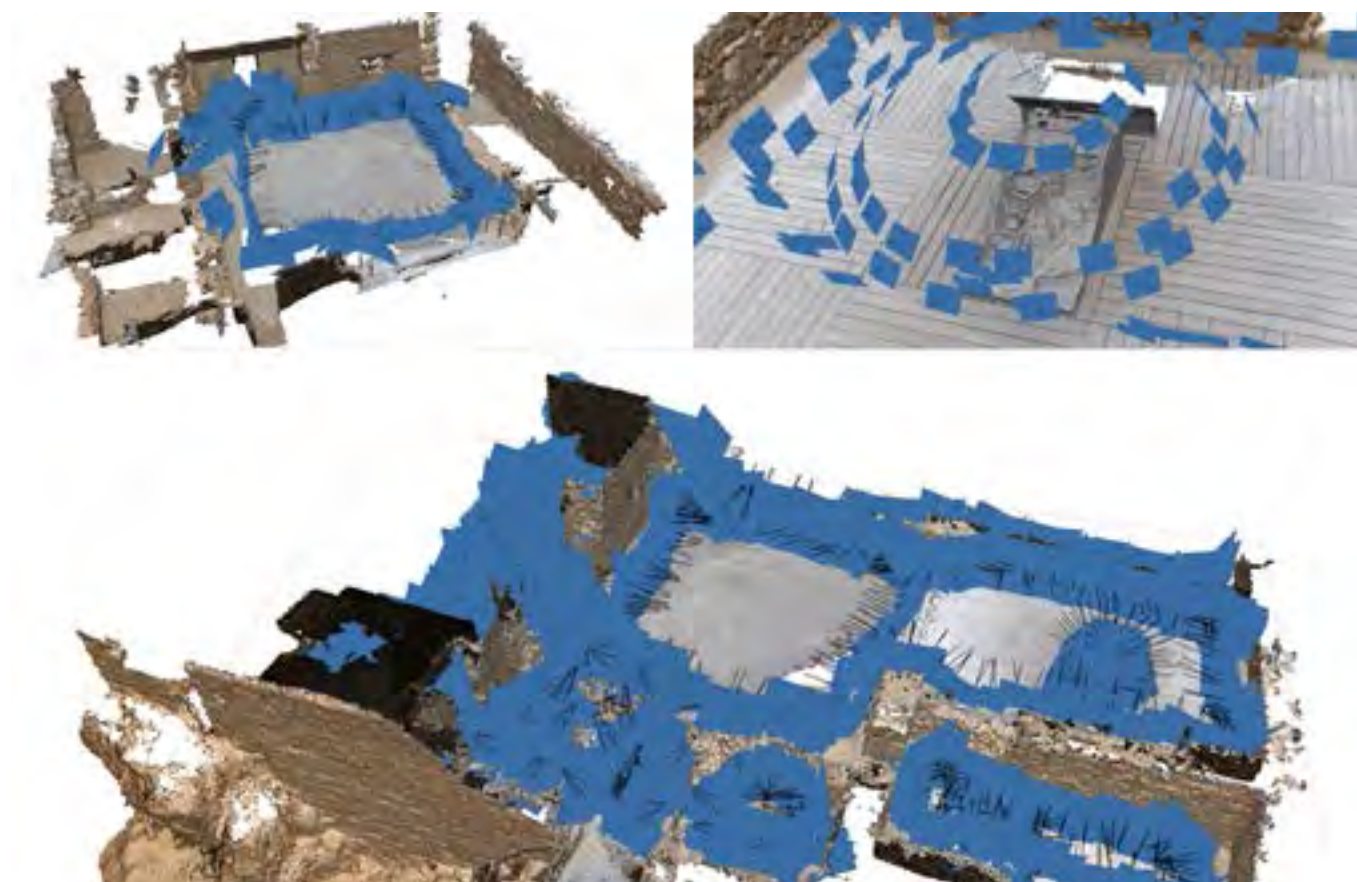


Fig. 15 Esempi di acquisizione tramite camera reflex (*middle range*). Le fotografie sono state elaborate all'interno del software Agisoft Photoscan fino all'ottenimento di modelli 3D dotati di texture fotografica. In questa immagine (in alto) la piazza centrale n°236 dell'edificio a sud dei magazzini ed il modello 3D metallico situato nell'ambiente adiacente (n°236-1). (sotto) Si mostra l'unione dei diversi 'chunk' acquisiti per poi generare la mesh del modello completo.

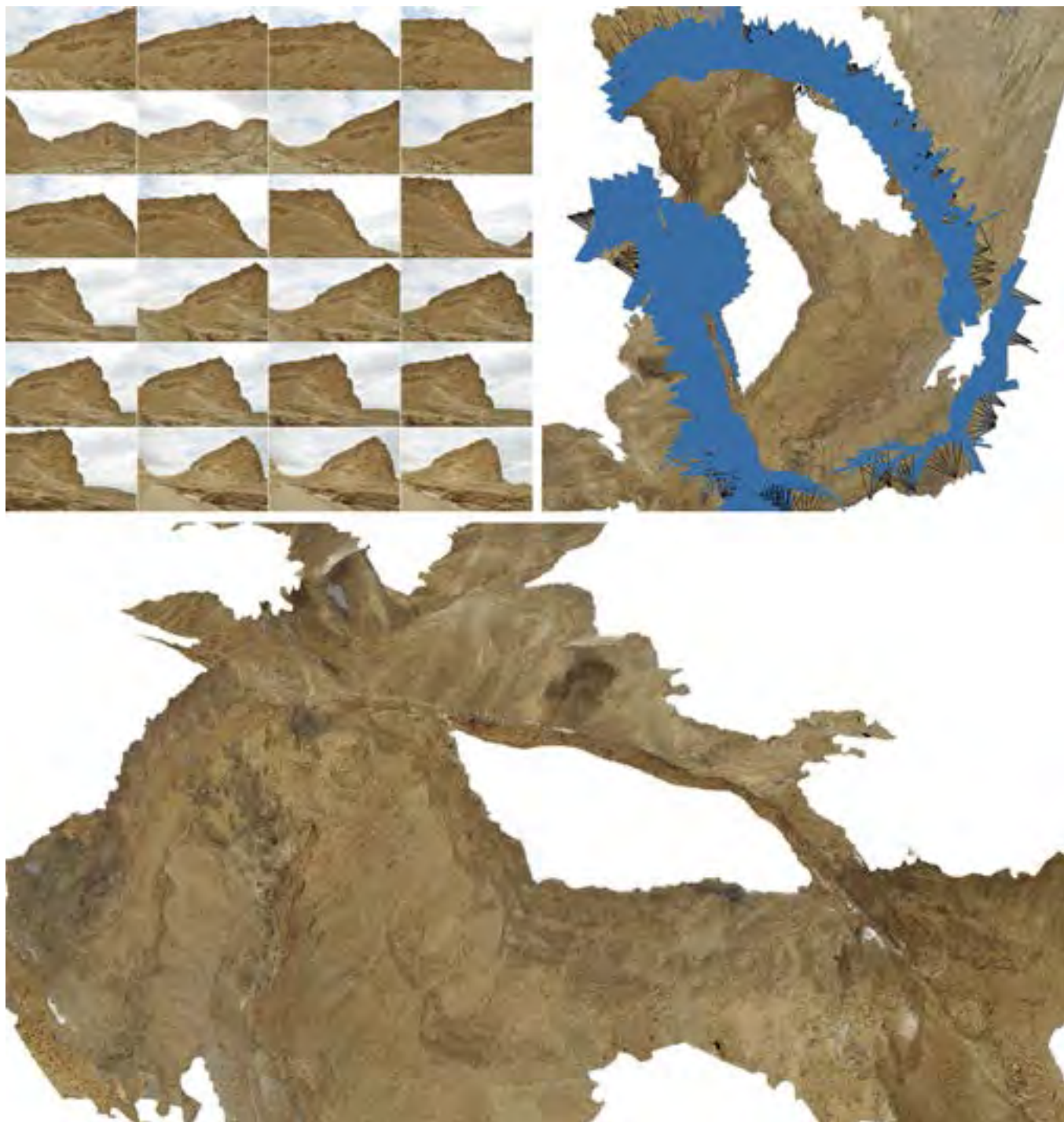


Fig. 16 Acquisizione dell'esterno della montagna di Masada, tramite camera reflex (middle range). Le fotografie sono state elaborate all'interno del software Agisoft Photoscan fino all'ottenimento di modelli 3D dotati di texture fotografica. (in alto) Si nota la distanza dalla quale sono state scattate le fotografie e la difficoltà nel raggiungere alcune zone intorno alla montagna, caratterizzate da ripidi pareti e terreno dissestato.

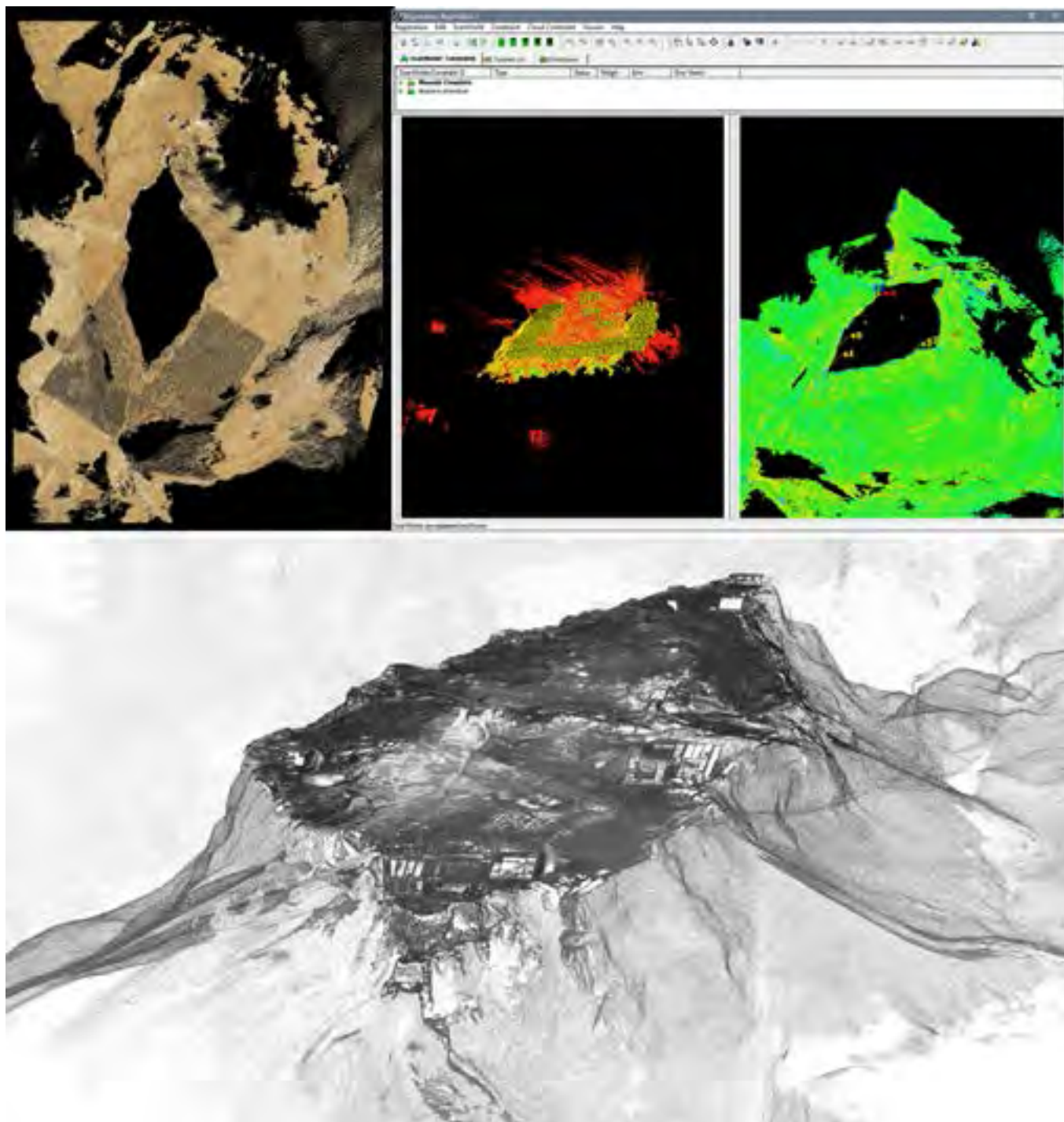


Fig. 17 Processo di unione della nuvola di punti derivante dal rilievo laser e di quella ottenuta tramite rilievo fotogrammetrico. Si è proceduto orientando entrambi i modelli secondo le coordinate GPS ottenute in precedenza, e ricercando punti in comune sulle creste delle murature delle casematte e su elementi individuabili chiaramente dall'esterno. Si è registrato un errore di circa 50 cm nelle zone molto distanti dalla posizione di scatto, ed in particolare nella zona a nord, ma sono state ritenute accettabili viste le modalità di acquisizione.

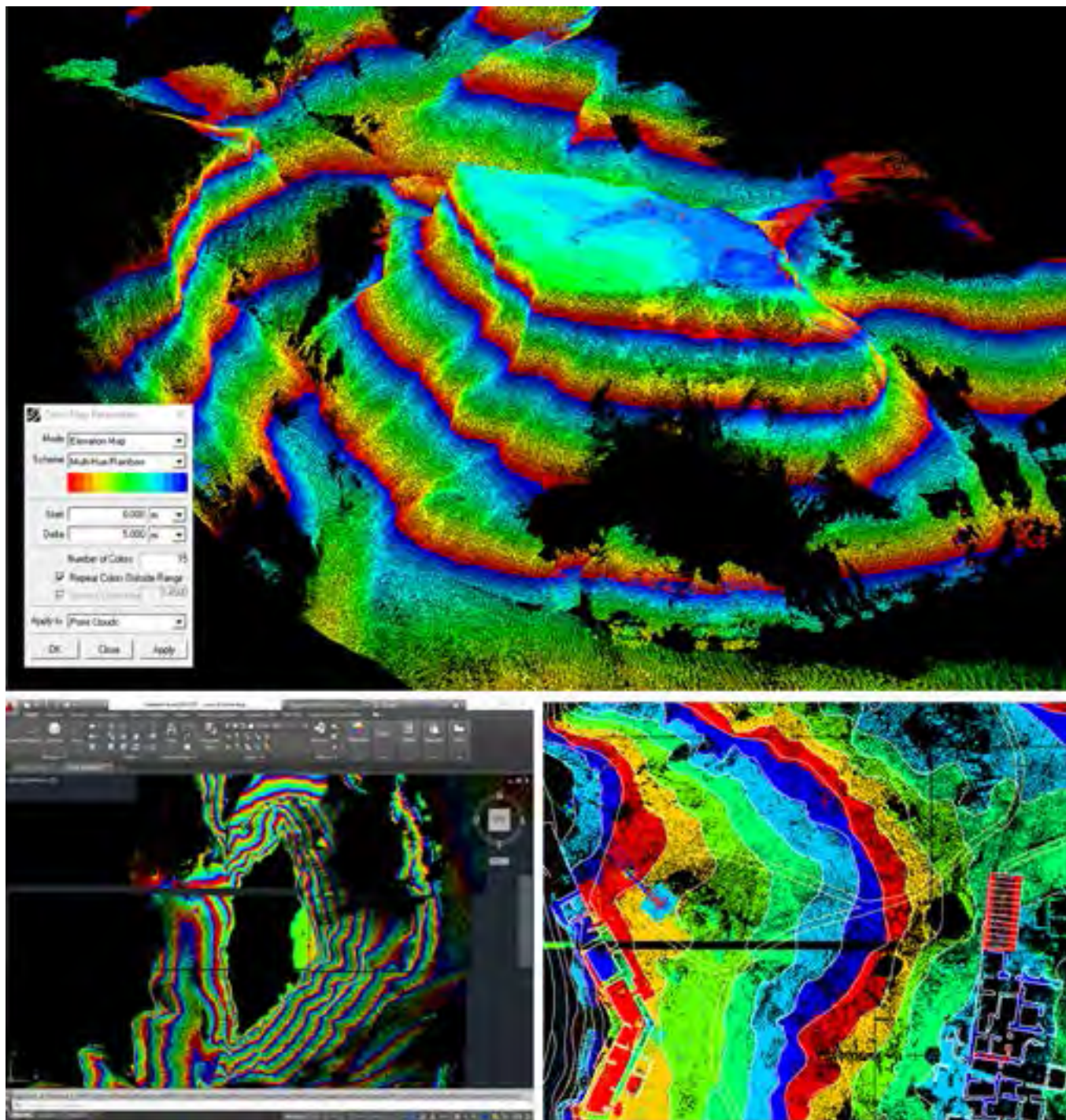


Fig. 18 Processo di estrapolazione delle curve di livello per la realizzazione della nuova cartografia del sito archeologico e del suo 'intorno'. All'interno del software Leica Cycone è possibile definire una cosiddetta 'elevation map' che mostra la nuvola di punti secondo colorazioni diverse in base al range di rappresentazione stabilito dall'operatore. In questo caso sono state estratte curve di livello ogni 20 m per l'esterno della montagna e le pareti esterne e di 1 m per l'interno del plateau.

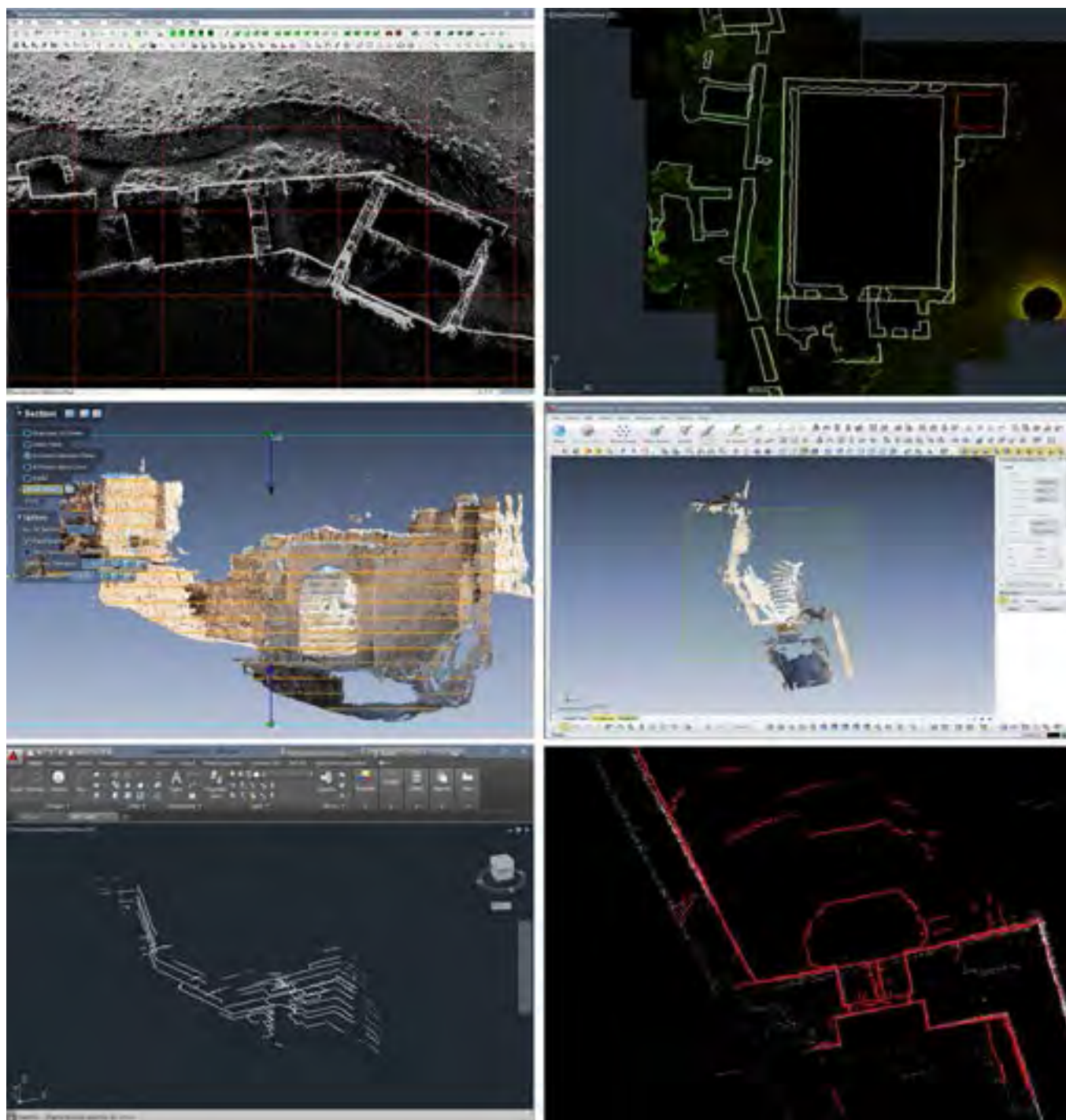
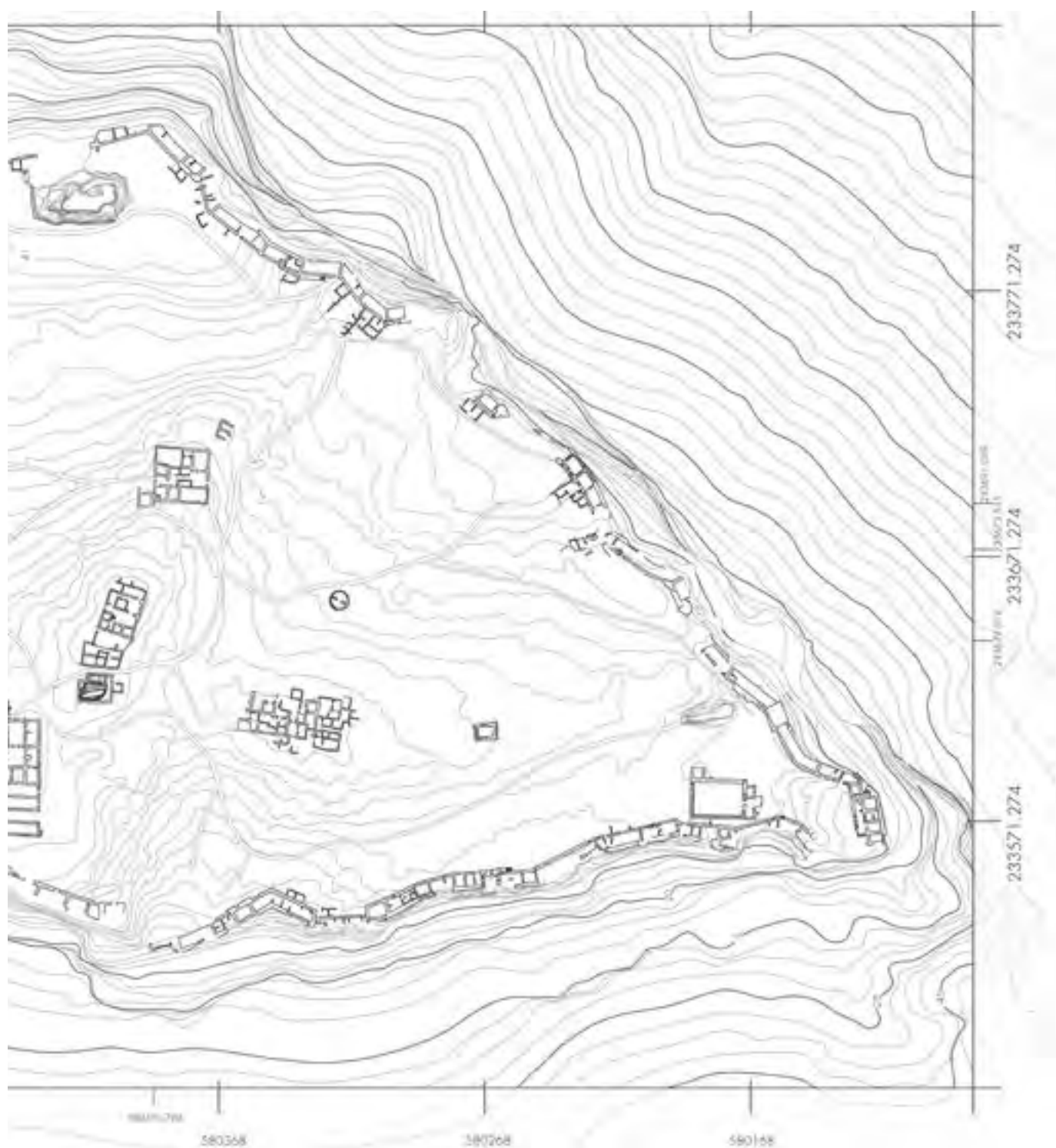


Fig. 19 Processo di ri-disegno della nuvola di punti, dagli elementi 'general' fino ai dettagli. In alcuni casi si è ritenuto necessario integrare porzioni del disegno con elementi bidimensionali quali 'spline' e 'polilinee' estratte dai modelli 3D ottenuti tramite processi fotogrammetrici, in particolare per quanto riguarda le murature esterne delle casematte, vista l'impossibilità di acquisirle tramite rilievo laser scanner e quindi non esistenti nella nuvola di punti.



Fig. 20 Elaborato planimetrico generale orientato secondo le coordinate GPS.



PARTE III

MASADA MUSEUM: IL VIDEOGIOCO



Fig. 1 Veduta del Visitor Centre posto ai piedi della montagna sul lato est. Oltre cha ad ospitare il punto di partenza per la cabinovia che raggiunge la sommità del sito, vi sono anche un ristorante e il Museo. Nell'immagine vi sono alcune sale espositive del museo caratterizzate da ricostruzioni in scale di scena di vita quotidiana dei diversi 'occupanti' susseguitisì a Masada.

CAPITOLO VI

Il videogioco come strumento per la valorizzazione del sito

Dal 2007 il Visitor Centre di Masada, posto ai piedi della rupe sul lato est, ospita un museo dove sono esposti i reperti ritrovati durante gli scavi di Yigael Yadin. Il museo, oltre che alle tradizionali teche espositive, i *totem* e i pannelli informativi, riproduce alcune scene attraverso rappresentazioni e ricostruzioni in scala reale di luoghi e persone, accompagnate da suoni suggestivi e illuminando di volta in volta ciò che illustra la voce narrante. Questo approccio teatrale volto a ricreare le atmosfere delle diverse ‘occupazioni’ del sito di Masada, rende la visita museale ‘immersiva’ e riesce ad intrattenere il visitatore tramite sensazioni sia visive che uditive. Sono riprodotte un totale di nove scene che riguardano tre principali temi, quello di Erode, quello dei ribelli Zeloti e quello dell’esercito romano. Tra i reperti archeologici esposti si trovano ad esempio porzioni di affreschi e colonne originali del Palazzo Nord e parti di pavimento del Palazzo Ovest etc. Uno strumento di supporto alla struttura del museo, sia per la fruizione *in loco* che da remoto, può essere certamente quello del videogioco, per tutte le ragioni precedentemente descritte, a partire dal maggior coinvolgimento dei visitatori fino alle possibilità di sviluppo cognitivo dei bambini. L’esperienza museale è resa più piacevole e la fruizione del Patrimonio in generale è resa maggiormente accessibile grazie all’impiego dei giochi, in grado di ‘attrarre’ visitatori e introdurli in tematiche non familiari. Nel seguente capitolo si definiscono gli obiettivi e la struttura del videogioco, la tipologia e il genere di gioco definiti per la realizzazione di un SG del sito di Masada. Un ruolo importante per la riuscita del gioco è quello dell’accurata definizione dello *storyboard* e di tutti i contenuti ad esso correlato. Infine saranno esposte le tipologie di *minigame* presenti nel videogioco, spiegandone la funzione ed esplicitandone la struttura e il funzionamento.

6.1 Le fasi di realizzazione del gioco

La progettazione di un gioco, nonostante la crescita esponenziale dell’industria dell’*entertainment* e la nascita di società indipendenti che ne sviluppano e producono di diversa tipologia e con diversi *budget*, richiede la programmazione di diverse fasi imprescindibili.

La realizzazione di un videogioco richiede inoltre l’impiego di risorse impegnate su diversi campi e con competenze specifiche diverse, come le figure dell’artista, del *Designer*, del programmatore, del *project manager*, e infine quella del *Game Designer*, ovvero colui che può essere considerato come un ‘regista’.

A ciascuna figura professionale corrisponde un ruolo importante nell’*iter* di realizzazione e sviluppo di un videogioco, così da arrivare alla fase di ‘*testing*’ di un prototipo e poi alla fase finale di produzione e collaudo.

La prima fase è quella progettazione, ovvero quella in cui viene definita l’idea e il *concept* generale del gioco. In questa fase vengono prese le principali decisioni riguardo alle scelte narrative, alla tipologia di pubblico a cui ci si vuole rivolgere e allo *storyboard*, ovvero la sequenza dei disegni che illustrano le diverse fasi del gioco, gli obiettivi che si vogliono raggiungere, le modalità di interazione tra utente e *avatar*, le modalità di ‘avanzamento’ etc.

L’ultimo passaggio della fase di progettazione è la stesura del documento finale dove sono descritti tutti i minimi dettagli del gioco, sia dal punto di vista delle sequenze sceniche che a livello di design. Occorre pensare a tutte queste componenti in maniera interconnessa così da risolvere eventuali problemi nello svolgimento della narrazione già in fase di progettazione.

Il cosiddetto GDD - *Game Design Document* è lo

strumento che permette di implementare tutte le fasi successive e di controllarne il corretto svolgimento da parte del *Game Designer*, il quale ha il compito di verificare un *gameplay* ottimale. Le regole del gioco e la sua estetica, l'interfaccia, i personaggi, gli enigmi del gioco etc., possono essere modificati durante la fase di progettazione ed è compito del *Game Designer* far sì che il gioco risulti bilanciato nelle sue componenti per assicurare sia divertimento che difficoltà.

In questa sede non verrà redatto un GDD vista la complessità della sua scrittura e della necessità di un *team* di redazione e di supporto per le scelte tecniche, di programmazione, di design etc.

La fase successiva alla progettazione è quella della

programmazione da parte di sviluppatori informatici, dove, a seguito della scelta dell'*engine*, vengono scritti tutti i codici e gli *script* utili al funzionamento del gioco e di tutti i suoi più piccoli dettagli.

Le fasi successive riguardano le scelte grafiche, il cosiddetto *Visual Design*, e di tutti gli aspetti della comunicazione che intervengono nel gioco, come musiche, suoni, simboli etc. Anche il disegno dell'interfaccia appartiene a questa delicata fase, e nessuna di queste prescinde dalle possibilità e dalle capacità di programmazione e di sviluppo di esperti. L'ultima fase è generalmente quella del *debut*, ovvero della verifica della presenza di eventuali *bug* da risolvere così da rendere la giocabilità fluida e ottimale per l'utente finale e così da poter commercializzare il gioco.



6.2 La tipologia di gioco e le modalità di interazione

Il videogioco ideato è un *single-player* ed è giocabile soltanto da una persona per tutta la durata della partita, anche se presenta la possibilità di registrare il proprio *avatar* e collegarlo al proprio *account* di alcune piattaforme *social* e di condividere i risultati ottenuti in una classifica generale dove figurano altri utenti, tra i quali però non vi è interazione durante il gioco. Il personaggio durante la propria partita si relazionano soltanto con alcuni personaggi presenti nel videogioco, con i quali interagiscono tramite dialoghi predefiniti che aiutano il giocatore nel comprendere la trama di gioco.

Per quanto riguarda il genere possiamo definirlo come un *treasure-hunt game* dove appunto è necessario cercare e raccogliere oggetti per progredire di livello. Il gioco si basa su un sistema di avanzamento premiaricompensa dove attraverso i *minigame* e la risoluzione degli enigmi che questi presentano si ‘sbloccano’ livelli successivi e vengono assegnati riconoscimenti e punti. Il fattore di ‘sfida’ diviene dunque di fondamentale importanza per rendere il gioco accattivante e per mantenere vivo l’interesse nell’esplorazione e nella conoscenza.

In questa sede non viene definito il *target* di utenti del videogioco, in quanto viene descritto un iter procedurale che può essere adattato a qualsiasi tipologia, in base alla difficoltà degli enigmi e dei *minigame*.

Gli strumenti impiegati per fruire il gioco sono pensati come postazioni fisse all’interno del museo di Masada, dove è possibile sedersi, registrare il proprio giocatore e scegliere l’*avatar* per iniziare a giocare. Il videogioco è reso disponibile anche per la fruizione tramite pc, dando quindi la possibilità a tutti gli utenti

che non hanno la possibilità di visitare il sito reale, di poter comunque optare per la ‘visita virtuale’ e di navigare attraverso i modelli 3D e le ricostruzioni.

Per favorire la visita del museo reale di Masada, e del sito archeologico in generale, all’interno del videogioco possono inseriti alcuni contenuti che si ‘sbloccano’ soltanto quando il giocatore di trova a Masada. È possibile pensare anche ad un ulteriore sviluppo del gioco così che integri funzioni di realtà aumentata tramite la ricerca di oggetti *in situ*, caratteristica propria di un *location-based game*; si tratta di una tipologia di gioco basata sulla localizzazione, ad esempio utilizzando il posizionamento satellitare tramite GPS oppure Bluetooth, che sfrutta la posizione del giocatore e degli oggetti. I giochi di questo genere, oltre a favorire l’esplorazione del sito reale sono molto coinvolgenti poiché si svolgono generalmente ‘all’aria aperta’, in diretto contatto con le opere e i manufatti, e divengono quindi vere e proprie ‘caccia al tesoro’.

6.3 La struttura del gioco: lo svolgimento generale e lo storyboard

Il gioco consiste nell’impersonare la figura del ‘curatore’ del museo di Masada il quale deve allestire la mostra permanente riguardante la storia del sito.

Per fare questo il giocatore, attraverso il proprio *avatar*, deve andare alla ricerca di oggetti nascosti per poi poterli esporre in diverse sale del museo virtuale che corrispondono alle quattro fasi principali della storia di Masada: la sala di Erode, la sala degli Zeloti, la sala dei Romani e la sala dei Bizantini. Gli oggetti si trovano nascosti sul plateau, all’interno dei diversi edifici caratteristici di ogni fase e per poterli raccogliere è necessario affrontare e risolvere alcuni enigmi o *minigame*.

Il gioco si svolge principalmente in due luoghi virtuali, ovvero negli ambienti del museo e sul *plateau* del sito, dove il personaggio si reca per cercare gli oggetti. La visualizzazione delle sale museali avviene sia in 2D, tramite viste top-down, che in 3D tramite la possibilità di esplorare il museo ‘virtuale’ grazie al proprio *avatar*. In questo caso l’andamento del gioco è lineare poiché non è possibile collocare nelle diverse sale in ordine sparso gli oggetti trovati, ma è

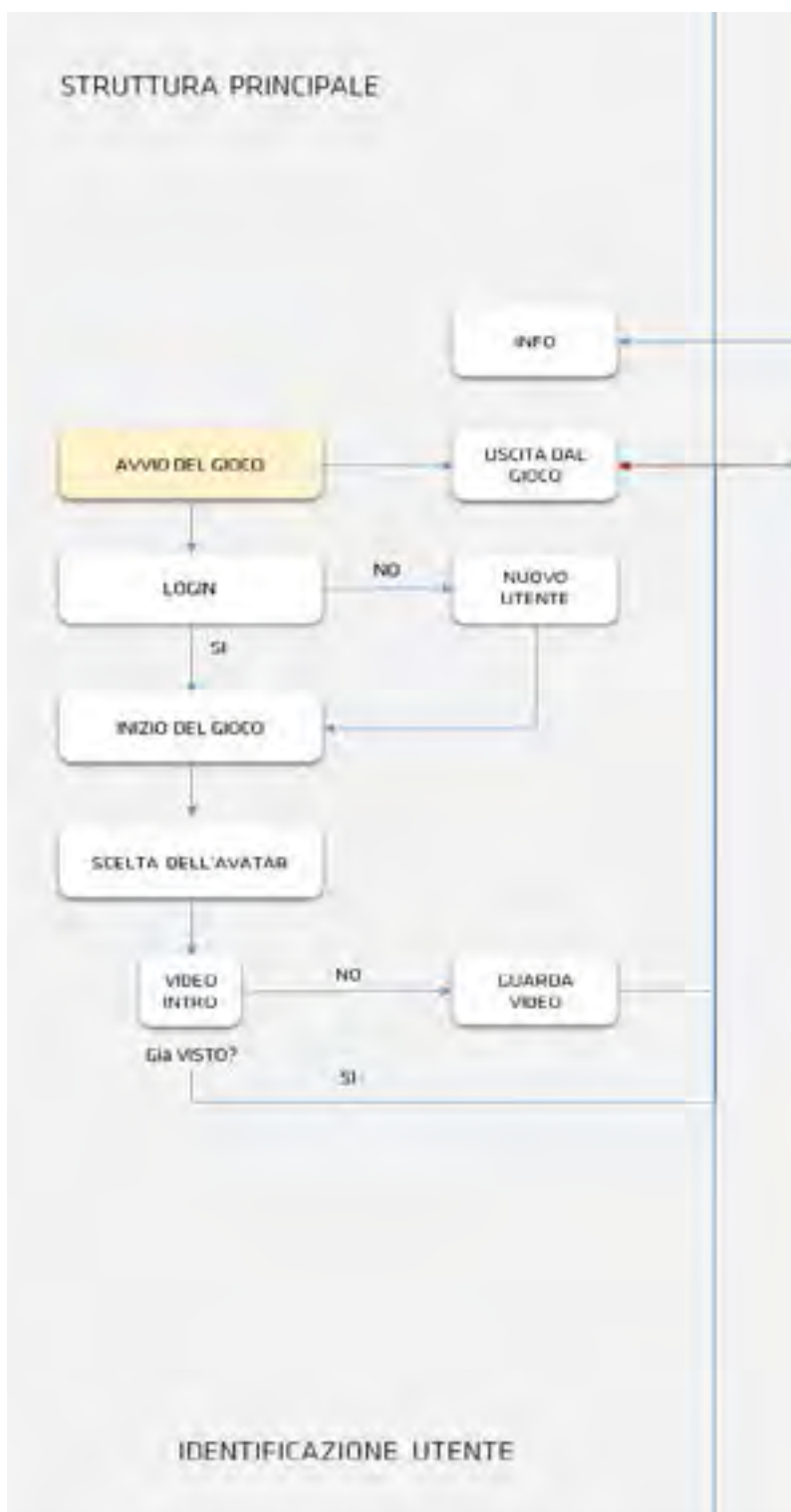
Fig. 2 Sul plateau del sito archeologico si trovano diverse tipologie di supporto tradizionale ed accompagnano i turisti nella visita. Vi sono ad esempio pannelli in plastica che riportano il nome degli edifici oppure che contengono brevi descrizioni in doppia lingua, ebraico e inglese, e alcune ipotesi di ricostruzione disegnate. Vi è poi la possibilità di utilizzare un audioguida seguendo il codice riportato su ciascun pannello.

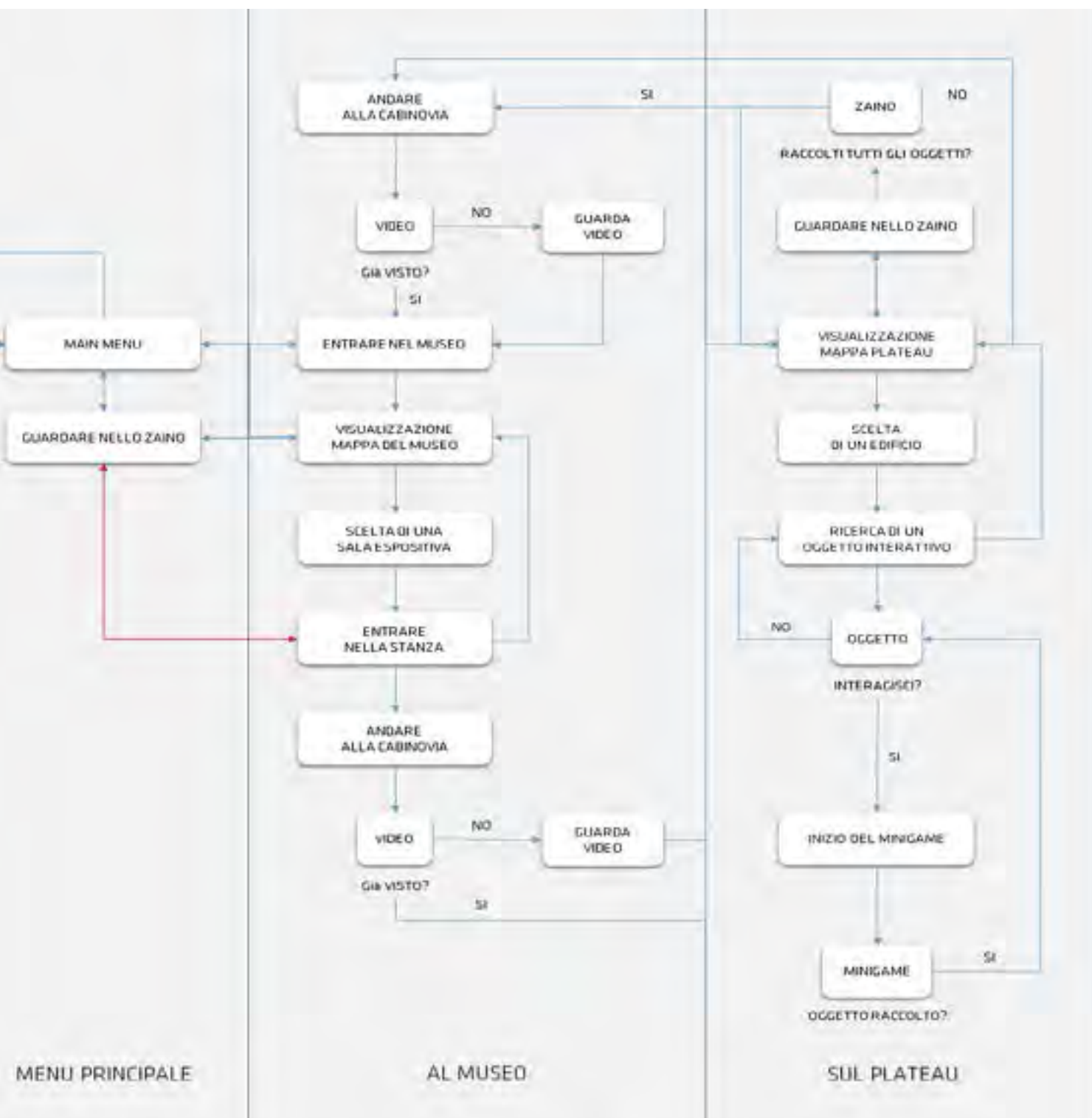
Sono presenti inoltre alcuni modelli 3D realizzati in materiale metallico che aiutano i visitatori nella comprensione delle volumetrie e dell’aspetto originario degli edifici (nella caso delle Grandi Terme sono riprodotti anche i colori di pareti e pavimentazioni).

necessario seguire il corretto andamento storico delle diverse fasi. La parte di gioco ambientato sopra al *plateau* invece è possibile definirla come *open-ended* (o *sandbox*), dove cioè l'andamento del gioco non è lineare e il giocatore è libero di compiere le azioni che preferisce, senza seguire una trama obbligatoria. La struttura narrativa del gioco non è vincolante per lo svolgimento dell'azione e un giocatore in questo modo riesce a 'costruire' la propria conoscenza senza vincoli. Il giocatore ha a disposizione una mappa tematica che mostra una fase relativa ad un periodo storico del sito della fase relativa agli oggetti ricercati, e può interagire con essa scegliendo di esplorare diversi edifici rappresentativi. Dopo aver scelto un edificio una schermata fornisce informazioni generali ed invita il giocatore all'esplorazione che avviene tramite l'*avatar* all'interno di modelli 3D corrispondenti allo stato attuale del sito. La ricerca/esplorazione degli oggetti da raccogliere è facilitata da un'altra piccola mappa che mostra l'area di gioco e la posizione dell'*avatar*, ed un *radar* che fornisce un'indicazione di massima sulla posizione degli oggetti, incoraggiando ed invitando così all'esplorazione dei luoghi. Quando il giocatore si trova nelle immediate vicinanze di questi oggetti e vi interagisce, si attiva l'interfaccia dei rispettivi *minigame*. Al completamento della raccolta degli oggetti di ogni sala un video ne illustra le vicende principali e ne descrive i caratteri storici e architettonici, aggiungendo così un ulteriore componente per la conoscenza di informazioni. Lo scopo del gioco è quello di raccogliere tutti gli oggetti e di posizionarli nella corretta posizione nelle diverse sale espositive, assumendo così il ruolo di 'curatore' del museo di Masada. Si riporta di seguito lo schema di gioco e lo *storyboard* principale a partire dall'avvio del gioco fino ad arrivare all'allestimento di una sala, definendo cioè i momenti salienti della narrazione, ripetibili poi per le altre diverse sale.

Fig. 3 Struttura principale del videogioco di Masada utile a capire il funzionamento generale e per lo sviluppo successivo dello storyboard e dei minigame. Il gioco si svolge sostanzialmente in due fasi che corrispondono a due luoghi diversi: il museo dove il gioco inizia e dove il curatore deve collocare gli oggetti, e sul plateau dove il curatore si reca per ricercare gli oggetti.

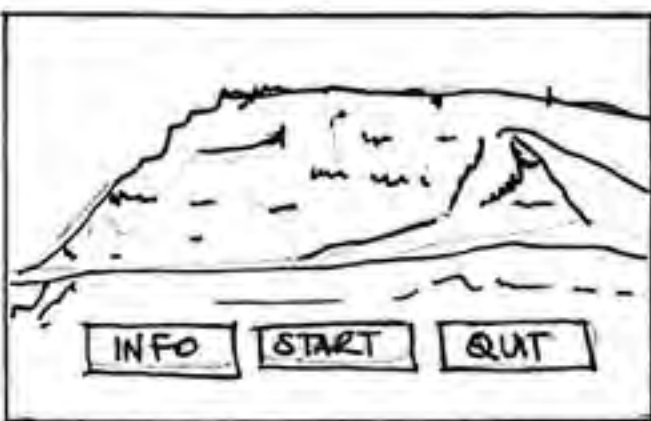
Figg. 4- 5-6-7 (pagine successive) Lo storyboard del videogioco.







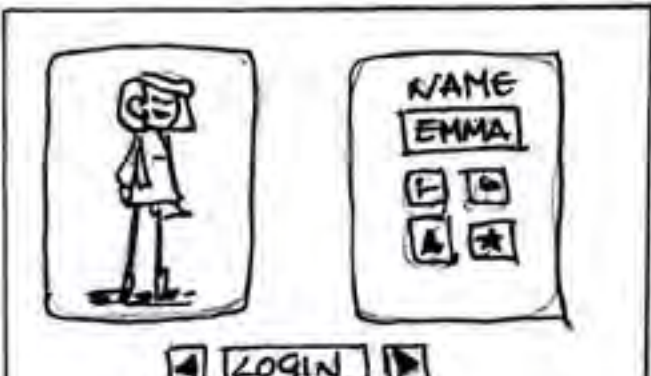
SCHERMATA INIZIALE - AVVIO



INIZIO DEL GIOCO



SCELTA DELL'AVATAR



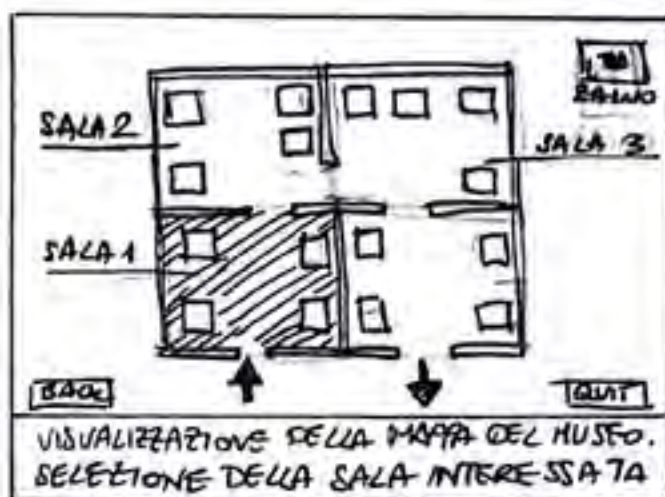
SCELTA DEL NOME - LOGIN



IL DIRETTORE SPIEGA IL LAVORO CHE IL CURATORE DOVRÀ FARE



IL CURATORE SI TROVA ALL'INGRESSO DEL MUSEO PER LA PRIMA VOLTA

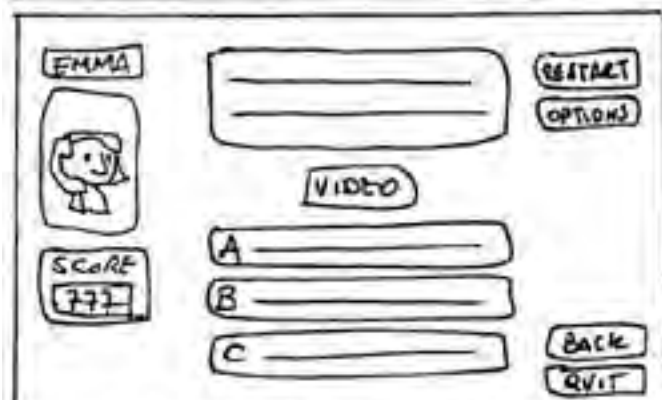




VISUALIZZAZIONE IN PRIMA PERSONA. IL PERSONAGGIO SI MUOVE NEL 3D



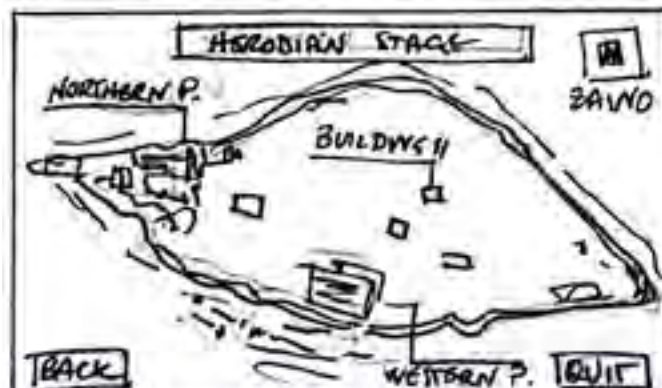
IL PERSONAGGIO TROVA L'OGGETTO INTERATTIVO E LO SELEZIONA



ATTIVAZIONE DEL MINIGAME (QUIT) SE COMPLETATO VIENE ASSEGNATO L'OGGETTO



UNA VOLTA TERMINATO IL MINIGAME, L'OGGETTO INTERATTIVO Scompare. IL PERSONAGGIO NON CERCA ALTRE.



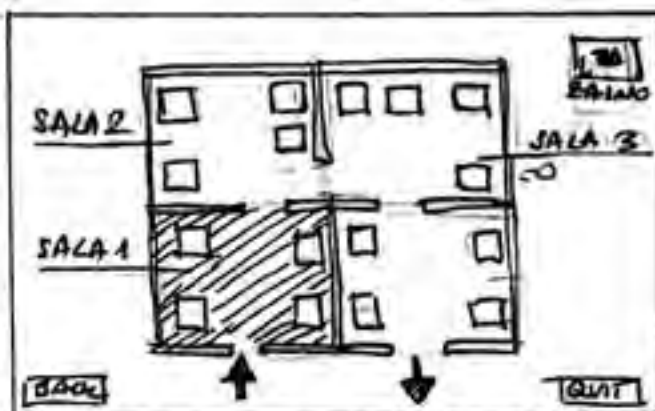
IL GIOCATTORE SELEZIONA GLI ALTRI MODELLI 3D ANCORA INESPLORATI



QUANDO HA RACCOLTO TUTTI GLI OGGETTI E LI HA MESSI NELLO ZAINO, TORNA ALL'INIZIO



VIDEO DELLA CABINOVIA CHE SALE



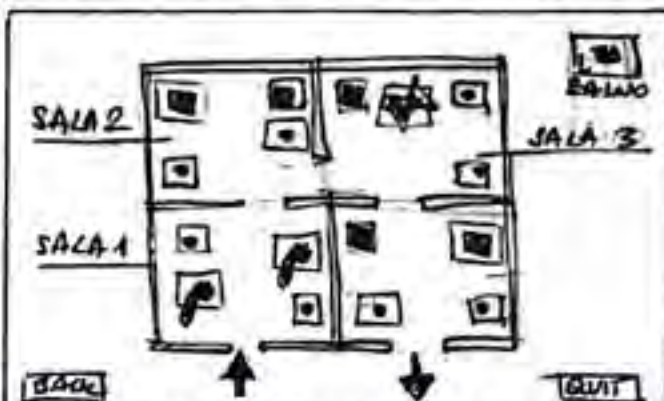
VISUALIZZAZIONE MAPPA DEL MUSEO.
SELEZIONE DELLA SALA INTERESSATA



POSIZIONAMENTO DEGLI OGGETTI NEI
RISPETTIVI POSTI (TELHE, PIEDISTALLI etc)



UNA VOLTA COMPLETATO IL POSIZIONAMENTO
DEGLI OGGETTI E' POSSIBILE CAMBIARE SALA



QUANDO TUTTE LE SALE SONO COMPLETE
DEGLI OGGETTI RACCOLTI TERMINA IL GIOCO



VIDEO FINALE - COMPLIMENTI
DEL DIRETTORE E RACCONSEGNA CHIAVI -

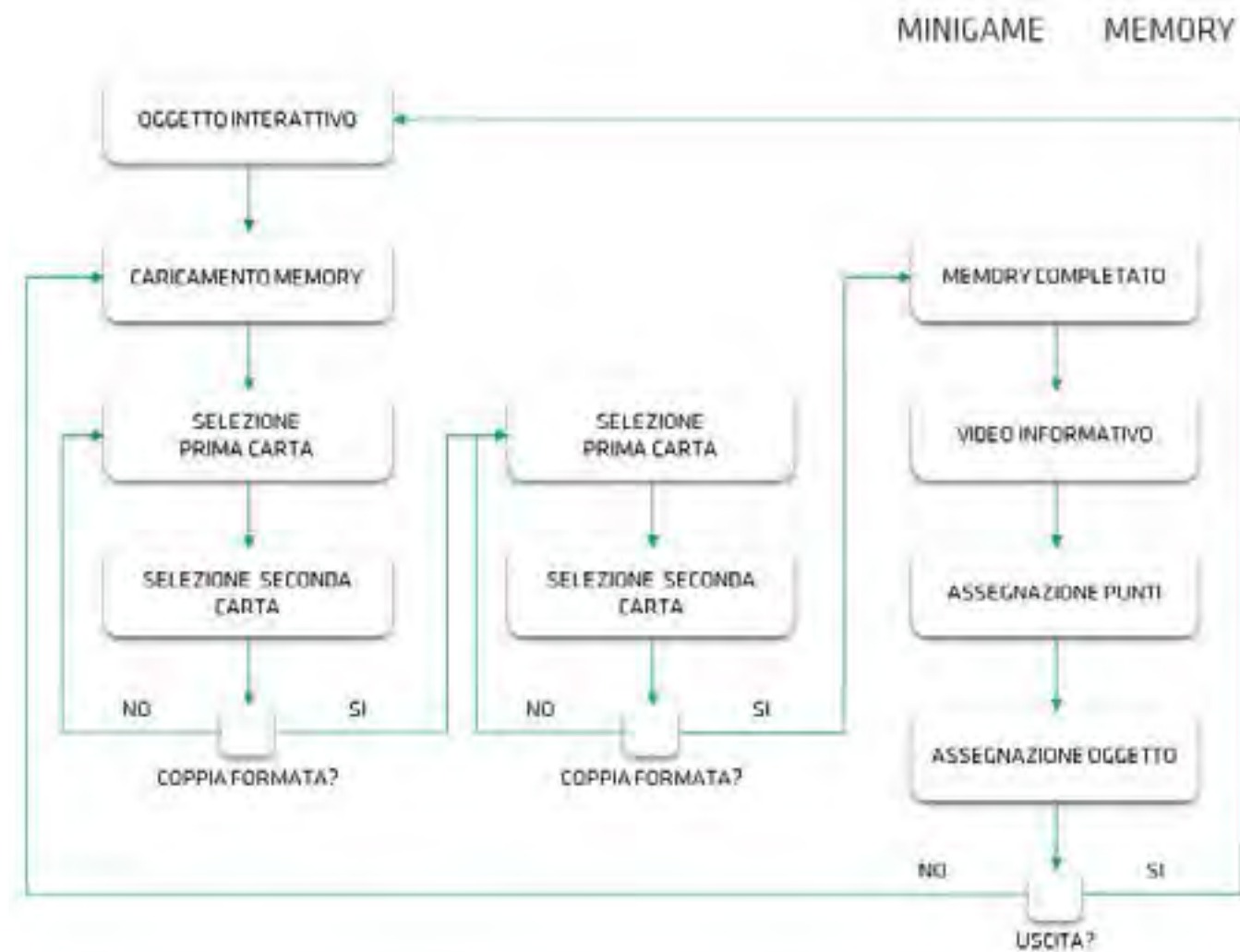


Fig. 8 Struttura del primo minigame della tipologia Memory. Dopo aver trovato un oggetto interattivo il giocatore lo seleziona e si attiva la modalità minigame. A seguito della visione del caricamento del 'tavolo da gioco' il giocatore deve selezionare le carte e 'scoprirle' al fine di formare tutte le coppie utili al completamento del gioco. In caso di esito positivo sarà raccolto l'oggetto, altrimenti è possibile riprovare fino al raggiungimento dell'obiettivo.

6.4 I *minigame*

I giochi ideati e realizzati possono vengono giocati quando l'utente si trova di fronte ad un oggetto interattivo e lo seleziona. Le tipologie di gioco sono tre ma possono trovarsi all'interno del gioco più volte, eseguiti per diversi oggetti e ad un livello di difficoltà differente. La struttura è ben definita e applica l'approccio '*always win*' dove appunto il giocatore alla fine riesce a vincere e a raccogliere l'oggetto cercato. La prima tipologia di gioco è quella del *memory*, un gioco che richiede memoria e concentrazione e il cui scopo è quello di accoppiare carte con la stessa figura rappresentata.

Il gioco *memory* asce come gioco da tavola ma si presta bene per essere giocato nella versione digitale ed è molto versatile per la sua applicazione in campo culturale poiché si possono scegliere carte che rappresentino qualsiasi cosa, associando ad esse descrizioni e informazioni. Inoltre è possibile scegliere il tipo di rappresentazione che si preferisce, ad esempio astratta o realistica, ed è possibile adattarlo per l'utilizzo di qualsiasi fascia di età, rendendolo più o meno difficile aumentando il numero di carte, oppure inserendo la componente temporale che limita il gioco in un determinato tempo.

Il gioco non richiede esperienze particolari e familiarità con i videogiochi, avendo una struttura molto intuitivo ed essendo conosciuto alla maggior parte delle persone.

Come illustrato in Fig.8, il gioco inizia quando l'utente trova un oggetto interattivo e lo seleziona per accedere al *minigame*. La prima schermata di gioco è costituita da un numero di carte pari, che aumentano all'aumentare del livello di gioco, e dove il giocatore deve interagire selezionando le prima due. In caso di una corrispondenza tra le carte, queste rimangono scoperte, altrimenti entrambe tornano ad essere nascoste. Il giocatore procede selezionando le diverse carte cercando di formare tutte le coppie disponibili fin quando tutte le carte non appaiono rivolte verso l'altro e quindi il gioco risulta completato. Una schermata finale assegna al giocatore un punteggio che varia in base ai tentativi fatti per accoppiare tutte le carte e una schermata successiva indica l'avvenuta

'raccolta' dell'oggetto interattivo iniziale. A questo punto è possibile ricominciare il gioco cercando di ottenere un punteggio migliore, oppure tornare alla visualizzazione 3D della scena concludendo di fatto il *minigame*.

Il secondo gioco è un semplice gioco a *quiz* che inizia, anche in questo caso, a seguito dell'interazione dell'utente con l'oggetto ricercato. La prima schermata è costituita da un video dove viene mostrata una ricostruzione dell'ambiente in cui quell'oggetto si trova, oppure dell'edificio intero o della tipologia architettonica cui appartiene. Alla fine del video viene posta al giocatore una domanda con risposta a scelta multipla e in caso di risposta corretta il gioco mostra un secondo video; in caso di risposta negativa viene riproposto il primo video così da dare la possibilità al giocatore di osservare meglio il filmato consapevole della domanda che poi gli sarà posta. Le domande poste sono a tema storico, archeologico, architettonico oppure riguardanti usi e costumi di un certo popolo. Il gioco si conclude con la risposta corretta a tutte le domande poste, le quali possono variare per numero e difficoltà in base al livello di gioco dell'utente. Anche in questo caso viene assegnato un punteggio che può essere migliorato ripetendo il *minigame* dall'inizio.

Questo gioco si basa principalmente sulle capacità cognitive come la capacità di osservazione, la riflessione e l'apprendimento del giocatore, il quale scopre informazioni e le apprende grazie alla visione dei filmati e al completamento del gioco. La Fig.9 mostra il diagramma delle attività del gioco.

La terza tipologia di *minigame* è quella del *puzzle*, gioco nato come gioco da tavolo e costituito da piccoli pezzi di cartone sagomato ad incastro dove è necessario ricomporre una figura.

In questo caso si tratta di ricostruire l'immagine 2D di un oggetto scomposto in diverse parti, oppure una qualsiasi immagine e fotografia. La categoria di oggetti quale maggiormente si presta a questa tipologia di gioco è quella dei manufatti e ai reperti archeologici ritrovati durante gli scavi, come ad esempio parti di vasellame, porzioni di utensili, rotoli scritti, abiti tradizionali etc.

Il gioco si attiva interagendo con l'oggetto nascosto ricercato e la prima schermata presenta la sagome

dell'oggetto da ricostruire, o la forma tipica dei puzzle, e tutti i diversi pezzi posizionati a lato in ordine sparso. Il giocatore deve selezionare i pezzi e trascinarli nella posizione corretta fino al completamento

dal puzzle. La difficoltà del gioco aumenta in base al livello e consiste nel variare la dimensione dei pezzi oppure di non fornire alcun suggerimento sulla forma originale dell'immagine o dell'oggetto. Il gioco

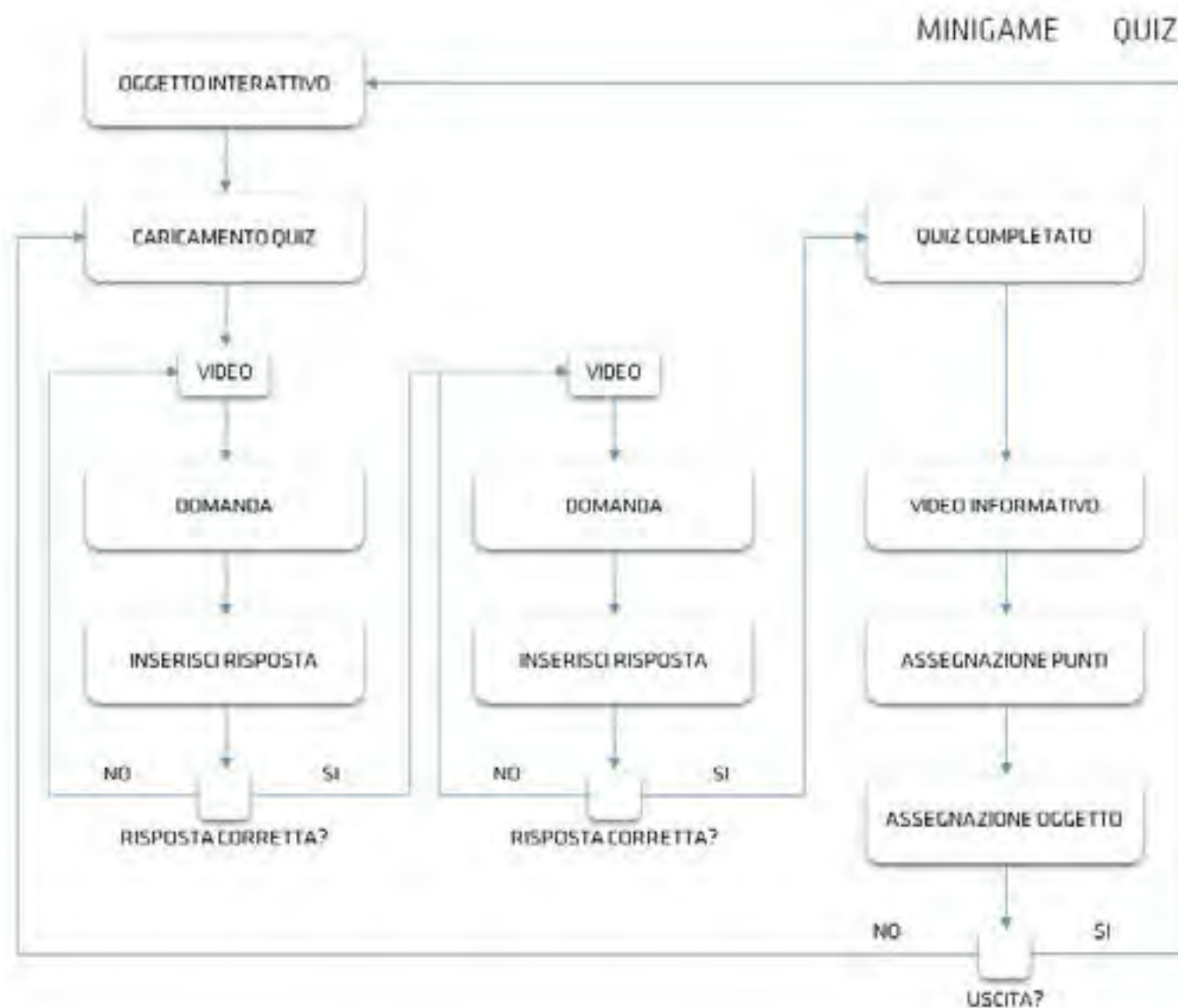


Fig. 9 Struttura del secondo minigame della tipologia Quiz. Dopo aver trovato un oggetto interattivo il giocatore lo seleziona e si attiva la modalità minigame. A seguito della visione di un video viene posta una domanda alla quale il visitatore dovrà rispondere correttamente. Il giocatore può uscire in qualsiasi momento dal minigame ma non raccoglie l'oggetto se non risolve il Quiz.

si conclude con il completamento del puzzle e con la conseguente assegnazione di punti e la 'raccolta' dell'oggetto interattivo iniziale. Prima di uscire dal *minigame* viene mostrato un video che racconta la

storia dell'oggetto mostrato e che fornisce tutte le informazioni necessarie perché questo non rimanga soltanto un gioco ma che in qualche modo fornisca nozioni al giocatore (Fig.10).

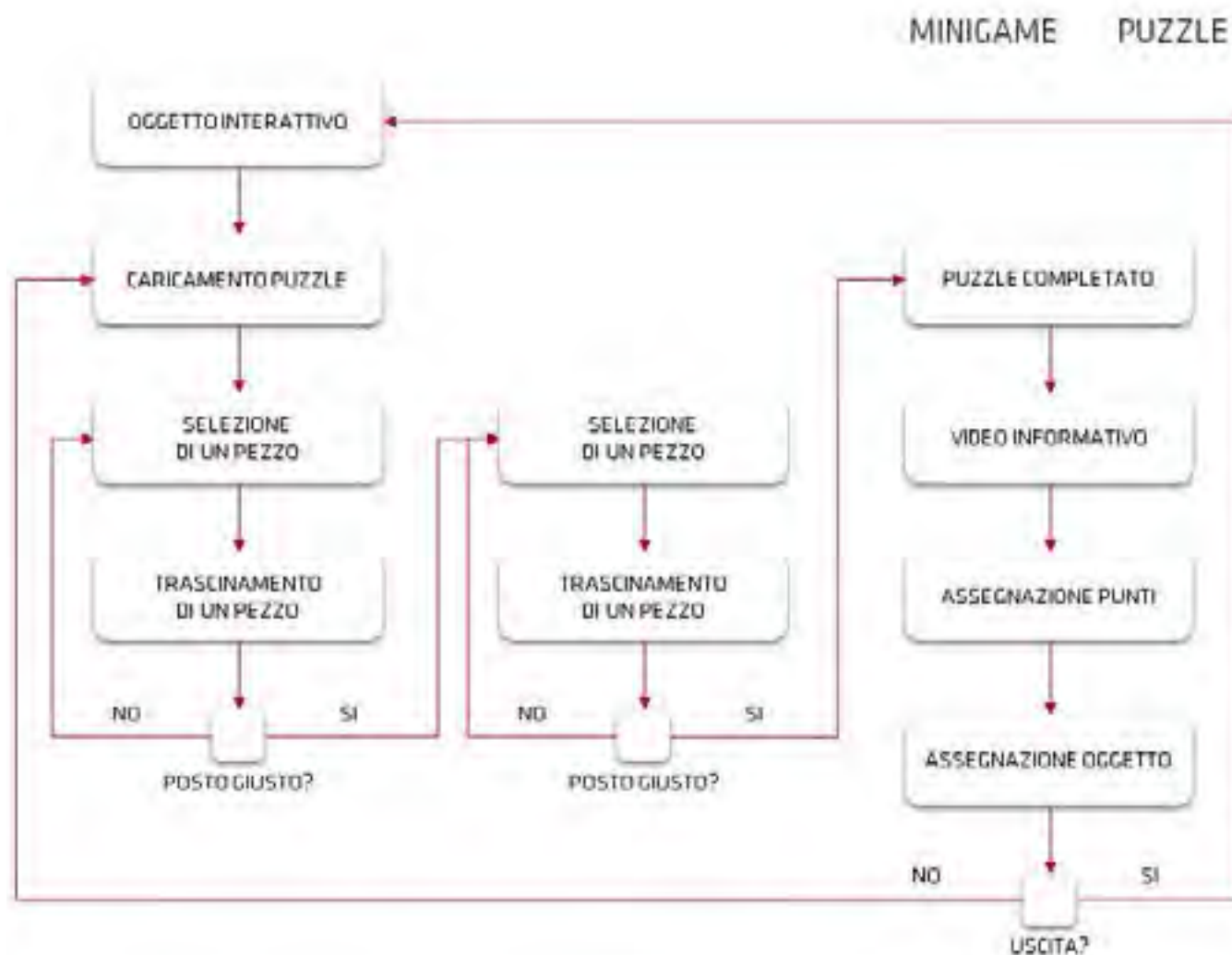


Fig. 10 Struttura del terzo minigame della tipologia Puzzle. Dopo aver trovato un oggetto interattivo il giocatore lo seleziona e si attiva la modalità minigame. A seguito della visione del caricamento del 'tavolo da gioco' il giocatore deve selezionare le tessere del puzzle e trascinarle nelle posizioni corrette al fine di completare la ricostruzione. In caso di esito positivo sarà raccolto l'oggetto, altrimenti è possibile riprovare fino al raggiungimento dell'obiettivo.



CAPITOLO VII

L'utilizzo del database digitale, lo studio delle fonti e la loro traduzione in contenuti del gioco

Il *corpus* documentario che si acquisisce durante una campagna di rilievo è di fondamentale importanza ai fini della conoscenza e della comprensione del luogo. Una nuvola di punti, rappresentazione tridimensionale della realtà, e gli elaborati che vi si ricavano, riescono a descrivere tutti gli aspetti e le caratteristiche dei manufatti. In campo archeologico, la documentazione 2D di tipo tradizionale, ci è utile per registrare la documentazione di scavo, lo stato dei luoghi e le attività. I disegni 2D degli elevati sono finalizzati alla documentazione delle tecnologie murarie, delle tipologie architettoniche e alle analisi stratigrafiche. I modelli 3D invece sono lo strumento ottimale per la visualizzazione anche da remoto dello stato dei luoghi, per comprendere le tipologie architettoniche, per realizzare *tour* virtuali e ipotesi di ricostruzioni virtuali.

Al fine della realizzazione di un SG è però necessario tenere conto degli aspetti di comunicazione delle informazioni e di come attingere da questo *database* per realizzare contenuti efficaci ed accattivanti. È fondamentale studiare le fonti storiche ed aver chiara la struttura dello *storyboard* e della narrazione per una corretta esposizione dei contenuti peculiari.

In questo capitolo si mostrano i procedimenti utilizzati per tradurre gli aspetti più importanti delle fasi costruttive del sito, le caratteristiche degli edifici più significativi e dei manufatti minori, in modelli 3D, ambientazioni virtuali, ricostruzioni e *minigame*, utili per lo sviluppo del SG.

Le maggiori difficoltà emerse riguardano la 'semplificazione' alla mole di dati raccolti durante le fasi di rilevamento e post-produzione, insieme alla

complessità della storia del sito archeologico e delle questioni interpretative riguardo ad alcuni edifici ancora non del tutto risolte.

7.1 Gli elaborati 2D

Prima procedere all'elaborazione dei modelli 3D da impiegare per la costruzione dello scenario virtuale e del gioco, sono stati realizzati elaborati bidimensionali mediante le procedure ormai consolidate di 'restituzione'. A partire dalla nuvola di punti sono state estratte vedute *orthoimages* e allo stesso modo *orthophoto* dal *software* di fotogrammetria, così da ottenere disegni cad 2D e fotopiani sia di elaborati planimetrici che degli alzati. La produzione di questi elaborati non è stata propriamente finalizzata alla realizzazione del gioco ma è stata utile per il ridisegno della planimetria di base, con il conseguente aggiornamento della stessa rispetto a quella dei rilievi precedenti. Oltre a presentare alcune differenze con essa, ha reso possibile la realizzazione di un elaborato georeferenziato poiché la nuvola di punti era stata in precedenza 'allineata' secondo il sistema di coordinate GPS. La planimetria è stata utilizzata come base per realizzare le mappe del gioco e può essere utilizzata per rendere in futuro, come detto nel capitolo precedente, un gioco *location-based*. La nuova cartografia permette infatti la collocazione degli oggetti da ricercare in posizioni precise ed esatte e la localizzazione sia dell'utente sia degli oggetti attraverso il posizionamento satellitare tramite GPS. Gli elaborati bidimensionali relativi agli edifici sono stati utilizzati come base per il disegno delle ricostruzioni 3D, per lo studio degli elevati nella loro dimensione originaria e per lo studio delle tipologie architettoniche, come ad esempio per la classificazione degli ambienti delle casematte.

Fig. 1 Mappa di gioco e dettagli. La mappa è stata realizzata grazie all'elaborazione grafica della cartografia di base precedentemente realizzata.

7.2 I modelli 3D

Nei successivi paragrafi si illustrano esempi di modellazione 3D di diverse parti del sito archeologico, a partire dall'esterno dell'altopiano e dal modello dell'intera montagna fino ad arrivare a porzioni minori di edifici e ai dettagli.

Per quanto riguarda l'ambientazione del gioco, al fine di ricostruire l'intorno dell'altopiano di Masada, si è proceduto attraverso l'utilizzo di *heightmap* dove sono stati collocati poi i diversi altri modelli. Si è creato di fatto un modello multiscala e multi-risoluzione, ovvero un modello costituito da diverse parti di diversa risoluzione, intesa qui come livello di dettaglio delle maglie poligonali e della definizione della *texture*, e utilizzabile a differenti scale nominali di rappresentazione. Il fattore da considerare per la realizzazione di questi modelli è il loro utilizzo all'interno del gioco, ovvero la distanza tra i modelli e l'osservatore o utente.

Si è proceduto alla realizzazione di modelli 3D degli edifici dello stato attuale del sito, utilizzando l'integrazione di dati provenienti da Laser Scanner e tecniche SfM così da ottenere un modello completo in ogni parte e dotato di *texture* fotorealistica; questa tipologia di modello è stato utilizzato per la costruzione delle parti che nel gioco corrispondono agli ambienti 'esplorabili' in cui si trovano gli oggetti da ricercare. Ulteriori modelli di dettagli sono poi stati realizzati e riguardano tutte le parti con cui il giocatore si trova ad interagire a distanza ravvicinata e che quindi richiedono una accuratezza maggiore ma allo stesso tempo una resa grafica ottimale.

Sono state poi elaborate alcune ricostruzioni di edifici avendo cura di assicurare la congruenza storica attraverso lo studio delle fonti a disposizione e considerando ad esempio nel caso della sinagoga alcuni studi sulle sinagoghe presenti in Israele e nei territori palestinesi. Questi modelli 3D sono stati utilizzati per la realizzazione di video da inserire soltanto all'interno di alcuni *minigame* del gioco, così da non dover procedere alla ricostruzione dello stato originario, o delle diverse fasi, del sito archeologico intero.

La struttura dei successivi paragrafi prevede la descrizione accurata degli ambienti e degli edifici a cui

ci si riferisce, così da poter comprendere al meglio il rapporto tra i modelli 3D e lo *storyboard*.

7.2.1 La costruzione dello scenario generale

Durante gli scavi degli anni '60 furono individuati tre sentieri per l'accesso al *plateau*; anche in passato i primi scopritori ed esploratori del sito ne avevano già percorsi alcuni, provando ad identificare quelli descritti da Giuseppe Flavio. Il primo a descrivere correttamente il Sentiero del Serpente fu Guttman nel 1954, che ne eseguì anche a restaurarlo e scavò la porta di accesso al *plateau*.

Il primo sentiero è quello del Serpente che si snoda lungo il versante est della rupe e arriva poco sotto l'edificio n°8. A causa della elevata differenza di quota di circa 350 m, questo percorso è molto lungo. Certamente serviva per collegare Masada con le rotte del deserto per Ein Gedi e per la Piana di Gerico, e vie navigabili che attraversavano il Mar Morto.

Il percorso invece che arriva da ovest si arrampica sulla rampa romana per poi proseguire con una serpentina poco più a sud, giungendo nelle immediate vicinanze del Palazzo Ovest. All'inizio di questo sentiero, un percorso conduce verso nord della rupe e permette di accedere al sistema di cisterne poste a metà del fianco occidentale. La parte originaria iniziale di questo sentiero non è più visibile poiché coperto dalla rampa romana, e quello oggi esistente è probabilmente ad opera dei bizantini. Questo sentiero serviva a collegare Masada con le rotte del deserto del sud della Giudea e del nord del Negev.

Il terzo sentiero come il primo sorgeva sul fianco ovest della rupe, giungeva nella sezione nord del *plateau* ed era parte integrante del sistema di approvvigionamento dell'acqua.

Una delle caratteristiche principali della fortezza di Masada, è il suo posizionamento su di una rupe praticamente inaccessibile. Uno dei problemi principali era l'approvvigionamento dell'acqua visto che la principale fonte erano gli *uidian* che si riempivano solo in occasione delle inondazioni invernali. Attraverso la costruzione di dighe molte delle quali oggi scomparse, e canali, Erode riuscì a condurre le acque meteoriche stagionali all'interno del sistema di

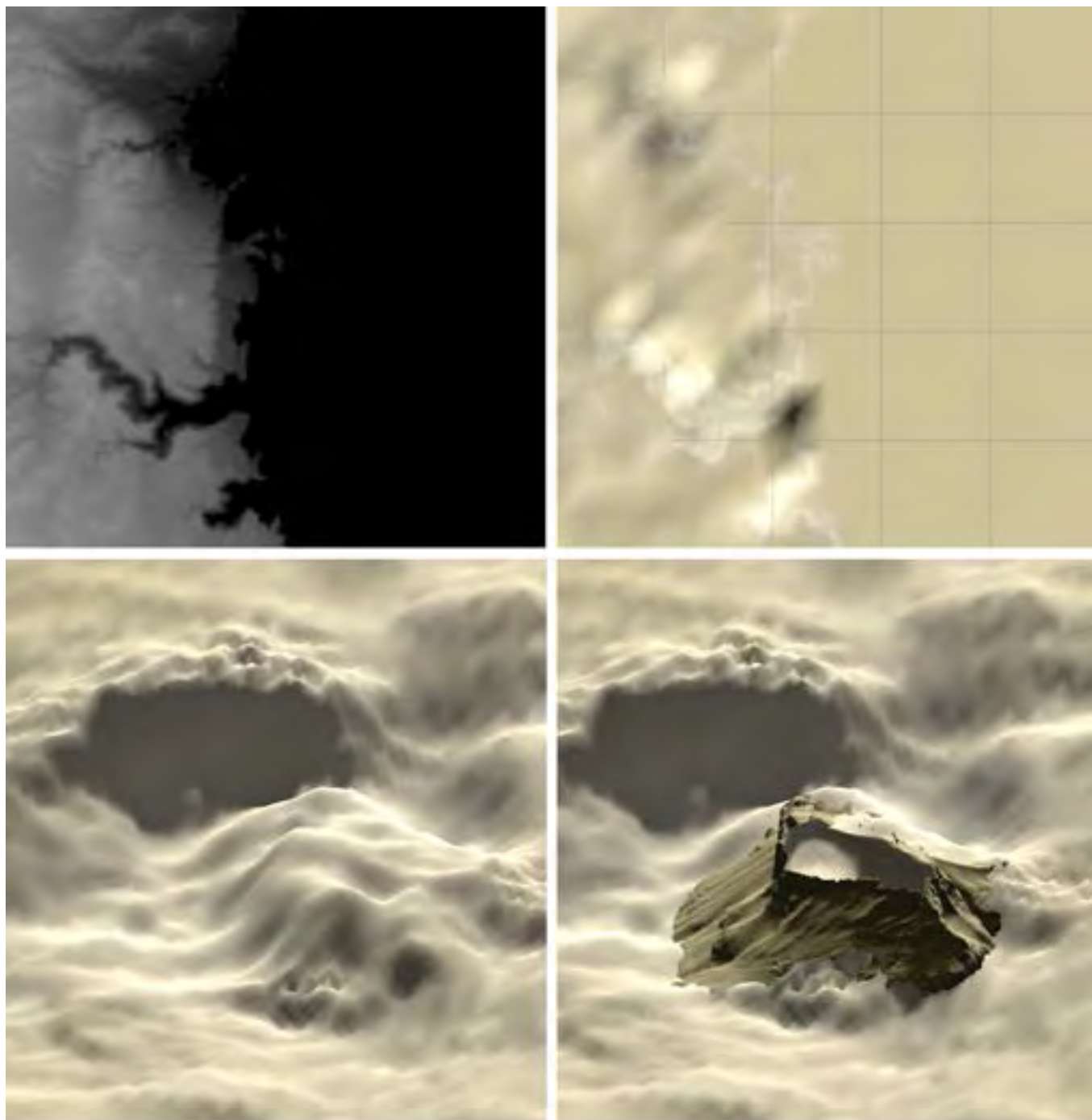


Fig. 2 Realizzazione dello scenario generale di gioco. Utilizzando una mappa altimetrica dello Stato di Israele, è stato possibile estrapolare una cosiddetta 'heightmap', ovvero una mappa che rappresenta l'altitudine dei rilievi attraverso una più o meno intensa gradazione di grigio. Successivamente è stato possibile integrare il modello 3D realizzato tramite rilievo digitale collocandolo nella corretta posizione. Il modello del paesaggio intorno è volutamente approssimativo, così da non appesantire la scena vista anche la sua funzione di 'sfondo' all'interno del gioco.

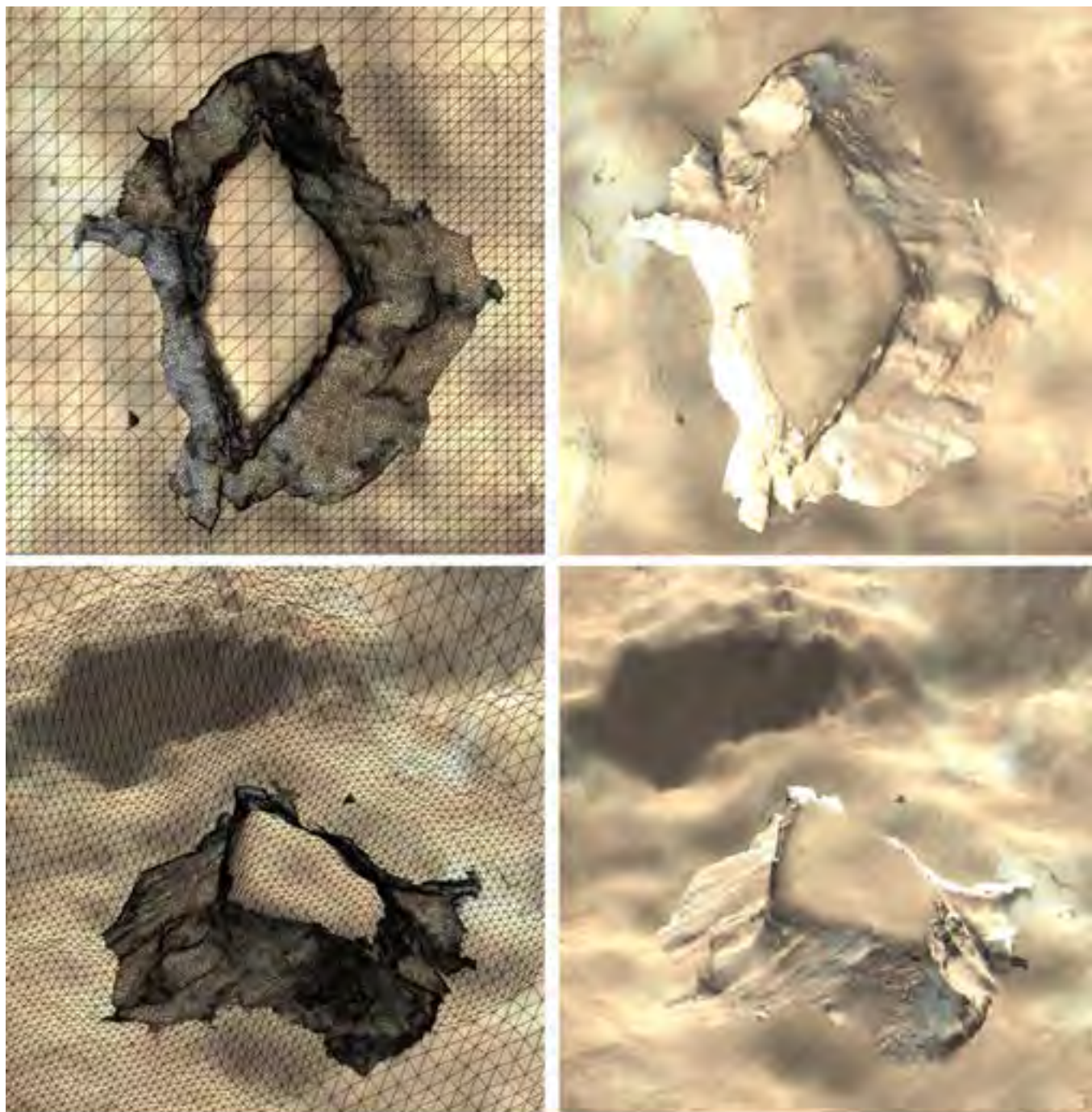


Fig. 3 Realizzazione dello scenario generale di gioco. (in alto) Una visualizzazione dall'alto dello scenario generale di gioco, (in basso) una veduta prospettica. Si noti, nelle visualizzazioni combinate di texture e wireframe la differente densità di poligoni dei due modelli 3D: quello importato e ricavato dal rilievo fotogrammetrico dell'altopiano, risulta essere molto più denso ma risulta complessivamente leggero e facilmente gestibile. Sono state applicate delle texture per rendere il modello generale il più fotorealistico possibile. Il passo successivo è l'integrazione con il modello del plateau e dei modelli di dettaglio ottenendo così un modello 'multiscala', adeguato a ciascuna modalità ed esigenza di visualizzazione.

cisterne che si trovano sul versante nord-occidentale. La fila superiore è costituita da otto cisterne, quella inferiore da quattro. I due sentieri utilizzati per raggiungere queste cisterne raggiungevano la cima di Masada, uno attraverso la Porta dell'Acqua nella sezione nord, uno invece aggirava la rupe da nord per raccordarsi al Sentiero del Serpente. Il sistema degli accessi e dei percorsi alla sommità di Masada è strettamente correlato ai sistemi di approvvigionamento dell'acqua e i sentieri che raggiungevano le cisterne erano costituiti da una parte che permetteva il passaggio di persone e di animali da soma, e da una canalina per lo scorrimento dell'acqua.

Il modello 3D dell'altopiano, dove sono osservabili le vie d'accesso e il sistema di cisterne, è stato inserito in uno scenario generale costruito tramite *height-map* all'interno di Unity 3D. Si è proceduto tramite il rilievo SfM percorrendo un sentiero che affianca il muro di cinta costruito dai romani durante l'assedio e che si 'arrampica' fin sopra alla rupe a sud di Masada. Alcune parti, come il sentiero che costeggia la rampa romana e quello del Serpente sono stati acquisiti anche tramite sequenze fotografiche più ravvicinate così da garantire una maggiore accuratezza. Il sistema di approvvigionamento dell'acqua ed in particolare le cisterne esterne alla rupe, non sono state rilevate e 'modellate', sia per la loro posizione quasi inaccessibile, sia perché non impiegate successivamente all'interno del gioco.

7.2.2 La modellazione degli edifici per la costruzione di ambientazioni

In questa sezione si riportano alcuni esempi di modellazione 3D per la costruzione delle ambientazioni principali, ovvero quelle all'interno delle quali i giocatori sono liberi di 'camminare' e muoversi alla ricerca degli oggetti nascosti. Anche in questo caso si è reso necessario dello studio delle fonti per la corretta interpretazione dei dati ottenuti dal rilievo digitale. Si è proceduto tramite modellazione poligonale e tramite la correzione di tutti gli elementi topologici al fine di rappresentare gli ambienti nella loro interezza e per gli ambienti coperti si è reso necessario l'utiliz-

zo di asta 3DEYE con fotocamera dedicata e la conseguente integrazione dei dati insieme alle altre fonti. Vista la difficoltà riscontrata in alcuni casi nel procedere soltanto tramite il rilievo SfM e 'nell'assemblaggio' e nella registrazione dei differenti modelli 3D ricavati da questi processi, sono state usate coordinate di riferimento della nuvola di punti del Laser Scanner. Anche i modelli 3D in alcuni casi sono stati realizzati tramite la 'triangolazione' dei punti della nuvola derivata dal laser, avendo poi cura di applicare le *texture* ad alta definizione delle metodologie SfM.

Il palazzo nord e le terrazze

“Egli (Erode) vi costruì poi anche una reggia ai margini delle pendici verso occidente, a un livello più basso delle mura di cinta e rivolta a nord. Il muro perimetrale della reggia era di grande altezza e massiccio, e aveva agli angoli quattro torri di sessanta cubiti. All'interno la costruzione delle sale, dei porticati, dei bagni era di varia fattura e assai ricca: dappertutto sorgevano delle colonne tutte d'un pezzo, mentre le pareti e i pavimenti delle sale erano ricoperti di pietre variegata. Inoltre, presso ogni luogo destinato ad abitazione, sia sopra sia intorno alla reggia, come pure davanti al perimetro del muro, aveva fatto scavare nella roccia un gran numero di capaci cisterne per la conservazione dell'acqua, assicurandone il rifornimento in quantità non inferiore a quella di chi dispone di sorgenti. Una strada sotterranea, invisibile dall'esterno, portava dalla reggia alla sommità. Del resto, i nemici non avrebbero potuto servirsi facilmente neppure di strade allo scoperto”. (Giuseppe Flavio, Libro VII:286-292)

Il progetto per la costruzione di suddetta reggia si basa sullo sfruttamento della conformazione delle tre terrazze rocciose naturali sull'estrema punta a nord della montagna. Il palazzo è costruito secondo un asse di simmetria che attraversa tutte e tre le terrazze fino ad arrivare al complesso delle Grandi Terme, anch'esse in asse. Nonostante questo impianto, vi sono alcune differenze e discrepanze tra le parti a destra e sinistra dell'asse di simmetria, e questo è dovuto sia alla pendenza variabile del pendio, sia dalle



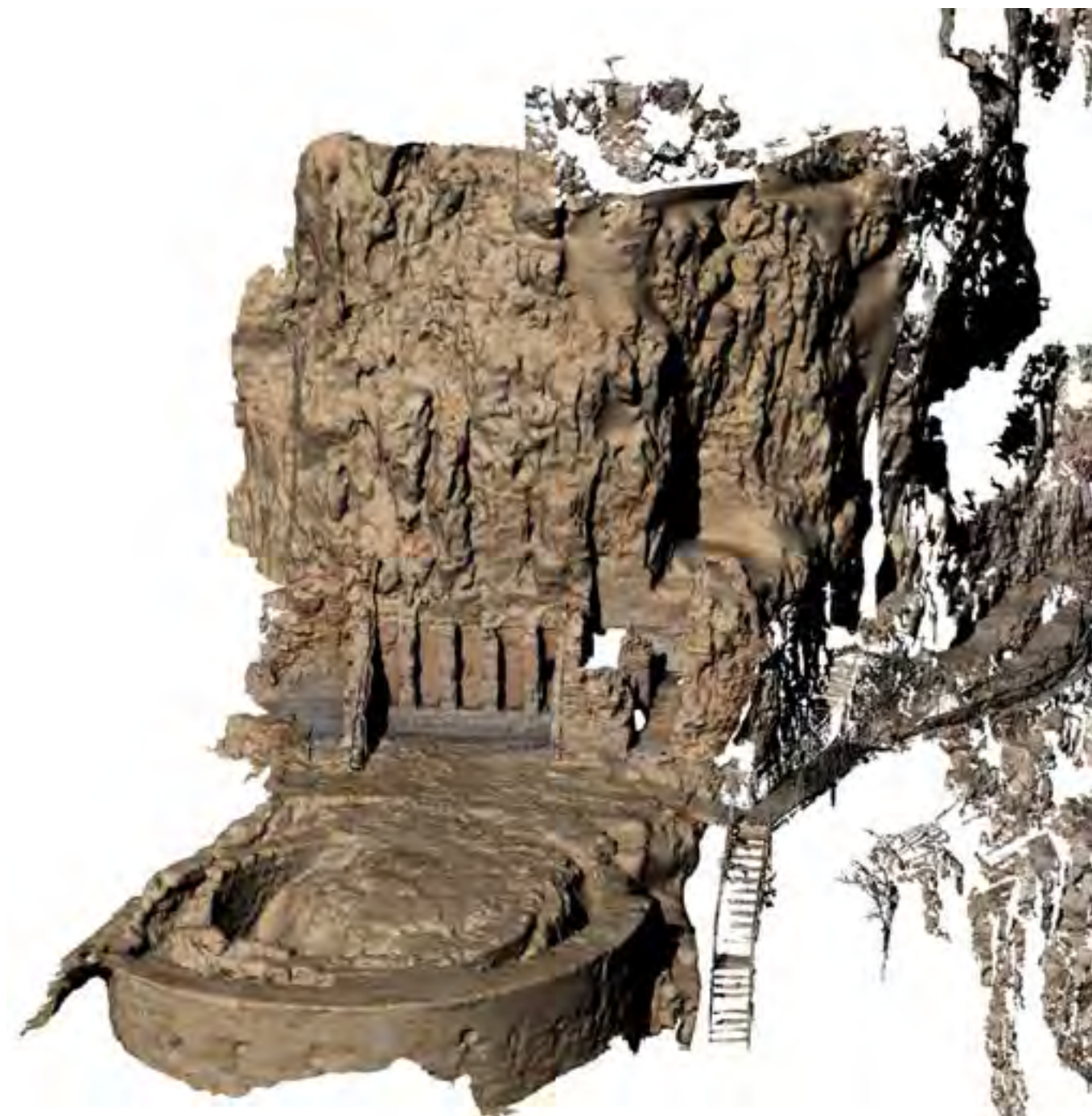


Fig. 4 (pagina a fianco) Realizzazione di modelli 3D di dettaglio degli edifici del sito archeologico. (in alto) La terrazza superiore della sezione nord, (sotto) una veduta di dettaglio della terrazza centrale. (Modelli elaborati da Marco Benedetti)

Fig. 5 (sopra) Modello 3D di dettaglio della terrazza mediana. (Modello elaborato da Marco Benedetti)

esigenze funzionali dei vari spazi e ambienti.

La terrazza più bassa si trova a circa 33 metri rispetto a quella più alta. Durante i secoli ed il susseguirsi dei vari 'occupanti', il Palazzo Nord ha subito alcune modifiche e danneggiamenti. Alcuni di questi sono dovuti anche a eventi di natura catastrofica come terremoti. Ciò che è stato trovato al momento degli scavi permette comunque di avere un'immagine abbastanza chiara dell'aspetto originario di questo Palazzo di straordinaria bellezza e magnificenza.

L'accesso al Palazzo Nord avveniva attraverso la stanza n°90, passando poi per l'ambiente n°93. Le tre terrazze dovevano essere collegate tramite scale che si sviluppavano a spirale intorno ad un pilastro centrale. Queste si trovavano verosimilmente sul lato occidentale ma a causa del danneggiamento quasi completo delle stesse, non è possibile definirne la posizione con certezza. Oggi solo una è stata parzialmente ripristinata e per la visita si sfrutta un sistema di rampe in acciaio di nuova costruzione.

Per quanto riguarda le funzioni, la terrazza superiore ospitava quasi certamente la zona più intima del palazzo, destinata ad abitazione vera e propria, mentre le due terrazze inferiori di carattere monumentale erano destinate all'intrattenimento degli ospiti, al relax e allo svago. Lo sforzo profuso nella realizzazione di questa opera, vista la necessità di creare una fondazione solida e stabile sul ripido pendio, e l'impegno nel trasportare materiali da costruzione, hanno portato alla realizzazione di un edificio magnifico che si affaccia sul Mar Morto, e che guarda verso le montagne dell'attuale Giordania. A conferma del carattere di queste terrazze, vi è anche il ritrovamento durante gli scavi, di alcuni ambienti riferibili ad un piccolo complesso termale. A differenza delle Grandi terme di Masada, queste erano private, per il Re, la sua famiglia e gli ospiti.

La terrazza superiore è costituita da due corpi principali: una struttura rettangolare ed un grande portico semicircolare più a nord. L'edificio rettangolare era costituito da una grande sala centrale aperta a nord sul balcone, mentre sui lati ovest ed est presentava delle camere; le pareti principali di questi ambienti avevano spessore di 75 cm circa. Parti di affreschi testimoniano come questi ambienti fossero riccamen-

te decorati, con pavimenti mosaicati. Questi mosaici, a differenza di quelli tipici erodiani, erano fatti di semplici motivi geometrici con tessere nere su fondo bianco, ulteriore motivo della destinazione d'uso privata di questi ambienti.

Cause naturali come terremoti ed erosioni hanno interessato principalmente la parte semicircolare della terrazza superiore, la quale ha subito crolli soprattutto sui bordi, mentre gli ambienti dell'abitazione hanno subito modifiche e saccheggiamenti durante i periodi successivi di occupazione. L'ingresso al Palazzo e al complesso delle terrazze è stato di difficile individuazione. Sul lato orientale, durante gli scavi del 1955-56, era stata trovata una piccola apertura verso le terrazze e per questo fu scavata questa zona. Furono trovati qui alcuni scalini larghi e comodi, e fu scoperta anche una fase di costruzione più antica di un'altra scala, forse attribuibile al 'sommo sacerdote Gionata' o forse di una prima fase erodiana.

La terrazza mediana era occupata da una struttura circolare di diametro di circa 15 m di cui però sono sopravvissute soltanto le fondazioni, costruite su una piattaforma quadrangolare di circa 17 m.

La struttura era costituita da due murature concentriche divise da un intercapedine, soluzione impiegata per motivi strutturali per far sì che le murature scaricassero il loro peso in maniera corretta, visto il livello e la forma irregolare delle rocce in questo punto. L'aspetto originario di questa terrazza non è certo ma è possibile ipotizzare che ci fossero due file di colonne che sostenevano una copertura e che questa fosse un'area di svago, in cui sedersi, mangiare e riposarsi. Sul lato a sud, contro la parete della terrazza superiore, vi erano diverse stanze, una delle quali ospitava la scala, *"una strada sotterranea, invisibile dall'esterno, portava dalla reggia alla sommità"*. Addossati al muro vi erano anche alcuni pilastri intervallati da nicchie. Altri ambienti, come una vasca a gradoni

Fig. 6 Realizzazione di modelli 3D di dettaglio degli edifici del sito archeologico. In questa immagine (in alto) vediamo il modello 3D della terrazza realizzato tramite l'integrazione di nuvola di punti derivata da laser scanner ed elementi di dettaglio derivanti dal rilievo fotogrammetrico SfM.

(sotto) Alcune visualizzazioni di dettaglio: il modello 3D senza e con texture e sotto una visualizzazione wireframe dei dettagli delle colonne e delle lesene.

(Modelli elaborati da Marco Benedetti)



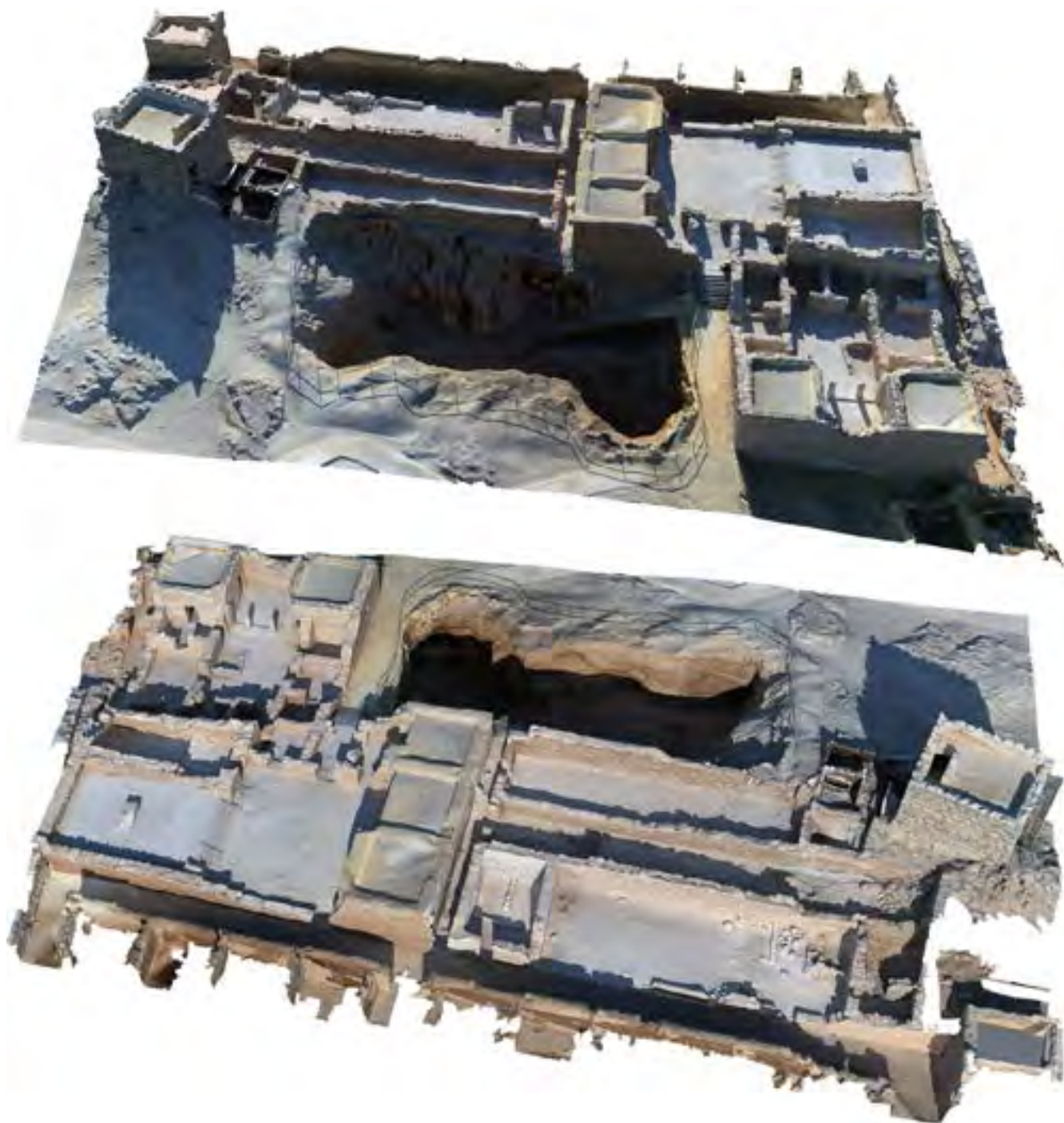


Fig. 7 Realizzazione di modelli 3D di dettaglio degli edifici del sito archeologico. In questa immagine il modello 3D completo del Quartiergenerale del Comandante, di una porzione dei magazzini e della Torre di avvistamento. Il modello è stato realizzato interamente tramite rilievo SfM e successive elaborazioni, avendo cura di verificarne l'accuratezza e l'affidabilità metrica tramite confronto con la nuvola di punti del laser scanner.

ed una piccola cisterna, si trovavano sul fianco ovest della terrazza ed erano raggiungibili da essa tramite un sentiero poi scomparso. Infine un altro ambiente con scala sull'angolo nord-ovest conduceva alla terrazza inferiore.

A causa degli strapiombi che la roccia causa in questi punti, gli ingegneri e i muratori furono costretti a costruire importanti muri di contenimento alti più di 15 metri, al fine di sostenere la terrazza inferiore. Questa ha una forma rettangolare, troncata di netto sull'angolo nord-est ed è costituita da un quadrato centrale e da alcuni ambienti sui lati ovest ed est, su quest'ultimo lato quasi certamente adibiti a piccolo complesso termale. La sala centrale che occupava questa terrazza era porticata su tutti e quattro i lati ma non è chiaro se questa fosse una sala chiusa o un cortile. Vi sono alcune diverse ipotesi ma la più accreditata sembra essere quella del salone chiuso e coperto.

In ogni caso, sono stati trovati pilastri e colonne e pareti decorate. Il tentativo fatto qui dagli artisti è stato quello di creare l'illusione di lastre di marmo dipinte e allo stesso modo far apparire le colonne come gigantesche e monolitiche. In realtà queste erano costituite da rocchi, poi scanalate e intonacate. I capitelli qui trovati in buono stato di conservazione avevano ancora il loro rivestimento originale color oro.

In una fase successiva, la costruzione delle mura a casamatta fornì l'opportunità di espandere il complesso dei magazzini della sezione nord. Il terreno sulla quale questi erano costruiti, era piuttosto pianeggiante, a differenza delle condizioni meno favorevoli del terreno previsto per la loro espansione. Inoltre a sud di quest'area è presente una cava di estrazione, probabilmente utilizzata per la costruzione delle casematte. Oltre all'ampliamento dei magazzini, fu costruito l'edificio n°8, riorganizzando così i flussi e le vie di accesso all'area meridionale della sezione nord. Furono anche costruiti dei bagni a servizio della torre di guardia che si trovava nel punto più alto del *plateau* e dalla quale era possibile osservare la fortezza a 360 gradi.

Il Quartier-generale (Edificio n°8)

L'impianto dell'edificio è rettangolare anche se nell'angolo nord-ovest è troncato dalla stanza 208. La dimensione del rettangolo è di 19,5m di lunghezza e varia da 16,8 a 17,6 in larghezza. A differenza dei piccoli palazzi (edifici 11,12 e 13), questo è stato costruito successivamente ed è stato addossato ad una parete esistente, quella a nord. C'è inoltre una grande differenza per quanto riguarda il sistema costruttivo, infatti i piccoli palazzi poggiavano i loro muri perimetrali direttamente sul terreno mentre l'edificio 8 è costruito su una piattaforma che ha richiesto un intenso lavoro di riempimento. L'ingresso avviene da ovest a differenza degli altri edifici ai quali si accede da nord. L'edificio fu probabilmente costruito per il funzionario responsabile della manutenzione e della sicurezza di Masada, ovvero il Comandante. La struttura è ben conservata e le pareti sono spesse 85 cm circa e in tutte le stanze sono state trovate tracce di intonaco originale.

Il Cortile 201 costituisce l'ambiente centrale dell'edificio è anche il più grande. Il lato meridionale è occupato da un portico da cui si accede alla stanza 226. Sul cortile si aprono altre cinque stanze di modeste dimensioni e che 'ospitano' oggi un gran numero di reperti e resti di parti di colonne, capitelli, basi etc. Probabilmente in periodo zelota è stata costruita una stanza stretta e lunga nell'angolo sud-est dalla quale si accedeva alla stanza 204 e sono stati scoperti nell'angolo nord-ovest i resti di una piccola stufa.

La configurazione degli ambienti a sud è simile a quello del Palazzo Ovest e dei piccoli palazzi dove vi è una stanza centrale aperta sul cortile con funzione di stanza di ricevimento ufficiale del palazzo, mentre in questo caso tale funzione era svolta dalla stanza più a ovest (numero 212). In un primo momento erano presenti due passaggi simmetrici verso le stanze 212 e 205, quella di quest'ultima è stata poi chiusa e dopo riaperta in un diverso punto. La stanza 205, a sud-est del palazzo, oltre alle due porte aveva anche un'ampia finestra, oggi più piccola che affacciava sul versante orientale della montagna. Le pareti erano affrescate e nell'angolo nord-ovest è stato scoperto un forno di

cottura di fattura zelota. La stanza 212 era forse la sala principale e anche qui sono presenti affreschi. Era presente inoltre una finestra che affacciava sul cortile interno e aveva sia la funzione di illuminare la stanza ma anche quella di controllare gli eventi che avvenivano nel cortile.

La chiesa Bizantina

La chiesa è costruita di pietra dolomitica stesa in file, è stato fatto ampio uso di muratura parzialmente rive-

stita presa dalle spoglie di edifici erodiani (principalmente stipiti delle porte e pietre angolari). I muri sono spessi 95 cm e le pietre sono cementate insieme con calce mista a malta. L'edificio si presenta diviso in vari ambienti, come il nartece, l'abside semicircolare e una stanza che era forse la sagrestia poiché affiancava la navata principale. Il nartece presenta tre aperture e conserva porzioni di pavimento bianco mosaicato. La navata invece consiste in un vano rettangolare che termina in un'abside semicircolare che guarda ad est del sito. Anche questo ambiente ha tre accessi, uno



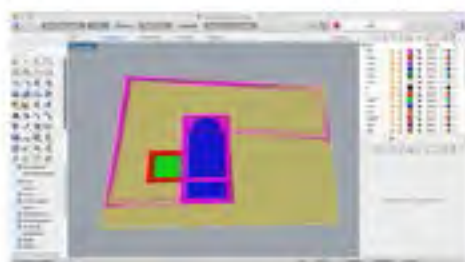
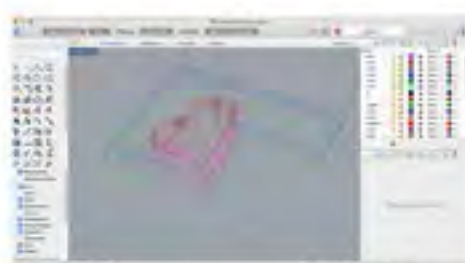
Fig. 8 Realizzazione di modelli 3D di dettaglio degli edifici del sito archeologico. In questa immagine il modello 3D completo della Chiesa Bizantina. In questo caso si è proceduto con la rimozione, dal modello 3D, della copertura lignea della stanza adiacente alla navata della Chiesa. In un secondo momento è stata modellata tramite NURBS e 'semplificata' per poi essere di nuovo inserite nel modello 3D, visto lo scarso risultato della modellazione SfM di questa parte.

dei quali sul lato sud, conduce direttamente all'esterno. La navata era probabilmente illuminata da diverse finestre, e vi sono rimaste tracce di sei di queste mentre una finestra maggiore si trovava nell'abside. L'abside a differenza degli altri muri della chiesa era costruito con conci di pietra verdastra stesi in file. Del pavimento della navata si sono conservati solo frammenti isolati nella parte occidentale ed è stata trovata una buca, probabilmente una tomba. Nella stanza a nord della navata, indicata come sagrestia sono state ritrovate tre nicchie ed è decorata con un pavimento

a mosaico il cui disegno originale consisteva in 16 medaglioni. Non sono stati fatti ritrovamenti di rilievo per quanto riguarda le altre stanze ed è per questo difficile definirne la funzione. Anche sui muri esterni della chiesa non si hanno dati sufficienti ma erano apparentemente non intonacati. Vi sono però condotti di acqua verticali ben preservati fatti di intonaco di calce che avevano lo scopo di incanalare l'acqua piovana dal tetto. Infine il cortile esterno sui lati nord ed est della chiesa presenta muri perimetrali spessi 80 cm ed aveva forse la funzione di recinto.



Fig. 9 Realizzazione di modelli 3D di dettaglio degli edifici del sito archeologico. Veduta degli interni della Chiesa Bizantina, in particolare dell'ambiente adiacente alla navata dalla quale si accede alla Chiesa e da cui è possibile accedere anche agli ambienti laterali e al cortile esterno.



7.2.3 La modellazione per la ricostruzione e la realizzazione di video come contenuti di quiz

I procedimenti per la costruzione di modelli 3D illustrati in questa sezione riguardano esempi di ricostruzione 3D impiegate per la realizzazione di video e animazioni da utilizzare nei *minigame* della tipologia *quiz*. Vista l'impossibilità di ricostruire il modello 3D dell'intero sito archeologico nel suo stato originario in questa sede, si è ritenuto importante definire un *workflow* da seguire per la realizzazione di questa tipologia di contenuto, a titolo esplicativo e così da poterlo utilizzare nella fase di *testing* del gioco.

Le difficoltà maggiore sono state riscontrate nella fase di interpretazione delle fonti storiche, in particolare nel caso degli ambienti definiti come sinagoga, in quanto ancora oggi non sono state chiarite dagli storici le fasi costruttive e la stratigrafia dei medesimi ambienti. La ricostruzione inoltre, vista la mancanza di conoscenze adeguate riguardo alla religione ebraica,

è da considerarsi 'poco approfondita', e la sua rappresentazione video ne rispecchia questa caratteristica, con pochi dettagli. Le domande che il *quiz* pone riguardano principalmente gli aspetti architettonici e dei dati certi che sono stati dedotti dallo studio delle fonti, e non escludono eventuali 'errori' interpretativi. Per quanto riguarda il complesso della Grandi Terme e la cinta muraria a casamatta il processo di identificazione dello stato originario dei luoghi è facilitato da una conoscenza maggiore e dalla cospicua presenza di riferimenti architettonici e tipologici riguardo alle stesse strutture.

In ogni caso, per quanto riguarda la costruzione dei modelli 3D, si è proceduto tramite modellazione NURBS e tramite l'applicazione di *texture* e mappe che fossero quanto più verosimili possibile, tenendo conto dei materiali impiegati nelle diverse epoche e anche tramite lo studio dei motivi geometrici rinvenuti *in loco* (ad esempio negli ambienti termali).

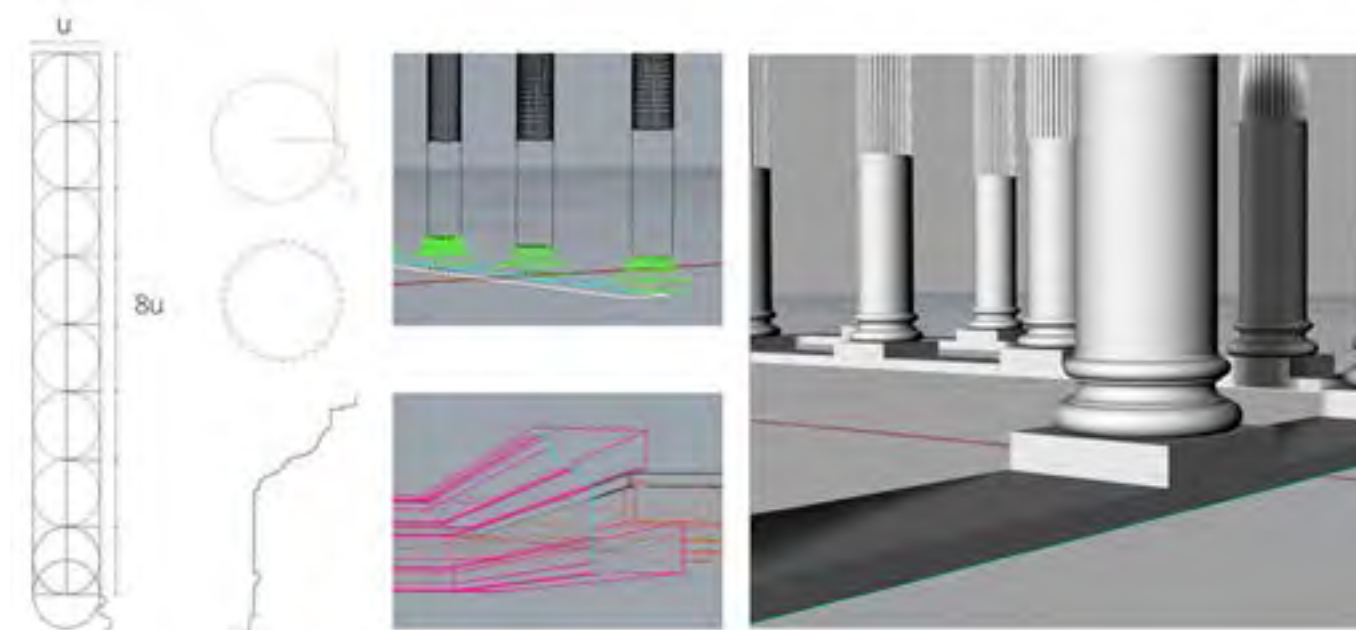


Fig. 10 (pagina a fianco) Realizzazione di modelli 3D per la ricostruzione degli edifici nel loro stato originario ipotizzato per la visualizzazione a video durante i minigame della tipologia Quiz. (in alto) Il procedimento di semplificazione e ridisegno degli elaborati bidimensionali con l'aiuto dello studio delle tipologie architettoniche e la bibliografia di riferimento. Determinazione degli 'alzati' degli edifici e costruzione del modello NURBS. Realizzazione e applicazione di texture secondo Mappe UV realizzate seguendo il disegno delle geometrie degli affreschi e delle pavimentazioni rinvenute durante gli scavi e conservate. Si riportano i casi delle Grandi Terme e della Sinagoga (Modelli realizzati da Maria Bazzicalupo).

Fig. 11 (sopra) Ricostruzione degli elementi di dettaglio, quali cornici, colonne, basamenti e capitelli (Modelli realizzati da Maria Bazzicalupo).

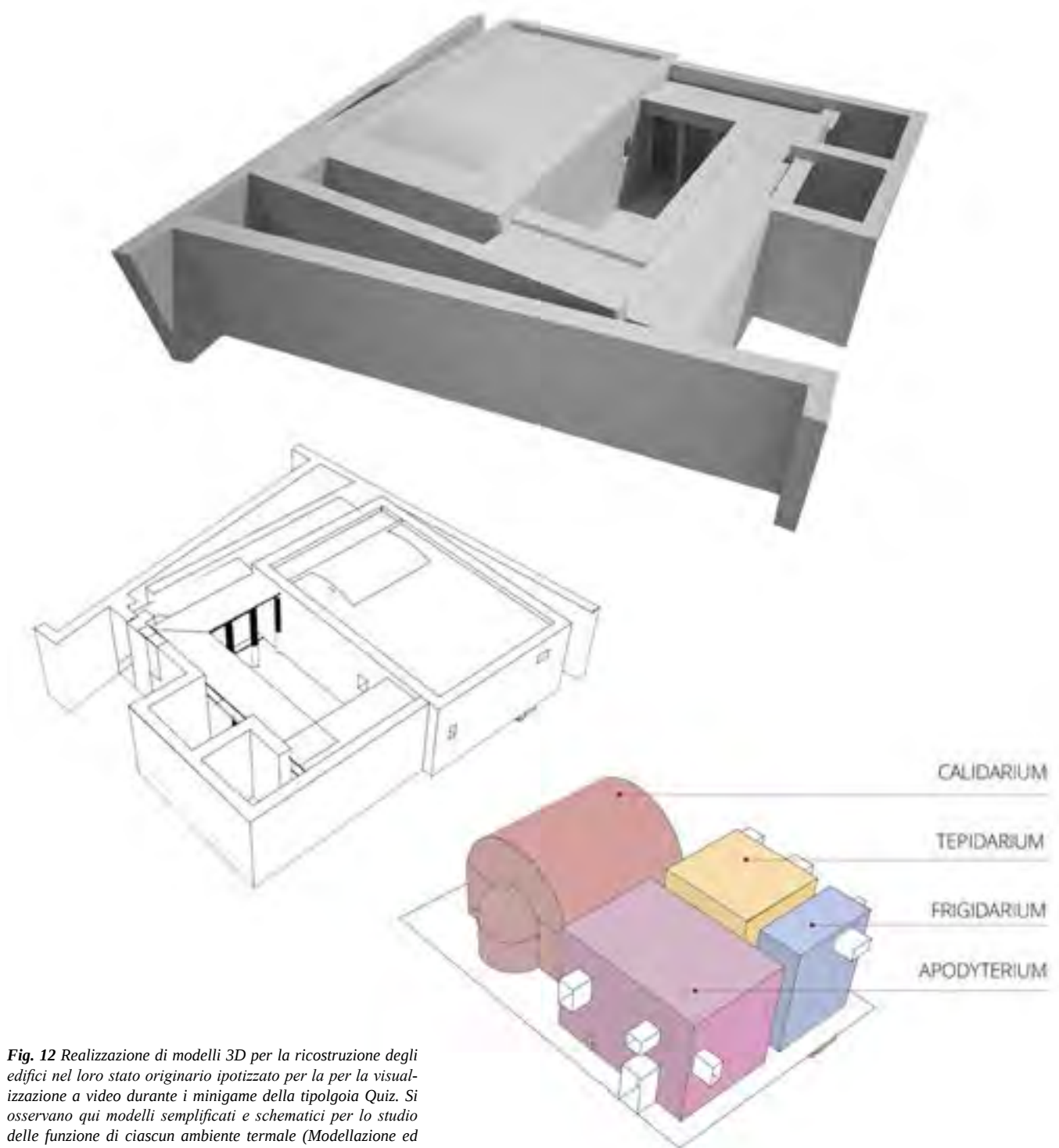


Fig. 12 Realizzazione di modelli 3D per la ricostruzione degli edifici nel loro stato originario ipotizzato per la per la visualizzazione a video durante i minigame della tipolgoia Quiz. Si osservano qui modelli semplificati e schematici per lo studio delle funzione di ciascun ambiente termale (Modellazione ed elaborazioni di Maria Bazzicalupo).

Le Grandi Terme

Il complesso delle Grandi Terme è il più grande di Masada e si trova nella sezione nord del *plateau*. L'impianto delle terme è stato costruito come un'unità a sé stante, nonostante la sua posizione e l'orientamento ci indichino una stretta affinità con il Palazzo nord; questo viene confermato anche dall'entrata posta a nord-est. L'edificio occupa approssimativamente una superficie di 400 m² ed è formato dall'edificio proprio delle Terme posto a sud e da un cortile (*palaestra*) circondato da un colonnato su tre lati. Ad est dell'edificio di un ambiente lungo e stretto che ospita la fornace (*praefurnium*) e parte del sistema di approvvigionamento idrico del complesso. Un altro ambiente di servizio è ad ovest all'esterno dello stabilimento ed ha dimensioni simili all'altro. L'edificio termale (20.4 x 11.7 m) rappresenta un eccellente esempio

della sua tipologia: si accede all'edificio attraverso un ingresso e spogliatoio (*apodyterium*) dal quale si raggiunge una stanza più piccola riscaldata (*tepidarium*) che comunica a ovest con il *frigidarium* e a est con il *calidarium*, la stanza più grande.

Palaestra: l'ingresso al cortile si trovava nell'angolo nord-orientale, in comunicazione con la Piazza nord. Oltre all'ingresso principale vi erano altri tre accessi, uno che portava alla piscina con gradini (n°103), l'ingresso proprio dell'edificio termale che portava all'*apodyterium* (n°105) e un terzo che offriva accesso al cortile di servizio a est. In alcuni punti del cortile è stato rinvenuto il pavimento mosaicato che si presentava come principalmente bianco con vari motivi geometrici in nero.

Apodyterium: vi si accedeva da nord e la sua funzione era quella di ingresso e di spogliatoio. Il pavimento ritrovato negli scavi era originariamente ricoperto di



Fig. 13 Ipotesi ricostruttiva del complesso delle Grandi Terme, in particolare dell'ambiente chiamato Palaestra. Le colorazioni dei pavimenti e delle murature sono state ipotizzate secondo le indicazioni relative ai materiali ritrovati durante gli scavi e tramite il confronto con edifici termali della stessa epoca (Modellazione ed elaborazione di Maria Bazzicalupo).

piastrelle triangolari poste con la tecnica dell'*opus sectile* mentre i muri erano decorati con affreschi, questi ultimi ancora ben preservati. Anche il soffitto probabilmente era decorato da affreschi.

Tepidarium: vi si accede da nord, dall'*apodyterium* e da qui è possibile raggiungere il *Frigidarium* a ovest e il *calidarium* a est. La porta d'accesso al *calidarium* è notevolmente conservata raggiunge un'altezza massima di 1.9 m con un arco di pietra che sopravvive intatto per tutto lo spessore del muro di 1.45 m, previsto di questa dimensione per ridurre la fuoriuscita del calore dal *calidarium*.

Frigidarium: il solo accesso si trova nell'angolo nord-est e l'intero ambiente è occupato da una piscina a gradini la cui profondità raggiunge 2.3 m dopo sette gradini. L'ambiente è stato rivestito di intonaco di calce e cenere applicato in tre strati. Alcuni segni orizzontali ci segnalano che l'acqua arrivava all'incirca all'altezza di 2 m dal gradino più basso.

Calidarium: l'accesso vi era possibile solo da *tepidarium*, attraverso un corridoio lungo e angusto. La forma della stanza è essenzialmente quadrata, ma le nicchie nei muri nord e sud e la volta a botte che appoggia sui muri est e ovest gli conferiscono un aspetto allungato. Il pavimento è formato principalmente da lastre di laterizio grezzamente lavorate di dimensioni di 40 x 40 cm alte circa 3.5 cm con i bordi più spessi. E' sicuramente motivo d'interesse il fatto che nonostante la caduta della volta e del pavimento sospeso molte delle *pilae* dell'ipocausto siano sopravvissute intatte e ancora in piedi. Le pareti del *calidarium* erano riscaldate tramite tubi di terracotta rettangolari (*tubuli*) che percorrevano l'intero perimetro della stanza, comprese le nicchie. Il *calidarium* conteneva almeno una vasca ornata (*labrum*) della quale sono stati ritrovati numerosi frammenti di quarzo giallo ed era probabilmente situata nella nicchia a nord.

La Sinagoga

Questa struttura presenta due fasi stratigrafiche ben definite e si ritiene che durante la seconda di queste sia stata quasi sicuramente utilizzata dagli Zeloti come sinagoga. E' invece più difficile definire quali fossero le funzioni dell'edificio nelle fasi precedenti.

Durante la prima fase l'edificio aveva una forma approssimativamente rettangolare e originariamente comprendeva una sala principale e un'anticamera annessa a est. Fatta eccezione per il muro occidentale spesso 1,4 m gli altri avevano spessore di 80 cm. Dal punto di vista geometrico l'esecuzione dell'edificio è tutt'altro che precisa, infatti i muri non sono paralleli e neanche dritti. L'unico accesso all'edificio era a metà del muro orientale. Poiché il muro di separazione fra l'anticamera e la sala è stato smantellato dagli Zeloti non possiamo avere prove che queste due stanze fossero comunicanti; possiamo tuttavia assumere che ci fosse un accesso equivalente all'ingresso principale situato nel muro di partizione. Nella sala principale sono state trovate cinque colonne la cui posizione permetteva probabilmente non solo di sostenere la copertura ma di costruirlo più alto nella porzione centrale in modo tale da consentire illuminazione e ventilazione tramite "finestre a lucernario". Solo tre colonne sono rimaste nella seconda fase dell'edificio, le altre due sono state rimosse, ma i loro basamenti sono stati rinvenuti sotto il pavimento della sinagoga. Durante la seconda fase sono stati modificati gli ambienti interni: l'anticamera è stata unita alla sala grazie alla demolizione del muro di partizione creando così una nuova sala più grande ed è stata aggiunta una nuova stanza (n°1043) nell'angolo nord-occidentale della sala originaria. La pianta irregolare della sinagoga non lascia indizi su niente di più di un tetto piano. Sono state rinvenute tracce di panche concentriche lungo tutto il perimetro della nuova sala, alte mediamente 45 cm e alte 35 cm, fatte di pietre di dolomite, sabbia e frammenti di altri elementi architettonici riutilizzati. Come i muri della stanza la panche erano rivestite di intonaco di terra cruda, la maggior parte sopravvissuto *in situ*.

L'identificazione di questo edificio come una sinagoga Zelota sembra essere incontrovertibile a causa di due motivi principali, ovvero la struttura interna della stanza con le panche tipica di un luogo di assemblea e i frammenti di rotoli ritrovati sotto il pavimento della stanza n°1043.

Alcuni riferimenti bibliografici e pubblicazioni i prese in rassegna riguardo alle antiche sinagoghe in Palestina, riportano disegni e rilievi di sinagoghe di forme e

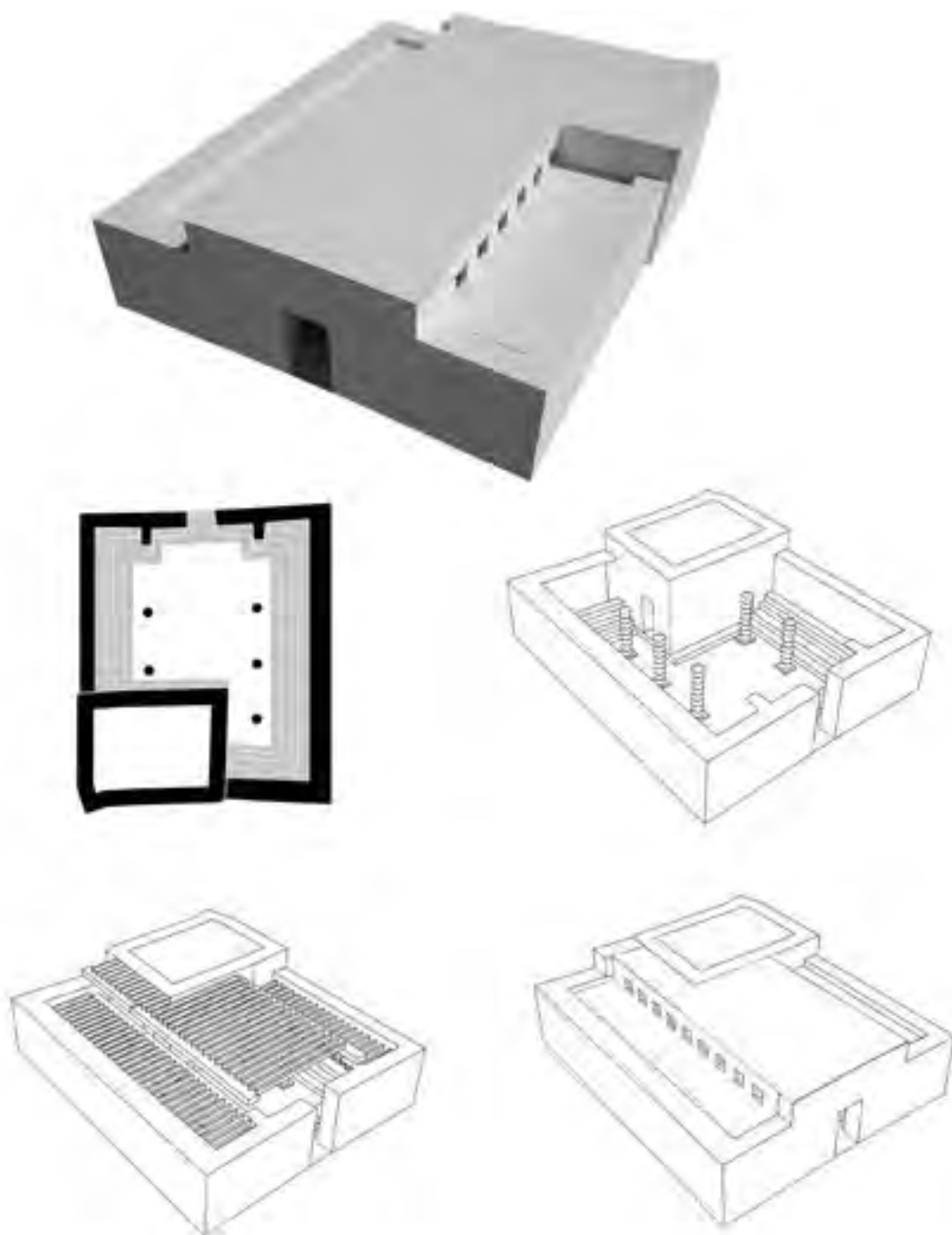


Fig. 14 Studi preliminari per la ricostruzione della Sinagoga. Secondo le indicazioni di Ehud Netzer (1991) si sono susseguite due fasi costruttive. Ipotesi sulla tipologia di copertura e sulla distribuzione interna sono state fatte secondo lo studio di riferimenti bibliografici ed esempi di sinagoghe della stessa epoca (Modelazione ed elaborazioni di Maria Bazzicalupo).

proporzioni simili a quella di Masada.

E' difficile stabilire se l'orientamento generale dell'edificio verso Gerusalemme possa essere considerato un fattore determinante per la costruzione dell'edificio originale o per la conversione di questo in sinagoga da parte degli Zeloti.

Rimane quindi controversa la questione sulla natura e la destinazione d'uso dell'edificio originale eretto insieme alle mura.

Yigael Yadin sostiene che questo abbia sempre avuto la funzione di sinagoga e adduce tre ragioni:

La prima è che sembra improbabile che Erode potesse negare ai membri ebrei della sua famiglia o ad altri ebrei nella sua corte un luogo di culto.

La seconda è che la pianta architettonica ricorda molto quella di altre sinagoghe ritrovate in Galilea; infine la terza riguarda l'esistenza di una forte tradizione nel posizionamento dei luoghi di culto, che spiegherebbe

come mai l'edificio originale è orientato verso Gerusalemme.

Nonostante la versione di Yadin sia stata per molto tempo accettata, vi sono stati sostanziali progressi sulle indagini su gli altri siti erodiani come l'Erodiun e Cypros, e in particolar modo il complesso dei tre palazzi d'inverno a Gerico. Nessun ambiente identificabile come sinagoga è stato scoperto in questi siti, nonostante tutti gli edifici siano stati occupati più a lungo di quelli di Masada.

Una delle ipotesi più probabili data l'impostazione della stanza è dunque che durante la prima fase avesse la funzione di stalla per cavalli e asini e che potesse ospitare comodamente fino a 18 animali, e altri 8 nell'anticamera se necessario, a meno che questa non venisse usata come magazzino.



Le mura a casamatta

“Egli (Erode) infatti innalzò tutt’intorno alla cima un muro costruito di pietra bianca lungo sette stadi, dell’altezza di dodici cubiti e dello spessore di otto, da cui sporgevano trentasette torri alte ciascuna cinquanta cubiti; da esse si poteva accedere nei locali, che erano costruiti a ridosso del muro lungo tutto il suo perimetro” (Giuseppe Flavio, Libro VII:286).

Dalla descrizione di Giuseppe Flavio se evince quanto dovessero essere grandi ed imponenti le mura di cinta di Masada, anche se, stato ai risultati degli scavi e delle indagini, l’altezza descritta era certamente esagerata. Questa variava con il variare della pendenza del terreno, e dall’esterno, forse per un effetto ottico, appariva maggiore. Lo stesso vale per il tipo di pietra usata, dura pietra dolomitica che appariva come pietra bianca perché era intonacata. Ad ogni modo la cinta muraria corre lungo tutto il perimetro del *plateau*, ad eccezione della zona a nord dove sor-

geva il Palazzo, e di alcune altre parti della fortezza, dove la fortificazione non è del tipo a casamatta, ma è costituita da un singolo muro di difesa. La tipologia a casamatta, un doppio muro con uno spazio all’interno, si era diffuso nel I secolo a.C.

La cinta muraria è stata costruita nella tarda-fase erodiana, forse per motivi di sicurezza dello stesso Erode, come detto in precedenza; non sappiamo infatti se la loro costruzione facesse parte del piano originale o se siano state costruite per una necessità emersa successivamente.

La lunghezza complessiva delle mura è di circa 1280 m e corrono lungo tutto il perimetro della fortezza per una larghezza di circa 6,5 m con spessore delle pareti esterne di 1,4 m e di quelle interne di 0,95 m (la larghezza interna è 4 m circa). Le stanze interne potevano avere dimensione variabile, in base alle esigenze ma anche alla conformazione della rupe. Ci sono alcune eccezioni allo schema tipologico generale, e inoltre fanno parte del sistema della cinta muraria an-

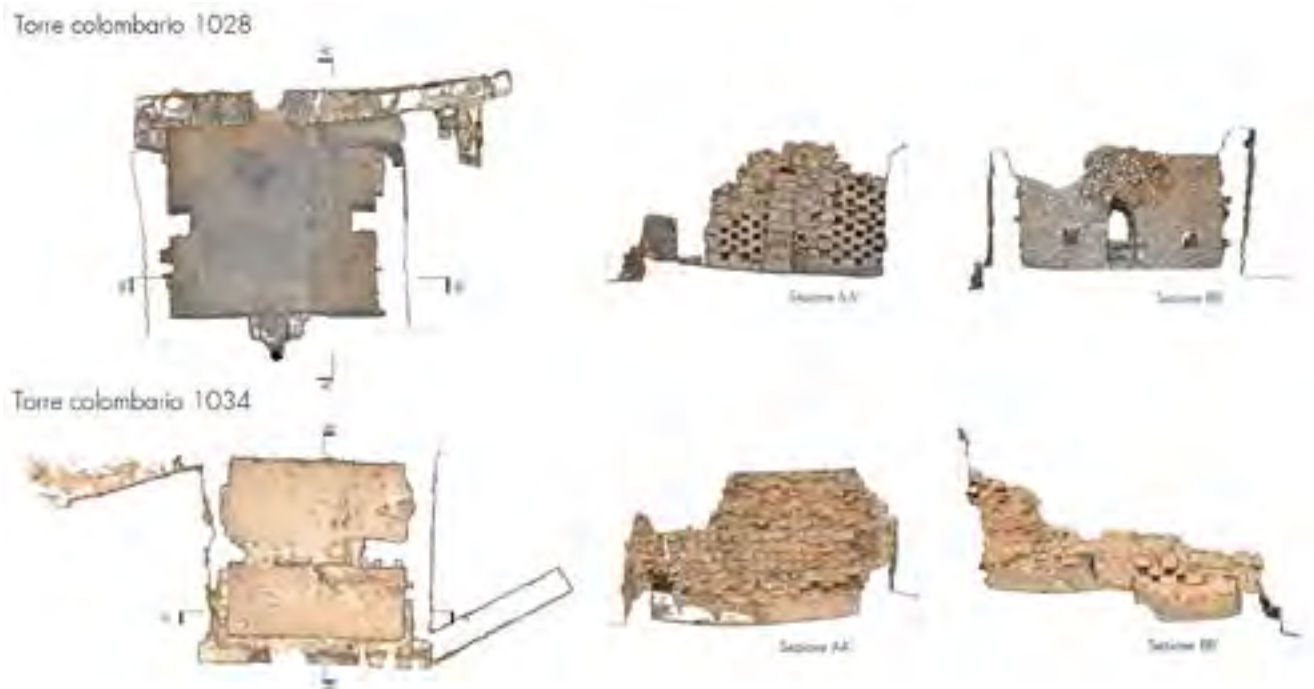


Fig. 15 (pagina a fianco) *Ipotesi ricostruttiva della Sinagoga, in particolare dell’ambiente principale. Le colorazioni dei pavimenti e delle murature non sono state ipotizzate vista l’assenza di indicazioni a questo riguardo. (Modellazione ed elaborazione Maria Bazzicalupo).*

Fig. 16 (sopra) *Studio delle torri colombarie e degli elementi tipologici a torre delle casematte, funzionali alla realizzazione di ipotesi ricostruttive. Gli elaborati 2D precedentemente redatti sono stati utilizzati come base per la successiva modellazione 3D (Elaborazioni di Eleonora Mariotti).*

che tre porte, quella occidentale, quella meridionale e quella del sentiero del Serpente. Vi è anche un'altra porta inglobata nelle mura, la Porta dell'acqua, che forniva l'accesso alla zona nord.

Infine vi sono ventisette torri (trentasette sono il numero indicato da Giuseppe Flavio) di forma rettangolari ogni 45 m circa che occupano in maniera omogenea i 1290 m di lunghezza della cinta muraria (il numero delle casematte è di circa settanta).

La sezione nord-ovest delle casematte inizia dall'edificio n°7 ed arriva fino al Palazzo ovest. In questo tratto le stanze delle casematte sono relativamente piccole, forse poiché si trovano in un'area abbastanza edificata. Si trovano in questo tratto due torri colom-

barie (1033-1034 e 1028-1029) e altre tre ambienti identificati come torri (1038, 1010 e 1049). Vi è poi anche l'edificio della sinagoga (1042-1043) le cui funzione originaria era probabilmente diversa ed è ancora oggi oggetto di dibattito. Infine, a ridosso del Palazzo Ovest vi è la porta occidentale (1000) chiamata oggi Porta bizantina. Il tratto successivo, la sezione sud-ovest, parte dal Palazzo ovest per arrivare fino alla punta più a sud, il forte meridionale. Qui forma con questo un angolo retto ed in generale ha un andamento piuttosto tortuoso. Questo tratto di cinta muraria presenta otto torri ed è per il resto abbastanza uniforme con stanze di dimensioni medie e lunghe. Per quanto riguarda invece la sezione sud-est, il per-

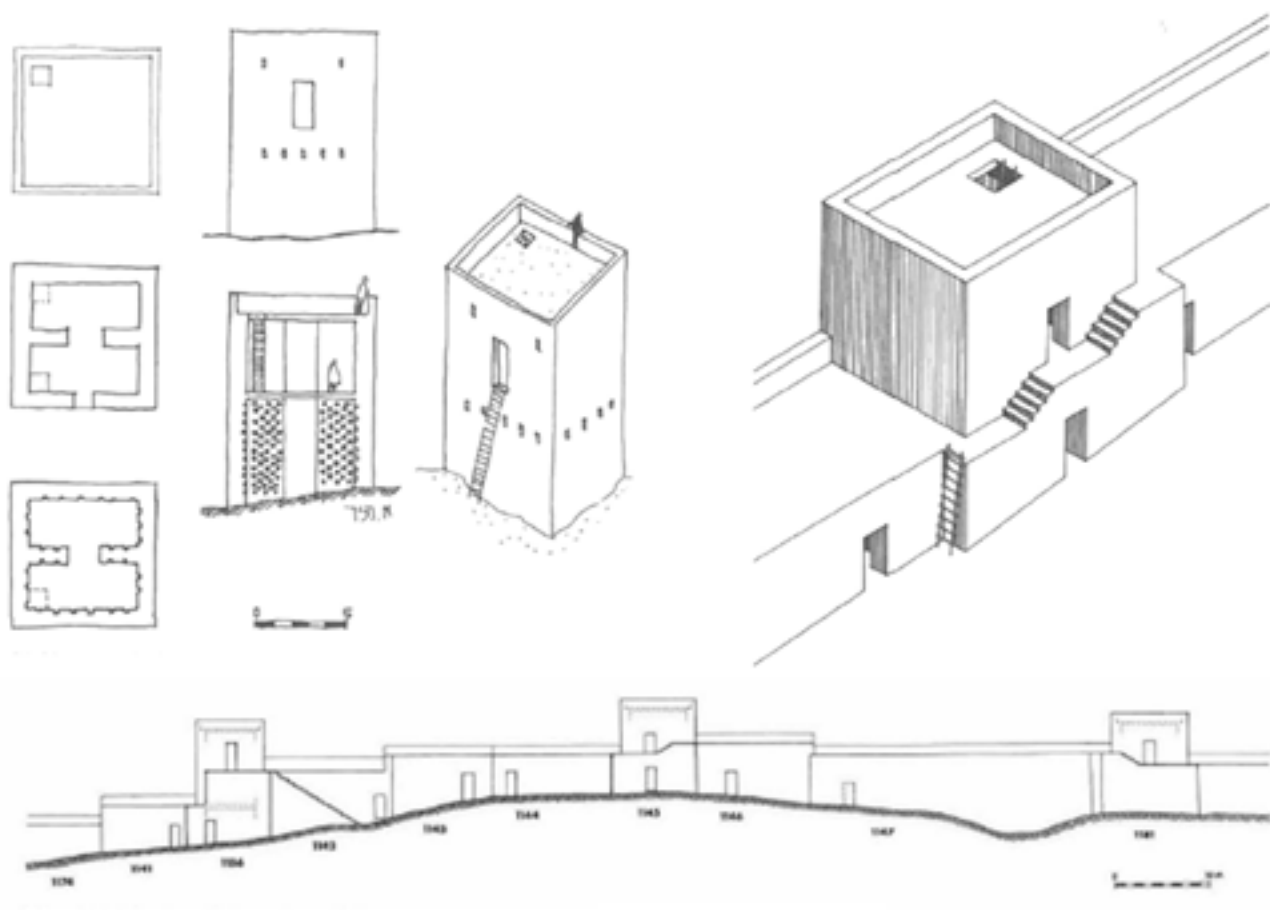


Fig. 17 Studio dei disegni e delle ipotesi ricostruttive formulate da Ehud Netzer (1991). Si è proceduto confrontando gli elaborati 2D precedentemente redatti con i dati e le misurazioni presenti in bibliografia, così da verificarne la correttezza.

corso si presenta come tortuoso e raggiunge l'ambiente n°1136 che rappresenta il punto più a est di Masada. Le casematte in questo tratto hanno dimensione medio-lunga. In questo tratto troviamo anche la Porta Meridionale che serviva principalmente per accedere alle cisterne al di sotto del muro e alla cisterna n°2006.

L'ultimo tratto della cinta muraria può essere diviso in due settori, il primo corre dalla stanza n°1136 fino alla Torre 1110, è abbastanza lineare e costituito da casematte di forma allungata. Nel secondo tratto che arriva fino all'edificio n°8 troviamo casematte di dimensioni medio-piccole. In questo tratto troviamo cinque torri e la Porta Orientale per chi raggiungeva

la fortezza dal Sentiero del Serpente, questa forse di origine precedente ed inglobata durante la costruzione delle mura. Nei pressi di questa sezione troviamo infine le cisterne n°1907 e n°1908. Le torri che si trovavano lungo la cinta muraria avevano certamente il ruolo di avvistamento mentre le torri colombarie incorporate nelle casematte, avevano una duplice funzione. La parte inferiore serviva infatti come colombaria mentre la parte superiore come postazione di guardia. Questa ipotesi è sostenuta dal fatto le torri colombarie occupano posizione strategico per l'avvistamento ed è probabile, come detto precedentemente, che queste furono costruite durante il periodo asmoneo.

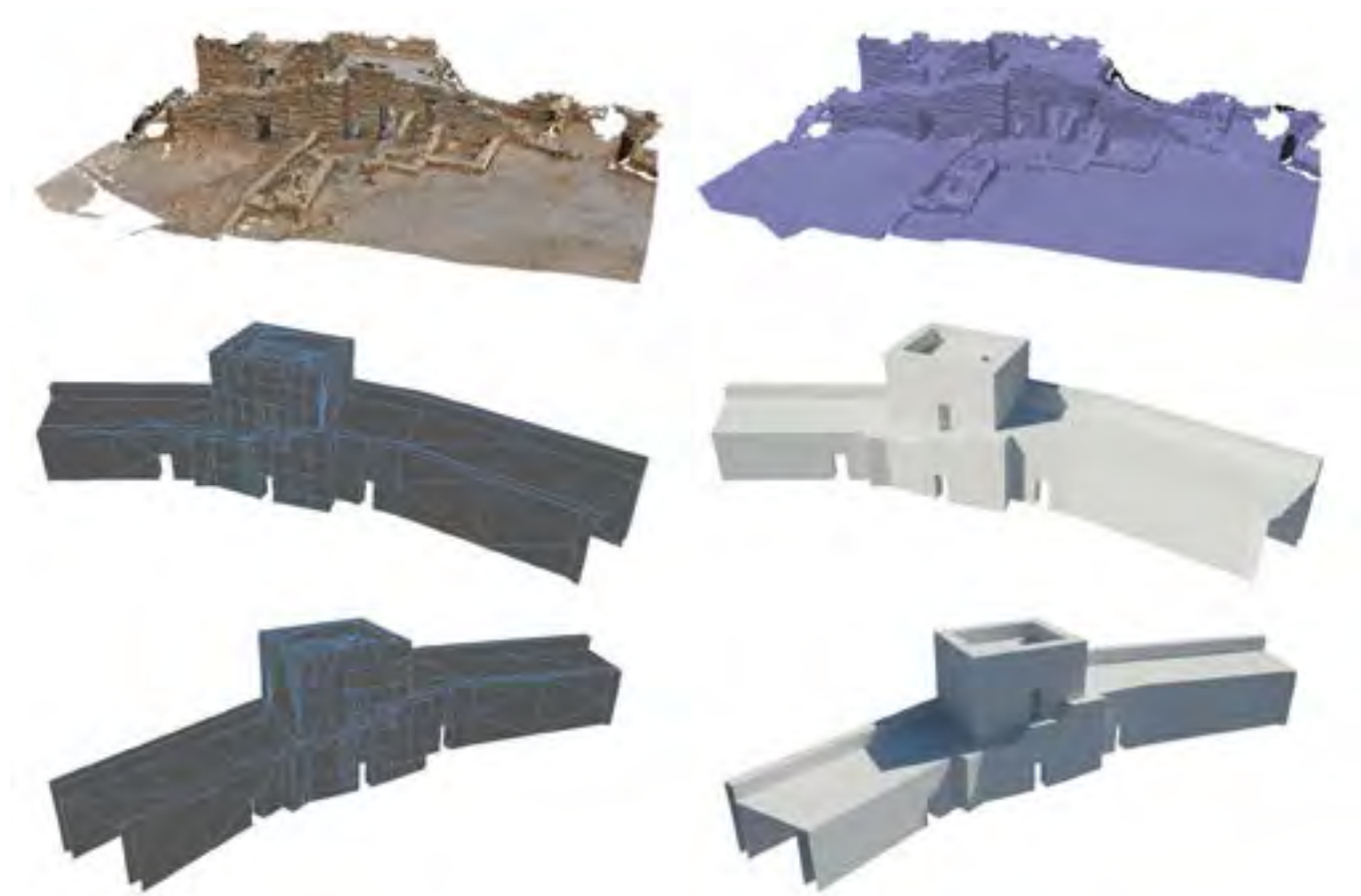


Fig. 18 Studio dei modelli 3D ottenuti tramite rilievo fotogrammetrico. Si è proceduto alla redazione di elaborati 2D e di modelli 3D ipotizzando la possibile conformazione delle torri di avvistamento e delle casematte (in particolare qui si mostra la torre corrispondente agli edifici n°1996-2001 nella sezione sud-est del sito).

7.3 I minigame: lo studio dei dettagli per la realizzazione di giochi *puzzle* e *memory*.

Come detto nel precedente capitolo, il museo di Masada espone diversi reperti archeologici rinvenuti durante gli scavi degli anni '60 (Netzer, 1991) e nell'ottica della realizzazione di un *Serious Game* in cui vengano affrontate le diverse fasi di costruzione ed 'occupazione' del sito, insieme agli usi e ai costumi dei rispettivi 'occupanti', questi oggetti possono essere impiegati per la realizzazione di *minigame*. La struttura e il funzionamento dei *minigame* sono stati definiti in precedenza, e in questa sezione si mostra un esempio di un elemento di dettagli scelti per la realizzazione di una *minigame* della modalità *puzzle*, in particolare uno un mosaico del Palazzo Ovest; questo è stato rilevato in precedenza attraverso tecniche di rilievo digitale SfM e quindi caratterizzato da un

altro livello di definizione, sia del modello 3D che della *texture*.

La ricostruzione del mosaico del Palazzo Ovest

All'interno del Palazzo Occidentale di Masada è possibile trovare, come in altre parti della fortezza, alcuni mosaici realizzati con la tecnica dell'*opus tessellatum* come prova della forte influenza romana riscontrata nell'architettura di Erode.

Si è proceduto alla realizzazione di un modello 3D e all'estrapolazione e il ridisegno di elaborati 2D, utili per poter effettuare uno studio delle composizioni e i motivi geometrici. Nell'antichità le misure lineari erano legate al corpo umano e nel Vicino Oriente l'unità fondamentale era il 'cubito' che rimase il sistema di misurazione più usato nel Mediterraneo per tutto il periodo antico fino all'epoca romana quando fu so-

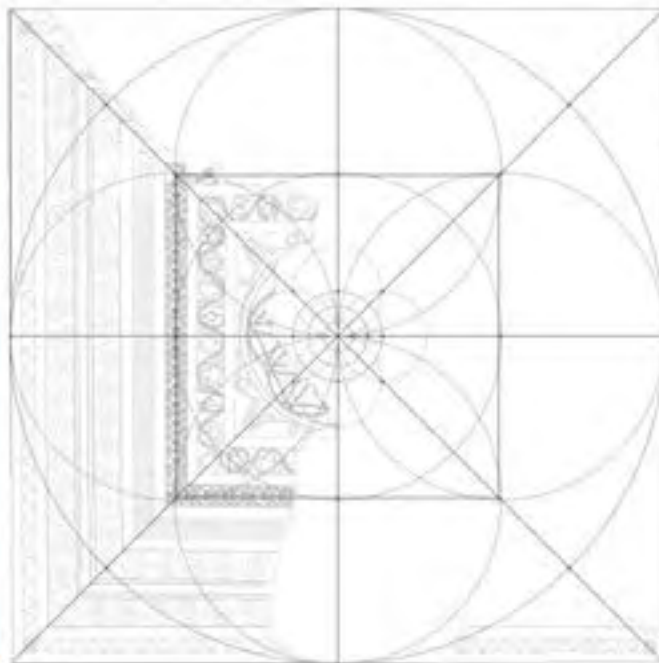


Fig. 19 Studio di un mosaico presente nel Palazzo Ovest e studio delle geometrie finalizzato al ri-disegno del mosaico nella sua interezza. In questo caso il mosaico è stato 'trasformato' in contenuto del videogioco, in particolare in minigame di tipo Puzzle. (Lo studio della geometria del mosaico si deve ad Andrea Scalabrelli).

stituito dal ‘piede’. Il cubito è un’unità antica basata sulla lunghezza dell’avambraccio dalla punta del dito medio alla parte inferiore del gomito (Bua, 2014). Le geometrie del mosaico all’ingresso della Sala del Trono del Palazzo Occidentale sono state analizzate per ricercare il ‘modulo’ che avrebbe dovuto regolare la composizione e che sembra essere quello del cubito reale egiziano, ovvero 52 cm.

Prima di procedere alla ricostruzione digitale del mosaico per la realizzazione di un *minigame* di tipo *puzzle* sono stati analizzati i materiali e i colori confrontandoli con altri ‘mosaici di ciottoli’.

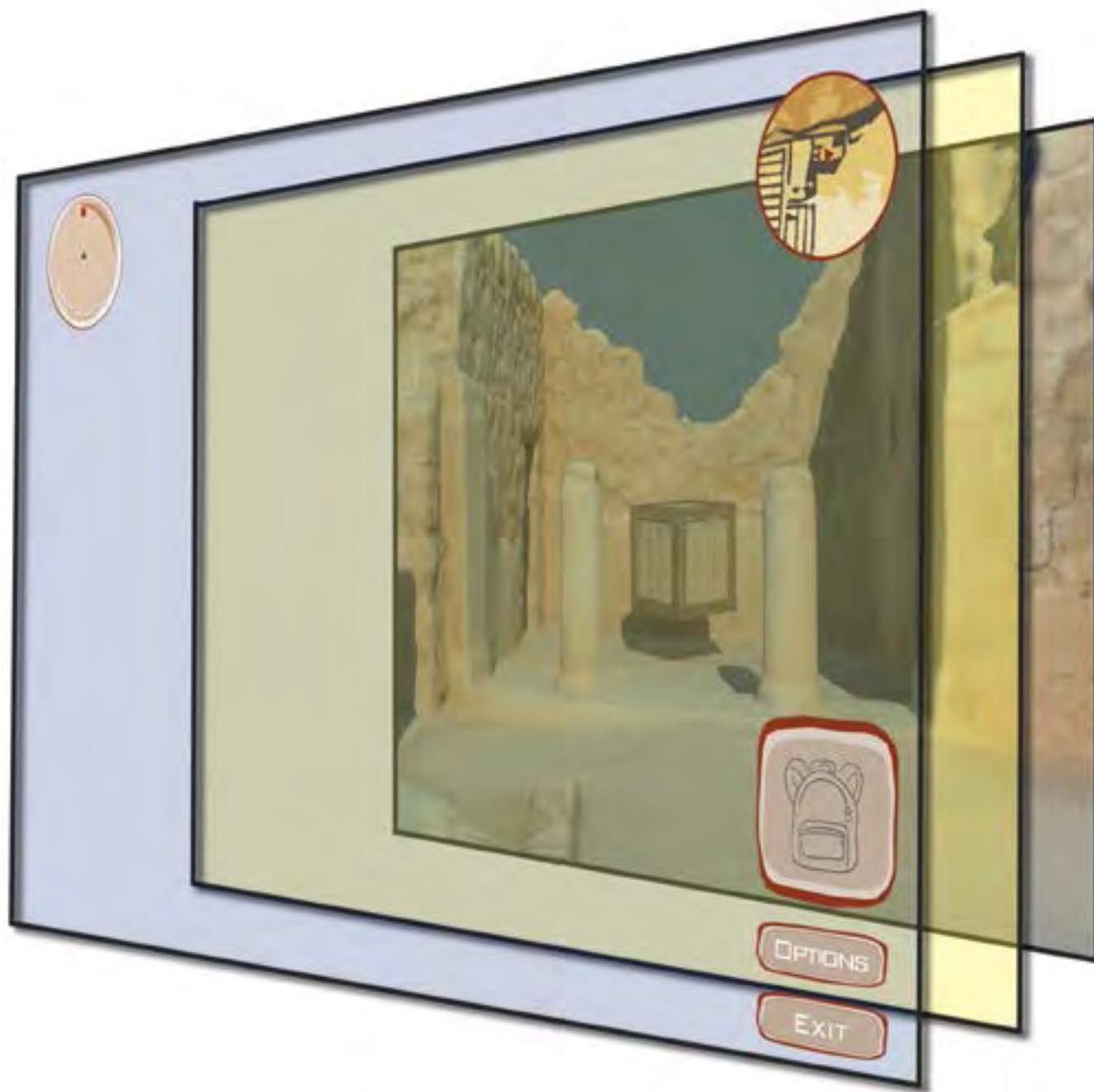
“Il mosaico che abbiamo scoperto era adornato con un motivo geometrico, molto comune nel mondo ellenistico e che era principalmente comune sull’isola di Delos nella prima metà del I secolo a. C., ma al centro il tema della decorazione del mosaico era principalmente preso dal mondo vegetale e rappre-

sentava motivi particolarmente tipici dell’arte ebraica, come i rami stilizzati di oliva, melograno, foglie di fico, foglie di vite, e tutto era stato eseguito dagli artisti con grande cura. Proprio al centro del mosaico c’era un cerchio contenente una serie di cerchi intersecanti, un motivo molto comune nell’arte ebraica di questo periodo e che si trova spesso nei sarcofagi di pietra sepolti nelle caverne, specialmente intorno a Gerusalemme”(Yadin, 1968).

Grazie a questi studi e al ‘ridisegno’ delle geometrie è stato possibile procedere alla ricostruzione ipotetica del mosaico, completando la rappresentazione e ‘colorando’ il mosaico utilizzando una *palette* di colori fedele all’originale. In seguito questo mosaico, insieme agli altri presenti nel Palazzo Ovest e in altre parti del sito archeologiche, sono state ‘trasformate’ in tessere di *puzzle* o carte da gioco, così da essere utilizzate all’interno dei *minigame* del gioco.



Fig. 19 Il mosaico è stato ri-disegnato in ambiente CAD e si è proceduto poi alla colorazione delle tessere per ottenere un mosaico completo. Successivamente, vista la necessità di ‘ricavarne’ un *Puzzle*, si è proceduto ‘tagliandolo’ secondo elementi separati o pezzi del *Puzzle*.



CAPITOLO VIII

La progettazione grafica del gioco e la realizzazione di una demo

Il videogioco ideato, dal titolo ‘Masada Museum’ è stato progettato e parzialmente sviluppato all’interno di Unity 3D viste le pregresse esperienze della scrivente utilizzando questo *software*, la familiarità con l’interfaccia del programma e la disponibilità di alcuni *script* già utilizzati per altri progetti.

Dopo aver progettato la struttura del gioco e le ‘sotto-strutture’ dei *minigame* e dopo aver definito lo *storyboard*, sono state compiute alcune scelte relative alla grafica del gioco. Come detto in precedenza la riuscita di un videogioco o di un qualsiasi altro strumento di comunicazione, dipende fortemente dalla sua capacità comunicativa ed è pertanto fondamentale la definizione degli aspetti visivi e di interazione tra utente e personaggio virtuale.

A partire dall’interfaccia di gioco e da tutti gli strumenti che in esso intervengono, fino ad arrivare alle forme e ai colori dei pulsanti, del *layout* e di tutte le componenti che vengono visualizzate dal giocatore, tutto deve essere legato da efficaci connessioni diegetiche intese come l’insieme delle relazioni tra compito, meccanica di gioco e storia (Lane et. Al., 2017). Le storie raccontate dai *Serious Game* non sono coinvolgenti e motivanti per motivi intrinseci, altrimenti non si ricorrerebbe all’utilizzo del gioco, e pertanto è necessario ‘inserire’ motivazioni e fonti di divertimento da cui il giocatore possa essere attratto e che, come detto in precedenza, sono rappresentate dalle meccaniche di gioco come i punti, le classifiche, le ricompense etc.

Tutti gli elementi che rappresentano questa meccaniche, come pulsanti, suoni e simboli, possono

appartenere ed essere radicati all’interno della storia narrata, e sono considerati diegetici, oppure comparire soltanto sullo schermo e sull’interfaccia ed ‘esistendo’ soltanto nel mondo del giocatore reale; in questo caso si parla di elementi non diegetici.

Il termine *diegesi*, dal greco *diegesis* (narrazione, racconto), rappresenta ciò che concerne l’andamento narrativo di un’opera teatrale, cinematografica e letterarie e in questo caso anche di un videogioco. Nel linguaggio della critica, indica “la pertinenza e la coerenza di tutti gli elementi che concorrono a definire e sorreggere la narrazione filmica e il mondo visivo messo in atto dall’opera: dalla sua temporalità e spazialità alla strutturazione dei personaggi, dalla definizione degli ambienti ai contenuti psicologici, dai materiali gestuali e sonori alla dinamica dei dialoghi, dalla presupposizione del contesto immaginario (anche nel ‘fuori campo’) alle forme narrative della finzione. (...) S’intende per diegetico (o intradiegetico) tutto l’insieme dei segni, eventi, elementi che appartengono allo sviluppo della finzione narrativa e della messinscena visiva o che in esso vengono presupposti, e per extradiegetico tutto ciò che esula dall’universo visuale e finzionale, pur contribuendo a comporre l’opera filmica” (Dizionario Treccani, vocabolo ‘diegesi’).

Nei paragrafi successivi si esplicitano le scelte stilistiche e i procedimenti tecnici utilizzati per la realizzazione di una *demo* di gioco, utile a capire l’efficace funzionamento del gioco e della sua comunicazione.

In primo luogo viene definita la *palette* di colori, di fondamentale importanza e utilizzata sia per la realizzazione di tutti gli elementi grafici del gioco, sia per il disegno dei personaggi e delle scene in cui il gioco è ambientato.

Fig. 1 Schema che mostra la sovrapposizione ideale di ‘livelli’ di interfaccia. Quello sullo sfondo è il vero e proprio ambiente di gioco, in 2D o 3D, all’interno della quale il personaggio si muove. Il livello in giallo è il livello di visualizzazione dell’avatar, ovvero questo può interagire con tutto ciò che è sullo sfondo. Il livello in blu è l’interfaccia grafica del videogiocatore il quale visualizza elementi e pulsanti che l’avatar non può vedere.

8.1 L'interfaccia e gli strumenti di gioco

Il termine utilizzato per indicare tutte le informazioni e gli elementi costantemente visibili sullo schermo durante il gioco è HUD (*Head-Up Display*) e deriva dai visori utilizzati in aviazione per lo stesso scopo, ovvero visualizzare in sovrimpressione i dati di volo, senza dover distogliere lo sguardo per osservare i numerosi strumenti di cabina.

La progettazione dell'interfaccia grafica dei videogiochi, a differenza dei sistemi utilizzati in questi altri campi, deve tener conto del rapporto tra giocatore ed *avatar* e stabilire quali elementi sono visibili ad esso, e quali sono utilizzabili sono dal giocatore.

Fagerholt e Lorentzon (2009) nella loro tesi sulle interfacce utenti (UI) hanno esplorato le teorie del *design* dell'interfaccia classificando diversi tipi di interfaccia a seconda di come sono legati alla narrazione e

alla geometria del gioco; nell'interfaccia 'diegetica', come già accennato, utente e avatar possono interagire attraverso mezzi visivi e uditivi e questo rende l'esperienza più immersiva. Al contrario nell'interfaccia 'non diegetica' vi è una distinzione netta tra ciò che vede l'*avatar* e ciò che vede l'utente. Questa tipologia è generalmente negli giochi soprattutto in prima persona (*FPS - First-Person-Shooter*) dove spesso è visibile soltanto l'arma dell'*avatar* o un suo arto.

Si parla invece di interfaccia 'meta' dove alcune entità esistenti nel mondo immaginario del gioco vengono 'trasportate' verso quello reale dell'utente, simulando l'interazione con esso, come ad esempio effetti *splatter* di sangue sulla schermo o sonori come quello dello squillo di un telefono. Anche elementi come zaini e borse contenenti oggetti utili allo svolgimento del gioco e appartenenti all'*avatar* sono esplorabili da parte dell'utente in maniere 'autonoma' rispetto



Fig. 2 Elementi caratteristici del sito archeologico come mosaici, pitture e affreschi parietali, oltre a elementi delle architetture e dell'ambiente circostante la fortezza di Masada, utili per la realizzazione di una palette di colori caratteristici.

alle azioni dell'*avatar* e sono solitamente sempre disponibili sulla UI.

Infine l'interfaccia definita 'spaziale' è quella che causa l'interruzione della la narrazione per fornire al giocatore più informazioni rispetto a quelle possedute dal personaggio, come ad esempio l'osservazione e la consultazione di una mappa. In questo caso la narrazione viene 'sospesa' ma l'esperienza di gioco continua attraverso menù ed elementi in sovrapposizione, non distogliendo così il giocatore dalla 'finzione'.

Il videogioco 'Masada Museum' è sostanzialmente un gioco della tipologia *point-and-click* ovvero un gioco in cui il personaggio si muove sulla scena grazie all'impartizione di comandi tramite *click* ed allo stesso modo interagisce con gli oggetti. Nel caso dell'ingresso all'interno di modelli 3D, la visualizzazione diventa in prima persona, trattandosi queste di ambientazioni fotorealistiche ed evitando così la one-

rosa progettazione e lo sviluppo di *avatar* tridimensionali da far letteralmente camminare all'interno dei modelli 3D. Questo tipo di visualizzazione richiede un'interfaccia tipica giochi sparatutto e vengono visualizzati sulla UI gli elementi 'mappa' e 'radar' e altri pulsanti che permettono di aprire in sovrapposizione menù specifici, come quello di visualizzazione del contenuto dello zaino o della borsa del personaggio. All'interno di questi spazi 3D il giocatore si muove tramite l'uso di *mouse* o tastiera guidando il personaggio nei diversi ambienti alla ricerca degli oggetti interattivi, rappresentati in questo caso da 'casce di legno' su cui cliccare per accedere ai *minigame*.

La riuscita grafica dell'interfaccia utente, ed in generale della grafica del gioco, dipende fortemente dalla scelta di elementi e simboli efficaci nella comunicazione, che siano familiari per il giocatori e che permettano in maniera intuitiva di capire il loro utilizzo.



Fig. 3 Definizione di una palette di trentasei colori stabiliti secondo i principali colori 'campione' prelevati dagli elementi caratteristiche e dalle conseguenti gradazioni di colore. La grafica del videogioco, i personaggi e gli elementi dell'interfaccia si caratterizzano per la loro colorazione con i colori di questa palette.

In questo gioca un ruolo importante anche la scelta dei colori e in questo caso si è ritenuto necessario dover creare una *palette* di colori, realizzando una mappatura dei colori 'tipici' del sito archeologico, alle sue architetture, ai suoi manufatti e alla 'natura' circostante.

Il numero totale dei colori della palette è di trentasei e sono stati impiegati per tutte le componenti dell'interfaccia, per la colorazione delle diverse ambientazioni e per i personaggi.

Per i pulsanti e per le varie finestre dell'interfaccia, in accordo con la scelta stilistica del genere 'cartoon' e di ambientazioni che simulano scene verosimili attraverso tratti grossolani di pennello, è stato scelto un carattere 'semplice' e pulito, dall'aspetto bidimensionale e che richiama la forma irregolare delle pietre caratteristiche del sito archeologico.

La pulsanteria che compare durante l'attivazione del-

le schermate principali e che costituisce le funzioni sempre quasi disponibili per l'utente, come 'back' 'quit' 'start', ha una colorazione tendente al marrone con un contorno ben evidente tendente al rosso bordeaux.

Le finestre di dialogo dei personaggi invece si differenziano in base al personaggio che 'parla' così da rendere più evidente all'utente il susseguirsi di 'battute' dei rispettivi personaggi.

Anche per quanto riguarda i *minigame*, ogni diversa tipologia di gioco è rappresentata da un diverso colore e dalle sue gradazioni, come per esempio il colore verde del *minigame* della tipologia *puzzle*.

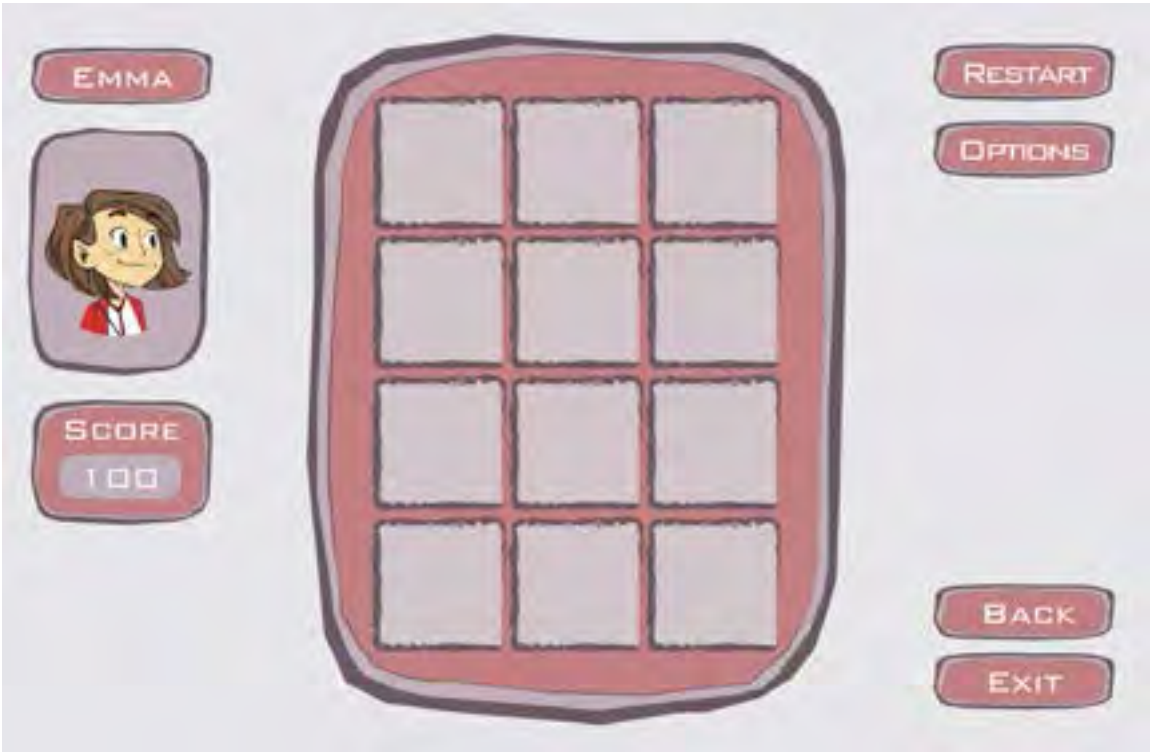
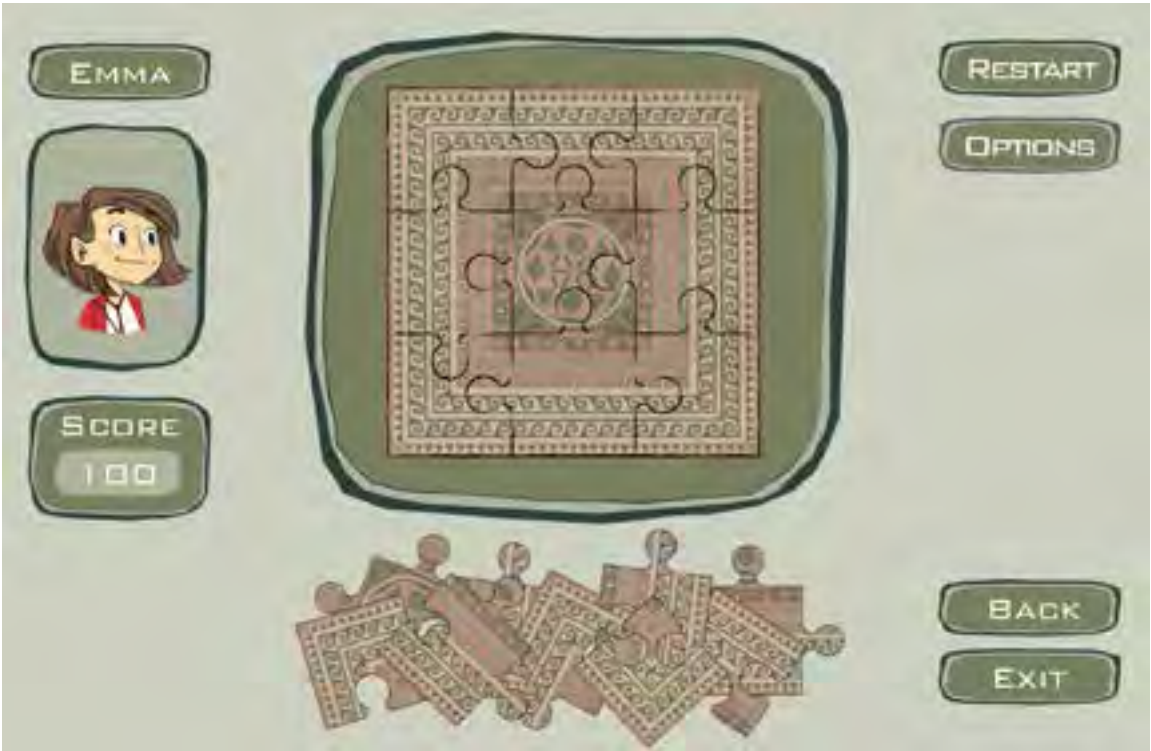
La ripetizione dei diversi giochi in diversi momenti e attraverso l'utilizzo degli stessi colori facilita in giocatore nel riconoscimento della tipologia e di conseguenza con l'intuizione delle regole.



Fig. 4 (sopra) Definizione dei pulsanti del videogioco e di tutti gli elementi che compaiono sull'interfaccia del videogiocatore e con i quali interagisce. La colorazione in gradazione di rosso e marrone è utilizzata per i pulsanti delle principali schermate di gioco, mentre la colorazione varia per i minigame e le finestre di dialogo tra i personaggi.

Fig. 5 (pagina a fianco) Esempi di due schermate di gioco.





8.2 La scelta dell'*avatar*

La parola '*avatar*' derivata dal sanscrito '*avatāra*' rappresenta nell'induismo e nel brahmanesimo 'colui che discende', ovvero una divinità discesa sulla terra. Nel gergo di internet e nei giochi di ruolo virtuali, l'*avatar* costituisce il personaggio virtuale scelto dal giocatore come una sorta di *alter ego* ma può assumere sembianze fantastiche, oppure rappresentare un ruolo sociale non proprio del giocatore.

Gli *avatar* non sono presenti soltanto nei videogiochi ma anche nei più comuni social network, nelle comunità virtuali, o ancora più semplicemente nelle applicazioni di messaggistica istantanea del cellulare, dove ciascuno inserisce un nome e una immagine rappresentativa. In questo caso si parla più nello specifico di *avatar* 'relazionali', dopo l'*avatar* ha il solo obiettivo di identificare l'autorità dei commenti, dei messaggi di un utente, mentre quelli dei videogiochi sono denominati *avatar* 'agentivi' e riproducono fisicamente le azioni nell'ambiente virtuale secondo le disposizioni dell'utente.

Le due funzioni principali dell'*avatar* agentivo, come detto, sono l'agire e il comunicare, ma esistono diverse tipologie di *avatar* che possono essere identificati in due classi (Argenton et Al., 2013): l'*avatar* definito '*alter ego*' che ha caratteristiche predefinite e di cui il giocatore prende il controllo e attraverso il quale compie le azioni, oppure l'*avatar* 'estensione' che non è definito da caratteristiche specifiche ed il giocatore può modificarne a proprio piacimento i caratteri identitari, l'abbigliamento, la struttura fisica, la fisionomia. Tutto ciò dipende dagli aspetti motivazionali, ovvero da ciò che un giocatore vuole trasmettere tramite il proprio personaggio e da ciò che vuole rappresentare, ad esempio ruoli sociali che nella vita reale non gli appartengono, oppure la possibilità di possedere caratteristiche e poteri di supereroi.

Fig. 6 (pagina a fianco) Esempi di alcune schermate di gioco. In particolare (in alto) quella relativa al minigame della tipologia Puzzle, con l'esempio del mosaico del Palazzo Ovest e (sotto) il minigame della tipologia Memory in cui si visualizzano carte al momento tutte coperte. In entrambi i minigame l'utente visualizza sulla sinistra la figura del proprio avatar, in nickname e il punteggio ottenuto, a sinistra i pulsanti che gli permettono di accedere a altre funzioni.

Figg. 7-8-9-10 (Pagine successive) Si riporta il procedimento di disegno dei personaggi e alcune schermate di gioco in cui sono visualizzati. (Disegni realizzati da Eugenia Bordini)

I personaggi ideati, disegnati e realizzati per il gioco 'Masada Museum' sono tre e corrispondono al Direttore del Museo di Masada, un Curatore e una Curatrice. Il primo è rappresentato dalla figura di un uomo di circa 60 anni, di corporatura robusta e vestito con abiti sobri e una cravatta che gli conferisce un 'ruolo' di una certa importanza; si identifica inoltre poiché ha un mazzo di chiavi in mano, le chiavi del museo che consegnerà al futuro curatore del museo.

Il Curatore e la Curatrice del museo sono rappresentati invece da giovani sui 25 anni che indossano rispettivamente uno zaino e una borsa a tracolla, dove durante il corso del gioco riporranno gli oggetti raccolti durante le loro esplorazioni. Il gioco permette di scegliere tra questi due personaggi, uno di sesso maschile e uno di sesso femminile, ma non permette di modificarne le caratteristiche, né gli abiti, ma soltanto di personalizzare il nome; si tratta dunque di avatar del tipo '*alter ego*'.

Le conversazioni tra il/la Curatore/rice insieme al Direttore del museo, si svolgono attraverso finestre di dialogo predefinite, dove si modifica soltanto il nome in base a quello scelto dal giocatore.

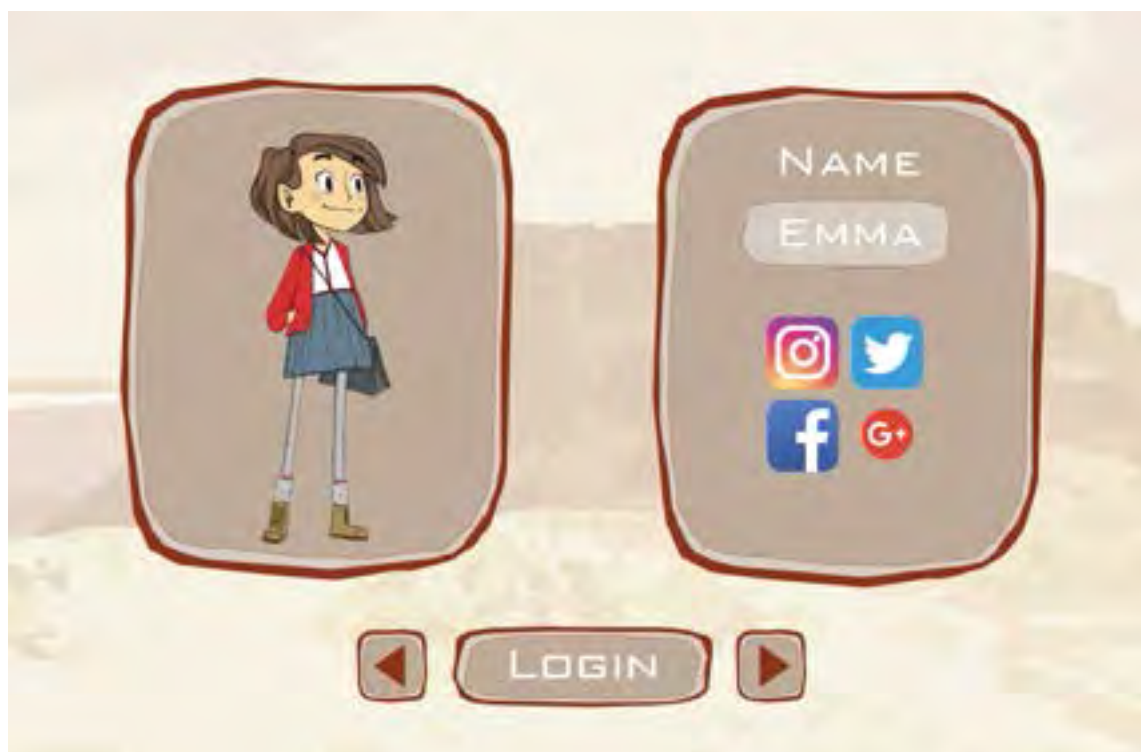
La scelta di personaggi protagonisti giovani e dell'aspetto 'moderno' vuole far sì che possano essere coinvolti maggiormente ragazzi di età giovane e di bambini che si identifichino in essi, e allo stesso tempo che imparino a conoscere la figura del Curatore del museo.

Per il disegno dei personaggi si è proceduto dapprima con la realizzazione di una 'griglia delle altezze' per definire la statura di ciascun personaggio. Sono state poi realizzate le linee di costruzione e le bozze come punto di partenza per definire le dimensioni di massima e le caratteristiche fisiche principali. Queste sono state utili nel definire anche la postura e la posizione degli arti, rispetto anche agli accessori successivamente indossati.

Si è proceduto poi con il disegno del personaggio, avendo cura di rivolgere lo sguardo dei Curatori verso quello del Direttore e viceversa, vista la necessità di farli dialogare all'interno della narrazione. Sono stati poi definiti i colori, sempre utilizzando la *palette* realizzata in precedenza ed infine sono stati realizzati i contorni e i dettagli definitivi.









8.3 La costruzione dell'ambiente di gioco: esempi applicativi

Come descritto anche in precedenza è stata realizzata una *demo* di gioco all'interno del software Unity 3D, al fine di testare la composizione grafica dell'interfaccia ma anche per provare la 'giocabilità' dei vari strumenti, come i pulsanti, gli oggetti interattivi e i *minigame*.

Il primo passo è stato quello di importare all'interno del file di progetto, tutti gli elementi necessari al funzionamento del gioco, anche definiti *assets*. La libreria che Unity mette a disposizione, comparse le risorse disponibili *online* sull'Asset Store, è molto vasta ma si è ritenuto importarte progettare la grafica del gioco e di utilizzare pulsanti e tutti gli altri oggetti personalizzati. Il passo successivo è quello di costruire lo scenario di gioco e come visto in precedenza,

si è proceduto alla creazione in un oggetto '*terrain*' al quale è stata applicata la '*heightmap*'.

Sono state poi assegnate le texture ed è stato importato il modello 3D della montagna e del profilo esterno della montagna di Masada, anch'esso fornito di *texture*.

Si è ritenuto necessario intervenire in alcune parti del modello 3D dello scenario generale, dove i modelli non risultavano perfettamente 'allineati'.

Sono stati poi importati i modelli 3D relativi agli edifici su cui effettuare il 'test' ed in particolare è stato utilizzato il modello del Quartier-generale del Comandante (Figg. 13, 14).

Il passo successivo è quello della creazione della '*canvas*', ovvero della 'tela' che rimane visibile al giocatore per tutta la durata del gioco. Sopra vi compaiono tutti quei pulsanti con cui il giocatore può interagire o che semplicemente può solo visualizzare,



Fig. 11 Esempio di costruzione della '*canvas*' all'interno di Unity 3D e inserimento dei pulsanti.

come il ‘radar’ e che non sono visibili all’*avatar*.

L’*avatar* in questo caso non compare nella scena poiché si è preferito utilizzare una visualizzazione in ‘prima persona’.

Tutti i pulsanti presenti sulla *canvas* permettono di aprire finestre, quale quella del contenuto dello zaino, di consultare le opzioni di gioco, dove è possibile modificare le preferenze dei comandi, l’impostazione del volume, oppure di uscire dalla scena o dal gioco. Si riportano nelle seguenti pagine alcuni esempi di schermate che illustrano alcune fasi della costruzione dello scenario e dell’interfaccia. Per ovvi motivi di visualizzazione, non è possibile apprezzare al meglio la tridimensionalità degli elementi e l’effettivo funzionamento del gioco. Si riportano infine alcune schermate di gioco in cui viene visualizzato l’*avatar*, in questo caso Curatrice, che sale verso il *plateau* o che scende verso il museo (Figg. 15, 18), una map-

pa di gioco della fase costruttiva ‘periodo erodiano’ (Fig. 16) e una scena in cui il giocatore cammina attraverso il proprio *avatar* in una vera e propria scena tridimensionale, o più semplicemente all’interno di un modello 3D (Fig. 17).

Il videogiocatore, potenziale visitatore del sito archeologico di Masada, o visitatore che si trova presso il museo reale, potrà, attraverso la navigazione all’interno dei modelli 3D e tramite la risoluzione dei *minigame*, la raccolta di oggetti e la conclusione del gioco con il completamento dell’allestimento delle sale del museo, scoprire nozioni che altrimenti gli rimarrebbero sconosciute. Quella del videogioco come strumento di supporto alle strutture museali, può essere intesa come una ‘estensione’ delle collezioni di un museo reale, dove collocare oggetti e informazioni altrimenti ridondanti.



Fig. 12 Esempio di costruzione della ‘*canvas*’ all’interno di Unity 3D e inserimento dei pulsanti.

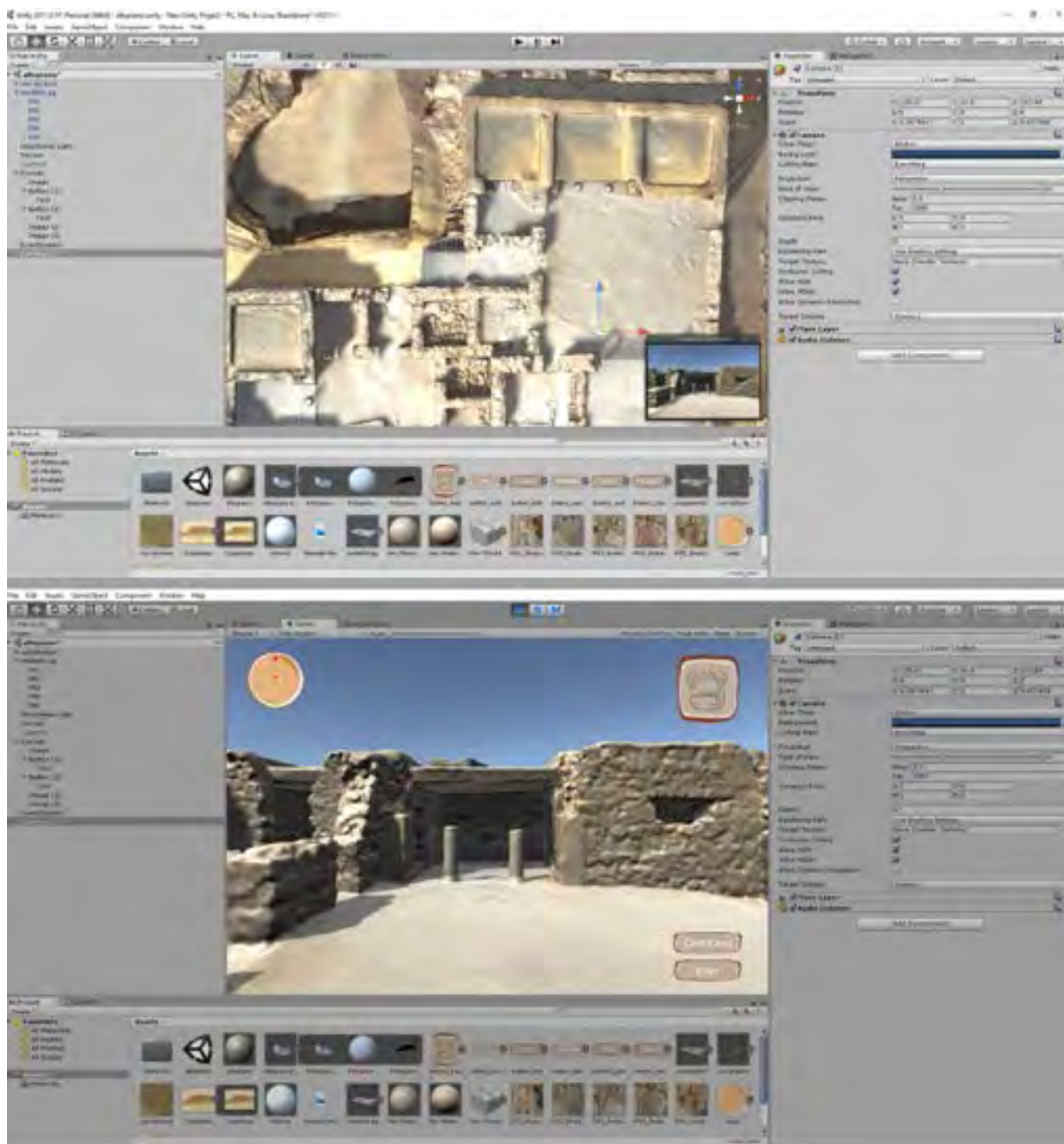


Fig. 13 Esempio di costruzione della scena di gioco e visualizzazione in modalità 'play'.

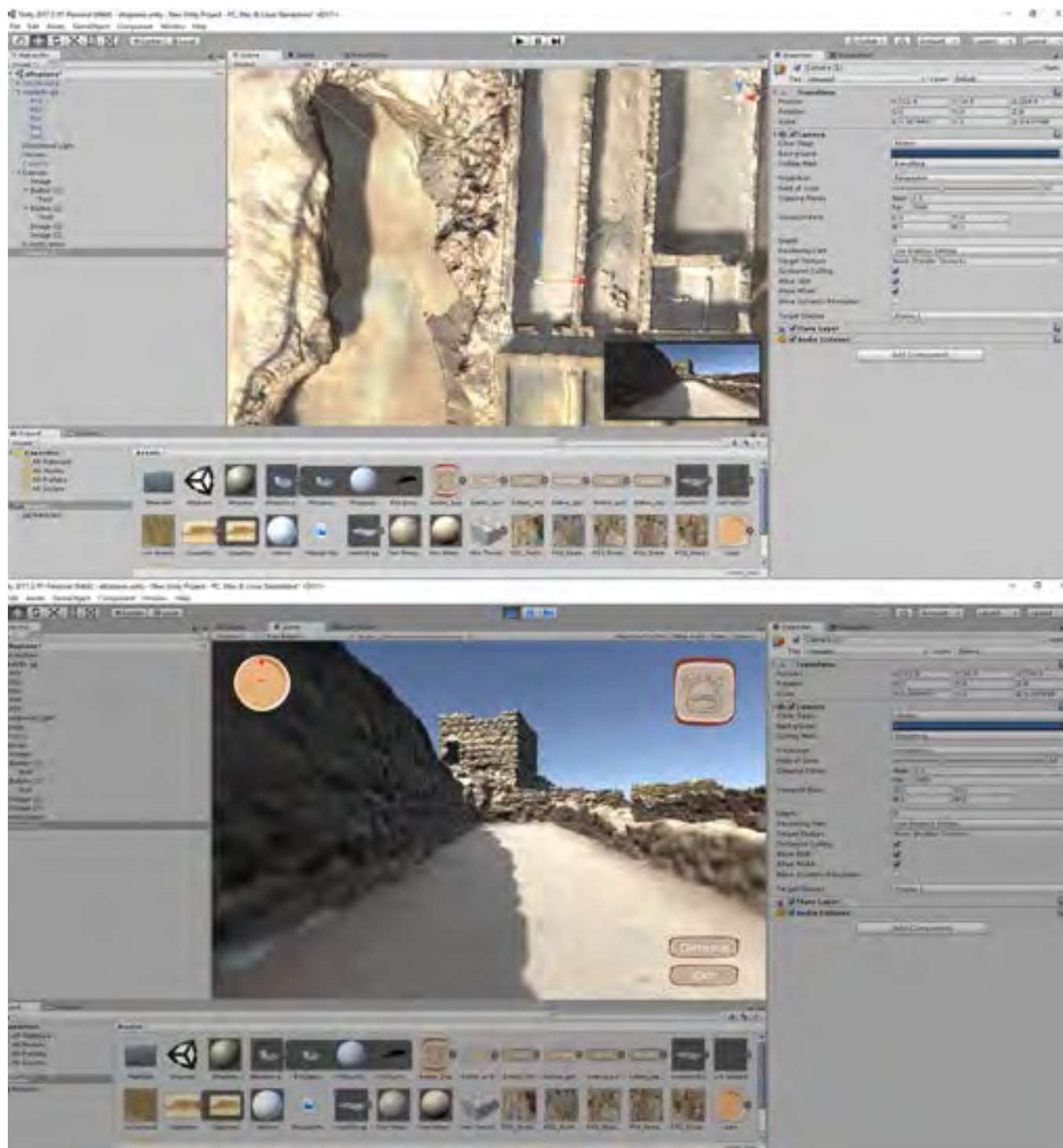


Fig. 14 Esempio di costruzione della scena di gioco e visualizzazione in modalità 'play'.

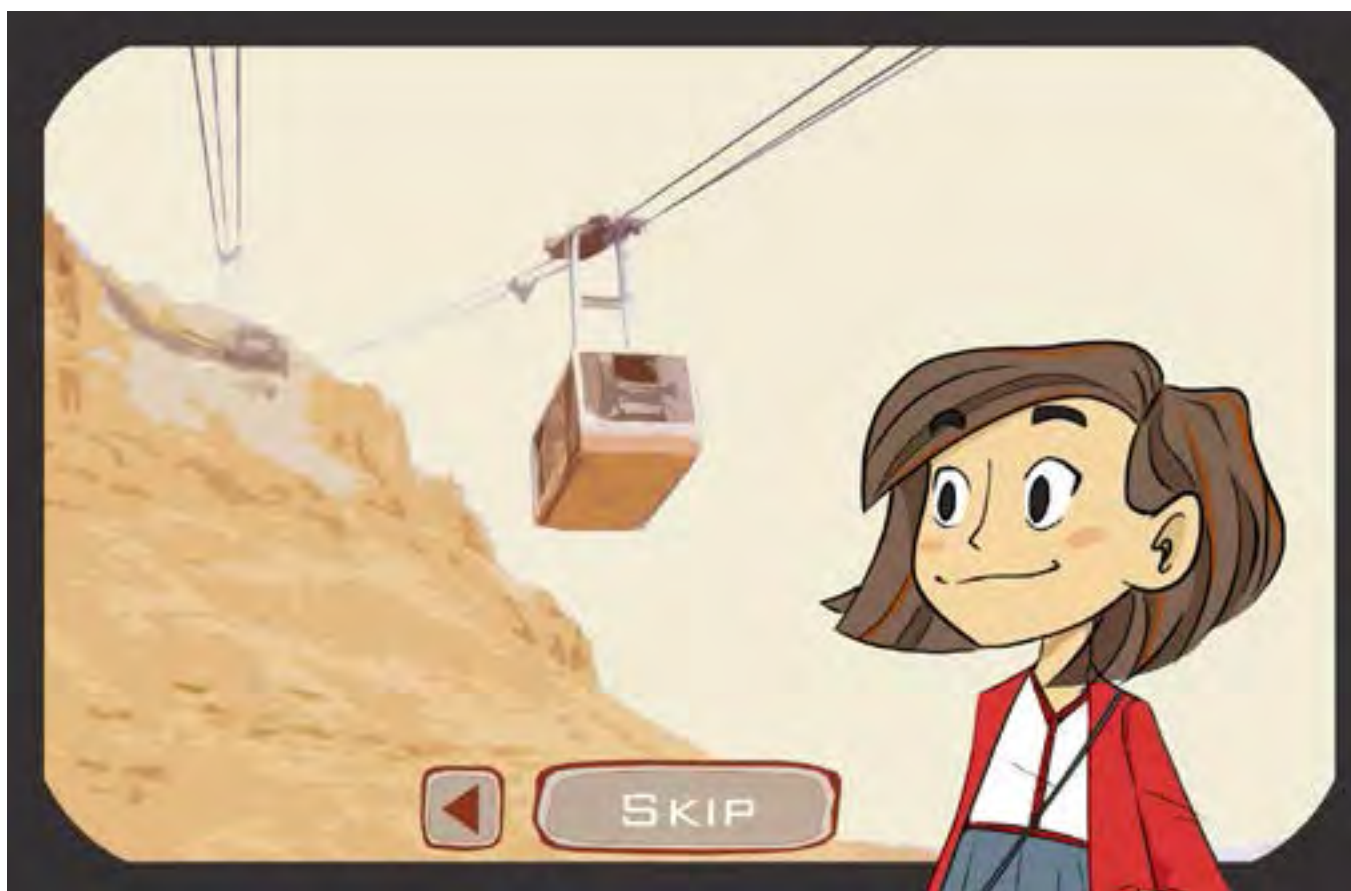


Fig. 15 Esempio una schermata di gioco. In questo caso la curatrice del museo sta salendo al Plateau tramite la cabinovia.



Fig. 16 Esempio una schermata di gioco. In questo caso si osserva un mappa di gioco a disposizione del giocatore per selezionare gli edifici da esplorare.



Fig. 17 Esempio una schermata di gioco. Visualizzazione di un oggetto interattivo con cui interagire per attivare la modalità 'minigame'.

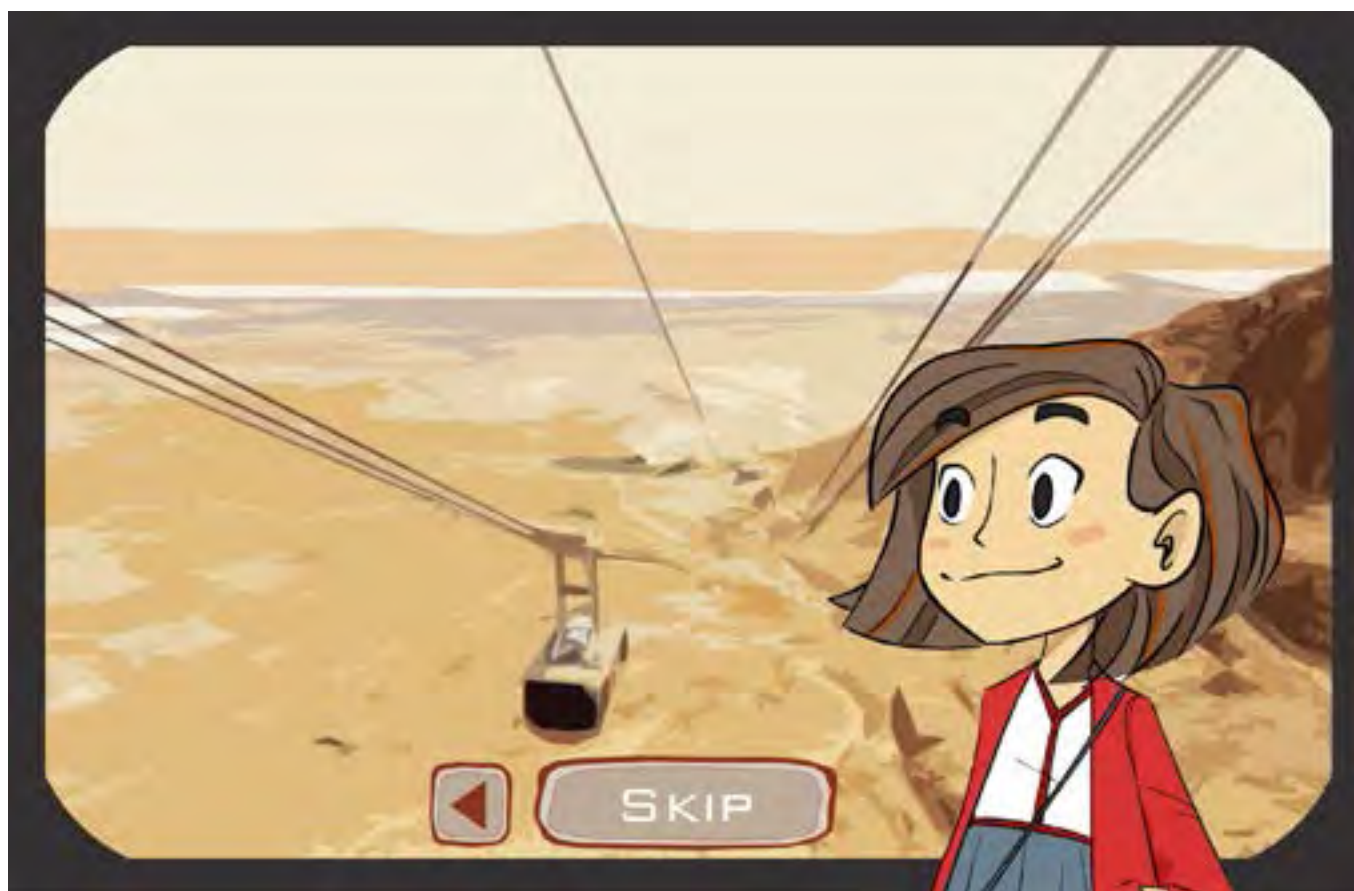


Fig. 18 Esempio una schermata di gioco. In questo caso la curatrice del museo sta scendendo verso il Museo tramite la cabinovia.

CAPITOLO IX

Conclusioni

9.1 Il ruolo del videogioco nella contemporaneità

L'attività ludica ha rivestito un ruolo di grande importanza nella storia dell'umanità ed accompagna ogni essere umano durante il proprio percorso di crescita, a partire dalla nascita e dall'infanzia quando il gioco si manifesta come una attività spontanea e che permette lo sviluppo cognitivo grazie a processi di imitazione ed emulazione, fino all'età adulta, quando il gioco diviene un'attività di svago svolta volontariamente e che spesso si identifica nelle attività sportive. Come visto nel capitolo III, molte discipline si sono occupate di descrivere i diversi aspetti del gioco e molte figure di rilievo hanno teorizzato ed esposto i propri pensieri, in particolare filosofi, sociologi e psicologi. La storia recente ci dimostra di quanto i giochi si siano evoluti nell'ultimo secolo, divenendo poi videogiochi grazie alla nascita della televisione e del computer, ed in seguito delle *console* e dei diversi dispositivi. L'evoluzione di queste tecnologie ha permesso di sviluppare nuove forme di gioco poiché attraverso l'uso di archivi digitali è possibile ramificare le trame che questi raccontano e di fornire una partecipazione interattiva alla narrazione. Oggi i videogiochi rappresentano un *medium* di grande rilevanza, capace di colmare la lacuna che la contemporaneità ha creato tra i beni culturali e i fruitori; la 'generazione dell'internet' e ancora di più i 'nativi digitali' prediligono oggi tutto ciò che è dotato di uno schermo interattivo tralasciando l'importanza del contatto diretto con i luoghi, con le opere e dei rapporti sociali in genere. L'inarrestabile ascesa del digitale non deve essere una attenuante per la mancanza di interesse nel visitare i luoghi della cultura, piuttosto deve essere uno stimolo nel ricercare soluzioni che riescano a conciliare le esigenze del pubblico contemporaneo

con la necessità di conservazione e divulgazione del Patrimonio. Il museo, per antonomasia 'contenitore' di beni culturali, sia materiali che immateriali, deve divenire un 'attrattore' spontaneo del vasto pubblico, stimolando nel visitatore la curiosità e la consapevolezza verso il Patrimonio riducendo la distanza tra i 'creatori' di cultura e chi la fruisce.

Agli inizi del '900, nonostante nascesse proprio in quegli anni una vera e propria 'cultura del museo', Quatremère de Quincy definì i musei come dei 'cimiteri', in riferimento in particolare all'accatastamento di opere da parte di Alexandre Lenoir. Il rischio che corrono oggi le istituzioni museali è quello di non riuscire ad attrarre visitatori e di rimanere quindi soltanto dei 'depositi'.

I dati relativi all'industria dei videogiochi raccolti negli ultimi anni dall'associazione italiana di editori e sviluppatori AESVI, dimostra una importante crescita in termini di numero di videogiocatori e di fatturato. Il mercato dei videogiochi rileva inoltre la crescita dei videogiocatori, in particolare si registra un aumento delle giocatrici di sesso femminile e il *target* di utenti, sempre più tendente a quello adulto. Sono sempre più numerosi gli *over65*, grazie anche all'utilizzo di dispositivi personali come *tablet* e *smartphone* che persone di tutte le età oggi possiedono.

Dunque è necessario sfruttare questa crescita in favore della 'riappropriazione' degli spazi museali da parte dei fruitori, utilizzando i videogiochi come forza trainante dell'innovazione e di 'promotore di cultura'.

9.2 Le fasi della ricerca e l'approccio metodologico

La ricerca presentata in questa tesi ha come obiettivo primario quello di definire un *iter* metodologico

che, a partire da un *database* digitale riguardante un complesso architettonico o archeologico, permetta di ‘tradurre’ i dati e i ‘materiali’ derivanti in particolare da progetti di rilievo e documentazione in contenuti digitali accessibili e fruibili dal grande pubblico. Gli strumenti disponibili per questo scopo sono riassunti spesso con concetti ‘ombrello’ di Realtà Virtuale e Realtà Aumentata ma, come detto in precedenza, è necessario essere consapevoli dei procedimenti e delle elaborazioni che sono necessarie per la realizzazione di certi contenuti e strumenti.

Per questa ragione è possibile riassumere la prima parte di questa ricerca in alcune fasi principali:

- Apprendimento, inteso come lo studio dello stato dell’arte riguardo al concetto di Patrimonio, riguardo all’evoluzione del concetto di Museo e dei sistemi di rappresentazione di cui esso fa uso;
- Consolidamento dei processi metodologici del rilievo digitale e della modellazione 3D, al fine di comprendere le diverse soluzioni in base alle diverse necessità operative;
- Approfondimento, riguardo alla tematica del gioco ed in particolare del videogioco, dell’evoluzione grafica e stilistica che essi hanno compiuto e dello stato dell’arte sul loro rapporto con il *Cultural Heritage*.

La struttura della Tesi rispecchia la volontà di conoscere, da parte della scrivente, tutti gli aspetti dai quali la realizzazione di un videogioco a servizio del Patrimonio non può prescindere, a partire dal ruolo del rapporto tra videogiochi e tecnologia e tra tecnologia e museo, fino ad arrivare alla conoscenza delle filiera di produzione di un videogioco e di tutte le figure professionali specializzate che vi interferiscono. La scelta di un caso studio complesso come quello di Masada ha fornito l’occasione di affrontare queste tematiche e di strutturare un procedimento per l’utilizzo del *database* disponibile per la realizzazione di un *Serious Game*.

La seconda parte della Tesi riporta in maniera parziale i risultati delle campagne di rilievo e documentazione sul sito di cui vengono descritte le fasi principali del rilievo digitale e le possibilità che ciascuno strumento offre e il tipo di elaborato che produce. Nell’ottica che questa Ricerca possa essere un punto di inizio e costituire una prima sperimentazione in questo ambito, si auspica che possa riassumere al meglio i diversi approcci metodologici utilizzati. Si riepilogano di seguito le fasi inerenti al campo del rilievo che hanno riguardato il caso studio principale:

- Programmazione e progettazione delle campagne di rilievo da svolgersi durante i diversi anni
- Studio delle fonti e dello stato dei luoghi
- Catalogazione ed archiviazione ordinata dei dati raccolti
- Elaborazione dei dati ottenuti dal rilievo Laser Scanner e fotogrammetrico
- Realizzazione di elaborati 2D e modelli 3D
- Ipotesi ricostruttive ed elaborazione di ricostruzioni 3D

La costruzione del *database* digitale ha richiesto il dispiego di molte ‘energie’ ma costituisce oggi un importante e completo archivio di dati, organizzati e strutturati secondo precise indicazioni e facilmente individuabili ed aggiornabili nel tempo. Rappresenta inoltre la ‘fonte’ da cui attingere per l’avvio di nuove indagini, per lo sviluppo di elaborati tematici funzionali a diversi scopi, e per la sperimentazione di nuovi sistemi di fruizione.

L’ultima parte di questo lavoro riguarda l’ideazione, la progettazione e la realizzazione del videogioco, dove vengono mostrati i ‘prodotti’ derivanti dal rilievo digitale e il ‘trattamento’ a cui sono stati sottoposti per divenire ‘contenuti’ del videogioco.

Le principali fasi si possono riassumere come segue:

- Definizione degli obiettivi della tipologia di gioco e delle modalità di interazione
- Progettazione del gioco, intesa come definizione del *concept*, definizione dello *storyboard* e della struttura generale del gioco e dei *minigame*;
- Utilizzo e studio delle fonti per realizzazione di contenuti del gioco;
- Scelte stilistiche e grafiche, definizione della *palette* di colori e scelta degli *avatar*;
- Scelta dell'*engine* e sviluppo

9.3 Obiettivi conseguiti e riflessioni per gli sviluppi futuri

Il progetto di documentazione del sito archeologico, in accordo con la NPA (Nature and Park Authority), aveva come obiettivo primario quello di definire un piano di gestione per il sito e la necessità di realizzare elaborati grafici aggiornati allo stato attuale, come planimetrie generali e di dettaglio di ciascun edificio. La planimetria del Parco, georeferenziata secondo coordinate GPS, rappresenta un elaborato 'base' su cui poter lavorare ulteriormente per la realizzazione di carte tematiche ma anche per poter progettare un piano di manutenzione del sito, essendo questa planimetria accurata e dettagliata. L'archivio di dati fornito alla NPA e costituito sostanzialmente da una nuvola di punti di tutto il sito archeologico, permette inoltre di realizzare modelli 3D, utili per approfondire gli studi riguardo alle tipologie architettoniche, alla stratigrafia muraria e tutto ciò che non è 'leggibile' tramite elaborati bidimensionali.

Inoltre è possibile elaborare contenuti digitali utili per la realizzazione di strumenti 'contemporanei' per la visualizzazione e per la fruizione utilizzabili all'interno del Museo di Masada oppure per la promozione e la valorizzazione del sito stesso.

Come dimostrato inoltre in questo lavoro, attraverso l'uso dei materiali contenuti in un vasto *database*

digitale ben strutturato, si può procedere anche alla progettazione di un videogioco.

Una tematica attuale e dibattuta negli ultimi anni è quella della conservazione dei dati grezzi originali. Visto il rapido sviluppo delle tecnologie e del loro continuo aggiornamento, emergono sempre di più problematiche quali l'interoperabilità tra i *software* e la mancanza di figure esperte interdisciplinari.

La realizzazione e la produzione di un qualunque strumento digitale richiedono fin dai primi momenti di ideazione e programmazione il dialogo tra tutte le componenti della 'filiera produttiva' e la gestione di complessi *database* digitali, nonostante siano organizzati secondo un preciso metodo di archiviazione, richiede competenze specifiche in base all'utilizzo che se ne vuole fare.

La mancanza di impiego di personale tecnico specializzato per quanto riguarda gli ambiti non di competenza alle discipline del Rilievo e della Rappresentazione, come la figura del *Game Designer*, dei tecnici del suono, dei grafici e di tutto ciò che concerne lo sviluppo di un videogioco, fa sì che questa ricerca possa apparire, nella parte di realizzazione del videogioco, come incompleta o superficiale. È necessario sottolineare che i costi di produzione di un videogioco, paragonabili a quelli di una produzione cinematografica, non sono sostenibili nell'ambito di una ricerca non finalizzata alla 'commercializzazione', e pertanto si è ritenuto necessario fornire soltanto un indirizzo sull'utilizzazione dei materiali disponibili per la valorizzazione e sulla divulgazione del Patrimonio.

La partecipazione di operatori esperti nei loro diversi ambiti di competenza certamente approfondirebbe i diversi aspetti legati al gioco e garantirebbe maggior qualità del prodotto finale ma la volontà di questo lavoro quella di riflettere sulla tematica del gioco e del videogioco quale valore aggiunto e potenziale mezzo per lo sviluppo di sistemi di fruizione virtuale a servizio del Patrimonio, dei Musei e per la consapevolezza di ciascuno di noi verso essi.

APPENDICE

CARTOGRAFIA DI BASE



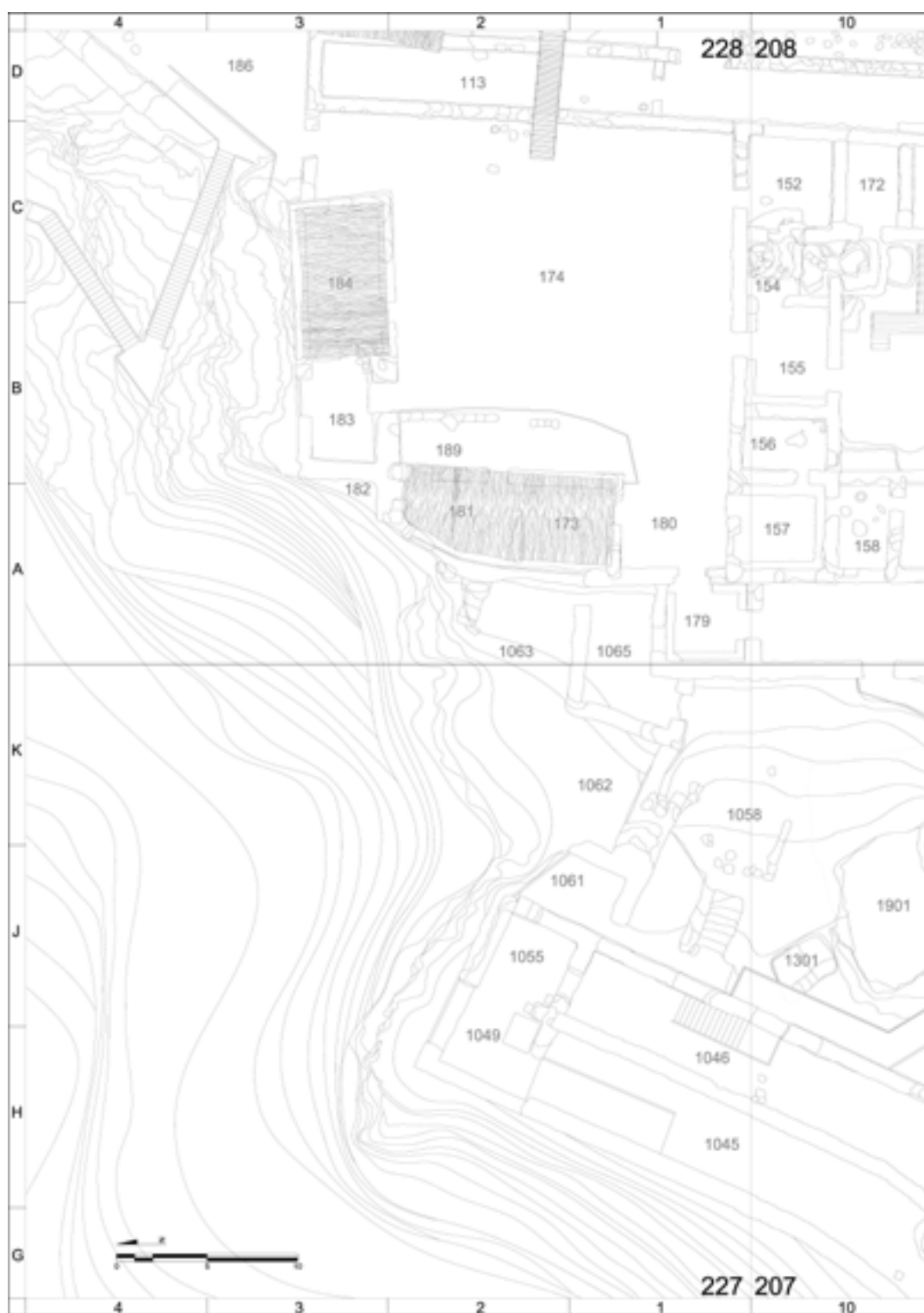
Planimetria 1. Il Palazzo Nord





Planimetria 2. Grandi Terme, complesso dei magazzini ed edificio n°8.





Planimetria 3. Edificio n°7 e i suoi dintorni - porzione ovest della Sezione Nord inclusa la sezione di mura a casamatta dall'ambiente n°1062 al n°1048 e Sinagoga.





Planimetria 4. Il Palazzo Ovest e la sezione di mura a casamatta dall'ambiente n° 1001 al n° 1265.



BIBLIOGRAFIA

- Abt C. C. (1970) *Serious Game*. New York: Viking Press.
- Aarseth E. (2001) *Computer game studies, year one*. Game Stud. 1. pp. 1-15
- Aguilar Camacio J., Granado Castroy G., Barrera-Vera Josè Antonio (2013) *Aplicación de técnicas avanzadas para el registro y la documentación estratigráfica en arqueología*. VAR. Volumen 4 Número 8
- Aki J. (2002) Gran Styllissimo: The Audiovisual Elements and Styles in Computer and Video Games. In: Mäyrä F. (ed.) *Proceedings of Computer Games and Digital Cultures Conference*. Tampere: Tampere University Press
- Albright W. F. (1925) To Engedi and Masada. In *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, No. 18, pp. 11-15
- Amaro-Mellado J.L., Alejandro M.A., Barrera-Vera J.A. (2012) Nuevas tecnologías y métodos tradicionales en el levantamiento de patrimonio arquitectónico. In *Conference: XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. Graphic Expression applied to Building International Conference, Valencia (Spain)
- Antinucci F. (2014) *Comunicare nel museo*. Nuova edizione. Bari, Laterza.
- Apperlay T. H. (2006) Genre and games studies: toward a critical approach to video games genres. In *Simulation & Gaming*, Vol 37, No 1. pp. 6-23
- Arijon D. (1976) *Grammar of the Film Language*. Silman-James Press
- Arnheim R. (1974) *Art and Visual Perception*. University of California Press
- Attene M. (2013) Polygon mesh repairing: an application perspective. In *ACM Computing Surveys (scheduled to appear)*, Vol. 45, No. 2, pp. 1-37
- Attene M., Falcidieno B. (2006) Remesh: an interactive environment to edit and repair triangle meshes. In *Shape Modeling & Applications*. pp. 271-276
- Audrerie D. (2003) *Questions sur le Patrimoine*. Bourdeaux: Confluences
- Avedon E.M., Sutton-Smith B. (1971) *The study of games*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Avi-Yonah M., Avigad N., Aharoni Y., Dunayevsky L., Gutman S. (1957) *The Archaeological Survey of Masada*, 1955-56, Israel Exploration Journal
- Azuma T. R. (1997) A survey of Augmented Reality. In *Presence: Teleoperators and virtual environments* 6, 4. pp. 355-385
- Baldinucci F. (1681) *Vocabolario toscano dell'arte del disegno: opera di Filippo Baldinucci agli illustri e virtuosissimi signori accademici della Crusca*, Santi Franchi, Firenze
- Balzani M (2012) The innovation of planning and management of architectural heritage: the morphometric survey and 3D databases. In *Ruben Paul Borg. Challenges in Conservation of Architectural Heritage*. Pp.81-89, La Valletta:Kamra tal-Periti, Malta
- Balzani Marcello (2017) Procedure integrate di analisi e rilievo dell'Arco di Traiano a Benevento per il restauro e la valorizzazione. In *Restauro Archeologico*, vol. 1, pp. 4-19
- Baratin L., Peloso D., Archivi digitali 3D per la gestione di siti archeologici: i templi megalitici di Malta. In *Atti 13a Conferenza Nazionale ASITA*, Bari 1-4 dicembre 2009
- Bar-Nathan R. (2006) *Masada VII. The Pottery Of Masada*.
- Barrera-Vera Josè Antonio, Granado Castroy G., Aguilar Camacio J. (2017) *Application of metric photography in building using the conventional digital camera: a case study applied to archaeological heritage*. Anales de Edificación Vol. 3, N°1, pp. 1-13
- Bartle R.(1996) Hearts, Clubs, Diamonds, Spades: Players Who Suit Muds. In *Journal of MUD Research* 1, 1.

Bates B. (2004) *Game Design*, second Edition. Course Technology PTR

Benedetti B., Gaiani M., Remondino F. (2010) *Modelli digitali 3d in archeologia: il caso di pompeii (Strumenti 11)*. Edizioni della Normale, Pisa

Ben-Yehuda N. (1995) *The Masada Myth: Collective Memory and Mythmaking in Israel*, University of Wisconsin Press, Madison

Ben-Yehuda N. (2002) *Sacrificing Truth: Archaeology and the Myth of Masada*, Humanity Books, Amherst N.Y.
Burkhardt J. L., *Travels in Syria and the Holy Land*, London, 1822

Bercigli M. (2016) Progetto di documentazione per la valorizzazione dell'altopiano di Masada: il disegno tridimensionale come strumento di conoscenza per il quartier generale del Palazzo di Erode. In *Le ragioni del disegno, Atti di Convegno UID Unione Italiana Disegno 2016*, Gangemi Editore. pp. 91-98

Bercigli, M. (2016) Strategie di rilievo per la documentazione di Via Palazzuolo a Firenze. In *Contributi per la documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e per la tutela paesaggistica*, Conference Proceeding ReUSO2016, Pavia. Edifir Edizioni Firenze. pp. 176-181

Bercigli M. (2017a) La trasparenza dei modelli 3D: il caso della chiesa Bizantina a Masada in Israele. In Tommaso Empler (a cura) *3Dmodeling&BIM. Progettazione, Design, proposte per la ricostruzione*. DEI Tipografia del Genio Civile. pp. 164-177

Bercigli, M. (2017b) Documentation strategy for coastal towers of the Mediterranean: the case of the tower in the archeological site of Saturo (TA-ITA). In *Defensive architecture of the Mediterranean, XV to XVIII Centuries*, International Conference on Modern Age Fortifications of the Mediterranean Coast, Fortmed 2017, Alicante (Spain). Vol. VI. pp. 337-344

Bernardini F., Rushmeier H. (2002) *The 3D model acquisition pipeline*. Computer Graphics Forum 21, 2, 149-172

Bertocci S. (2014) Un progetto per il rilievo digitale del sito archeologico di Masada, patrimonio UNESCO, in Israele. In *Italian Survey & International experience*, Atti di Convegno UID - Unione Italiana Disegno 2014, Gangemi Editore. pp. 549-556

Bertocci S., Bini M. (2012) *Manuale di rilievo architettonico ed urbano*, Città Studi Edizioni, De Agostini Scuola SpA, Novara

Bertocci S., Parrinello S., Vital R., (2013) *Masada Notebooks, Report of the Research Project 2013*, Vol.1. Edifir Edizioni Firenze, Pisa

Bertocci S., Parrinello S., Vital R., (2014) *Masada Notebooks, Report of the Research Project 2014*, Vol.2. Edifir Edizioni Firenze, Pisa

Bertocci S., Minutoli G., Bigongiari M.(2017) Il rilievo strutturale per l'analisi della stabilità e vulnerabilità degli edifici lungo Salah Eddin street e Sultan Suleiman street a Gerusalemme Est. In *Reuso Granada 2017. V Congreso Internacional sobre documentación, conservación y reutilización del patrimonio arquitectónico y paisajístico*, Granada

Bertocci S., Rodriguez-Navarro P., Bercigli M. (2018a) New tools for the valorization and dissemination of the results of TOVIVA project. In *Defensive Architecture of the Mediterranean. XV to XVIII Centuries*, Vol. VII, Torino, Italia

Bertocci S., Bercigli M., Bigongiari M., Moschetti V. (2018b) Rereading to Rewrite: Documentation and Requalification of Mediterranean Historical Centers, Jerusalem and Taranto Case. In *Athens Journal of Architecture*, Volume 4, Issue 3. pp. 351-373

Bettini D. (2015) *Toviva Project: Torre de Escaletes*. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Firenze

Bianchini C. (2013) *La documentazione dei teatri antichi del Mediterraneo. Le attività del progetto Athena a Mérida*. Gangemi Editore, Roma

Bohler W. (2006) Comparison of 3D laser scanning and other 3D measurement techniques. In Baltsavias E., Gruen

- A., Gool L.V., Pateraki M. (eds) *Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage*, eds. Taylor & Francis Group plc, London, UK
- Bond J.G. (2015) *Introduction to Game Design, Prototyping and Development*, 2nd edition. Addison Wesley
- Bordwell D., Thompson, K. (1993) *Film Art: An Introduction*. International edition. 4 ed. New York, McGraw-Hill.
- Broccolini A. (2015) Folclore, beni demoetnoantropologici e patrimonio immateriale. In *L'Italia e le sue Regioni*
- Cabrera Vuelta E., Barrera-Vera J.A. Chavez A.J., Morero Alonso B. (2017) Levantamiento arquitectónico del Molino de Marea de Río Arillo mediante un algoritmo genético. In *Atti di Convegno UID 2016 Territori e frontiere della rappresentazione*. Firenze: Gangemi Editori
- Caillois R. (1958) *Man, Play and Games*. Chicago, University of Illinois Press
- Callois R. (2014) *I giochi e gli uomini. La maschera e la vertigine*. Bologna: ART Servizi Editoriali. Prima edizione digitale 2014 (Tascabili Bompiani)
- Catmull E., Clark J. (1978) Recursively generated B-spline surfaces on arbitrary topological meshes. In *Computer-Aided-Design*, Vol.10, Issue 6, Elsevier, pp. 350-355
- Chancey M.A., Porter A.L. (2001) The Archaeology of Roman Palestine. In *Near Eastern Archaeology*, Vol. 64, No. 4, pp. 164-203
- Chen D. (1980) The Design of the Ancient Synagogues in Judea: Masada and Herodium. In *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, No. 239, pp. 37-40
- Cipriani L., Fantini F. (2017) Digitalization culture VS archaeological visualization: integration of pipelines and open issues. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W3, pp. 195-202
- Cirese A. (1973). *Rassegna degli studi sul mondo popolare tradizionale*. Seconda edizione accresciuta. Palermo: Palumbo
- Cirese A. (2007). *Beni volatili, stili, musei: diciotto altri scritti su oggetti e segni*. Prato: Gli Ori
- Colardelle M. (1998), Les acteurs de la constitution du patrimoine. In Le Goff J. (sous la présidence de) *Patrimoine et passions identitaires, Actes des Entretiens du Patrimoine*, Théâtre national de Chaillot, Paris, 6, 7 et 8 janvier 1997, Paris: Editions du Patrimoine, Fayard
- Cotton H. M. (catalogo della mostra, Roma 27.3.2009 - 10.01.2010) L'impatto dell'esercito romano sulla provincia della Giudea. In F. Coarelli (a cura) *Divus Vespasianus. Il bimillenario dei Flavi*, Electa, Milano
- Cotton M., Hannah M., Geiger J. (1989) *Masada II: The Yigael Yadin Excavations 1963-1965, Final Reports. The Latin and Greek Documents*. Jerusalem: Biblical Archaeology Society
- Crawford C. (1984) *The art of computer game design: reflections of a master game designer*. Berkeley, California: Osborne/McGraw-Hill
- De luca L. (2011) *La fotomodellazione architettonica: Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*, Flaccovio Editor
- De Marco R. (2018) Unfolding geometry from unity: Digital survey and 3D modeling of Islamic decorative apparatus in Generalife Palace, Alhambra. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*. vol. 809, Springer Verlag, pp. 664-676
- Dell'Amico A. (2018) Uno spazio virtuale per la conoscenza e la gestione del Palazzo del Generalife nel complesso dell'Alhambra a Granada. In *Atti di Convegno UID 2018 Rappresentazione materiale/immateriale*, Milano: Gangemi editore
- Delsante I. (2007) *Innovazione tecnologica e architettura*. Maggioli editore, Milano
- Desvallées A. (2003) De la notion privée d'héritage matériel au concept universel et extensif de patrimoine : retour sur l'histoire et sur quelques ambiguïtés sémantiques. In CARDIN, Martine (dir.) *Médias et patrimoine*, Université de Laval/Unesco, Chaire patrimoine culturel.

- Desvallées A., Mairesse F. (2011) *Dictionnaire encyclopédique de muséologie*, Armand Colin, France
- Dever W. G. (2009) *Masada IV: The Yigael Yadin Excavations 1963-1965 Final Reports: Lamps; Textiles, Basketry, Cordage and Related Artifacts*. Jerusalem: Israel Exploration Society, 1994
- Devlin K. (2011) *Mathematics Education for a New Era: Video Games as a Medium for Learning*. K Peters/CRC Press
- Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, J., Rampnoux, O. (2011) Origins of serious games. In: Ma, M., Okionomou, A., Jain, L.C. (eds.) *Serious Games Edutainment Application*. pp. 25-43. New York: Springer
- Duke R.D. (1974) *Gaming, the Future's Language*. New York: Wiley
- Egenfeldt-Nielsen S., Heide Simth J., Pajares Tosca S. (2008) *Understanding video games*. Taylor & Francis e-library
- Empler T. (2006) *Modellazione 3D & Rendering*. Officina Edizioni, Milano
- Ernest Wright G. (1950) Reviewd work of: Megiddo II: Seasons of 1935-39 by Gordon Loud. In *Journal of the American Oriental Society*, Vol. 70, No. 1, pp. 56-60
- Fagerholt E., Lorentzon M. (2009) *Beyond the HUD. User Interfaces for Increased Player Immersion in FPS Games*. Master of Science Thesis, Department of Computer Science and Engineering, Division of Interaction Design. Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden
- Falk Anderson E., Mcloughlin L., Liarokapis F., Peters C., Petridis P. & De Freitas S. (2010) *Developing Serious Games For Ch: A State-Of-The-Art Review*. Virtual Real. 14, 4. pp. 255-275
- Fantini F. (2011) Image Based Data Processing (IBDP): la restituzione attraverso displaced subD a partire da rilevamento laser scanner. In Chiavoni E., Filippa M. (a cura di) *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*. Gangemi, Roma.
- Fantini F. (2011b) La modellazione in Displaced sub-D. Modelli a dettaglio variabile da scansione laser. In Verdiani G. (a cura di) *Il ritorno all'immagine, nuove procedure image based per il Cultural Heritage*, Raleigh, lulu.com. pp. 37-72
- Fantini F., Rodriguez P., Di Tondo S. (2012), Il problema della mappatura del colore nei modelli digitali 3D a displaced subdivision surface da rilevamento laser scanner in ambito archeologico. In Rossi M., Siniscalco A. (a cura di) *Colore e Colorimetria Contributi Multidisciplinari*, Vol. VIII A, Maggioli, Bologna, pp. 31-38
- Fink E. (2008) *Oasi del gioco*. Milano: Raffaello Cortina Editore
- Flavio G. (2012) *Guerra giudaica, VII*, edited by G. Vitucci, Arnoldo Mondadori Editore
- Foerster G. (1995) *Masada V. The Yigael Yadin Excavations 1963-1965 Final Reports. Art and Architecture*, Israel Exploration Society, Jerusalem
- Forte M. (2004) Dal reale al virtuale verso una comunicazione arricchita? In *Archeologia e Calcolatori* 15. pp. 423-448
- Frasca G. (2003) Simulation versus Narrative: Introduction to Ludology. In Mark J.P. Wolf & Bernard Perron (eds) *The Video Game Theory Reader*. Routledge
- Fullerton Tracy (2008) *Game Design Workshop*, second Edition. Morgan Kaufmann
- Gandia Alvarez E., Rodriguez-Navarro P. Agnello G. (2017) La desaparecida Torre del Cabo de Cullera (Valencia) a través de la documentación gráfica: propuesta de reconstrucción histórico-arquitectónica. In *Defensive Architecture of the Mediterranean. XV to XVIII Centuries*, Vol. V, Editorial Publicacions Universitat d'Alcant, Spain, pp. 247-254
- Garris, R., Ahlers, R., Driskell, J.E. (2002) Games, motivation, and learning: a research and practice model. In *Simul. Gaming* 33. pp. 441-467
- Gerosa M. (2008) *Rinascimento virtuale. Convergenza*,

comunità e terza dimensione. Meltemi Editore, Roma

Gerosa M., Pfeffer A. (2006) *Mondi virtuali. Benvenuti nel futuro dell'umanità*. Castelvechi Editore, Roma

Giandebiaggi P., Vernizzi C. (2014) *Italian survey & international experience*, Roma: Gangemi Editore

Giandebiaggi P., Ghiretti A., Roncella R., Vernizzi C., Zerbi A. (2015) Integrated Survey Methodologies For The Multi-Scale Knowledge Of Archaeology Of Architecture: The Survey Of The Amphitheatre In Durrës. In *Shires*, Volume 5, Issue 2

Gibson W. (2017) *Trilogia dello sprawl. Neuromante, Giù nel cyberspazio, Monna Lisa cyberpunk*. Mondadori Oscar Fantastica, Cles (TN)

Gil Piqueras T., Rodriguez-Navarro P. (2015) La Torre del Grau Vell en la defensa de la costa de Sagunto. In *Defensive Architecture of the Mediterranean. XV to XVIII Centuries*, Vol. II, Editorial Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, Spain, pp. 159-166

Gil Piqueras T., Rodriguez-Navarro P. (2017) La defensa de la Albufera bajo los reinados de Carlos I y Felipe II. La Torre Nova de les Salines y la Torre de la Gola de la Albufera. In *Defensive Architecture of the Mediterranean. XV to XVIII Centuries*, Vol. V, Editorial Publicacions Universitat d'Alcant, Spain, pp. 283-290

Gonizzi Bersanti S., Guidi G., Rodriguez-Navarro P. (2017) Geometrical processing of real data for Finite Element Analysis of historical fortified structures. In *Defensive Architecture of the Mediterranean. XV to XVIII Centuries*, Vol. VI, Editorial Publicacions Universitat d'Alcant, Spain, pp. 377-384.

Goodrich M.T. (1990) An Improved Ray Shooting Method for Constructive Solid Geometry Models via Tree Contraction. In *Applying Parallel Processing Techniques to Classification Problems in Constructive Solid Geometry Proc. 1st ACM-SIAM Symp. on Discrete Algorithms*, 1990, 118/128

Gordon May H. (1944) Synagogues in Palestine. In *The Biblical Archaeologist*, Vol. 7, No. 1, pp. 1-20

Guidi A. (1994) *I metodi della ricerca archeologica*, Roma-Bari, Laterza

Guidi G., Beraldin J.A., Ciofi S., Atzeni C. (2003) Fusion of range camera and photogrammetry: A systematic procedure for improving 3-D models metric accuracy. In *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 33, 4, B, pp. 667-676

Guidi G., Frischer B., Russo M., Spinetti A., Carosso L., Micoli L.L. (2005) 3D acquisition of large and detailed cultural heritage objects. Machine Vision and Applications. In *Special issue on 3D acquisition technology for cultural heritage*, Vol. 17-6, pp. 347-426

Guidi G., Russo M., Jean-Angelo Beraldin (2010) *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*. McGraw-Hill, Milano

Haddad N. A. (2016) Multimedia and cultural heritage: a discussion for the community involved in children's edutainment and serious game in the 21st century. In *Virtual Archeology Review*, 7 (14), pp. 61-73

Heinich N. (2009) *La fabrique du patrimoine. De la cathédrale à la petite cuillère*, Éditions de la Maison des sciences de l'homme

Huizinga J. (1949) *Homo ludens. A study of the play-element in culture*. London, Boston and Henley: Routledge & Kegan Paul

Hunicke R., Leblanc M., & Zubek R. (2004) *MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research*

Iuppa N. (2007) *Terry Borst. Story and Simulations for Serious Games*. Focal Press

Jalla D. (2017) Materiale o immateriale?, In *Speciale lessico condiviso: il concetto di patrimonio* - MUSEO in forma 2017/N.58, pp. 16-19

Jenkins H. (2005) Games, the New Lively Art. In John Hartley (ed.) *Creative Industries*. London: Blackwell Publishing

Juan Vidal, F. (2015) *Apreciación del valor patrimonial de*

las torres de defensa del litoral valenciano in *Defensive Architecture of the Mediterranean, XV to XVIII centuries*, Vol. 1, Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 373-380

Juul J.(2003) The Game, the Player, the World: Looking for a Heart of Gameness. In *Level Up: Digital Games Research Conference Proceedings*, edited by Marinka Copier and Joost Raessens, 30-45. Utrecht: Utrecht University

Kaufman A. (1993) Volumer Graphics. In *IEEE Computer*, Vol. 26, N°7, pp. 51-64

Kepes G. (1971) *Il linguaggio della visione*. Dedalo, Bari

Klevjer, Rune (2006b). *What is the Avatar? Fiction and Embodiment in Avatar-Based Singleplayer Computer Games*. Dissertation for the degree doctor rerum politicarum, University of Bergen

Koster R. (2012) *Theory of Fum for Game Design*. O'Reilly Media

Laamarti F., Eid M. & Saddik A. E. (2014) *An overview of serious games*. *International Journal of Computer Games Technology*, Volume 2014

Levine L.I. (1996) The Nature and Origin of the Palestinian Synagogue Reconsidered. In *Journal of Biblical Literature*, Vol. 115, No. 3, pp. 425-448

Levy P. (1997) *Il virtuale*. Milano: Cortina Raffaello.

Lillo Giner, S. & P. Rodríguez-Navarro (2015) La Torre del Rey de Oropesa. Un modelo de fortificación renacentista. In *Defensive Architecture of the Mediterranean, XV to XVIII centuries*, Vol. 1, Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 105-112

Liphschitz N. and Lev-Yadun S. (1989) The Botanical Remains from Masada: Identification of the Plant Species and the Possible Origin of the Remnants. In *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, No. 274, pp. 27-32

Lowenthal D. (1985) *The past is a foreign country*. Cambridge: Cambridge University press

Lowenthal D. (1998) *The heritage crusade and the spoils of history*. Cambridge: Cambridge University press

Luttwak E. (1979) *The Grand Strategy of the Roman Empire: From the First Century A.D. to the Third*, JHU Press 1979

Machaerus I. (2013) *History, Archaeology and Architecture of the Fortified Herodian Royal Palace and City overlooking the Dead Sea in Transjordan*, Edizioni,Terra Santa, Milano

Magness J. (1996a) Masada 1995: Discoveries at Camp F. In *The Biblical Archaeologist*, 59, 3

Magness J. (1996b) Rewied works of: Ancient Synagogues: Historical Analysis and Archaeological Discovery, Vol. 1 by Dan Urman and Paul V. M. Flesher. In *Journal of the American Oriental Society*, Vol. 116, No. 3, pp. 540-541

Magness J. (1997) Synagogue Typology and Earthquake Chronology at Khirbet Shema', Israel. In *Journal of Field Archaeology*, Vol. 24, No. 2, pp. 211-220

Magness J. (2005) The Roman Legionary Pottery. In Arubas B., Goldfus H. (eds.) Excavations on the Site of the Jerusalem International Convention Center (Binyanei Ha'u-ma): The Pottery and Other Small Finds. In *Journal of Roman Archaeology Supplementary Series 60*, Portsmouth

Magness J. (2009) The Pottery from the 1995 Excavations in Camp F at Masada. In *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, 353

Maldonado T. (2015) *Reale e virtuale*. Feltrinelli Editore, Milano

Malone, T.W. (1980). What Makes things Fun to Learn? Heuristics for Designing Instructional Computer Games. *Paper presented at the Symposium on Small Systems archive*. Palo Alto, California, United States

Malone, T.W. (1981) Toward a theory of intrinsically motivating instruction. In *Cognitive Science*, 4. pp. 333-369

Malone, T.W., and Lepper, M. (1987). Making Learning Fun: A Taxonomy of Intrinsic Motivation for Learning. In

- Snow and Farr (eds.) *Aptitude Learning, and Instruction*. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers
- McLuhan M. (1998) *Understanding Media*. MIT Press
- Merlo A., Fantini F., Aliperta A., Lavoratti G., Lopez Hernandez J.L. (2013) Texturing e ottimizzazione dei modelli digitali reality based: la chiesa della Compañía de Jesús. In *Disegnarecon Vol.6* n°12
- Merton, Ambrose [pseud. William J. Thoms] (1846) *Folk-Lore*. The Athenæum, No. 982
- Michael D., & Chen S. (2006) *Serious Games: Games that Educate, Train and Inform*. Thomson Course Technology PTR, Boston
- Milgram P., Kishino F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. In *IEICE transactions on Information and System* 77(12) 1321-1329
- Mortara M., Catalano C. E., Bellotti F., Fiucci G., Houry-Panchetti M., et al. (2014) Learning cultural heritage by serious games. In *Journal of Cultural Heritage*, Elsevier, vol. 15.(n° 3), pp. 318-325
- Munari B. (1993) *Design e comunicazione visiva*. Economica Laterza, Bari-Roma
- Netzer E. (1982) *Recent Discoveries in the Winter Palaces of Second Temple Times at Jericho*, Qadmoniot, 15
- Netzer, E. (1991) *Masada III. The Yigael Yadin Excavations 1963-1965. Final Reports. The Buildings Stratigraphy and Architecture*. Israel Exploration Society, Jerusalem
- Netzer E. (2001) *Hasmonean and Herodian Palaces in Jericho: Final Report, 1973- 1987 v.1*. Israel Exploration Society
- Netzer E. (2006) *The Architecture of Herod, the Great Builder*. Mohr Siebeck: Tübingen
- Papon J. et Al. (1580) *Trias judiciaire du second notaire de Jean Papon, conseiller du roy, et lieutenant general au bailliage de Forestz*. Seconde edition reueue & augmentee par l'auteur. Couvent des Capucins de Saint-André (Lyon)
- Parenti R. (1988) Le tecniche di documentazione per una lettura stratigrafica dell'elevato. In *Archeologia e Restauro dei Monumenti*. Firenze: Firenze University Press
- Parrinello S. (2016) Disegno in Terra Santa: esperienze di rilievo e di analisi per la documentazione ed il re-cupero di siti in Medio Oriente. In *UID 2016. Le ragioni del disegno*, Firenze
- Parrinello S. (2017) Il complesso di al-Nabi Musa in Palestina. Documentazione e analisi dell'oasi edificata. In *Disegnare Idee Immagini*, 57/2017, Rivista semestrale del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura Sapienza Università di Roma, Gangemi Editore, pp. 68-79
- Parrinello S. (2018) A Development Project for the United Nations. The Digital Survey for the Planning of East Jerusalem. In *Putting tradition into practice: heritale, place and design*. 5th INTBAU Conference. Cham, Springer. pp. 551-559
- Parrinello S. Picchio F. & Bercigli M. (2016) The 'migration' of reality in virtual scenarios: databases and documentation systems for the musealization of complex environments. In *Disegnarecon* vol.9/n°17
- Parrinello S., Bercigli M., De Marco R. (2017a) Gerusalemme est: sistemi cartografici 3D per il censimento urbano e di siti monumentali islamici. In *Reuso Granada 2017. V Congreso Internacional sobre documentación, conservación y reutilización del patrimonio arquitectónico y paisajístico*. Eug, Granada. pp. 235-241
- Parrinello S., Gomez-Blanco A., Picchio F. (2017b) *El palacio del Generalife Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia University Press
- Parrinello S., Picchio F., Becherini P. (2017c) Metodologie integrate di documentazione per una proposta di urban renewal a Gerusalemme est. In *Reuso Granada 2017. V Congreso Internacional sobre documentación, conservación y reutilización del patrimonio arquitectónico y paisajístico*. Eug, Granada

Picchio F. (2017) Metodologie di rilievo integrato per indagini diagnostiche non invasive: la documentazione della Moschea Bianca di Al-Jazzar a San Giovanni d'Acridi, Israele. In *Restauro Archeologico* 2/2017, Firenze: Firenze University Press

Picchio F., Bercigli M., De Marco R. (2017) Scenari digitali e ambientazioni virtuali per la rappresentazione dell'architettura del Medioriente. In *Atti di Convegno EGA 2018 Impronta Grafica. Sobre la influencia de las herramientas de representación e ideación en la arquitectura*, Alicante, Spagna

Pivetta M., Razzolini G., Lucia D. (2016) Rehabilitation of MAquam en-Nabi Musa Complex. In *Atti di Convegno 'Contributi per la documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e per la tutela paesaggistica*, REUSO 2016, Edifir Edizioni Firenze. pp. 950-985

Pivetta M., Lucia D., Martella G., Orlandi S. (2017) Mend_Functional Architectural Development for the rehabilitation of Salah E-Din and Sultan Suleiman Street in East Jerusalem. In *Reuso Granada 2017. V Congreso Internacional sobre documentación, conservación y reutilización del patrimonio arquitectónico y paisajístico*. pp. 395-404

Prause G. (1981) *Erode il Grande. Il re dei Giudei oltre il velo della diffamazione*, Milan

Prensky M. (2001) Digital Natives, Digital Immigrants. Part 1" In *On the Horizon*. MCB University Press, Vol. 9 No. 5. 1-6

Quatremère Da Quincy A. (1793) *Rapport fait au Directeur du département de Paris : sur les travaux entrepris, continués ou achevés au Panthéon français depuis le compte-rendu le 17 novembre 1792 & sur l'état actuel du monument, le deuxième jour du second mois de l'an 2 de la République française, une & indivisible*. Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Quatremère Da Quincy A. (1796) *Lettres sur le préjudice qu'occasionneraient aux Arts et à la Science, le déplacement des monumens de l'art de l'Italie, le démembrement*

de ses Ecoles, et la spoliation de ses Collections, Galeries, Musées. Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Rabin S. (2005) *Introduction to Game Development*. Charles River Media

Ragghianti C. L., (1974) *Arte, fare e vedere*. Vellocchi, Firenze

Remondino F. (2011) Heritage recording and 3D modeling with Photogrammetry and 3D Scanning. In *Remote Sensing*, 2011, 3, pp. 1104-1138

Remondino F., Fraser C. (2006a) Digital camera calibration methods: Considerations and comparisons. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, ISPRS Commission V Symposium, Dresden

Remondino F., El-Hakim S. (2006b) Image-based 3D modelling: a review. In *The photogrammetric Record* 21(115), pp. 269-291

Remondino F., Guarnieri A., Vettore A. (2005) 3D modelling of close-range objects: Photogrammetry or laser scanning, in J.A. Beraldin, S.F. El-Hakim, A. Gruen, J.S. Walton (eds.) *SPIE Proceedings: IS&T Electronic Imaging, Videometrics VIII*, 5665, San Jose (CA), pp. 216-225

Remondino F., El-Hakim S., Gruen A., Zhang L. (2008) Turning images in 3-D models. Development and performance analysis of image matching for detailed surface reconstruction of heritage objects. In *IEEE Signal Processing Magazine*, 25, 4, pp. 56-65

Remondino F., Spera M.G., Nocerino E., Menna F., Nex F. (2014) State of the art in high density image matching. In *The Photogrammetric Record*, 29. pp. 144-166.

Richmond I. A. (1962) The Roman siege-works of Masada, Israel, In *The Journal of Roman Studies*, 52, 1-2, 1962

Roberts D. (1997) *Journey to Petra and the Holy Land*, Paula Boomsliiter, Florence, 1997

Roberts D. (1998) *Petra and the Holy Land - Lithographs*,

Edizioni White Star, Londra, 1998.

Rodríguez-Navarro P. (2012) Automated Digital Photogrammetry versus the systems based on active 3D sensors. In *Revista EGA*, nº. 20, año 17, Valencia, pp. 100-111

Rodríguez-Navarro, P. (2015) *Modern Age Fortifications of the Mediterranean Coast. Bibliographic Guide*, Universitat Politècnica de Valencia, Valencia

Rodriguez-Navarro P. (2017) TOVIVA Project: una experiencia en torno al proyecto de defensa de la costa valenciana entre los siglos XVI al XVII. In *Defensive Architecture of the Mediterranean. XV to XVIII Centuries*, Vol. VI, Editorial Publicacions Universitat d'Alcant, Spain, pp. 345-352

Rodriguez-Navarro P., Verdiani G., Gil Piqueras T., (2015a) Comprehensive Methodology for Documenting the Defense Towers of the Valencian Coast (Spain). In *Defensive Architecture of the Mediterranean. XV to XVIII Centuries*, Vol. I, Editorial Universitat Politecnica de Valencia, Valencia, Spain, pp. 321-328

Rodríguez-Navarro, P., Juan Vidal, F., Gil Piqueras, T., Lillo Giner, S & G. Verdiani (2015b) TOVIVA Pro-ject_Torres de vigía y defensa del litoral valenciano generación de metadatos y modelos 3d para su interpretación y efectiva puesta en valor. In *Tecnología e Investigación en Edificación*, ETSIE, Valencia, pp. 169-172

Rodriguez-Navarro P., Piqueras Gil T., Soler Estrela A. (2016) La torre de la Illeta en la defensa de la costa de Alicante, España. Estudio historico y evolucion constructiva. In *Defensive Architecture of the Mediterranean. XV to XVIII Centuries*, Vol. IV, Dipartimento di Architettura DIDA, Firenze, Italia, pp. 21-28

Roth J. (1995) The Length of the Siege of Masada, In *Scripta Classica Israelica*. 14

Rouse, R. III (2001) *Game Design: Theory and Practice*. Wordware Publishing.

Rozenberg S., Mevorah D. (2013) *Herod the Great. The King's Final Journey*. Ed. The Israel Museum, Jerusalem, 2013

Salen K., Zimmerman E. (2004). *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press

Sansoni, G.; Trebeschi, M.; Docchio F. (2009) State-of-the-art and applications of 3D imaging sensors in industry, cultural heritage, medicine, and criminal investigation. In *Sensors* 2009, 9, pp. 568-601

Sawyer, B., & Rejeski, D. (2002). *Serious Games: Improving Public Policy Through Game-based Learning and Simulation*. Woodrow Wilson International Center for Scholars

Sawyer B. (2007). The Serious Games Landscape. *Presented at the Instructional & Research Technology Symposium for Arts, Humanities and Social Sciences*, Camden, USA

Schatz T. (1981) *Hollywood Genres*. New York: McGraw-Hill, Inc

Schell J. (2008) *The art of game design. A book of lenses*. Burlington (USA): Morgan Kaufmann Publishers

Schulten A. (1993) Masada: Die Burg des Herodes und die römischen Lager, In *Zeitschrift des Deutschen Palästina-Vereins*, 56

Seldes G.(1957) *The Seven Lively Arts*. New York: Sagmore Press

Sheldon L. (2004) *Character Development and Storytelling for Games*. Thomson Course Technology

Silvestrini E., D'Amadio M. (1997) Lenti convergenti: arte, scienza, musei, nuove tecnologie. In *IF*, 1. pp. 98-103

Soler Estrela, A. (2015) Las torres de defensa del litoral: San Vicent (Benicàssim) y Torrenostra (Torreblanca). Castellón, Spain. Estudio arquitectónico y constructivo In *Defensive Architecture of the Mediterranean. XV to XVIII centuries*, Vol. 1, Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 167-174

Soler Estrela A., Piqueras Gil T., Lillo Giner S., Rodriguez-Navarro P. (2016) Un glosario para las Torres del

Litoral Valenciano. In *Defensive Architecture of the Mediterranean. XV to XVIII Centuries*, Vol. IV, Dipartimento di Architettura DIDA, Firenze: Italia, pp. 113-120

Solima L. (2008) Individuo, condivisione, connettività: la dimensione polisemica del pubblico della cultura. In De Biase F., (a cura di) *L'arte dello spettatore. Il pubblico della cultura tra bisogni, tendenze e consumi*. Franco Angeli, Milano.

Solima L. (2011) Nuove tecnologie per la valorizzazione dei beni culturali, in *Mezzogiorno e beni culturali*. Caratteristiche, potenzialità e policy per una loro efficace valorizzazione. In *SRM-Studi e Ricerche per il Mezzogiorno*. Napoli: Cuzzolin Editore, pp. 271-309

Solima L. (2015) I musei e la progettazione partecipata. L'esperienza dei musei nazionali di Lucca in un contesto multiculturale. In *Il capitale culturale. Studies on the Value of Cultural Heritage*, Vol. 12, 2015, pp. 955-977

Stam J. (1998) Exact evaluation of Catmull-Clark subdivision surfaces at arbitrary parameter values. In *Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, SIGGRAPH '98*, New York, pp.395-404

Stiebel G.D., Magness J. (2007) *Masada VIII. The Military Equipment from Masada*

Sutherland I. E. (1968) A Head-Mounted three dimensional display. In proceeding of *Managing Requirements Knowledge*, International Workshop on AFIPS

Swink S. (2009) *Game Feel, A Game Designer's Guide to Virtual Sensation*. Burlington (USA): Morgan Kaufmann Publishers

Tramontana A. (2007) *Il patrimonio dell'Umanità dell'UNESCO. Un'analisi semiotica della cultura*. Tesi di Dottorato di Ricerca in Semiotica, Ciclo XIX, Università degli Studi di Bologna

Tsafir Y. (1982) The Desert Fortresses of Judaea in the Second Temple Period. In *The Jerusalem Cathedra 2*, Wayne State University Press, pp. 120-145

Tucci R. (2013). Beni culturali immateriali, patrimonio immateriale: qualche riflessione fra dicotomie, prassi, valorizzazione e sviluppo. In *Voci. Annale di Scienze Umane*, X, pp. 183-189

Tucci G., Guardini N. (2014) Rilevo e modellazione 3D a supporto dell'analisi strutturale: un approccio metodologico e sostenibile per il patrimonio architettonico. In *Federazione ASITA, Atti 18esima Conferenza ASITA*, Firenze, pp. 1197-12

Varela Botella, S. & S. Varela Rizo (2015) Arquitecturas del sistema defensivo en el litoral Illicitano. In *Defensive Architecture of the Mediterranean. XV to XVIII centuries*, Vol. 1, Editorial Universitat Politècnica de València, pp.191-198

Vecco M. (2007). *L'evoluzione del concetto di patrimonio culturale (Economia e management della cultura e delle arti Documenti e ricerche)*. Milano: FrancoAngeli.

Vecco, M. (2010). A definition of cultural heritage: from the tangible to the intangible. In *Journal of Cultural Heritage* 11 (2010), pp 321-324

Wilkinson P. (2016) A Brief History of Serious Games. In R. Dörner et al. (Eds.) *Entertainment Computing and Serious Games*, LNCS 9970. Springer International Publishing. pp. 17-41

Wolfe J., Crookall D. (1998) Developing a scientific knowledge of simulation/gaming. In *Simul. Gaming* 29. pp. 7-19

Yadin Y. (1965a) *The Ben Sira Scroll from Masada*, Jerusalem

Yadin Y. (1965b) *The excavation of Masada 1963 – 1964. Preliminary Report*, Israel Exploration Journal, XV

Yadin Y. (1966) *Masada. Herod's Fortress and the Zealot's last Stand*, London

Yadin Y. (1977) Masada, Herod's Fortress and the Zealots' Last Stand. In *Encyclopedia of Archaeological Excavations in the Holy Land*, Israel Exploration Society, Jerusalem

Zeitlin S. (1967) The Sicarii and Masada. In *The Jewish Quarterly Review*, Vol. 57, No. 4, pp. 251-270

Zimmerman E. (2012) *Jerked Around by the Magic Circle – Clearing the Air Ten Years Later*. In Gamasutra (http://www.gamasutra.com/view/feature/6696/jerked_around_by_the_magic_circle_.php)

Zingari Lapicciarella V. (2015) Il paradigma dell'intangible cultural heritage. In *L'Italia e le sue Regioni*

Zissu B. (1995) Kh. Aleq and Kh. Abu Haf - Two Herodian Columbaria Towers. In *Humphrey J.* (ed.). *Roman and Byzantine Near East*

RISORSE ONLINE

Carta di Cracovia (2000) Principi per la Conservazione e il Restauro del Patrimonio Costruito (Consultata Maggio, 2018, <http://smarterheritage.com/wp-content/uploads/2015/03/KRAKOV-CHARTER-2000.pdf>)

Carta di Amsterdam (1975) Carta Europea del Patrimonio Architettonico (Consultata Giugno, 2018, <https://www.tine.it/NormativaBBCC/convenzione.htm#amsterdam>)

Carta di Washington (1987) Carta Internazionale per la Salvaguardia delle Città Storiche (Consultata Giugno, 2018, <https://www.tine.it/NormativaBBCC/convenzione.htm#washington>)

Carta di Venezia (1964) Carta Internazionale sulla Conservazione ed il Restauro dei Monumenti e dei Siti (Consultata Maggio, 2018, <http://www.charta-von-venedig.de/carta-internazionale-conservazione-restauro.html>)

Convenzione dell'Aja (1954) Convenzione per la protezione dei Beni Culturali in caso di conflitto armato (<https://www.tine.it/NormativaBBCC/convenzione.htm#aja>)

Convenzione di Faro (2005) Convenzione Quadro del Consiglio d'Europa sul Valore dell'Eredità Culturale per la Società (Consultata Dicembre, 2017, [http://musei.beniculturali.it/wp-content/uploads/2016/01/Convenzione-di-](http://musei.beniculturali.it/wp-content/uploads/2016/01/Convenzione-di-Faro.pdf)

[Faro.pdf](http://musei.beniculturali.it/wp-content/uploads/2016/01/Convenzione-di-Faro.pdf))

Convenzione Europea per la Protezione del Patrimonio Archeologico (Londra, 1969) (Consultata Luglio, 2018, <https://www.tine.it/NormativaBBCC/convenzione.htm#londra>)

Convenzione di Granada (1985) Convenzione per la Salvaguardia del Patrimonio Architettonico d'Europa (<https://www.tine.it/NormativaBBCC/convenzione.htm#granada>)

Convenzione per la salvaguardia del patrimonio culturale immateriale, conclusa a Parigi il 17 ottobre 2003 (Consultata Marzo, 2018, http://unesco.blob.core.windows.net/documenti/5934dd11-74de-483c-89d5-328a69157f10/Convenzione%20Patrimonio%20Immateriale_ITA%202.pdf)

Convenzione UNESCO (1972) Convenzione per la protezione del patrimonio mondiale culturale e naturale (Consultata Luglio, 2018, <http://unesco.blob.core.windows.net/documenti/4299643f-2225-4dda-ba41-cbc3a60bb604/Convenzione%20Patrimonio%20Mondiale%20-%20italiano%201.pdf>)

Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 - Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 (Consultato Dicembre, 2017, https://www.beniculturali.it/mibac/multimedia/MiBAC/documents/1226395624032_Codice2004.pdf)

Legge 1 Giugno 1939, N. 1098 - Tutela delle cose di interesse artistico o storico (Consultata Maggio, 2018, http://www.edizionieuropee.it/LAW/HTML/1/zn14_04_006.html)

London Charter (2009) The London Charter for the Computer-Based Visualization in Cultural Heritage. (Consultata Maggio, 2018 all'indirizzo <http://www.londoncharter.org/>)

Sentenza n.118 Anno 1990 (Consultata Giugno, 2018, <http://www.giurcost.org/decisioni/1990/0118s-90.html>)

Ringraziamenti

Grazie al Prof. Stefano Bertocci per avermi trasmesso la passione per la sua materia, per avermi accompagnata in questo percorso di crescita professionale e umana e per la fiducia che ha sempre riposto in me.

Grazie a tutti coloro che hanno contribuito e partecipato al *Masada Research Project* e che durante gli ultimi cinque anni mi hanno fatto scoprire questo luogo magico:

Prof. Stefano Bertocci, Prof. Sandro Parrinello, Prof. Rebecka Vital, Prof. Maria Teresa Grassi, Prof. Shraga Kirshner, Prof. Paola Puma, Deeb Abdu, Ella Yakira Barel, Maria Bazzicalupo, Marco Benedetti, Benedetta Bertoglio, Sara Bua, Albert Buchkov, Daniele Bursich, Daniele Capuzzo, Niccolò Centrone, Shanni Cohen, Anastasia Cottini, Arik Dgani, Ori Eliyahu, Yifa Engler, Filippo Fantini, Noam First, Matan Golan, Topaz Gross, Sharon Hadad, Luis Kopp, Giulia Loddi, Adi Magen, Eleonora Mariotti, Eyal Nir, Francesca Picchio, Sara Porzilli, Reut Rabia, Andrea Scalabrelli, Oded Shalom, Trent Sherman, Arnon Shissel, Alex Tashtchiev, Adi Ticho, Mattia Ventimiglia.

Grazie al Prof. Pablo Rodriguez-Navarro e alla Prof.ssa Teresa Gil Piqueras per la loro disponibilità e la loro accoglienza durante il mio soggiorno a Valencia, per la loro professionalità e per avermi fatto scoprire i segreti e le tradizioni della loro splendida città.

Grazie alla mia famiglia per essermi sempre stata vicina e per aver incoraggiato le mie scelte sostenendole con entusiasmo. Grazie a Rocco per la sua pazienza e la sua costante presenza, e alla sua famiglia che non mi ha mai fatto mancare il supporto e l'affetto.

Grazie ai compagni di questo viaggio, nonché aspiranti Dottori: Anna, Federico, Matteo, Pietro, Raffaella, Vincenzo, che durante questi anni hanno condiviso con me esperienze meravigliose. Grazie a tutti i compagni di Università e agli amici che mi sono sempre stati accanto: Arianna, Chiara, Eugenia, Giulia, Giuseppe, Lucrezia, Madalena, Martina, Matteo, Sara.

Grazie a tutti gli studenti che, a loro modo, hanno arricchito il mio bagaglio intellettuale e umano e ai quali sarò sempre riconoscente.

Abstract

Questo lavoro è dedicato al tema della fruizione del Patrimonio Culturale attraverso le più recenti tecnologie digitali sviluppatesi negli ultimi decenni. L'industria dell'*entertainment*, e più nello specifico quella dei videogiochi, è considerata oggi tra le più promettenti e può essere sfruttata per colmare il distacco che la contemporaneità ha generato tra chi 'crea' o custodisce il Patrimonio e chi lo fruisce. Per questa ragione un particolare approfondimento è dedicato alla tematica dei serious game, un potenziale mezzo utile per la riappropriazione degli spazi museali e di tutti quei luoghi che non suscitano più l'interesse spontaneo delle persone.

Si affronta la tematica della fruizione del Patrimonio, a partire dalla definizione delle nozioni di Patrimonio materiale e immateriale ed indagandone l'evoluzione all'interno del dibattito internazionale. È evidente oggi l'esigenza di conservare il Patrimonio dall'usura del tempo al fine di garantirne la conservazione della 'memoria' e le strutture museali, insieme a tutte le discipline che ne regolano il funzionamento, hanno a disposizione 'nuovi strumenti' per raggiungere questi scopi. Si indagano pertanto le potenzialità dei sistemi tecnologici più innovativi e del loro utilizzo all'interno dei musei, siano essi reali o virtuali.

Le discipline della Rappresentazione e del Rilievo, in piena era digitale, sono divenute esse stesse digitali, e le strumentazioni che vengono utilizzate si sviluppano ed aggiornano di pari passo con l'innovazione tecnologica. I modelli di rappresentazione ricorrono sempre più frequentemente all'uso di modelli 3D, anche se affiancati costantemente dai elaborati grafici tradizionali. Oggi i modelli 3D, oltre che a fornire un supporto alla progettazione, sono di fondamentale importanza per registrare in modo permanente la forma degli oggetti e delle opere architettoniche esistenti, così che possano essere 'tramandate' alle future generazioni. Il modello 3D diviene quindi importante come 'strumento' della

disciplina della Rappresentazione, utile per la costruzione di scenari virtuali per la fruizione del Patrimonio.

Parte di questo lavoro riguarda il complesso caso studio del sito archeologico di Masada in Israele, patrimonio UNESCO, e della costituzione dell'archivio digitale ottenuto tramite l'utilizzo delle metodologie di rilievo digitale integrato e modellazione 3D.

La ricerca presentata ha come obiettivo primario quello di definire un iter metodologico che, a partire da un database digitale, inteso come l'insieme dei dati ottenuti tramite la ricerca archivistica, le campagne fotografiche e di rilievo digitale, permetta di 'tradurre' questi dati e questi 'materiali' in contenuti accessibili e fruibili dal grande pubblico. Per questa ragione, all'interno di questa ricerca, è stato progettato e parzialmente sviluppato un serious game chiamato 'Masada Museum', come un potenziale strumento a disposizione della struttura museale reale del sito.

L'attività ludica ha rivestito un ruolo di grande importanza nella storia dell'umanità ed accompagna ogni essere umano durante il proprio percorso di crescita. A partire dalla nascita e dall'infanzia quando il gioco si manifesta come una attività spontanea e permette lo sviluppo cognitivo grazie a processi di imitazione ed emulazione, fino all'età adulta, quando il gioco diviene una attività di svago svolta volontariamente e che spesso si identifica nelle attività sportive. Oggi i videogiochi rappresentano un medium di grande rilevanza, capace di colmare il distacco e il diffuso disinteresse che la contemporaneità ha creato tra i beni culturali e i fruitori; la 'Millennial Generation' e tutti i 'nativi digitali' prediligono ciò che è dotato di uno schermo interattivo tralasciando l'importanza del contatto diretto con i luoghi, con le opere e dei rapporti sociali in genere. Dunque è necessario sfruttare questa crescita in favore della 'riappropriazione' degli spazi museali da parte dei fruitori, utilizzando i videogiochi come forza trainante dell'innovazione e 'promotrice di cultura'.

Abstract

This work is focused the theme of the access to Cultural Heritage through the most recent digital technologies developed in last decades. The entertainment industry, and more specifically that concerning videogames, is now considered the most promising in order to bridge the gap, generated by the contemporary, between those who 'create' or preserve the Heritage and those who enjoy it. For this reason, a particular study is dedicated to the theme of serious games, a potential tool for the re-appropriation of museum spaces and all those places that no longer arouse the spontaneous interest of people.

Starting from the definition of the notions of material and immaterial heritage and investigating their evolution in the international debate, the theme of the fruition of the Heritage is addressed. Today there is a clear need to preserve the Heritage from the test of time in order to ensure the preservation of the 'memory'. The museum structures, together with all the disciplines that regulate its functioning, have available 'new tools' to reach these purposes. The potential of the most innovative technological systems and their use within museums, both real and virtual, are investigated.

The disciplines of Survey and Representation, in the current digital age, have in turn become digital, and the tools they use are developed hand in hand with technological innovation. Representation models are increasingly used in 3D models, even if they are constantly supported by traditional graphic systems.

Today, 3D models, as well as providing design support, are important for permanently recording the shape of existing architectural works and artifacts, in order to achieve the future generations.

The 3D model therefore becomes an important 'tool' of the discipline of representation, useful for the construction of virtual scenarios for the use of the Heritage.

Part of this work concerns the complex case study of the archaeological site of Masada in Israel, under UNESCO

protection, and the construction of the digital archive obtained through the use of integrated digital survey methodologies and 3D modeling.

The research presented aimed at the definition of a methodological process that, starting from a digital database, reach in information obtained by archival research, photographic and digital survey campaigns, allows to 'translate' this data and these 'materials' in contents accessible and usable by the general public. For this reason, within this research, a serious game called 'Masada Museum' was designed and partially developed as a potential tool in order to increase the potentiality of the current museum structure.

Ludic activity has played a role of great importance in the history of humanity and accompanies every human being during the period of growth. Starting from birth and childhood, when the game is manifested as a spontaneous activity and allows cognitive development thanks to processes of imitation and emulation, until adulthood, when the game becomes a leisure activity voluntarily carried out and that often identifies itself in sports activities.

Today video games represent a medium of great importance, able to fill the gap and the widespread disinterest that contemporary has created between cultural heritage and users; the 'Millennial Generation' and all the 'digital natives' prefer what is equipped with an interactive screen, ignoring the importance of direct contact with the places, with the works and social relationships in general.

It is therefore necessary to exploit this growth in favour of the 'reappropriation' of museum spaces by users, using videogames as the 'driving force' of innovation and 'cultural promotion'.